



V7:364701

xx.0029 03 641

Biblioteka Gl. AWF w Krakowie



1800066349

51569

Cena ps. 1:50

La Fatigue

PRINCIPAUX OUVRAGES DU MÊME AUTEUR

- La Fatigue et la respiration élémentaire du muscle.** — Thèse pour le doctorat en médecine. Paris, chez Ollier-Henri, 1896.
- Fatigue.** — Article du Dictionnaire de Physiologie de Ch. Richet, extrait de 200 p. in-8°, 1903. Paris, Alcan.
- Psycho-physiologie de la douleur** (en commun avec M. Stefanowska), vol. 250 p., Paris, Alcan, 1909. Couronné par l'Académie des sciences de Paris.
- La Fonction musculaire**, vol. de 417 p. Paris, Doin, 1909. Couronné par l'Académie des sciences de Paris.
- Entraînement et Fatigue au point de vue militaire**, vol. de 100 p., 1903. Edition de l'Institut Solvay de sociologie, Bruxelles.
- Etudes sur la contraction tonique du muscle et ses excitants.** — Mémoires de l'Académie royale de médecine de Belgique, 1903. Extrait de 100 p. Couronné par l'Académie des sciences de Paris.
- Recherches algésimétriques** (en commun avec M. Stefanowska). Bulletin de l'Académie royale de Belgique, classe des sciences, 1903, extrait de 86 pages.
- Recherches expérimentales sur la résistance des centres nerveux médullaires à la fatigue.** — Annales de la Société royale des sciences médicales et naturelles de Bruxelles, 1899, extrait de 59 pages.
- Les lois de l'Ergographie.** — Bulletin de l'Académie royale de Belgique, classe des sciences, 1904, extrait de 172 p.
- La Revue psychologique.** — Publication trimestrielle paraissant à Bruxelles, sous sa direction, à partir de 1908.
- Travaux du premier Congrès international de pédologie**, tenu à Bruxelles en 1911. — Deux volumes publiés par ses soins. Misch et Thron, Bruxelles, 1912.
- Résumé de ses Travaux scientifiques** (103 numéros). 32 p., Gand, 1906.
- La Science du Travail et son organisation**, vol. de 260 p. Paris, Alcan, 1917.
- Théorie psychophysique de la droiterie.** Revue philosophique, juin et juillet 1916, extrait de 58 p.
- La Fatigue.** — Volume de la Bibliothèque de Philosophie scientifique. Paris, Flammarion, 1920.
- Le Tact.** — Volume de la bibliothèque de l'Encyclopédie scientifique, Paris. Doin (sous presse).

Bibliothèque de Philosophie scientifique

D^r JOSEFA IOTEYKO

ANCIEN CHEF DU LABORATOIRE DE PSYCHO-PHYSIOLOGIE
DE L'UNIVERSITÉ DE BRUXELLES
CHARGÉE DE COURS AU COLLÈGE DE FRANCE

La Fatigue

Avec 13 figures dans le texte.



PARIS

ERNEST FLAMMARION, ÉDITEUR

26, RUE DACINE, 26

—
1920

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction réservés
pour tous les pays.



774

Droits de traduction et de reproduction réservés
pour tous les pays.

Copyright 1920,
by ERNEST FLAMMARION.

496.012:612:613.4

La Fatigue

CHAPITRE I

Le rôle biologique de la fatigue.

Le rôle biologique de la fatigue se dessine le plus nettement dans la fonction motrice, attendu que la fatigue se présente ici après le travail et le mouvement, qui constitue une des manifestations les plus saillantes des êtres vivants (animaux) ; la fatigue en est la négation, vu qu'elle en produit l'arrêt. D'autres fonctions subissent, elles aussi, des alternatives d'activité et de repos, réglées dans leurs grandes lignes par l'état de fatigue, telles, par exemple, les fonctions intellectuelles, les émotions, les phénomènes de volition, etc. Dans ces dernières années les biologistes se sont attachés à décrire les phénomènes de périodicité, de rythme, dans toutes les manifestations de la vie, aussi bien de la vie des organes que des êtres et des fonctions, cette périodicité étant sous la dépendance d'épuisements successifs, tributaires de la vie elle-même et se passant dans l'intimité de la matière organisée ; car qui dit vie, dit usure, et toute fonction présente des hauts et des bas, des périodes de plénitude et des périodes de déchéance, lesquelles lui donnent cette allure rythmique. Tout organe, tout tissu aurait son rythme à lui, et il en serait de même de chaque individu. Le travail intellectuel lui-même présente un rythme propre à chacun de nous,

et l'application d'une bonne hygiène dépendrait de la connaissance de ce rythme et consisterait à lui obéir, non pas à le contrarier, en imposant à l'individu un rythme nouveau, défavorable souvent, parfois franchement nuisible ou destructeur¹.

On peut définir la fatigue au point de vue biologique en disant qu'elle est *la diminution ou la perte de l'excitabilité par l'exercice, c'est-à-dire par un excès d'excitation*. Les mêmes excitants qui, pour une faible intensité ou une courte durée, produisaient une excitation, c'est-à-dire un renforcement des phénomènes vitaux, peuvent, pour une intensité plus grande ou une durée plus considérable, faire naître des phénomènes opposés, c'est-à-dire des paralysies. La fatigue est donc équivalente à une paralysie, mais c'est une paralysie particulière, car elle est produite par un excès d'excitation. Et nous voyons se dessiner l'opposition entre l'action des excitants proprement dits et celle des anesthésiques, bien que, dans les deux cas, la paralysie soit consécutive à une action sur la matière vivante. L'analogie n'est que très superficielle entre un organisme fatigué et un organisme anesthésié; la paralysie de fatigue est le résultat d'un excès d'activité, elle ne s'établit qu'au bout d'un certain temps, pendant lequel l'organisme a déployé le maximum d'activité qui lui est propre; la paralysie anesthésique est le ralentissement des processus vitaux sans dépense préalable d'énergie; elle tient essentiellement à l'action, inconnue dans son essence, qu'exercent les anesthésiques sur toutes les formes du protoplasme en le rendant inapte à recevoir les effets des excitants.

La paralysie de la fatigue ne sera pas confondue non plus avec les paralysies pathologiques, c'est-à-dire celles qui naissent sous l'influence des lésions

1. Voir : J. Ioteyko. Le rôle biologique de la Fatigue. *Scientia*, novembre 1918.

du système nerveux. Ici également la paralysie s'établit sans l'activité préalable de l'organe, condition essentielle de la fatigue.

Chez les êtres supérieurs et particulièrement chez l'homme, une troisième condition est essentielle pour qu'il soit permis de parler de fatigue : c'est la sensation d'un malaise connu sous le nom de *sensation de fatigue*.

Pour eux, la définition de la fatigue sera la suivante : *la fatigue chez l'homme sain et normal est une diminution du pouvoir fonctionnel des organes, provoquée par un excès de travail et accompagnée d'une sensation caractéristique de malaise* (F. Lagrange)¹.

La fatigue se reconnaît à cette circonstance que l'organisme, après avoir produit le maximum d'effort dans des conditions données, tombe dans un état d'inertie qui, pour être vaincue, demande une augmentation de l'effet du stimulant, et ceci jusqu'à une certaine limite, au bout de laquelle l'excitant, même le plus fort, n'est plus apte à éveiller une manifestation extérieure d'activité.

Dans cette conception de la fatigue, seule l'intensité de l'excitant entre en considération. Or, en ce qui concerne l'excitation électrique des muscles striés des animaux à sang froid, nous pouvons faire intervenir encore un autre facteur. Il m'a été donné de démontrer² (en 1901) que la perte d'excitabilité névro-musculaire, survenant dans la fatigue, se caractérise encore par la nécessité d'employer des courants à *variation de potentiel plus brusque* (dans les limites de l'expérimentation avec la bobine de

1. F. Lagrange et F. de Grandmaison. La Fatigue et le Repos. Vol. de 360 p., Paris, Akán, 1912.

2. J. Ioteyko. Effets physiologiques des ondes induites de fermeture et de rupture dans la fatigue et l'anesthésie des muscles. *Annales de la Société royale des sciences de Bruxelles*, X, 1901.

Dubois-Reymond, interruptions avec métronome à mercure). La fatigue conduit la matière vivante des muscles striés à un état d'inertie qui exige pour être vaincue l'emploi d'ondes plus brusques et plus intenses. La nécessité de décharges nerveuses plus intenses dans l'état de fatigue est un fait démontré pour l'homme ; il paraît très probable que la seconde condition (décharges plus brusques) est aussi existante chez lui. En employant l'excitant électrique dans les laboratoires, nous tâchons de l'assimiler aux stimulants nerveux agissant dans la vie d'ensemble des organismes ; il devient possible de doser exactement la force, la durée, le rythme de l'excitant artificiel et d'en tirer quelques analogies avec la vie de relation.

Quoique la fatigue paraisse appartenir surtout au règne animal, en faisant fonctionner les plantes comme les animaux, on parvient à les fatiguer. D'autre part, on arrive à faire fonctionner les animaux comme des plantes et à les rendre infatigables. Si dans les conditions ordinaires on ne peut déceler aucun signe de fatigue chez les végétaux, c'est parce que leurs processus vitaux s'accomplissent avec une extrême lenteur, qui ne donne pas prise à l'épuisement. Mais si nous imprimons aux plantes une activité plus intense, nous voyons apparaître les phénomènes de fatigue. La production de mouvements par turgescence chez la Sensitive (*Mimosa pudica*) cesse au bout de quelque temps, si on la soumet à des excitations mécaniques trop souvent répétées. Il faut un certain temps de repos pour que la plante recouvre de nouveau ses propriétés motrices. Ainsi, au point de vue de la fatigue, la différence n'est pas essentielle et tient uniquement à la vitesse inégale des échanges.

D'autre part, on peut faire fonctionner les animaux comme des plantes en les rendant infatigables.

En recherchant les conditions de travail optimum, Maggiora a vu que lorsqu'on contracte le doigt médius à l'ergographe une fois toutes les dix secondes, on n'arrivait jamais à la fatigue. Dans ces conditions, les contractions des fléchisseurs atteignent leur maximum de hauteur, et les muscles peuvent travailler indéfiniment, même si le poids à soulever atteint six kilogrammes. Le repos de dix secondes entre les contractions successives est donc suffisant pour la restauration intégrale et il confère au muscle la propriété d'être infatigable.

Les recherches précédentes permettent aussi d'interpréter le phénomène de l'infatigabilité du cœur. Cet organe bat suivant un rythme optimum qui est suffisant pour sa réparation entière, les changements chimiques survenus au moment de la systole étant exactement compensés pendant la diastole. Mais le cœur acquiert la propriété d'être fatigable quand il est soumis à des excitations anormales, comme c'est le cas dans les maladies du cœur ou même dans les exercices forcés.

L'infatigabilité du cœur (dans les conditions normales de l'existence) est facilement explicable par sa faculté de se désintégrer et de se réintégrer très rapidement. D'autre part, les troncs nerveux paraissent aussi être infatigables, attendu qu'ils se laissent tétaniser pendant des heures sans interruption et sans déceler aucun signe de fatigue. Mais ici tout plaide en faveur de l'hypothèse de l'infatigabilité réelle de la fonction du tronc nerveux, qui est la conduction nerveuse.

La fatigue est un phénomène général dans le monde animal. Toutefois il existe des degrés innombrables de fatigabilité. A cet égard il y aurait lieu de comparer la fatigabilité différentielle dans les trois principales catégories de mouvement : le *mouvement amiboïde*, le *mouvement vibratile* et la *contraction*

musculaire. Si on fait passer un courant électrique à travers le corps d'un *Actinosphærium*, on observe des contractions énergiques à l'anode au moment de la fermeture. Le protoplasma des pseudopodes s'écoule en direction centripète, jusqu'au retrait complet des pseudopodes. En même temps il s'opère une destruction granuleuse du protoplasma. Si l'expérience dure un certain temps, la substance vivante de l'*Actinosphærium* se fatigue, de sorte que l'excitant, qui provoquait au début des phénomènes violents de destruction ne produit plus, à la fin, aucun effet (Verworn). Engelmann a pu voir qu'au bout d'un certain temps d'excitation des cils vibratiles au moyen de forts courants électriques, on voit apparaître les phénomènes de fatigue; il faut alors augmenter l'intensité de l'excitant ou bien recourir à un certain temps de repos pour obtenir le même effet qu'au début. J. Massart a montré que l'irritabilité des *Noctiluques* qui réagissent vis-à-vis des excitants extérieurs par l'émission de lumière (phosphorescence), disparaît rapidement sous l'influence de la fatigue. Les individus épuisés par l'agitation continue recouvrent leur faculté d'émettre de la lumière par le simple repos. De même les poissons électriques ne peuvent indéfiniment lancer des décharges. D'après Schœnlein la torpille s'épuise après mille décharges consécutives, produites pendant quinze à trente minutes. L'organe électrique, extrait du corps, s'épuise beaucoup plus vite. Marey a pu s'assurer, grâce à la méthode graphique, que la fatigue de l'organe électrique se traduit par une décroissance de l'amplitude des tracés. D'Arsonval a conclu que l'organe s'épuise vite. Quant aux muscles, les fibres striées se fatiguent beaucoup plus vite que les muscles lisses, et la fibre striée pâle est plus fatigable que la fibre striée rouge.

Les phénomènes de la fatigue, qui sont la consé-

quence inévitable de l'activité, sont caractérisés par la diminution ou la perte totale de l'énergie spécifique de chaque organe ou partie d'organe. Ainsi la fatigue du muscle sera caractérisée par la diminution ou la perte de la *contractilité*, la fatigue du nerf par la diminution ou la perte de la *conductibilité*, la fatigue de l'organe visuel par la perte de la *perceptibilité de la lumière* et de celle du son pour l'organe auditif, etc.

Toutefois, la manifestation de l'énergie spécifique propre à un organisme ou à un tissu n'est qu'un des termes des transformations énergétiques dont il est le siège ; terme le plus important au point de vue de sa destination fonctionnelle, mais qui est précédé, accompagné et suivi d'autres manifestations vitales, lesquelles, pour être plus obscures, n'en sont pas moins utiles à connaître. Et dès lors, il devient compréhensible que le mot « fatigue » ne doit plus servir à désigner uniquement la diminution ou la perte de la forme d'irritabilité qui est spéciale à chaque organisme ou partie d'organisme ; il doit aussi être appliqué à la diminution ou à la perte des autres manifestations d'énergie, liées au fonctionnement intime des tissus. Aussi, pour le muscle, il ne suffit pas de tenir uniquement compte de la décroissance des phénomènes mécaniques de l'excitation, mais à côté de la « fatigue de contraction », il faut étudier « la fatigue de chaleur », la « fatigue des transformations chimiques » et « la fatigue des phénomènes électriques ». Toutes ces formes de l'énergie sont de fait diminuées ou même anéanties par la fatigue et il convient de rechercher les rapports qu'elles affectent entre elles en s'anéantissant, ainsi que leur *mode* et leur *tour* de disparition ¹.

Notons l'intérêt que présente la question posée de

1. J. Ioteyko. Fatigue. Article du *Dictionnaire de Physiologie* de Ch. Richet, tome VI, 1903, Alcan.

cette façon pour le problème énergétique de la fatigue industrielle. C'est ainsi que les problèmes connus dans les laboratoires trouvent tôt ou tard leur application ou leur solution pratique dans les divers domaines de la vie sociale.

La *qualité* de l'excitant présente une importance réelle à côté de l'*intensité* dans la production de la fatigue.

Telle forme de la matière vivante peut être plus sensible à une qualité d'excitant qu'à une autre. Certaines formes de la matière vivante ne sont même nullement influencées par certains excitants. Quelques Rhizopodes marins, par exemple, ne réagissent aucunement aux chocs d'induction ; certains muscles (muscles lisses) sont dans le même cas, et l'excitation reçue l'est uniquement par les terminaisons nerveuses sensibles qui se trouvent en eux. Par contre, aussi bien les Rhizopodes que les muscles lisses sont excitable à l'action du courant galvanique. La matière vivante est donc sensible, dans une certaine mesure, à la qualité des excitants, même généraux. Elle l'est d'une façon tout à fait prépondérante lorsqu'il s'agit d'excitants spécifiques, tels que la lumière, le son, etc. Ici apparaît le rôle prédominant joué par l'excitant *adéquat*.

En ce qui concerne l'*intensité* de l'excitant, son rôle est bien connu et étudié. Une question litigieuse est celle qui se rattache à l'action des excitants dits *inactifs*, c'est-à-dire se trouvant au-dessous du seuil de l'excitation. Les excitations « inactives » sont-elles efficaces lorsqu'elles agissent à la longue ? Si les opinions des physiologistes étaient partagées à cet égard, c'est parce que la question n'avait pas été bien posée. Cet effet, comme nous l'avons montré, doit être étudié séparément pour le muscle frais et pour le muscle fatigué.

Lorsqu'il s'agit du muscle frais, Ch. Richet a établi

qu'il y avait non seulement addition visible des diverses secousses (le phénomène « de l'escalier », dans lequel les secousses vont en augmentant de hauteur), mais qu'il y avait encore une *addition latente*, une sommation des excitations tellement faibles, que leur effet est nul au début. Au bout d'un certain temps d'excitation, on voit soudain apparaître la contraction. Il en résulte que le muscle devient plus excitable quand il a été excité pendant quelque temps au moyen des excitations efficaces. Celles-ci ont donc été suivies d'effet, bien qu'elles n'aient pas déterminé de contraction. On peut même *épuisier* un muscle par des excitations inefficaces, rythmées à une par seconde, et assez faibles pour ne pas provoquer de secousse musculaire. Alors le muscle devient de moins en moins excitable, et on peut graduellement augmenter l'intensité du courant induit sans provoquer la secousse musculaire. Ce qui prouve qu'il s'agit bien de fatigue, c'est qu'il suffit d'interrompre pendant peu de temps les excitations dites inactives pour que le muscle se repose. Ainsi donc, Ch. Richet a établi qu'un muscle peut être épuisé sans qu'il y ait production de travail extérieur.

Les expériences de Gotschlich, faites par la méthode chimique, démontrèrent que le muscle devenait acide lorsqu'il était soumis à l'action des excitations tellement faibles qu'elles ne déterminaient aucune contraction. Dans les mêmes conditions Danilewsky constata une augmentation de chaleur dans le muscle. Certaines de nos expériences plaident aussi dans le même sens.

Les excitations inefficaces ne méritent donc pas leur nom. Le muscle frais possède au plus haut point les propriétés d'excitabilité et d'explosibilité, et, par conséquent, un pouvoir transformateur considérable à l'égard des excitations.

En sera-t-il de même du muscle fatigué?

Ici se place toute une série d'observations et d'expériences qui prouvent que l'état d'inertie est précisément l'une des caractéristiques les plus constantes du phénomène de fatigue.

La preuve la plus importante en est tirée du fait de la diminution de toutes les manifestations vitales dans un organisme ou tissu fatigué : malgré le maintien de l'excitation primitive, c'est un abaissement des échanges, une diminution de la contractilité, un épuisement des réserves. Le seuil de l'excitation s'élève donc considérablement dans la fatigue et il est logiquement impossible de supposer que les excitations dites inactives, c'est-à-dire extrêmement faibles, puissent retentir d'une façon quelconque sur la vie des muscles. Ces excitations mériteraient alors réellement leur nom d' « inactives ». D'ailleurs, de nombreux faits qu'il nous a été donné de recueillir sur la vie des muscles démontrent qu'il en est bien ainsi. Nous renvoyons le lecteur à nos recherches physiologiques.

Passant aux excitations maximales ou hypermaximales, disons que dans certaines circonstances elles peuvent déterminer la mort. C'est le cas quand le mouvement volontaire est poussé à l'extrême. Un exemple devenu classique est celui du coureur de Marathon qui quitta le champ de bataille pour être le premier à apprendre à ses compatriotes la nouvelle de la victoire. Entré à Athènes après une course ininterrompue, c'est à peine s'il eut encore le temps de crier : Victoire ! après quoi il tomba mort. Dans ses observations sur les migrations des oiseaux, A. Mosso dit avoir vu souvent de nombreuses cailles mortes, gisant dans les fossés de la Campagne de Rome. Ces oiseaux après avoir parcouru la mer n'ont plus la force d'arrêter leur vol et se heurtent aux troncs d'arbres, aux branches, aux poteaux télégraphiques et aux toits des maisons avec une telle impé-

tuosité qu'ils se tuent. Brehm a décrit l'arrivée des cailles en Afrique : « On aperçoit une nuée obscure, basse, se mouvant au-dessus des eaux, qui s'approche rapidement et qui pendant ce temps va toujours s'abaissant pour s'abattre brusquement à la limite extrême de la mer; c'est la foule des cailles mortellement épuisées. Les pauvres créatures gisent tout d'abord pendant quelques minutes comme étourdiées et incapables de se remuer, mais cet état prend bientôt fin; un mouvement commence à se manifester : une des premières arrivées sautille et court rapidement sur le sable en cherchant un meilleur endroit pour se cacher. Il se passe un temps considérable avant qu'une caille se décide à faire fonctionner de nouveau ses muscles thoraciques épuisés et se mettre à voler ». De Filippi a vu des pigeons en pleine mer reposer les ailes ouvertes sur les flots; c'était là un signe de fatigue invincible.

Mais dans la fatigue même extrême l'utilisation des réserves n'est jamais complète; ainsi un muscle devenu inexcitable n'a pas épuisé entièrement sa réserve de glycogène, etc. En étudiant les manifestations de la fatigue intellectuelle nous avons retrouvé le même phénomène; ainsi on ne conçoit pas un être totalement dépourvu de mémoire ou d'attention, même après un long et intense travail. Nous avons appelé « loi du minimum disponible » cette manifestation défensive de l'énergie vitale. La nature a fourni à l'organisme des moyens de défense, afin de l'empêcher d'épuiser complètement toutes ses réserves d'énergie, surtout celles qui sont les plus importantes. Cette lutte s'accomplit grâce aux deux procédés suivants :

Le premier de ces procédés a été déjà mentionné : c'est cette inertie croissante qui envahit un organisme ou un tissu fatigué, lequel cesse de réagir aux provocations du monde extérieur. Peu important les

sollicitations, même les plus intenses, puisque le seuil de l'excitabilité s'est haussé très notablement. La lumière, les bruits, la douleur même cessent d'être perçus, le mouvement ne peut plus s'accomplir malgré les stimulations ininterrompues de la volonté. Ces dernières cessent à la fin aussi de se produire et l'organisme devient comparable à une masse inerte, incapable de sensibilité et de mouvement. Les effets de la fatigue peuvent donc être mis en parallèle avec ceux du sommeil et même de la syncope, lesquels, par l'état d'insensibilité qu'ils déterminent, protègent les individus contre l'action des stimulants extérieurs.

Le *second* de ces procédés, qui en réalité n'est qu'une subdivision du premier, repose sur le *mode de la distribution de la fatigue même*, qui fait que les organes les plus importants (centres nerveux) sont protégés grâce à une certaine hiérarchie des tissus vis-à-vis de la fatigue. Ici s'impose un rapprochement entre la fatigue et la faim; on sait que sous l'influence de l'inanition, ce sont les tissus les moins nobles qui tout d'abord perdent leur poids afin de permettre au cerveau de s'alimenter des réserves organiques. Le cerveau qui est l'*ultimum moriens* est aussi l'*ultimum movens*; il ne s'épuise qu'à la dernière heure seulement.

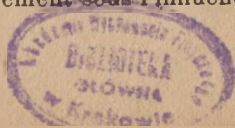
Cette théorie, qui nous est personnelle, a reçu une confirmation directe dans de nombreuses expériences qu'il nous a été possible d'instituer à cet égard¹. Il a été ainsi démontré que le premier degré de fatigue motrice est périphérique et qu'il existe une hiérarchie dans les tissus au point de vue de leur résistance à la fatigue. Les centres réflexes de la moelle sont plus

1. L'effort nerveux et la fatigue. *Archives de Biologie*, 1899, Voir à ce sujet nos travaux publiés à partir de 1899; IV *Congrès intern. de Psychologie*, Paris, 1900 et aussi *Année Psychologique*, VII, 1900.

résistants à la fatigue que les centres psychomoteurs, et les uns et les autres le sont plus que l'appareil phérique terminal. Celui-ci étant constitué de terminaisons nerveuses et de substance musculaire, une fatigabilité plus grande doit être attribuée à l'élément nerveux terminal. Nous arrivons ainsi à cette conclusion, que dans les conditions physiologiques, *les phénomènes de la fatigue motrice sont dus à l'arrêt des fonctions des terminaisons nerveuses intramusculaires.*

On le voit, tout le mécanisme de la fatigue est constitué de façon à assurer la protection des centres nerveux vis-à-vis des excitations nocives. Avant que les centres nerveux aient eu le temps de se fatiguer, l'abolition des fonctions des terminaisons nerveuses périphériques arrête toute réaction. Nous avons donc affaire à une *défense d'origine périphérique*, qui est réglée par la limite d'excitabilité propre aux terminaisons nerveuses. Elle ne suffit pas toujours, attendu que les organes périphériques, devenus inexcitables pour une intensité donnée d'excitant, sont aptes à fonctionner quand cette intensité (effort) est accrue. C'est alors qu'intervient le *sentiment de la fatigue*, mécanisme central et conscient, qui apparaît tardivement, quand le mécanisme périphérique n'a pas été suffisamment écouté. Il est probable que la sensation de fatigue est l'expression d'un état particulier des muscles devenu conscient à un moment donné.

Le siège de la fatigue est donc périphérique comme l'est celui du sens kinesthésique. La fatigue s'accumule progressivement dans l'organisme. Les déchets de la contraction musculaire sont déversés dans le sang et agissent chimiquement sur les terminaisons nerveuses sensibles contenues dans le muscle (substances toxiques dites *ponogènes*) ; ces terminaisons subissent en outre un froissement sous l'influence de



contractions prolongées. Cette irritation se transmet par l'intermédiaire des nerfs sensibles jusqu'au cerveau et y détermine une perception, pénible en général, que nous appelons le *sentiment de la fatigue* (voir chap. VII).

La fatigue rentre ainsi dans la catégorie des *défenses actives générales* (fonctions de relation)¹ et nous y avons distingué les trois modalités admises par Ch. Richet pour les autres fonctions de défense. Elle peut être une défense *immédiate* (arrêt des fonctions motrices par suite de la paralysie des terminaisons nerveuses); elle peut être une défense *préventive*, qui est la *sensation de fatigue*. De même que la douleur pour les excitations sensitives, elle est une fonction intellectuelle qui laisse une trace profonde dans la mémoire et empêche le retour d'une sensation semblable². Les Grecs assimilaient la fatigue à la douleur. Quoi qu'il en soit, il faut rattacher à la fatigue, à l'épuisement et à l'abattement qui en résulte, toutes les peines qui ont pour origine un effort, en un mot toutes les peines à caractère positif. Sergi a désigné la sensibilité de défense sous le nom d'*esthophylactique*. En 1903 nous avons proposé d'appeler *kinétophylactique* la fatigue de défense qui est une sauvegarde du mouvement.

Enfin la fatigue peut être une défense *consécutive*, qui est l'*accoutumance*. Comme certains poisons qui finissent par devenir inoffensifs, l'accoutumance rend l'organisme plus résistant aux atteintes de la fatigue. L'accoutumance peut être considérée comme une *adaptation* de l'organisme à l'excitant. C'est là un

1. M. Georges Bohn m'a reproché mes tendances finalistes. Je n'ai pas cessé d'être évolutionniste et j'admets l'adaptation à côté de l'inadaptation.

2. J. Ioteyko. La fatigue comme moyen de défense de l'organisme. *IV^e Congrès intern. de Psychologie*, Paris, 1900, p. 230.

fait général, qui s'applique à tous les organismes et à tous les appareils. Engelmann et Verworn sont arrivés à habituer divers organismes unicellulaires à des solutions salines concentrées qui, au début, provoquaient des phénomènes d'excitation très marquée. On peut obtenir des adaptations à des solutions faibles de poisons, à de hautes températures, à une lumière intense, à un excès de travail physique ou intellectuel, entre certaines limites, cela s'entend. Mais pour que l'accoutumance se produise, il faut procéder à petites doses et augmenter les doses progressivement. C'est là le secret de l'entraînement physique et intellectuel. En procédant brusquement, on n'obtiendrait aucune adaptation, mais bien des phénomènes d'épuisement. On peut dire que les effets de toutes les excitations se meuvent entre deux limites extrêmes : d'une part, la *fatigue*, et, de l'autre, l'*accoutumance*.

Les excitations ne doivent pas dépasser certaines limites; lorsque ces limites sont franchies, il y a douleur ou fatigue. La douleur et la fatigue sont donc toujours dues à un excès d'excitation. Les êtres vivants peuvent rencontrer, dans le milieu où ils vivent, des influences externes, auxquelles ils ne soient pas adaptés. La sensibilité de relation avertit de l'antagonisme qui existe entre l'être vivant et les actions extérieures. Cet avertissement est un état de conscience que nous appelons *douleur* quand il s'agit d'un excès d'irritation des organes de la sensibilité, et *fatigue* quand il s'agit des organes de la motilité. Quand, au contraire, il n'existe aucun conflit, l'adaptation complète au milieu extérieur se manifeste sous forme de plaisir. Il est donc permis de parler de l'*utilité biologique de la fatigue*. Quand elle procède par des doses petites et progressivement grandissantes, elle conduit à l'accoutumance. Quand elle est intense, elle avertit du danger imminent (fonction kinétophactique).

La fatigue est donc une défense *automatique* et elle est aussi une défense *consciente*. Les animaux inférieurs n'ont aucunement besoin de ressentir les effets de la fatigue pour arrêter le mouvement : cet arrêt se produit automatiquement. La défense consciente exerce une action préventive et par ce fait est un phénomène intellectuel.

CHAPITRE II

Origine, siège, modes et degrés de la fatigue.

Origine de la fatigue.

L'origine de la fatigue musculaire doit être recherchée dans les changements chimiques survenant lors du travail. La fatigue musculaire qui, au point de vue physiologique, se caractérise par une diminution d'excitabilité, se caractérise, au point de vue chimique, par une prédominance du processus de la désassimilation sur le processus d'assimilation. Il en résulte qu'on peut attribuer une double origine à la fatigue : d'une part, il y a consommation progressive des substances nécessaires à l'activité, et de l'autre, il y a intoxication par les déchets de la contraction, qui ne peuvent être éliminés ou neutralisés assez rapidement.

La consommation des réserves n'est jamais absolue ; un muscle cesse de se contracter bien avant l'épuisement complet des réserves. Ainsi, même un muscle extrait du corps et fatigué par une série de contractions provoquées répare sa fatigue lorsqu'il est soumis au repos. En outre, alors même que la fatigue paraît complète, il suffit d'augmenter la force de l'excitant pour voir les contractions réapparaître. Ce n'est donc pas tant la consommation des réserves que l'impossibilité d'en tirer parti qui caractérise la

fatigue. Et il paraît certain que la stagnation des produits de la désassimilation en est la cause principale. D'ailleurs, il est d'observation courante qu'après une grande fatigue il ne suffit pas de réparer les pertes par un excès d'alimentation ; il faut du temps pour permettre à l'œuvre de la réparation de s'accomplir.

Dans le travail poussé jusqu'à la fatigue, la combustion n'est pas complète ; se produisant, dans un milieu en partie anaérobie, le travail est lié à un déficit d'oxygène et à la présence de substances réductrices dans les muscles. Dans la fatigue, la diminution de l'énergie mécanique et de l'énergie thermique tient par conséquent à une mauvaise utilisation de l'énergie chimique : l'organisme rejette à côté de l'urée d'autres produits azotés, tels que l'acide urique, les purines, etc. La nature chimique des résidus n'est d'ailleurs pas la même dans les divers degrés de la fatigue et il y a consommation de matériaux différents au commencement et vers la fin du travail. On sait que le travail musculaire consomme un potentiel composé d'hydrates de carbone. Mais lors de la fatigue prononcée, les substances albuminoïdes elles-mêmes sont attaquées et elles donnent alors naissance à des produits toxiques. Ces derniers conservent tout leur pouvoir nocif, l'oxygène n'étant pas en quantité suffisante et ils ne peuvent d'autre part être immédiatement entraînés au loin ; ils restent donc sur place et viennent se fixer sur les éléments contractiles du muscle, qu'ils paralysent. Ces effets toxiques sont de longue durée ; plusieurs jours après la fatigue, les muscles restent encore douloureux et présentent une diminution de force au dynamomètre et à l'ergographe.

La fatigue présente donc des caractères exactement opposés à ceux de l'entraînement (voir p. 12), lequel se caractérise au point de vue énergétique, par une diminution des résidus, par une oxydation plus complète,

et par une meilleure utilisation de l'énergie chimique. Par conséquent, la fatigue réalise les conditions de consommation *anormale* de l'énergie, c'est-à-dire que le travail produit par un organisme fatigué n'est pas économique. La valeur psycho-énergétique en est diminuée.

En ce qui concerne les *modifications chimiques* survenant dans les muscles fatigués, rappelons ici plusieurs faits de grande importance¹. La fatigue amène la rigidité hâtive des muscles. La chair surmenée devient très vite flasque, humide, elle prend une odeur aigrelette. Cette chair peut devenir dangereuse. On a cité des épidémies de typhus survenues à la suite de la consommation de viandes de bestiaux surmenés. Des constatations de mêmes genres ont été faites pour le gibier forcé. En second lieu, c'est le changement de réaction, démontré pour la première fois par Dubois-Reymond en 1845. Le muscle, de neutre qu'il est, devient acide sous l'influence de la tétanisation. Cette acidité est plus faible quand la circulation est conservée, car dans ce cas l'acide est saturé par les alcalis du sang. D'après les recherches de Liebig, cet acide est l'acide lactique. Ce fait a été vérifié par un grand nombre de physiologistes (Heidenhain, Gotschlich, Moleschott et Battistini, etc.).

Il paraît certain que la fatigue musculaire est accompagnée de la production d'acides dans le tissu musculaire. Mais c'est aller beaucoup trop loin que d'attribuer l'origine de la fatigue à l'accumulation d'un acide quelconque. Normalement, le sang alcalin neutralise à chaque instant l'acide formé. Et d'ailleurs, comment expliquer que plusieurs jours après la fatigue, les muscles restent encore douloureux et présentent un abaissement notable de la force? Lagrange explique la courbature de fatigue par une accumulation d'acide lactique et des déchets azotés.

Récemment Aurenche et Loucheux² ont constaté chez quatre cyclistes une augmentation de la teneur du liquide rénal en acide sarcolactique, après la fatigue musculaire soutenue.

Le travail musculaire est lié à un appauvrissement du muscle en certaines substances, telles que le glycogène, et cela malgré la suractivité de la fonction glycogénique du foie.

Quant aux substances azotées, la créatine augmente dans un

1. Pour les autres détails, voir notre ouvrage : *La Fonction musculaire*. Doin, 1909.

2. Aurenche et Loucheux. Contribution à l'étude des réactions physiologiques de la fatigue. *Biologica*, 15 mars 1914, Paris.

muscle fatigué; la créatine s'y transforme en créatinine. Les urates augmentent. Pendant la fatigue le muscle consomme des matériaux un peu différents de ceux qu'il utilise pendant la contraction sans fatigue (Kronecker, Mosso, Jackson). La consommation de matériaux albuminoïdes ne deviendrait apparente que lors d'un travail très violent ou très prolongé. C'est alors seulement que prendraient naissance les produits toxiques de la fatigue. C'est à l'état d'hydrates de carbone et particulièrement sous forme de glucose que le muscle consomme son potentiel chimique lors d'une activité modérée (Chauveau).

Les muscles qui ont été soumis à un excès de travail renferment des substances nouvelles, dites extractives, mises en évidence par Helmholtz, confirmées par Ranke et dosées par Abelous.

On sait depuis l'ancienne expérience de Ranke, qu'une patte de grenouille, fatiguée jusqu'à épuisement complet par des excitations électriques, est rendue capable d'une nouvelle série de contractions par un simple lavage, c'est-à-dire par le passage d'eau salée par l'artère principale du membre. Le lavage agit mécaniquement en entraînant au dehors les substances toxiques produites pendant le travail musculaire. Kronecker a montré qu'une substance pouvant céder son oxygène aux tissus (hypermanganate de potasse ou sang oxygéné) était bien plus apte encore à restaurer le muscle en état de fatigue.

D'autre part, Mosso a démontré directement la toxicité du sang des animaux fatigués. Le sang d'un chien fatigué par une longue course dans une roue tournante lorsqu'il est injecté dans les veines d'un animal de la même espèce produit chez ce dernier tous les phénomènes de fatigue : abattement, parésie, accélération respiratoire et cardiaque. D'après Abelous et Langlois, les substances toxiques seraient détruites dans les conditions normales grâce à l'action antitoxique des capsules surrénales. Ces auteurs démontrèrent expérimentalement que l'extrait des muscles tétanisés est toxique. Le liquide rénal des hommes

surmenés possède aussi un fort pouvoir toxique (Tissié, Lopicque et Murette, Benedicenti, etc.). La sueur devient toxique pendant les exercices musculaires violents (Arloing)¹.

Ainsi est née la *théorie toxique de la fatigue*, à laquelle Weichardt², professeur à Erlangen, a donné une confirmation directe. Il est très difficile, dit cet auteur, d'arriver à produire chez les animaux une fatigue très prononcée, et cela à cause de la formation abondante des antitoxines de la fatigue. Pour mettre la toxine en évidence, il est nécessaire de soumettre les animaux à un travail ininterrompu. La course dans la roue tournante est insuffisante, notamment pour les chiens. L'auteur fatigue des cobayes en les traînant sur un tapis dur au moyen d'une corde attachée au train postérieur. L'animal s'oppose à ce genre de locomotion en raidissant ses muscles. Au bout de deux heures la température de l'animal descend notablement. On éveille encore des contractions musculaires au moyen d'excitations faradiques qu'on poursuit jusqu'à la mort. L'état soporifique et la contraction pupillaire dénotent une auto-intoxication poussée très loin. En effet, la toxine extraite du corps de l'animal ou la *Kénotoxine* détermine des troubles souvent mortels chez les autres animaux, lorsqu'elle est administrée en injection cutanée; les symptômes observés sont ceux de la fatigue : abaissement de la température, diminution de la respiration, somnolence.

Ces symptômes sont absents si au préalable on a injecté aux animaux l'antikénotoxine. Les animaux peuvent ainsi s'immuniser contre la kénotoxine.

Weichardt écarte l'objection, que les symptômes

1. Pour plus de détails voir mon article *Fatigue* du Dictionnaire de Physiologie de Ch. Richet.

2. Weichardt. *Munch. med. Woch.*, nos 1 et 48, 1904 et n° 26, 1905.

toxiques pourraient être dus simplement aux produits de décomposition tels que l'urée, la créatine, l'acide lactique, etc, en soumettant à la dialyse le plasma des muscles fatigués. Le plasma débarrassé ainsi des produits chimiques définis ainsi que des sels musculaires possède les mêmes propriétés toxiques.

La substance toxique est bien une toxine, ainsi que le montrent ses propriétés : elle n'est pas dialysable et elle produit la formation dans le sang d'une antitoxine spéciale (*antikénotoxine*). La toxine de la fatigue et son antitoxine se saturent complètement dans le corps des animaux et aussi *in vitro*. La toxine de la fatigue est très labile, l'antitoxine beaucoup plus stable.

Dans une autre série d'expériences le même auteur montre que le travail musculaire accompli dans l'air raréfié, c'est-à-dire dans un milieu pauvre en oxygène, mène à la formation abondante de la toxine de la fatigue, toxine issue de la décomposition des matières albuminoïdes. Ces faits cadrent bien avec l'interprétation de la courbe de fatigue, proposée par Ch. Henry et par moi (voir p. 113).

Certaines expériences semblent prouver que chez l'homme également l'injection de l'antikénotoxine possède la faculté de suspendre la fatigue, aussi bien physique qu'intellectuelle. Fr. Lorentz ¹, instituteur à Berlin et Marx Lobsien, de Kiel, expérimentèrent sur eux-mêmes et sur des écoliers, avec succès, affirment-ils, en confirmant les données de Weichardt sur l'antikénotoxine. Toutefois ces résultats paraissent douteux et ont été controuvés par Hacker ², qui ne put constater aucune action défa-

1. Fr. Lorentz. Ueber Resultate der modernen Ermüdungs Forschung und ihre Anwendung in der Schulhygiene. *Zeitschrift f. Schulgesundheitspflege* 1911, Heft. 1.

Voir aussi même publication 1912, Heft 11.

2. Fr. Hacker. Die Wirkung des Antikenotoxins auf den Menschen. *Marbe's Fortschritte für Psychologie*, Bd II, Heft 6, 1914.

tigante sous l'influence de l'antikénotoxine, après un excès de travail physique ou intellectuel. Les expériences furent faites sur des adultes et sur des écoliers. L'auteur met sur le compte d'une technique défectueuse les bons résultats obtenus antérieurement.

Le siège et la distribution de la fatigue.

Il est fort difficile d'instituer des recherches directes à ce sujet, et cela à cause de deux circonstances :

1° Un organe ne travaille jamais seul et lorsque les signes de la fatigue commencent à se manifester, on est indécis pour spécifier le siège de la fatigue.

2° La fatigue d'un organe se transmet même aux organes qui n'ont pas pris part au travail, par suite de la loi de la diffusion de l'excitation.

En ce qui est de la première de ces propositions, remarquons que lors du travail musculaire volontaire il y a intervention des centres psycho-moteurs et du muscle. Quel est l'organe qui se fatigue le premier? — Et même lors du travail intellectuel la part prise par les muscles, bien que d'importance moindre, n'est pas négligeable, ainsi que l'ont démontré de nombreuses expériences. L'attention s'accompagne de signes physiques qui viennent compliquer le phénomène intellectuel. La distinction ne peut se faire que dans des expériences indirectes.

La seconde proposition est vérifiable dans des cas nombreux. Les expériences de Ch. Feré ont montré que toutes les excitations sensorielles (auditives, visuelles, etc.) et toutes les manifestations psychiques en général s'accompagnent d'une augmentation de l'énergie des centres nerveux, qui se traduit par des effets dynamogènes. Ce sont les effets des excitations intercurrentes. D'autre part, déjà en 1858 Fechner et

Weber avaient vu que les effets de l'exercice d'un côté du corps se transmettaient au membre situé symétriquement du côté opposé (augmentation de volume, de force et d'aptitude).

J'ai démontré que la fatigue ergographique d'une main retentissait sur la main du côté opposé. Kronecker et Cutter constatèrent que les ascensions de courte durée augmentent nettement la force du biceps, tandis que des ascensions de longue durée la dépriment. Dans leurs expériences nombreuses Mosso et ses continuateurs montrèrent l'influence dépressive de la fatigue intellectuelle et des émotions sur les muscles restés au repos.

Il y a donc retentissement de la fatigue psychique sur la fatigue physique et *vice versa*, retentissement de la fatigue d'un hémisphère sur celui du côté opposé ou une action généralisée. Après une longue marche c'est parfois le cœur qui est malade; d'autres fois c'est l'irritabilité du caractère qui entre en scène (Lagrange).

Ceci n'exclut nullement l'étude du *siège de la fatigue*, en dénommant ainsi la localisation *directe* de la fonction la plus atteinte lors d'une fatigue modérée.

Il est plus difficile d'expliquer le mécanisme de ce retentissement. L'explication psychologique c'est que, dans le cas de dynamogénie, *il y a renforcement de l'image motrice dans les centres voisins de celui qui est mis en activité*; dans le cas de fatigue, il y a inhibition de la représentation motrice du mouvement. Les centres psycho-moteurs seraient donc fatigués sans avoir produit de décharges motrices. Quant à l'explication physiologique, il y a lieu de tenir compte des phénomènes circulatoires (l'avant-bras augmente de volume sous l'influence du travail du membre symétrique) et de l'irradiation nerveuse ou, au contraire, de son amortissement. La

théorie nerveuse semble susceptible d'expliquer certains faits que la *théorie chimique* (déversement dans le sang de substances nuisibles) est incapable d'éclairer.

Ainsi, comme je l'ai montré, le travail ergographique d'un seul doigt peut agir d'une façon déprimante sur le doigt du côté opposé. Vu le poids insignifiant du muscle qui a travaillé (fléchisseurs) par rapport à la masse totale du corps, la théorie chimique est peu qualifiée pour tenter l'explication du phénomène. Mais dans d'autres cas, lors de la fatigue généralisée des muscles, le déversement dans le sang de substances nuisibles est un fait certain; ces substances agissant sur le cerveau et le bulbe¹.

L'étude du siège de la fatigue psycho-motrice exige par conséquent l'emploi d'autres méthodes. Nous allons les exposer d'après nos travaux personnels, présentés déjà en 1899.

Une opinion fortement accréditée parmi les physiologistes, c'est que les centres nerveux sont plus fatigables que les muscles. En réalité tous les arguments employés ne reposent que sur des analogies lointaines.

Les expériences de A. Mosso, faites en alternant la contraction volontaire avec la contraction électrique des muscles chez l'homme, et en comparant entre eux les résultats ainsi obtenus, sont presque les seules qu'on invoque pour attribuer aux centres une résistance moindre qu'aux organes terminaux. Pour éliminer l'action psychique dans les phénomènes de fatigue ergographique, Mosso a excité directement le nerf médian ou le muscle

1. Nous nous élevons contre les tendances de quelques médecins qui admettent sans même le discuter le fait de l'auto-intoxication musculaire ou nerveuse comme origine de tous les phénomènes de la fatigue et le transport des substances toxiques par le sang. Les phénomènes sont beaucoup plus complexes.

au moyen d'une bobine d'induction (voir p. 109).

Or il existe des différences notables dans le travail mécanique et la tension des muscles dans les deux cas. Fick avait déjà signalé en 1887 qu'avec l'excitation électrique tétanisante il n'était jamais possible d'obtenir un degré de tension du muscle aussi prononcé qu'avec l'excitation volontaire. Mosso conclut dans le même sens : avec la volonté on peut faire des efforts plus grands et soulever des poids très lourds, mais l'aptitude au travail s'épuise vite et l'excitation nerveuse volontaire devient inefficace, tandis que l'excitation nerveuse artificielle agit encore. Lorsqu'on ne peut plus soulever un poids par la volonté, en excitant électriquement le nerf on arrive encore à produire des soulèvements.

De ces expériences Mosso tire argument pour affirmer que ce n'est pas le muscle qui se fatigue dans la contraction volontaire, attendu que celle-ci laisse encore dans le muscle un résidu de force, qui peut être utilisé encore par la contraction artificielle. Par conséquent, dit Mosso, le siège de la fatigue est situé dans les centres nerveux.

Les mêmes expériences furent répétées par Waller qui s'est servi d'un dynamographe. De même que Mosso, il a vu que, quand la volonté n'était plus efficace à soulever un poids, on pouvait encore obtenir une série de contractions artificielles. On peut disposer l'expérience de manière à obtenir plusieurs séries de contractions volontaires qui alternent avec les séries de contractions artificielles. A chaque nouvelle série, le muscle, en apparence épuisé, entre en contraction. A l'exemple de Mosso, Waller explique ce phénomène de la façon suivante : quand le muscle cesse de répondre à l'excitation volontaire, c'est à cause de l'entrée en jeu de la fatigue centrale ; il peut donc fournir encore une certaine somme de travail à l'excitation directe. Pendant l'excitation directe du

muscle, les centres se sont reposés, c'est pourquoi la reprise de la contraction volontaire est maintenant suivie d'effet.

Ces expériences reposent toutes sur la comparaison des effets de la contraction volontaire avec ceux de la contraction artificielle. On peut se demander s'il est possible de produire artificiellement une activité comparable à celle qui a lieu dans le fonctionnement normal de l'organisme. Nous manquons absolument de critère pour comparer l'intensité de l'effort nerveux volontaire avec l'intensité de l'influx nerveux dégagé par les excitations électriques. Or, suivant Mosso lui-même, la ressemblance ne peut être complète, car à cause de la douleur déterminée par l'application de l'électricité, le poids à soulever ne peut être que très faible. L'excitant électrique stimule davantage les nerfs de la sensibilité que les nerfs moteurs. Cela expliquerait pourquoi le muscle, épuisé par l'excitation électrique, recouvre son action sous l'influence de la volonté : elle est un excitant maximal par rapport à l'excitant électrique, qui ne peut être que sous-maximal. D'ailleurs, tous ceux qui ont essayé d'exciter électriquement les muscles de l'homme savent combien insignifiants en sont les effets moteurs, et combien importants en sont les effets sensitifs.

Beaucoup d'autres critiques ont été formulées par Kraepelin, V. Henri, G. E. Müller, R. Müller, Hough, etc. La preuve décisive à cet égard a été fournie par R. Müller (1901) qui a reconnu le rôle prédominant des muscles interosseux dans la courbe du travail volontaire. Or, dans l'excitation artificielle, nous faisons travailler surtout les fléchisseurs. Par conséquent, dans la contraction volontaire travaillent des muscles différents de ceux qui entrent en jeu dans la contraction artificielle. Toute comparaison devient donc impossible. La conclusion de Mosso, à

savoir que le siège de la fatigue est situé dans les centres nerveux, perd par conséquent tout appui expérimental.

Il est permis d'aller plus loin. En acceptant le bien-fondé des observations de Müller, nous devons admettre aussi que la fatigue intellectuelle est, elle aussi, un phénomène plutôt musculaire que nerveux. Mosso a observé en effet, qu'après de grandes fatigues intellectuelles on pouvait constater une notable diminution de force à l'ergographe. Mais ce qui paraissait inexplicable, c'est que la dépression de la force s'observait tout aussi bien dans la contraction volontaire que dans la contraction électrique. Or, s'il est impossible de faire la comparaison entre le travail volontaire et le travail provoqué, nous pouvons en revanche comparer fort bien entre elles les courbes volontaires d'une part et les courbes artificielles de l'autre. Nous arriverons de cette façon à *éliminer l'influence psychique*, car la diminution de force après le travail intellectuel s'observe aussi bien dans le travail volontaire que dans le travail artificiel. Ceci semblerait donc démontrer que la fatigue intellectuelle elle-même n'est au fond qu'un phénomène d'épuisement musculaire.

Comme preuve du siège périphérique de la fatigue psychomotrice on peut citer encore les effets bienfaisants du massage, si bien étudiés par Zabloudowsky et par Maggiora. Selon ce dernier, on obtient du muscle qui travaille à l'ergographe avec des périodes de quinze minutes de massage un effet utile quadruple que celui que donne le muscle auquel on accorde des périodes équivalentes de repos. Il est vrai que le massage agit aussi sur le système nerveux, mais son action retentit directement sur le muscle et le débarrasse des produits de déchet grâce à une circulation plus active.

Parmi les preuves mises en avant pour démontrer que le muscle se fatigue soi-disant moins que les centres nerveux, on a cité aussi les contractures des hystériques, lesquelles peuvent durer des mois sans

qu'il y ait fatigue. Mais la contracture n'est pas une contraction musculaire ordinaire, elle ne s'accompagne pas d'élévation de la température. J'ai considéré la contracture pathologique comme une contraction du sarcoplasme, ayant pour siège un substratum peu différencié et ne s'accompagnant pas de phénomènes chimiques appréciables. Cette contraction est presque infatigable (v. p. 54).

Les expériences *ponométriques* de Mosso sont à notre avis une démonstration des plus nettes du siège périphérique de la fatigue, ce qui avait échappé à l'illustre physiologiste de Turin. Le *ponomètre*, appareil imaginé par Mosso, inscrit la courbe de l'effort nerveux nécessaire pour produire la contraction des muscles à l'ergographe. Avec cet appareil, le muscle travaille seulement au commencement de la contraction, et on inscrit aussi, outre le travail utile, le mouvement successif que fait le muscle quand le poids qu'il soulève vient à lui manquer tout à coup (contraction à vide). L'inscription se fait sur un cylindre tournant. Nous voyons que l'espace parcouru par le doigt quand cesse le travail utile de la contraction, est moindre tout d'abord, et devient environ trois fois plus considérable quand le muscle est fatigué. La courbe ponométrique est l'inverse de la courbe ergographique. L'excitation nerveuse que l'on envoie à un muscle pour en produire la contraction est donc beaucoup plus grande quand il est fatigué que lorsqu'il est reposé. Mais si l'on soulève le poids au ponomètre en excitant le nerf médian, dit Mosso, la courbe ponométrique va en diminuant. Il ne peut donc être question de fatigue des centres nerveux dans le cas d'une courbe volontaire, attendu que l'effort nerveux, augmente au lieu de diminuer ; et il augmente pour vaincre l'inertie envahissant le muscle fatigué (v. p. 157). C'est là une démonstration décisive plaidant selon nous en faveur de l'origine

périphérique de la fatigue, et chose curieuse, c'est dans les travaux de Mosso que nous puissions cet argument. Ces expériences montrent la différence essentielle qui sépare les contractions volontaires des contractions provoquées, les premières s'accomplissant sous le régime de l'accroissement progressif de l'influx nerveux, les secondes se poursuivant avec une force invariable de l'influx nerveux. Les courbes ponométriques, confrontées avec les courbes ergographiques, démontrent que, tandis que le travail mécanique tend à diminuer dans la fatigue, l'effort nerveux tend à s'accroître progressivement.

Nous arrivons à l'étude du *quotient de la fatigue* et à celle de *types sensitivo-moteurs*, d'après nos recherches publiées en 1899, recherches qui nous ont permis d'élaborer une théorie du *siège périphérique* de la fatigue psycho-motrice.

Une courbe ergographique est composée de deux éléments : la hauteur des soulèvements et leur nombre. Hoch et Kraepelin ont montré que la fatigue des centres nerveux ou leur excitation modifient surtout le nombre de soulèvements, tandis que la hauteur est influencée par l'état du muscle (v. p. 109).

Le nombre des soulèvements est fonction du travail du système nerveux central ; leur hauteur est fonction du travail du système musculaire.

J'ai donné le nom de *quotient de la fatigue* $\frac{H}{N}$ au rapport numérique qui existe entre la hauteur totale des soulèvements (en centimètres) et leur nombre dans une courbe ergographique. Le quotient de la fatigue mesure la *qualité* du travail accompli. Comme le quotient respiratoire, qui est le rapport entre le CO² exhalé et le O absorbé, mais qui ne fournit aucune donnée sur les valeurs absolues de ces gaz, le quotient de fatigue mesure le rapport entre l'effort musculaire et l'effort nerveux

dans un ergogramme. Ce rapport n'est autre que l'évaluation de la hauteur moyenne, mais le nom de « quotient de fatigue » a l'avantage d'exprimer un rapport physiologique.

En admettant le bien-fondé de l'interprétation de Koch et Kraepelin relativement au sens attribué à la hauteur totale des soulèvements et à leur nombre, il devient possible d'apporter une contribution expérimentale à la question du siège de la fatigue par l'examen des variations que subit le quotient de fatigue sous l'influence de la fatigue même. On sait que les effets de la fatigue s'accumulent si l'on entreprend un nouveau travail avant que la fatigue précédente ne se soit dissipée. Mes expériences consistaient à faire alterner les courbes ergographiques avec de courts intervalles de repos (la « fatigue rémanente »), réguliers dans la même série des courbes mais insuffisants pour assurer la restauration complète (une à dix minutes). Chaque courbe successive est moindre au point de vue du travail mécanique. Le nombre de ces courbes successives, prises chez 20 étudiants de l'Université de Bruxelles, a été poussé jusqu'à cinq. Pour savoir aux dépens de quel facteur, hauteur ou nombre, se fait l'accumulation de la fatigue, il suffit d'examiner les variations du quotient de la fatigue dans les courbes successives.

D'après mes expériences, la loi qui exprime ces rapports est la suivante :

Le quotient de fatigue, qui est le rapport entre la hauteur totale des soulèvements et leur nombre dans une courbe ergographique, et qui dans des conditions identiques de travail est constant pour chaque individu, subit une décroissance progressive dans les courbes ergographiques qui se suivent à des intervalles de temps réguliers mais insuffisants pour assurer la restauration complète d'une courbe à une autre (1900).

La loi de la décroissance du quotient de la fatigue

signifie que la fatigue envahit en premier lieu les organes périphériques, d'accord avec la signification attribuée par Hoch et Kraepelin à la hauteur totale des soulèvements et à leur nombre.

Dans de nouveaux travaux accomplis avec l'aide des mathématiques j'ai apporté des confirmations qui me paraissent décisives (voir p. 154).

Ces recherches ont été complétées par la distinction que j'ai pu établir entre *deux types sensitivo-moteurs*, l'un dynamogène ou *sthénique* et le second inhibitoire ou *asthénique*. J'ai basé la distinction sur le genre de réaction cérébrale accusée par les sujets (étudiants de l'Université de Bruxelles) après qu'ils avaient fourni une ou plusieurs courbes à l'ergographe. L'examen de la force dynamométrique de la main gauche, qui n'a pas participé au travail ergographique, peut nous servir d'indicateur de l'état des centres nerveux. Or, chez la majorité des sujets, la valeur de la pression dynamométrique augmente après l'ergogramme donné avec la main droite (type dynamogénique); chez un petit nombre seulement l'effort dynamométrique de la main gauche diminue légèrement (type inhibitoire). L'excitabilité des centres nerveux est donc plus souvent augmentée que diminuée immédiatement après l'expérience ergographique; d'ailleurs, l'état de légère fatigue qu'on observe parfois, se dissipe très rapidement. Et même Woodworth pense que dans mes expériences, la dépression constatée n'est pas nécessairement une vraie fatigue des centres nerveux, mais qu'elle est due à la sensation de fatigue qui vient inhiber le mouvement.

D'autre part, chez les sujets appartenant au type asthénique, nous voyons la force dynamométrique de la main gauche diminuer aussi bien que la sensibilité cutanée de cette main, et parallèlement nous constatons une diminution du nombre de soulèvements de la main droite qui travaille à l'ergographe¹. Chez les sujets appartenant au type dynamogène, on observe une augmentation de la force dynamométrique de la main gauche, une augmentation de la sensibilité cutanée de cette main et le nombre de soulèvements de la main droite à l'ergographe augmente aussi. Le nombre de soulèvements se trouve donc en rapport étroit avec l'état des centres nerveux.

1. La diminution ou l'augmentation du nombre de soulèvements n'est pas en contradiction avec la loi de la décroissance du quotient de la fatigue. Cette loi exige que la décroissance de la hauteur soit plus grande que la décroissance du nombre.

Ces résultats nous ont permis d'affirmer que le *premier degré de fatigue est périphérique*; il a son siège dans le muscle ou plutôt dans les terminaisons nerveuses motrices intra-musculaires. Il ne s'agit que du premier degré, car tout porte à croire que pour des efforts excessifs il y a également fatigue des centres volontaires. Cette fatigue se reconnaît à une diminution de l'effort. L'observation courante nous apprend d'ailleurs que la volonté, qui peut produire des merveilles, finit par s'épuiser à la suite d'un travail intense et prolongé. La mort par excès de fatigue (coureur de Marathon, migration des oiseaux, records vélocipédiques) relève d'une altération du système nerveux. Par contre, dans les conditions ordinaires, la fatigue des centres psychomoteurs est limitée par la fatigue périphérique.

(Voir : *Mécanisme physiologique de la fatigue* p. 159; *le sentiment de la fatigue* p. 92; *la loi de l'économie en dynamique nerveuse* p. 157).

Nous ne nous arrêterons pas ici sur les phénomènes de la fatigue des troncs nerveux ni sur celle des centres nerveux médullaires ¹.

Modes et degrés de la fatigue.

Fernand Lagrange ¹ donne de la fatigue la définition suivante : *la fatigue chez l'homme sain et normal est une diminution du pouvoir fonctionnel des organes, provoquée par un excès de travail et accompagnée d'une sensation caractéristique de malaise.*

Tous les organes peuvent se fatiguer, non seulement les muscles et le cerveau. Ils peuvent aussi subir le contre-coup de la suractivité des autres organes. Dès que la fatigue atteint

1. F. Lagrange et F. de Grandmaison. *La Fatigue et le Repos*. Vol. de 360 pages, Paris, Alcan, 1912.

une certaine intensité, elle est ressentie par toutes les fonctions du corps et toutes les facultés de l'esprit. Les trois caractères indiqués avec raison par Lagrange comme caractéristiques de la fatigue chez l'homme à l'état physiologique, sont en effet indispensables pour qu'on puisse parler de fatigue. Remarquons que dans les recherches de laboratoire, où des expériences très précises ont été faites soit sur des muscles détachés du corps, soit sur des muscles des animaux anesthésiés, la sensation de malaise (le sentiment de la fatigue) manque nécessairement. Nous nous plaisons à rappeler que les expériences de laboratoire seules peuvent prétendre au titre de réellement scientifiques, malgré qu'elles paraissent artificielles à Lagrange et sans doute à beaucoup d'autres médecins. Ils commettent là une erreur qu'il n'est pas inutile de relever. Seule l'expérimentation des laboratoires a permis de faire l'analyse minutieuse et détaillée du phénomène de la fatigue. Bien plus, c'est en se basant sur les lois découvertes de cette façon qu'il est devenu possible d'interpréter les observations et les expériences faites sur l'homme physiologique et même sur l'homme pathologique. Sans le secours des lumières venues des études expérimentales, les observations faites sur les divers phénomènes en bloc présenteraient un chaos inextricable. La synthèse doit donc être précédée d'une analyse; telle est la méthode scientifique.

D'une façon générale, il est permis de distinguer la *fatigue active* de la *fatigue passive*. La première est la fatigue des organes actifs par excellence : les muscles et les centres *nerveux* volontaires.

C'est donc à la fatigue physique musculaire et psycho-motrice et à la fatigue intellectuelle que nous réserverons le nom d'active, bien qu'exceptionnellement ces organes puissent eux aussi subir les effets de la fatigue passive, par exemple, tous les mouvements communiqués de l'équitation, d'un voyage en chemin de fer, lorsqu'il s'agit de fatigue physique, et d'un travail imposé au cerveau des enfants qu'ils acceptent sans aucun effort de la volonté, lorsqu'il s'agit de fatigue intellectuelle. Quant à la fatigue passive, elle apparaît par excellence lors de l'*émotion* (*fatigue émotive*) et de la *douleur* (*fatigue dolorifique*). On pourrait y joindre l'*ennui* comme cause

de fatigue. L'ennui exerce lui aussi une influence fatigante par une activité sans cesse interrompue, se portant d'un objet à l'autre, par l'instabilité mentale qui caractérise cet état de l'esprit. Il est lié à la monotonie et non au travail. A l'ennui peuvent se joindre d'autres états, tels que la *nostalgie*, le *cafard* des tranchées. L'action neurasthénisante de la faim est bien connue. Tous les genres de fatigue que nous venons d'énumérer peuvent se présenter à l'état physiologique ou à l'état pathologique, à l'état aigu ou à l'état chronique. De là, la nécessité de nous occuper de surmenage et de différentes *névroses de fatigue*, qu'elles soient dues à un excès d'activité volontaire (*neurasthénie héréditaire ou acquise*) ou à un excès d'activité passive (les *névroses émotives*, en particulier dues à la *peur*).

Les grandes douleurs physiques ou morales, de même que les émotions fortes comptent parmi les causes déprimantes.

Quand les muscles paraissent paralysés et n'obéissent plus à la volonté, il est des causes qui jouent le rôle d'excitants : une émotion, la peur, la colère, l'émulation. Un individu, qui tombe de fatigue, se remet à marcher sous l'influence d'une de ces causes.

Le bâillement accompagne communément la fatigue. Ce phénomène est produit par un léger état momentané d'anémie cérébrale. Il y a dilatation des vaisseaux et, par suite, stase sanguine. La chaleur favorise cette stase, dit Mosso, et par cela même rend l'attention plus pénible. Certains sujets atteints d'anémie cérébrale bâillent pour ainsi dire continuellement. Il en est de même des hystériques. Le bâillement est un signe d'affaiblissement nerveux. La tendance à s'étirer qui se produit en même temps que le bâillement, augmente la pression du sang et l'activité cardiaque, ce qui fait disparaître la cause du bâillement.

Mosso n'admet pas que le génie soit de la patience. Mais la fatigue est à la base de toute création en science, comme dans les beaux-arts. Les préjugés qui courent sur le génie sont nombreux. A part quelques

rare exceptions, dit-il, tous doivent leur immortalité au travail et à la fatigue qui en résulte.

Les conditions aggravant la fatigue sont : l'excès de vitesse, l'excès d'intensité et l'excès de durée (Lagrange). La réunion de ces trois conditions est néfaste pour l'organisme. Elles se rencontrent aussi bien dans le travail physique que dans le travail intellectuel.

La loi de l'accumulation de la fatigue se vérifie dans les trois conditions de travail. A la suite d'un travail de vitesse la fatigue est non seulement plus prompte, mais elle est encore plus intense et demande plus de temps à disparaître. Le rendement est en conséquence diminué. Sous l'influence de la vitesse exagérée du travail physique, nous observons des symptômes associés, un retentissement cardio-pulmonaire de la fatigue, connu sous le nom d'*essoufflement*. L'essoufflement, bien étudié par Lagrange, est la manifestation symptomatique de la fatigue du cœur et du poumon. Quand il dépasse un certain degré d'intensité, il représente la forme la plus grave de la fatigue physique et peut causer la mort par asphyxie. On connaît des exemples de chevaux qui ont succombé au galop forcé, de même que des animaux forcés à la chasse. L'histoire du soldat de Marathon est bien connue.

L'essoufflement est le symptôme par lequel se traduit l'effort que font le cœur et le poumon pour satisfaire au besoin de respirer exagéré par la vitesse. Le *cœur forcé* représente un des cas les plus graves de fatigue (voir p. 57).

Les formes graves de la fatigue, telles que la fièvre et la courbature sont rapportées par les médecins à l'auto-intoxication. Un travail musculaire excessif provoque très souvent un léger état fébrile qui éclate cinq ou six heures après la fin de l'exercice, avec frissons, puis chaleur et transpiration. C'est la *cour-*

bature fébrile, à température pouvait aller à 39° ou même 40°. Elle présente beaucoup d'analogie avec l'accès de fièvre causé par un refroidissement chez les rhumatisants. La fièvre de courbature, chez les sujets sains, ne dure guère plus de 24 heures. Lorsque le travail a été très pénible et de longue durée, la fièvre peut présenter une certaine gravité et simuler les *états typhoïdes*. Elle porte alors le nom de *fièvre de surmenage*. (voir p. 264). Mais même à son degré léger, la fièvre de fatigue peut devenir, dans certaines maladies, comme la grippe, la tuberculose, une complication sérieuse, en aggravant la marche de ces maladies (Lagrange).

On distingue quatre degrés dans la fatigue suivant Tissié :

1° *La lassitude* qui tonifie après le repos, il faut la rechercher.

2° *L'épuisement* qui atténue le pouvoir de réparation, qui provoque la parésie, le relâchement, l'hypotension et accélération des battements du cœur (tachycardie) par tension artérielle diminuée.

3° *Le surmenage* qui irrite le système nerveux avec diminution de l'appétit, suppression du sommeil, hypertension avec ralentissement des battements du cœur (bradycardie), par tension artérielle augmentée.

4° *Le forçage* qui constitue une maladie grave avec arrêt du cœur par inhibition, avec auto-intoxication, avec phénomènes psychiques pathologiques (dissociation du « moi »).

On doit éviter absolument ces trois dernières fatigues, alors que la première sera recherchée, car elle est une condition indispensable de l'entraînement qui ne s'obtient que par la prolongation de l'effort, par la victoire de la volonté sur le malaise de la fatigue. Après chacune de ces victoires on fait reculer l'apparition de la fatigue.

Bettmann¹ et aussi Miesemer² purent constater que les effets de la fatigue physique n'étaient pas les mêmes que ceux de la fatigue intellectuelle ; ainsi la mémoire immédiate des lettres servant de test est plus fortement influencée par le travail intellectuel préalable que par le travail physique. L'influence sur l'écriture diffère également suivant l'un ou l'autre de ces travaux. La conclusion de ces auteurs est que *le tableau général de l'influence du travail physique sur les efforts volontaires est celui d'une excitation, tandis que le tableau de l'influence du travail mental est celui d'une inhibition*. Nous croyons qu'il n'y a là qu'une différence de degré : le travail physique, s'accomplissant en grande partie automatiquement, n'est qu'une faible source de fatigue pour les centres volontaires (qu'il s'agisse des centres psycho-moteurs, commandant le mouvement, ou qu'il s'agisse de cette tension de la volonté qui est nécessaire pour continuer un travail intellectuel). Le travail intellectuel, par contre, est doué d'un coefficient plus considérable d'effort.

Nous avons insisté bien des fois dans nos travaux sur l'action excitante que peut exercer *le premier stade de la fatigue*. Ainsi Vannod constata une exagération de la sensibilité à la douleur chez les écoliers sous l'influence de la fatigue. Mes recherches et celles de M. Stefanowska, plus tard celles de Binet apportèrent la preuve de la possibilité d'une diminution du même genre de sensibilité lorsque la fatigue était très prononcée. Même la sensibilité tactile, qui diminue en règle générale, peut présenter une légère exaltation au premier degré de la fatigue. Ce premier stade de

1. S. Bettmann. Beeinflussung einfacher psychischer Vorgänge durch Körperliche und geistige Arbeit. *Kraepelin's Psych. Arbeiten*, I, 1895.

2. Karl Miesemer, Ueber psychische Wirkungen Körperlicher und geistiger Arbeit. *Ibid.*, IV, 1902.

fatigue peut constituer à lui seul tout le symptôme de la fatigue, si on arrête le travail à temps ; il peut n'être que le symptôme du début et céder le pas au second stade si le travail est continué. La fatigue se comporte donc comme la plupart des agents nocifs agissant sur l'excitabilité de la matière vivante : la phase de dépression, voire même la mort d'un tissu ou d'un organe, est précédée d'une phase d'excitabilité exagérée. D'ailleurs, lors de la fatigue générale, un grand nombre de personnes accusent un état où le sentiment de la fatigue est précédé par une phase d'excitation. Cette excitation peut être comparée à celles qu'éprouvent les gens nerveux ou les neurasthéniques, qui même sans aucune cause apparence de fatigue, accusent une excitation psycho-motrice, sensorielle, intellectuelle, premier signe de faiblesse nerveuse. Ce signe constitue d'ailleurs pour eux un danger permanent, car il les expose à de nombreux excès.

En revenant à la fatigue intellectuelle comme exemple, Meumann rappelle que lors des dictées ou des calculs, employés comme tests pour la mesure du travail intellectuel, au *premier stade de la fatigue* on constate un gain quantitatif (diminution de la durée), mais il est accompagné d'une perte au point de vue qualitatif (augmentation du nombre de fautes).

Le *second stade de la fatigue* est caractérisé par la diminution de l'activité ou des activités. Ainsi, en ce qui concerne les dictées et le calcul, la diminution quantitative marche de pair avec un abaissement qualitatif.

Lors de la *troisième phase de la fatigue*, les observations de Meumann montrent des rapports assez différents suivant les individus et les circonstances, soit l'épuisement et l'incapacité au travail, ou pour le moins un ralentissement très prononcé du rythme du travail, soit un stade d'augmentation fiévreuse de l'excitabilité, une espèce de fièvre de fatigue ou ce

que Ch. Féré a appelé « ivresse motrice ». Le travail est augmenté dans ce dernier cas, mais il devient précipité et irrégulier ; le pouls traduit l'augmentation de l'excitabilité et il devient rapide et petit, la respiration est accélérée et superficielle, les mouvements sont incertains.

Il faut admettre, croyons-nous, que les personnes ayant présenté le phénomène de l'ivresse motrice entrent enfin dans un *quatrième stade de la fatigue*, qui est celui de la dépression finale. Suivant la prédominance de l'une ou de l'autre de ces phases, il est possible de distinguer plusieurs types. Le même travail peut être excitant pour les uns et déprimant pour d'autres.

CHAPITRE III

La contraction musculaire.

L'étude graphique de la contraction musculaire a été poursuivie chez l'homme et les animaux. Les phénomènes observés chez ces derniers dans les laboratoires de physiologie sont susceptibles d'éclaircir nombre de faits constatés chez l'homme; aussi devons-nous commencer par un rappel succinct des notions de physiologie animale.

L'enregistrement des contractions musculaires est rendue possible à partir de 1850, c'est-à-dire depuis l'invention du myographe par Helmholtz. Le modèle le plus employé est celui de Marey.

La *secousse* musculaire est celle qui s'obtient artificiellement au moyen d'une seule excitation électrique simple et instantanée. C'est un phénomène très rapide qui s'inscrit sur des cylindres tournants avec grande vitesse, sous la forme d'un *arc*. Il y a trois phases à considérer dans la secousse élémentaire : 1° la période d'excitation latente ou le temps perdu; 2° la période d'ascension du muscle ou de raccourcissement; 3° la période de descente du muscle ou de relâchement. Le temps sur le kymographe (cylindre enfumé tournant) se marque en centièmes de secondes au moyen du signal de Deprez.

Considérée dans son expression graphique, la secousse musculaire contient deux éléments : l'amplitude et la durée. La durée atteint en moyenne 0"3, mais elle peut varier sous l'influence de circonstances nombreuses. Parmi les agents qui viennent modifier la forme de la secousse, mentionnons : l'intensité de l'excitant, la chaleur, les poisons, la fatigue, la charge à soulever, etc. ¹

Le second mode de contraction musculaire est le *tétanos* ;

1. Pour cette étude, voir notre volume : *La Fonction musculaire*, Doin, 1909.

c'est un raccourcissement soutenu, provoqué par une série de contractions simples, par leur fusion. Il a été démontré que la *contraction volontaire*, même celle qui est de très courte durée, est aussi un tétanos. Lorsque la volonté commande une contraction musculaire, dit Marey, le nerf provoque dans le muscle une série de secousses assez rapprochées les unes des autres pour que la première n'ait pas le temps de s'accomplir avant qu'une autre ne commence. De sorte que ces mouvements élémentaires s'ajoutent et se fusionnent pour produire la contraction. Helmholtz a vu que pendant le tétanos le muscle vibre dans l'intimité de son tissu, car l'oreille appliquée sur le muscle entend un son dont l'acuité est déterminée par le nombre des excitations électriques envoyées au muscle en une seconde (le *bruit rotatoire*). Le son musculaire normal comporterait d'après cet auteur 30 à 40 vibrations par seconde. Marey a pu obtenir l'inscription graphique de ces vibrations. La nature oscillatoire du tétanos a encore été démontrée par le *téléphone* et par d'autres procédés. Le *tremblement* dont sont pris nos membres fortement contractés ou fatigués en constitue une autre preuve.

Il est donc certain que tout mouvement volontaire est de nature tétanique. Le tétanos physiologique se distingue essentiellement de la secousse simple par sa plus longue durée, son caractère oscillatoire et une force plus grande de contraction. Cette force mécanique permet le soulèvement de poids intenses.

Le plus grand nombre de mouvements volontaires *doubles* (c'est-à-dire de va-et-vient) que nous puissions exécuter dans une seconde est de 8 à 10. Le rythme des contractions morbides, tremblement, trépidation, clonus, est de 8 à 10 par seconde, de même que dans le frisson. Ces faits semblent signifier que la fréquence d'impulsion maximum des centres nerveux est d'environ 10 par seconde.

L'extrême rapidité de la secousse induite des muscles striés est due à leur haute différenciation, ces muscles étant composés d'une façon prépondérante de substance fibrillaire, anisotrope, et très pauvres en protoplasme non différencié ou sarcoplasme. Telle est la théorie de Bottazzi (1901) qui par de très nombreuses expériences est arrivé à cette conclusion que le siège anatomique de la contraction rapide est fibrillaire, celui de la contraction lente est sarcoplasmatique. Après avoir apporté de nombreuses contributions expérimentales à cette théorie, j'ai proposé de l'appeler « la théorie de la dualité fonctionnelle du muscle¹. »

1. J. Ioteyko. Etudes sur la contraction tonique des muscles striés et ses excitants. Mémoires de l'Académie royale de médecine de Belgique, 1903.

La secousse sarcoplasmatique, obtenue par des excitations appropriées (substances chimiques, courant galvanique), peut être déclenchée même dans le muscle strié ordinaire, bien qu'il soit très pauvre en sarcoplasma. On obtient alors une contraction allongée, composée de deux parties, la première étant la contraction brève de la substance anisotrope, la seconde étant la contraction lente du sarcoplasme. Ce genre de contraction, qui se distingue de la contraction simple par sa forme et sa durée, et qui se distingue du tétanos par l'absence complète de caractères tétaniques, peut, à juste titre, conserver le nom de *contraction tonique*, qui lui avait été donné déjà par Wundt et par Ranvier. La contraction tonique devient la plus apparente dans la contraction des muscles lisses, composés en grande partie de sarcoplasme. Elle se montre plus accentuée dans les muscles striés rouges que dans les muscles striés pâles, les premiers renfermant plus de sarcoplasme que les seconds. Bref, elle paraît être fonction de la quantité de la substance sarcoplasmatique¹.

Il est intéressant de faire la remarque que sous l'influence de la fatigue, les muscles striés pâles prennent certains caractères des muscles striés rouges, par exemple, l'augmentation du temps perdu, l'allongement de la secousse. La durée de la secousse dans le muscle pâle est d'autant plus grande qu'il est plus fatigué, et ressemble de plus en plus à celle du muscle rouge non fatigué. Il existe certains muscles mixtes, lesquels, étant soumis à l'action du courant électrique, donnent un tracé qui au début est celui des muscles pâles, mais qui à la fin prend de plus en plus les caractères des muscles rouges. On en conclut que ce sont les fibres blanches qui se fatiguent les premières. Or, comme les fibres rouges sont plus riches en sarcoplasme que les fibres pâles, on peut en déduire que le sarcoplasme se contracte plus lentement, est moins excitable, se fatigue plus lentement et meurt plus tard que la substance fibrillaire anisotrope.

1. J. Iotcyko. La Dualité fonctionnelle du muscle. Conférence faite à la Société belge de Neurologie, 28 mai 1904. *Journal de Neurologie*.

Il y a donc un rapport entre la fatigabilité et la richesse du muscle donné en substance fibrillaire anisotrope. La contraction dite tonique (ou sarcoplasmatique) est notablement plus résistante à la fatigue que la contraction fibrillaire anisotrope. La dualité de la fonction musculaire s'affirme donc très nette. Un rapport systématique peut être établi entre la structure du muscle et sa fonction.

Une autre série de preuves est tirée des recherches de Bottazzi et de Fano sur la physiologie du muscle cardiaque. Les éléments musculaires du cœur relativement au sarcoplasme qu'ils renferment, tiennent le milieu entre les fibres lisses et les fibres striées. Chose intéressante, les courbes de contraction du muscle ventriculaire occupent, elles aussi, une place intermédiaire entre celles du tissu musculaire lisse et celles du tissu strié. D'autres preuves peuvent encore être fournies, ce sont : *L'étude du développement embryonnaire des muscles* (Weiss) : au début du développement, quand il n'y a pas encore de fibrilles, les mouvements du protoplasma seul sont lents, automatiques ; lorsque le muscle est composé en grande partie de fibrilles, il répond par des secousses brèves à chaque excitation. En troisième lieu, c'est *l'influence de la vératrine et d'autres poisons sur la contraction musculaire* : les recherches de Bottazzi et les miennes ont bien montré que la contraction rapide du début est la contraction fibrillaire anisotrope, alors que la contraction secondaire allongée est due à l'excitation du sarcoplasme.

Une série importante de preuves est fournie par *l'excitation galvanique du muscle* : j'ai démontré par de nombreuses recherches que *l'état variable du courant galvanique* (fermeture et ouverture) agit comme un excitant principalement sur la substance fibrillaire, anisotrope, tandis que le régime permanent du courant agit comme excitant principalement sur la substance sarcoplasmatique de la fibre musculaire. La substance fibrillaire (anisotrope), plus différenciée, plus excitable, produit les mouvements rapides et réagit à une durée d'excitation plus courte que le sarcoplasme lequel, étant moins différencié, moins excitable, produit les mouvements lents ou les modifications du tonus et réagit à une durée d'excitation plus longue. En même temps nous nous expliquons pourquoi les ondes faradiques produisent toujours dans les conditions normales des contractions brèves dans les muscles striés pâles et non des contractions lentes et durables. Les ondes faradiques ne sont pas un

excitant approprié pour la substance sarcoplasmatique ; la variation de potentiel du courant faradique est trop brusque pour déclencher une réponse motrice du sarcoplasme, qui demande pour réagir une durée d'excitation plus longue que la substance fibrillaire anisotrope. Et s'il existe une différence dans le mode d'agir de la période variable et du régime permanent du courant galvanique, elle doit être recherchée dans la durée de l'excitation. Ces conclusions, qui ressortent de nos recherches personnelles basées sur des travaux de longue haleine ont été publiées en 1903 et introduites dans notre manuel de Physiologie musculaire¹. Elles ont été suivies depuis d'un grand nombre de recherches confirmatives.

D'ailleurs, cette excitabilité réduite du sarcoplasme à l'égard de l'action du courant faradique se retrouve encore pour d'autres genres de protoplasme non différencié. J'ai rappelé que d'après Verworn, certains Rhizopodes marins ne sont nullement influencés par les chocs d'induction, quelque intenses qu'ils puissent être. Leur protoplasme exige pour réagir une durée d'excitation plus longue que celle qui est donnée par les chocs d'induction.

Il est même très probable que l'efficacité reconnue des excitants chimiques à produire la contraction sarcoplasmatique est due en grande partie à leur action continue. Et on trouverait là aussi quelque chose d'analogue à la variation de potentiel (contraction initiale brève) et au régime permanent (dédoublement, plateau). L'examen des courbes obtenues dans l'excitation du muscle par le courant galvanique montre une analogie complète avec les courbes de la véératine et d'autres excitants chimiques.

En dernier lieu, des arguments peuvent être tirés de nos recherches personnelles sur *l'excitabilité des muscles dégénérés*². Morphologiquement, le muscle dégénéré (après section du nerf) présente un retour à l'état embryonnaire : diminution ou disparition de la substance fibrillaire (perte de la striation) et développement considérable du sarcoplasme. Le muscle en état de dégénérescence perd donc ses qualités de différenciation et cesse d'être un muscle strié. Il acquiert les caractères histologiques du muscle lisse. Et il devient un muscle lisse de par son fonctionnement. Abstraction faite de l'inversion de la formule, dont nous parlerons dans un instant, les réactions les plus

1. J. Ioteyko. La Fonction musculaire. Paris, Doin, 1909.

2. J. Ioteyko. Mécanisme physiologique de la réaction de dégénérescence des muscles. *Bulletin de l'Académie royale de médecine de Belgique*, 26 décembre 1903; reproduit dans les *Annales d'Electrobiologie*, 1904, n° 6.

caractéristiques des muscles dégénérés sont constituées par : 1^o la perte de la contractilité faradique du muscle avec conservation de la contractilité voltaïque, et 2^o la lenteur de la secousse. Ces modifications de la secousse peuvent, à juste titre, être rattachées à l'abondance du sarcoplasme dans le muscle dégénéré. Nous n'insisterons pas sur les autres preuves que le lecteur trouvera exposées dans les ouvrages précédemment cités. Quant à l'explication de l'inversion de la formule qui s'observe sur les muscles striés mis en état de dégénérescence¹, rappelons ce fait intéressant, que les muscles lisses paraissent présenter l'inversion de la formule à l'état normal; il en est de même du protoplasme non différencié. En nous basant sur tous ces faits, nous avons admis dans nos recherches citées que *les actions polaires sont une caractéristique de l'excitabilité des différentes substances contractiles. L'excitation est produite par la fermeture du courant à la cathode pour la substance fibrillaire anisotrope; l'excitation est produite par la fermeture du courant à l'anode pour le protoplasme* (plasma des rhizopodes, sarcoplasma des muscles). Il existe donc une sorte d'antagonisme entre le protoplasma non différencié et le protoplasma différencié; pour le premier, l'excitation est anodique (fermeture); pour le second, l'excitation est cathodique (fermeture).

L'inversion de la formule qui s'observe dans les empoisonnements (recherches de Cluset et les nôtres) et après la mort générale (Babinski) s'explique aussi facilement d'après notre théorie. Les poisons détruisent la substance anisotrope et excitent, au contraire, les sarcoplasmes. Après la mort, c'est la survivance du sarcoplasme qui décide du tableau de l'excitabilité.

Dans sa séance de juillet-août 1904, la *Société française d'électrothérapie et de radiologie* a admis, dans ses grandes lignes, notre théorie sur le mécanisme de la réaction de dégénérescence des muscles.

Ces constatations nous ont permis de donner l'explication de plusieurs phénomènes de contractilité musculaire restés inexplicables.

1. Rappelons que la loi des actions polaires découverte simultanément par Chauveau et par Pflüger en 1859, s'exprime ainsi pour les muscles striés à l'état normal : L'excitation est produite par la fermeture du courant à la cathode et par l'ouverture du courant à l'anode. Or, des effets opposés s'observent sur les muscles dégénérés.

Occupons-nous tout d'abord de la *contracture dite de fatigue* observée sur les muscles excités électriquement. Un fait tout à fait général c'est l'allongement de la secousse isolée sous l'influence de la fatigue. Il a été prouvé que la diminution d'excitabilité musculaire consécutive à la fatigue se traduit par une augmentation de la durée de toutes les phases de la secousse et par une diminution d'amplitude. La période d'excitation latente (temps perdu) peut doubler et même tripler. Mais c'est surtout la période de relâchement qui devient demesurément longue dans le myogramme. Or, l'augmentation de la durée de la secousse apparaît même avant la diminution de sa hauteur; cet allongement s'accroît de plus en plus avec les progrès de la fatigue, au point que la partie descendante de la secousse peut devenir douze fois plus longue que normalement. Il nous a été permis d'expliquer cet allongement par la contraction du sarcoplasme qui réagit lorsque les produits toxiques de la fatigue musculaire se sont accumulés en quantité suffisante. Faible, au début de la fatigue, la contraction du sarcoplasme irait en augmentant et aurait pour expression l'allongement graduel de la partie descendante de chaque secousse. On peut assumer à ce phénomène une haute importance biologique. Déjà Schenck avait tâché de démontrer expérimentalement que, si la phase de raccourcissement est liée à la désassimilation du muscle, la phase de relâchement est l'expression de l'assimilation et d'une reconstruction moléculaire. C'est pour obéir aux exigences de la réparation que le muscle fatigué demande un temps si long avant de se contracter à nouveau. La longue période de relâchement dans la fatigue est une période réfractaire qui assure la réparation par un phénomène auto-régulateur. Plus un muscle est fatigué par les excitations antérieures et plus il lui faut du temps pour refaire ses

réserves et pour éliminer les produits toxiques. On comprend dès lors l'importance du sarcoplasme, dans la genèse de ce phénomène. Les produits toxiques, engendrés par la fatigue, agissent comme un excitant chimique sur le sarcoplasme qu'ils contractent en un soulèvement durable. Et plus la fatigue sera avancée et plus abondants seront les produits toxiques, et plus longue aussi sera la contraction sarcoplasmatique qui assurera la réparation de la substance fibrillaire anisotrope. Il y a là un rapport de cause à effet des plus évidents.

Nous avons rattaché de même aux contractions toniques les phénomènes connus sous le nom de « nez » de Funke (élévation secondaire) et l'« onde secondaire » décrite par Richet. On constate parfois l'apparition d'une deuxième contraction qui se produit sans nouvelle excitation au commencement du relâchement du muscle ou même après son relâchement.

Nous avons donné aussi l'explication du phénomène dit de « l'escalier ». Il s'agit de l'augmentation de la hauteur des secousses qu'on observe souvent lors des premières contractions qui se suivent à intervalles réguliers. Cette augmentation d'excitabilité paraissait paradoxale. D'après l'opinion que j'ai énoncée déjà en 1903, l'escalier est dû aux phénomènes d'addition latente se passant dans le sarcoplasme, comme le démontre le fait que déjà pendant l'escalier, la durée de la secousse est allongée. Le sarcoplasme, qui est peu excitable par les ondes faradiques isolées, devient excitable grâce aux phénomènes d'addition latente, et cela non seulement dans le tétanos, mais aussi dans les ondes périodiques non tétanisantes. L'augmentation d'amplitude de la secousse pendant l'escalier serait due à l'excitation de la substance anisotrope par les produits de la décomposition musculaire.

Quant au tétanos, c'est l'addition latente des

secousses s'accomplissant dans le sarcoplasma qui produit la fusion des secousses élémentaires, conjointement avec l'action de l'élasticité musculaire. Les muscles se contractent d'autant plus lentement qu'ils sont plus riches en sarcoplasme. La fatigue qui produit un allongement de la secousse facilite l'apparition du tétanos. Le tétanos, d'abord incomplet, marqué par une ligne sinueuse, devient complet et se traduit par une ligne parallèle à l'axe des abscisses.

En passant à quelques applications à la vie d'ensemble, constatons l'existence, dans l'organisme, de deux espèces de contractions¹; la première est la contraction *tétanique* formée de la fusion de secousses élémentaires; elle produit des transformations chimiques intenses, un dégagement important de chaleur, un grand travail mécanique.

Cette contraction s'accompagne donc d'une dépense considérable et ne peut être soutenue très longtemps à cause de la fatigue qui survient assez rapidement. Elle a pour substratum la substance fibrillaire anisotrope des muscles. Les mouvements volontaires, même de très courte durée, sont des tétanos; les centres nerveux envoient des excitations discontinues qui produisent la fusion des secousses élémentaires.

À côté de la contraction tétanique, il existe la contraction *tonique*. C'est une contraction durable, localisée dans le sarcoplasme et qu'on peut, à juste titre, appeler contraction *économique*. En raison des phénomènes de vitalité obscure qui se passent dans le sarcoplasme, sa contraction ne s'accompagne pas de transformations chimiques importantes et peut en conséquence être soutenue fort longtemps.

Tout le domaine des muscles involontaires appartient à la contraction tonique (muscles lisses de

1. Voir J. Ioteyko. *La Dualité fonctionnelle du muscle*. Journal de Neurologie, 1904, Bruxelles.

l'intestin, sphincters, parois des vaisseaux, etc.). Mais les muscles volontaires eux-mêmes présentent des manifestations de la tonicité. Ainsi, les muscles rouges sont striés, mais étant très riches en sarcoplasme, ils se rapprochent par leur fonctionnement des muscles lisses. La contraction du sarcoplasme intervient même dans la tonicité des muscles striés pâles.

D'autre part, les deux substances contractiles ne réagissent pas indistinctement à tous les modes d'excitation. Nous pouvons admettre que, normalement, la substance fibrillaire se contracte sous l'influence des excitations brusques et discontinues venues des centres nerveux ; pour la substance sarcoplasmatique il faut admettre des innervations continues. Chacune de ces substances possède donc son excitant *adéquat* et une *énergie spécifique* (d'après nos recherches).

Ces considérations peuvent jeter aussi quelque lumière sur certains phénomènes pathologiques, tels par exemple, que l'*atonie musculaire*, observée dans la neurasthénie, et qui serait due à un manque d'excitation de la substance sarcoplasmatique. D'autre part, la *contracture pathologique* présente deux particularités tout à fait uniques : c'est là une contraction qui ne s'accompagne pas de la sensation de fatigue, bien que, dans certains cas, elle puisse persister pendant plusieurs mois, et la température du muscle contracturé ne s'élève pas (Brissaud et Regnard). La seule explication qui rende possible, à l'heure actuelle, la compréhension de la contracture pathologique, c'est celle qui la rattache à une excitation anormale du sarcoplasme¹.

Nous avons proposé d'appliquer la même théorie à la maladie de Thomsen. Diverses maladies ont été expliquées en se basant sur nos expériences et sur

1. Voir à ce sujet nos travaux cités.

celles de Bottazzi, telles par exemple, que la *maladie de Thomsen* (Léopold Lévi, Pansini, dernièrement Babonnex, etc.) et la *catatonie* (Ajello, etc.). Dans le domaine clinique, la dualité de la contraction est démontrée dans ces maladies. *La contracture, la réaction catatonique, la réaction myotonique, la réaction de dégénérescence, la contraction idio-musculaire* (Schiff) et le *myoidème pathologique* (Klippel) peuvent être englobés dans la dénomination générale de *contraction sarcoplasmatique*. Dans ces états morbides elle est due à l'action directe des toxines sur le sarcoplasme.

CHAPITRE IV

La fatigue du cœur et de la respiration.

Le cœur est un muscle infatigable dans les conditions normales de l'existence, attendu qu'il bat sans interruption depuis la naissance jusqu'à la mort de l'individu, ne connaissant aucune trêve ni repos. Cette action remarquable est expliquée par sa faculté de se désintégrer et de se réintégrer très rapidement. Le cœur bat suivant un rythme optimum qui est suffisant pour sa réparation intégrale, les changements chimiques survenus au moment de la systole étant exactement compensés au moment de la diastole. Mais le cœur acquiert la faculté d'être fatigable quand il est soumis à des excitations trop fortes ou trop souvent répétées (comme dans les cas pathologiques).

L'état de résistance dans lequel l'entraînement place le corps s'appelle *la forme*. Or le muscle du cœur paraît être le premier à se mettre en forme, dit Tissot : il se fatigue au début de l'entraînement ; ensuite il résiste tellement que la fatigue atteint les autres muscles de l'économie bien avant lui, ce qui donne l'illusion d'une puissance musculaire inépuisable, et provoque ainsi des dilatations ou des hypertrophies du cœur. La fatigue des muscles de la locomotion et la fatigue du cœur ne vont pas forcément de pair. Le surmenage des muscles de la vie de rela-

tion peut être très violent, et ne pas exister pour le cœur. Le danger de l'entraînement mal réglé est au cœur; le surmenage du cœur provient d'un effort prolongé ne donnant jamais d'emblée l'essoufflement. Les jeunes gens qui n'ont pas atteint leur complet développement sont plus aptes que l'homme adulte à contracter des affections dans les exercices qui demandent une longue durée d'efforts. Il en résulte que dans les affections du cœur tous les exercices doivent être mesurés avec une grande circonspection. Bouchard permet de pousser l'exercice jusqu'au moment où le pouls accuse 160 pulsations à la minute.

On a constaté l'hypertrophie du cœur chez un grand nombre d'athlètes, de gymnastes et chez des militaires. Le cœur forcé n'est pas non plus rare chez les chevaux; chez le célèbre cheval *Eclipse* le cœur atteignait trois ou quatre fois le poids ordinaire. Les coureurs de profession d'Afrique finissent presque tous par subir la dilatation passive du cœur; on les met généralement à la retraite vers l'âge de 40 ans (Lagrange). Il est assez fréquent aussi de constater l'hypertrophie sans lésions musculaires chez les porteurs, commissionnaires, (*weakened heart*) et chez les personnes consommant de grandes quantités de liquides (*Bierherz*) (voir p. 263). L'abus des sports peut produire à la longue des lésions cardiaques, et une endocardite véritable peut apparaître, dit Tissié dans son nouveau livre¹ dont nous prenons connaissance au moment des épreuves de ce volume et que nous recommandons au lecteur comme complément au nôtre. Il rappelle qu'en Angleterre des maladies du cœur et de l'aorte sont fréquentes chez les animaux, comme suite des efforts musculaires

1. Ph. Tissié. L'Education physique et la race. Vol. de 336 p., Flammarion, Paris, 1919.

répétés. On a constaté la diminution des maladies du cœur depuis l'usage de la vapeur qui a enlevé aux hommes beaucoup de travaux pénibles. Pendant la décade qui a pris fin en 1884, la proportion pour mille, en Angleterre, des maladies organiques et fonctionnelles du cœur, est tombée de 7,94 à 5,3.

La dilatation cardiaque consécutive aux ascensions de montagnes a été constatée pour la première fois par Albutt (1870). Après des excursions alpestres de plusieurs jours il fut pris de palpitations et de dyspnée; à la percussion, il constata une dilatation de l'oreillette gauche. Après le repos, le cœur revint à ses dimensions normales.

Dans son expédition physiologique sur le Mont Rose, A. Mosso exécuta une série de recherches sur la fatigue du cœur. Sous l'influence de la fatigue, il y a accélération du pouls; de jeunes individus (soldats) tombaient en syncope après une marche avec un fardeau sur les épaules; la pression artérielle des doigts, mesurée par le sphygmo-manomètre, était sensiblement augmentée. Les respirations atteignaient 35 à la minute; la température du corps s'élevait de plusieurs dixièmes de degré, parfois d'un degré entier (fièvre de surmenage), mais redescendait très rapidement. L'accélération cardiaque n'est pas immédiate; elle s'établit un peu plus tard et disparaît quelque temps après la cessation du travail. La syncope cardiaque n'est pas rare. Mosso l'explique par la paralysie du centre cardiaque au moyen de toxines musculaires. L'affaiblissement de l'activité cardiaque produit l'anémie cérébrale. Mosso rapporte que presque tous les médecins suisses qu'il avait interrogés à ce sujet, lui avaient déclaré que la grande majorité de montagnards mouraient par le cœur. L'anémie cérébrale est la règle dans la fatigue selon Mosso (observations sur les pigeons voyageurs).

Le cœur accélère ses mouvements et lance dans le système artériel une quantité de sang plus considérable durant le travail musculaire pour lutter contre la vaso-dilatation périphérique qui s'établit lors de l'activité musculaire ; la pression se maintient donc élevée dans les gros troncs artériels malgré la vaso-dilatation et l'abaissement de la pression dans les artères musculaires. Or, cette compensation ne peut plus se faire dans la fatigue. Kaufmann a montré que la pression restait normale pendant l'allure du pas (cheval), mais qu'il y avait un abaissement notable de la pression aortique et carotidienne, malgré l'accélération cardiaque, pendant l'allure franche. Dans l'activité de nombreux groupes musculaires, le cœur ne compense plus la vaso-dilatation énorme et générale. Cette impuissance cardiaque explique l'essoufflement. Il est à noter que les sujets à cœur puissant maintiennent leur pression normale pendant un léger exercice, mais, pendant les allures vives, l'abaissement de pression est général.

Il est intéressant de constater que l'entraînement progressif agit, non seulement en augmentant le pouvoir de résistance à la fatigue des muscles de la vie de relation, mais surtout en adaptant graduellement la puissance de contraction du muscle cardiaque aux besoins circulatoires du système locomoteur.

D'après Marey, le phénomène de l'accélération cardiaque, à la suite du travail, tient à l'abaissement de la pression sanguine. La pression cardiaque baisse, affirment Chauveau et Kaufmann, si l'accélération cardiaque ne suffit pas à compenser la vaso-dilatation périphérique ; au contraire elle augmente ou se maintient lorsque le jeu du cœur s'accroît considérablement. Cette accélération cardiaque est un phénomène exclusivement nerveux et non d'ordre chimique (Athanasiu et Carvallo). Seule l'accélération cardiaque du travail artificiel (par excitation électrique) est d'origine chimique, due à des substances toxiques. En effet, lors du travail volontaire on constate l'accélération du pouls même si la circulation est arrêtée dans le bras au moyen de la bande d'Esmarck. Les pneumogastriques paraissent être les voies essentielles par lesquelles se détermine le réflexe muscu-

laire qui agit sur le rythme du cœur. Les muscles qui travaillent envoient des excitations vers les centres nerveux et dans leur passage par le bulbe, inhibent ce centre modérateur du cœur en augmentant ainsi la fréquence cardiaque. Ce phénomène, dont l'intensité semble être proportionnelle à la grandeur du travail, a pour but la régulation de la pression sanguine. Mais, dans le cas de fatigue, certains corps toxiques prennent naissance et ils peuvent encore agir en accélérant le cœur (Athanasiu et Carvallo).

La dilatation du cœur, constatée au moyen du phonendoscope de Bianchi, s'observe déjà après une heure d'exercice (haltères) suivant Mosso. Elle est très passagère dans ces cas de fatigue légère.

A. Binet et J. Courtier ont fait des recherches sur l'influence du travail musculaire sur la *circulation capillaire* avec le pléthysmographe en caoutchouc de Hallion et Comte. Certaines expériences produisent le *pouls sthénique*, les autres, le *pouls asthénique*. Le pouls capillaire sthénique est fort et énergique, et indique un bon état du cœur; la ligne d'ascension et la ligne de descente sont brusques; le dicrotisme est placé très bas sur la ligne de descente, et il a une forme accentuée, rebondie. Le pouls capillaire asthénique est faible, lent; les lignes d'ascension et de descente sont longues; le sommet de la pulsation est émoussé; le dicrotisme est remonté et a une forme amollie. Les exercices qui produisent un pouls sthénique sont les exercices d'ensemble d'intensité modérée, dont la marche est le meilleur exemple¹. Quant au pouls asthénique, il s'obtient lors des exercices locaux (pression au dynamomètre, efforts de position, faradisation) qui durent peu de temps et amènent à leur suite une fatigue profonde. Chez certains individus, le tracé capillaire est un réactif extrêmement

1. Binet et Courtier. Les effets du travail musculaire sur la circulation capillaire. *Année psychologique*, III, 1897.

délicat permettant de déceler la moindre trace de fatigue. La fatigue produit une diminution du tonus vasculaire qui se traduit par un amollissement du dicrotisme. La première manifestation de la fatigue serait donc circulatoire.

Et non seulement la fatigue musculaire, mais tout travail intellectuel et toute émotion produisent une atténuation du dicrotisme capillaire. G. Dumas ¹ a observé chez des aliénés que le pouls capillaire variait selon les états de joie ou de tristesse de chaque sujet. Le pouls était sthénique dans les formes de folie gaie, et asthénique chez les mélancoliques, dont les idées sont tristes. Binet et Courtier ont constaté ce même phénomène chez des sujets sains, dans la gaieté et la tristesse.

L'*accélération respiratoire* est un phénomène qui accompagne constamment le travail musculaire. Goppert et Züntz établirent en 1888 par des expériences ingénieuses, que cette accélération est d'ordre chimique. Ils produisirent l'activité musculaire sans exciter les centres respiratoires par voie nerveuse ; à cet effet ils sectionnaient sur le lapin et le chien la moelle lombaire et entretenaient la respiration artificielle. Dans ces conditions, le travail musculaire produit par la tétanisation des extrémités inférieures déterminait une accélération cardiaque, tout comme à l'état normal. L'accélération respiratoire qui accompagne le travail musculaire n'est donc pas d'origine nerveuse, mais elle est due à l'excitation chimique des centres respiratoires par le sang modifié.

Mentionnons quelques travaux expérimentaux récents.

Depuis longtemps les médecins s'efforcent de dépister l'insuffisance cardiaque à sa phase initiale,

2. G. Dumas. Recherches expérimentales sur la joie et la tristesse, *Revue philosophique*, juin, juillet, août 1896.

bien avant le stade d'hyposytolie ou d'asystolie. Mais aucune des épreuves proposées n'a mérité de passer dans la pratique. D'après Lian¹, par la seule accélération du pouls après un effort bien dosé, on peut établir si l'aptitude cardiaque d'un sujet est bonne ou mauvaise. Cet auteur a adopté les épreuves du pas gymnastique sur place, et du balancement d'un poids. Il note le temps au bout duquel le pouls redevient normal. C'est ainsi qu'il détermine les réactions normales et les réactions anormales à l'effort.

Ces épreuves permettent d'apprécier la valeur fonctionnelle cardiaque.

J. Amar a étudié les cardiogrammes de fatigue².

Cet auteur³ s'est aussi occupé des phénomènes respiratoires observés lors de la fatigue physiologique. Ces expériences concernent le travail professionnel, en particulier la manœuvre du marteau de forge et en outre les diverses formes courantes de la locomotion (marche, course à pied ou à bicyclette).

La respiration fut mesurée au moyen du pneumographe double ; d'autre part, le dispositif de Chauveau comprenant la soupape donnait la mesure des débits gazeux de la respiration toutes les deux minutes : l'analyse de ces gaz établissait la consommation d'oxygène et le quotient respiratoire.

Comme conclusion, nous pouvons admettre qu'il existe une certaine proportionnalité du nombre des respirations et de leur amplitude à la quantité de travail. Les phénomènes respiratoires sont au début réguliers et uniformes. Mais aux puissances qui fatiguent les muscles et en arrêtent le fonctionnement, le

1. G. Lian. *Epreuve d'aptitude cardiaque à l'effort*. Bull. Acad. méd. de Paris, LXXVI, 1916, p. 176-179.

2. J. Amar. *Cardiogrammes de fatigue*. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 1914, vol. 158, pp. 426-428.

3. J. Amar. *Signes respiratoires de la fatigue*. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1913, 2^e sem., p. 793-795.

rythme des respirations s'élève rapidement ; celles-ci diminuent d'amplitude, deviennent irrégulières et saccadées ; la période expiratoire est bien plus longue que la période inspiratoire ; la ventilation pulmonaire croît sans cesse jusqu'à l'essoufflement.

La notion de *degré de fatigue* est assez obscure. Les sujets d'Amar¹ exécutaient un travail normal en pédalant sur une bicyclette à frein. Comme conclusion, on peut dire que tant que le rythme et l'amplitude des pulsations suivent la progression du travail, tant que leur régularité ainsi que le dicrotisme s'observent parfaitement, l'activité des muscles peut être considérée comme normale. Dès que le rythme s'exagère, que l'aspect des courbes devient irrégulier par décroissance de l'amplitude et vibration de la branche dicrote, dès que la pression artérielle monte à 23, on peut admettre que les conditions du travail ne sont pas normales.

L'oscillomètre de Pachon s'est montré l'instrument de choix pour des expériences de ce genre et pour l'exploration de la perméabilité des artères (Cawadias, Heitz, Gosset, Renon, etc.).

Lahy² a étudié les effets comparés sur la pression du sang de la fatigue physique produite par une marche prolongée et de la fatigue psychique résultant d'un travail d'attention. Il a employé tantôt le tonomètre de Gärtner, tantôt l'oscillomètre de Pachon. Il est permis de conclure que les conditions de travail du soldat en marche, quoique réglées de façon

1. J. Amar. Effets physiologiques du travail et degré de fatigue. *Comptes Rendus de l'Académie des sciences*, 1913, 2^e semestre, pp. 646-649.

2. J. M. Lahy. Les effets comparés sur la pression du sang de la fatigue physique produite par une marche prolongée et de la fatigue psychique résultant d'un travail d'attention. *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 1914, t. 158, pp. 1913-1915.

empirique, ne s'accompagnant pas d'une augmentation notable de la pression du sang.

Les résultats sont différents si l'on observe les dactylographes travaillant sept heures par jour. Sur les 16 cas observés où l'attention des sujets était fortement sollicitée, il y a 14 cas d'augmentation de la pression et 2 cas de non-variation.

On voit que les travaux où *l'attention continuellement en éveil* est dirigée vers un même objet sont ceux qui agissent le plus pour amener une augmentation de la pression du sang.

La question des *névroses cardiaques* a été posée par la guerre avec une singulière acuité. Il s'agit de manifestations qui se produisent en dehors de tout trouble organique du cœur. Alfred Martinet, qui a étudié ces cas, qui s'accompagnent fréquemment des symptômes cardiaques les plus violents et les plus nombreux (étrointe, constriction cardiaque, sensation pénible de battements artériels, sensation d'angoisse avec irradiations brachio-cervicales, dyspnées, etc.) trouve à l'examen des malades des troubles névropathiques indubitables : insomnie, névrosisme, exagération des réactions émotives et réflexes, céphalée, asthénie, hyperexcitabilité. Il s'agit là d'une vraie symbiose neuro-circulatoire, qui fait du système circulatoire un réactif d'une extraordinaire sensibilité à toute excitation nerveuse consciente ou inconsciente. Ces malades ressentent plus que n'importe qui les effets de ces traumatismes nerveux incessants, caractéristiques de la guerre.

Le Dr René Wybauw trouve que la guerre a révélé des maladies de cœur insoupçonnées, parce que les sujets s'y étaient adaptés, et qui ont fait leur apparition lorsque les circonstances ont exigé d'eux d'un

1. A. Martinet. Guerre et névroses cardiaques. *La Presse médicale*, 4 novembre 1915, p. 433.

effort inaccoutumé. Il constate aussi le nombre relativement grand de cardiaques améliorés, ce qui prouve que l'on commet souvent des erreurs quant au pronostic des malades. La tachycardie permanente est souvent le premier stade de l'insuffisance cardiaque. On peut dans de nombreux cas rechercher sa cause dans des intoxications. D'après Lewis (du *Heart Hospital* anglais), ces infections jouent un rôle considérable dans ce qu'il appelle le « syndrome d'effort ». Ainsi agissent d'anciens rhumatismes articulaires. La tachycardie peut être due aussi au surmenage ou à une origine thyroïdienne. Le « syndrome d'effort » se caractérise par les palpitations, les tendances syncopales, la fatigue, la douleur précordiale, la dyspnée, qui apparaissent lorsqu'on exige des malades un travail supérieur au travail habituel. Le deuxième stade est constitué par la *dilatation* du cœur, succédant à la bradycardie.

L'épreuve de Martinet consiste à compter le nombre de pulsations cardiaques, à mesurer les tensions maxima et minima, le sujet étant couché et, dans une deuxième série d'expériences, le sujet étant levé et après un certain exercice. Chez les débiles cardiaques on remarque que ces épreuves sont suivies d'une accélération cardiaque beaucoup plus accentuée que chez les normaux. Chez ces derniers aussi les tensions s'élèvent par le passage à la position debout, alors que chez les débiles elles ne s'élèvent pas ou la tension minimum seule s'élève. D'après Laubry et Lidy, qui ont travaillé dans le service de Vaquez, d'après Wybauw aussi, ce critérium est loin d'être certain.

CHAPITRE V

Les concomitants physiologiques du travail intellectuel.

Les phénomènes du travail intellectuel, surtout du travail poussé jusqu'à la fatigue, ont un retentissement manifeste sur les phénomènes physiologiques. Ce sont les concomitants physiologiques du travail intellectuel.

En ce qui est de l'influence exercée par la fatigue intellectuelle sur le *cœur et les phénomènes circulatoires*, citons les observations de Mosso : la fatigue centrale rend le pouls petit, la tête s'échauffe, les yeux s'injectent, les pieds se refroidissent ; certaines personnes ressentent en même temps des bourdonnements d'oreille. Ces symptômes s'expliquent, suivant Mosso, par le resserrement des vaisseaux périphériques dont le sang afflue au cerveau. Cette explication est loin d'être admise. On constate souvent des palpitations du cœur, même de la tachycardie et des irrégularités, parfois du vertige.

Un travail mental de quelques secondes à trois ou quatre minutes a pour effet d'accélérer le cœur. Binet et V. Henri¹ rapportent trois tableaux qui démontrent nettement ce phénomène ; le premier tableau est de Gley, le second de Binet et Courtier, le troi-

1. Binet et V. Henri. *La fatigue intellectuelle*, Schleicher, Paris.

sième de Mac Dougall. L'accélération du cœur produite par un calcul mental difficile peut être de cinq à vingt pulsations par minute. Le maximum d'accélération serait donc d'un quart ; c'est bien peu de chose, remarquent Binet et Henri, si l'on compare cette accélération à celle de la course. La vitesse du pouls sous l'influence du travail intellectuel a encore été étudiée par Mentz et par Binet et Henri. Cette accélération est constante, mais son mécanisme n'est pas encore expliqué. Il paraît probable que, pendant le travail intellectuel, le cœur est soumis à une action nerveuse.

Quant au *pouls capillaire*, Mosso, le premier, a étudié les changements de volume du cerveau pendant le travail intellectuel. S'étant adressé à des individus qui présentaient par accident des brèches craniennes, il constata que pendant le calcul mental ou sous l'influence des émotions il y avait augmentation du volume du cerveau (recherches pléthysmographiques). La courbe du pouls cérébral s'élève pendant le calcul mental et les pulsations augmentent d'amplitude, surtout au début du calcul ; dans le tracé du pouls de l'avant-bras, pris simultanément avec le premier, il n'y a presque pas de changements. Ceci serait une preuve que le changement du tracé cérébral n'est pas dû à une influence cardiaque, car dans ce cas il aurait retenti sur la circulation du bras. Gley, par de nombreuses observations, faites sur lui-même, a confirmé cette observation, à savoir que l'augmentation de l'afflux du sang dans le cerveau pendant le travail intellectuel ne tient pas à une suractivité du cœur, mais bien à une influence vasomotrice, à une vaso-dilatation active des carotides.

En effet, la pulsation carotidienne augmente d'amplitude pendant le travail intellectuel. Les expériences ultérieures de Mosso, celles de François Franck, de Binet et Sollier, de Patrizi, etc., ont

définitivement mis hors de doute le fait si important de l'augmentation de volume du cerveau pendant son état d'activité. Notons, cependant, que *les perceptions inconscientes peuvent, comme les perceptions conscientes, provoquer un afflux de sang au cerveau* (par exemple chez un sujet endormi ou en état d'hypnose ou chez les hystériques anesthésiques). Le changement de volume du cerveau sous l'influence des excitations psychiques ou du travail intellectuel, *est lent à se produire*; le temps nécessaire à sa production dépasse de beaucoup le temps physiologique de la perception. Morselli a insisté l'un des premiers sur ce point important, que l'hyperémie du cerveau n'est pas une cause, ni même une condition de l'activité psychique, mais qu'elle en est plutôt un effet.

D'ailleurs, Mosso lui-même admet que les phénomènes circulatoires n'ont pas, dans le travail intellectuel, une importance de premier ordre, la cellule nerveuse ayant assez de matériaux de réserve pour subvenir aux actes de conscience sans la nécessité d'un apport de nouvelles substances par la circulation. Le phénomène de l'attention commence avant qu'il se passe le moindre changement dans la circulation cérébrale.

Le travail intellectuel retentit sur la circulation capillaire dans d'autres organes que le cerveau comme l'ont montré des nouvelles recherches. Ainsi, deux à trois secondes après le début du travail on constate une élévation du tracé capillaire de la main (Lehmann, Binet et Henri). Mais le second effet de la concentration de l'attention est une vaso-constriction réflexe de la main, due à la contraction des artérioles sous l'influence d'une excitation provenant des centres nerveux. Le membre diminue de volume.

En ce qui est du travail intellectuel prolongé pendant plusieurs heures, les expériences de Binet et Courtier ont montré que le pouls devient petit, lent, filiforme, le dicrotisme disparaît. Le travail était déterminé par la rédaction d'un mémoire original.

En résumé, sous l'influence d'un travail intellectuel de courte durée, on constate l'excitation des fonctions : vaso-constriction, accélération du cœur et de la respiration. Un travail intellectuel de plusieurs

heures produit le ralentissement du cœur et une diminution de la circulation capillaire.

L'influence du travail intellectuel sur la *pression sanguine* n'est guère élucidée. Le travail intellectuel de courte durée a donné des résultats négatifs à Kiesow, alors que d'après Binet et Vaschide, il y aurait augmentation de la pression du sang dans les mains.

Les effets de l'attention soutenue paraissent s'accompagner d'une certaine *augmentation de chaleur*, mais cette augmentation est toujours très légère. Davy n'a observé qu'un demi-dixième de degré, Speck, qu'un ou deux dixièmes. D'après Gley, la lecture coïncide avec une augmentation de la température générale égale à un dixième de degré; la température a continué à augmenter quand le travail intellectuel était terminé, puis elle est devenue stationnaire et enfin elle a commencé à redescendre.

Les expériences de Mosso ont été faites principalement sur une petite fille de douze ans, Delphina Parodi, qui venait se faire soigner à l'hôpital de Turin pour une fracture du crâne et perforation de la dure-mère. Il constata une très légère augmentation de la température cérébrale sous l'influence des émotions.

Or, Pidancet appliqua en 1899 le calorimètre de d'Arsonval à la mesure de la chaleur dégagée pendant le travail intellectuel (exercices de calcul mental). Il constata, il est vrai, une légère augmentation de l'émission de chaleur, mais cette augmentation n'est pas due au travail intellectuel. Les personnes qui font un grand effort de calcul mental froncent les sourcils, soulèvent les talons, n'appuient les membres inférieurs que par l'extrémité du pied. Cet état de contraction musculaire passe inaperçu du sujet pendant qu'il travaille; mais, au moment du

retour au repos, il éprouve un sentiment caractéristique de détente générale. En évitant cette cause d'erreur, l'auteur, dans les expériences qu'il a faites sur lui-même, a constaté que l'émission de chaleur ne varie pas pendant le travail intellectuel. Le travail intellectuel ne provoque pas non plus d'élévation de la température buccale. Il n'a donc influé ni sur l'émission cutanée de chaleur, ni sur la chaleur centrale.

Le calcul mental produit une *accélération de la respiration* (deux à quatre respirations supplémentaires par minute). De nombreuses expériences furent faites par Delabarre, Lehmann, Binet et Courtier, Mac Dougall. Outre l'accélération de la respiration il y a réduction d'amplitude de mouvements respiratoires ; la respiration peut devenir tellement superficielle, qu'elle cesse de se marquer sur le tracé (Binet et Henri).

Quant à la *composition chimique* des gaz de la respiration, il y aurait, d'après Speck, une augmentation d'oxygène absorbé et d'acide carbonique dégagé pendant le travail intellectuel (voir aussi p. 88).

Les relations qui existent entre *l'activité cérébrale et les échanges nutritifs* présentent le plus grand intérêt, néanmoins les travaux expérimentaux faits avec toute la précision voulue sont loin de nous contenter : les uns sont déjà fort anciens et utilisent des méthodes tombées en désuétude, d'autres ne présentent qu'une analogie lointaine avec le sujet. Ainsi Mosler en 1853 et Hammond en 1856, constatent une augmentation d'élimination de l'acide phosphorique sous l'influence du travail intellectuel ; d'après Byasson (1868) la quantité d'urée et d'acide phosphorique éliminé augmente les jours où on a travaillé intellectuellement. Mais Wood (1869) ne trouve aucune différence dans l'élimination d'acide phosphorique sous l'influence du travail cérébral. Mairet (1884) a étudié les variations de la quantité d'azote et d'acide phosphorique ; il y aurait opposition entre les effets du travail musculaire et ceux du travail intellectuel, le premier augmentant l'élimination de l'azote total, le second la diminuant. D'après Thorion (1893) le travail

intellectuel augmente le taux de magnésie et de chaux éliminées, il diminue la quantité d'acide sulfurique. Au contraire, Saube affirme que la magnésie subit une diminution.

On voit que les données sont contradictoires, ce qui paraît être une preuve du peu d'intensité de l'accroissement des échanges dans le système nerveux lors de l'activité cérébrale. S'il en eût été autrement, l'analyse chimique, même la plus grossière, les aurait révélés. Le contraste est frappant avec l'activité des muscles.

Remarquons que la diminution du poids qui a été constatée par plusieurs auteurs chez des élèves lors des examens (Binet, Ignatieff, etc.) ne peut fournir aucune donnée précise sur la part qui revient à l'excès de travail intellectuel dans la genèse des troubles observés. La diminution de l'appétit consécutive de l'état émotionnel, l'insomnie, et d'autres facteurs morbides suffiraient à eux seuls pour déprimer l'organisme.

L'influence du travail intellectuel sur *la force musculaire* a été étudiée dans de nombreuses expériences. Ch. Féré a été l'un des premiers à constater que les excitations intellectuelles de courte durée produisent, à l'instar de toutes les excitations du système nerveux, des effets dynamogènes. Ainsi, sous l'influence d'une lecture de courte durée, la force dynamométrique de la main augmente dans la proportion d'un cinquième, d'un quart même, suivant les sujets; cet effet est momentané et cesse quelques instants après la disparition de la cause qui l'a produite. En revanche, un travail intellectuel de longue durée produit des effets dépressifs, qui s'accusent nettement au dynamomètre.

Clavière (1900) en expérimentant sur douze jeunes gens de 15 à 18 ans, bien entraînés, constata qu'à un travail intellectuel intense et prolongé durant deux heures correspond une diminution notable et proportionnelle de la force dynamométrique. A un travail intellectuel moyen ne correspond aucun affaiblissement appréciable de la force musculaire.

Mosso appliqua à cette étude l'ergographe, instrument apte à évaluer la résistance à la fatigue. Le

physiologiste italien a constaté une dépression notable de la force à l'ergographe chez plusieurs de ses collègues, dont la fatigue intellectuelle résultait des examens qu'ils avaient fait subir aux élèves de l'Université de Turin. Ces observations sont au nombre de trois. Chez le professeur Adducco, un cours fait à l'Université a pour résultat d'amener une excitation nerveuse qui augmente sa force musculaire; mais la fatigue intellectuelle et les émotions prolongées diminuent au contraire la force des muscles, et finalement, à une surexcitation de la force nerveuse, succède, les jours suivants, une dépression de cette force. La seconde observation est celle du Dr Maggiora. Après la leçon, le tracé ergographique a diminué sensiblement, aussi bien par rapport au nombre de soulèvements qu'à la somme totale des hauteurs, mais les premiers soulèvements étaient aussi forts qu'avant la leçon. Des faits semblables, mais encore plus accusés, se produisent chez Maggiora après qu'il a fait passer des examens. Les tracés pris à ce moment ont tous des caractères communs : ce n'est pas la force du premier effort qui est diminuée, c'est la résistance à la fatigue. En voyant cette diminution si considérable de force musculaire, dit Mosso, la première idée qui vient à l'esprit est que cette fatigue est d'origine cérébrale, que c'est la volonté qui ne peut plus agir avec la même intensité sur le muscle, parce que la fatigue des centres psychiques a envahi les centres moteurs. Mais l'expérience suivante montre que les phénomènes sont beaucoup plus complexes; en effet, après la fatigue intellectuelle, les tracés obtenus sans le secours de la volonté (par excitation du nerf brachial) sont semblables aux tracés obtenus par l'exercice des centres volontaires. La fatigue, conclut Mosso, n'est donc pas simplement centrale, elle a gagné les nerfs moteurs et les muscles.

Le résultat expérimental est très net, dirons-nous, attendu que dans ces expériences nous ne comparons pas la contraction volontaire avec la contraction artificielle, mais nous comparons entre eux, d'une part, les tracés volontaires pris avant et après la fatigue intellectuelle et, d'autre part, les tracés artificiels pris avant et après cette fatigue. Et nous remarquons que la fatigue intellectuelle produit une diminution de l'énergie des mouvements volontaires aussi bien que des mouvements produits artificiellement. Cette constatation vient à l'appui de l'opinion de Mosso, à savoir qu'il n'existe qu'une espèce de fatigue; mais il est impossible de dire avec lui que cette seule espèce de fatigue, c'est la fatigue nerveuse, et que la fatigue des muscles n'est au fond qu'un phénomène d'épuisement nerveux. Il serait plus logique de tenir compte d'une idée émise aussi par Mosso que, dans la fatigue, le torrent sanguin pourrait enlever au muscle des substances utiles, pour les porter au cerveau qui réclame une forte provision d'énergie chimique. Dans la fatigue, comme dans l'inanition, les tissus les moins importants seraient détruits pour conserver ceux qui le sont davantage. S'il en est ainsi réellement, il faudrait dire que la fatigue est une dans son origine, mais que cette origine est *musculaire* et non nerveuse.

Cette dernière supposition, bien que plus fondée que la première, est-elle soutenable? Il est permis de répondre par la négative, car le cerveau ne réclame pas pour son fonctionnement une forte provision d'énergie chimique; s'il en était ainsi, les mutations cérébrales s'accompagneraient de la production de chaleur et de déchets de la nutrition. Or, nous avons vu que ces phénomènes sont à peine accrus lors du fonctionnement cérébral conscient qui ne paraît pas exiger un surplus d'énergie chimique. Nous devons aussi rejeter pour la même raison l'hypothèse injustifiée d'une production excessive de toxines par la désintégration des cellules nerveuses, toxines venant se répandre par le torrent circulatoire jusqu'aux muscles qu'elles paralysent.

Une seule hypothèse nous paraît justifiée. Nous avons vu que tout travail de la pensée s'accompagnait de concomitants physiologiques. *Un travail intellectuel de courte durée produit, grâce à la diffusion de l'excitation à travers tout le système nerveux, des effets dynamogènes, qui sont équivalents à une stimulation générale.* L'émotion produit les mêmes effets.

Or, durant un travail intellectuel prolongé, *ces effets de la tonicité musculaire cèdent le pas à une vraie fatigue des mêmes appareils*. Les signes physiques de l'attention, tels que la contraction de certains groupes musculaires, finissent par les épuiser. Pidancet attribue à ces effets moteurs la légère émission de chaleur constatée dans le calorimètre lors du travail intellectuel. Nous attribuons à la même cause la déchéance de la contraction musculaire (volontaire et involontaire) constatée après un effort intellectuel de longue durée. Le muscle présente les phénomènes d'une réelle fatigue périphérique; il s'est appauvri en certaines substances utiles et les terminaisons nerveuses intra-musculaires sont intoxiquées par les déchets de la contraction. Si l'origine de la fatigue intellectuelle est musculaire, ce n'est donc pas dans le sens supposé par Mosso, qui admettait théoriquement que les centres nerveux sont le siège d'un métabolisme intense.

De ses expériences Mosso déduit très judicieusement, que *c'est une erreur physiologique d'interrompre les leçons comme on le fait dans maintes écoles pour faire faire aux écoliers des exercices gymnastiques*, dans l'espoir qu'on diminuera ainsi la fatigue du cerveau. Après l'épuisement du cerveau on sent toute son énergie disparaître au plus petit mouvement. En obligeant le système nerveux, dit-il, à un effort musculaire quand il est épuisé par un travail intellectuel, on trouve des muscles moins aptes au travail et nous ajoutons à la fatigue précédente une fatigue de même nature qui nuit également au système nerveux. L'exactitude de cette observation est parfaite et les vérifications du principe sont nombreuses (p. 215, 217 et 218); toutefois l'interprétation que nous en donnons diffère de celle de Mosso. Les phénomènes musculaires qui accompagnent le travail intellectuel prolongé finissent par produire la fatigue du muscle, dirons-nous; le travail physique exécuté à ce moment ne peut donc qu'augmenter les symptômes de la fatigue musculaire. Ces deux fatigues s'ajoutent. Nous ne voulons pas par là nier toute possibilité de la fatigue propre du cerveau, mais nous la croyons lente à venir et nous pensons qu'elle est un phénomène très différent de la fatigue musculaire. Pour vaincre

l'inertie croissante des muscles, les centres nerveux doivent envoyer des excitations de plus en plus fortes (voir p. 57); il en est de même lorsqu'il s'agit de vaincre l'inertie des centres nerveux, laquelle s'établit après un travail intellectuel de longue durée. Cette inertie serait due non pas à l'affaiblissement de la fonction psychologique du cerveau, mais bien à la diminution de sa fonction physiologique. Tant que la volonté serait agissante, elle parviendrait à vaincre l'inertie musculaire et cérébrale, les excitations envoyées seraient d'intensité graduellement croissante jusqu'à une certaine limite où l'inertie prendrait le dessus... C'est à partir de ce moment qu'il serait permis de parler de fatigue cérébrale.

La troisième observation relatée par Mosso est celle du D^r Patrizi, qui avait remplacé Mosso dans une de ses leçons. En comparant ces trois observations (celle de Maggiora, de Aducco et de Patrizi), nous voyons se dessiner des différences individuelles très nettes. Sous l'influence du travail intellectuel, nous remarquons chez Aducco une phase d'excitation musculaire, qui fait bientôt place à un état d'affaiblissement, tandis que chez Maggiora la surexcitation manque ou est de très courte durée, et elle est remplacée presque tout de suite par la période d'épuisement. Ce sont là des différences quantitatives, comme le dit Mosso, qui pourraient servir, croyons-nous, à l'élaboration des *types quantitatifs de travail intellectuel*, et même des types quantitatifs de travail en général, si l'on se donnait la peine de les confronter avec les courbes ergographiques (voir p. 116), avec les constantes mathématiques des courbes et enfin avec les courbes du travail intellectuel (voir p. 222). Il est très vraisemblable qu'il s'agit là d'une inégale résistance au travail intellectuel comme au travail physique, la phase d'excitation et la phase de dépression pouvant présenter une durée très inégale. Enfin, chez Patrizi on constate un état émotionnel extrêmement accusé, se manifestant par de l'agitation et un état dynamogène prononcé qui s'est

prolongé même après la cessation de la cause qui l'avait produit. L'observation ne nous dit pas si l'excitation de force a été suivie d'une diminution consécutive, comme on serait tenté de le croire en raison de l'influence consécutive déprimante bien connue des émotions.

Quelques essais ont été faits aussi pour mesurer la fatigue intellectuelle des élèves au moyen de la méthode ergographique. D'après les expériences de Keller et de Kiemsies, il résulte que la force musculaire diminue après les différences leçons, mais les chiffres ne sont pas suffisamment concluants vu les différences journalières très considérables dans la valeur du travail.

CHAPITRE VI

L'énergétisme intellectuel.

Le problème qui se pose maintenant est de savoir si on pourra, dans une équation énergétique, réserver une place aux phénomènes de conscience? On peut se demander si le phénomène de conscience est soumis à la loi de la conservation de l'énergie ¹?

Le cerveau a une fonction qui n'existe pas dans les autres tissus de l'organisme, écrit Ch. Richet; il a la conscience. Mais, quoique le cerveau soit siège et organisme de la conscience, il possède, ainsi que les autres appareils, des fonctions physiologiques simples. Nous devons donc distinguer dans le cerveau dit l'illustre physiologiste français, une *fonction psychique* proprement dite qui est la *conscience* ou *connaissance de moi*, et une fonction exclusivement physiologique, par laquelle, comme les autres organes, il peut produire des phénomènes chimiques ou dynamiques. Cette distinction s'impose, car d'autres parties du système nerveux sont dotées de fonctions dites physiologiques, qui s'accompagnent de phénomènes chimiques et dynamiques, et ils ne produisent pas de phénomènes de conscience.

1. Ces idées ont été développées dans une de nos leçons :

J. Ioteyko. L'Energétisme psychique. Leçon d'ouverture du Cours de Psychologie expérimentale. *Revue de l'Université de Bruxelles*, janvier-février 1906, extrait de 27 pages.

Y a-t-il une équivalence dynamique ou chimique des phénomènes de conscience, comme il y a une équivalence dynamique et chimique du travail musculaire?

Nous savons que le phénomène physiologique cérébral s'accompagne lui aussi de transformations chimiques qui ont évidemment une équivalence dynamique. La nécessité absolue d'oxygène en est une preuve; dès que le sang oxygéné ne circule plus dans le cerveau, tout phénomène psychique disparaît. On connaît aussi la grande susceptibilité du cerveau vis-à-vis des poisons. Mais les constatations de ce genre ne signifient pas qu'il existe un rapport de cause à effet entre les conditions chimiques de l'activité psychique et cette activité même, car entre les deux s'intercale le phénomène physiologique cérébral, et le problème consiste précisément à résoudre le point de contact, la liaison entre l'activité cérébrale inconsciente et l'activité cérébrale consciente. C'est pour avoir confondu l'activité du *cerveau physiologique* avec celle du *cerveau psychologique* que tant d'auteurs ont commis de si graves erreurs dans l'interprétation du métabolisme cérébral.

L'explication énergétique des phénomènes psychiques serait celle qui réduirait aux éléments et aux bases du monde physique non seulement les processus objectifs, mais aussi les processus subjectifs. La chose est-elle possible?

Parmi ces doctrines, l'une des mieux connues est celle du *matérialisme*. Les matérialistes affirment que tous les processus psychiques sont des fonctions physiologiques de la substance cérébrale. Le cerveau sécrète la pensée, a dit Cabanis. La pensée se trouve dans le même rapport au cerveau que la bile au foie ou que l'urée aux reins, affirmait il y a soixante ans Carl Vogt. Mais il ne faut pas perdre de vue la brillante réplique de Du Bois Reymond, qui, au Congrès des naturalistes à Leipzig, a démontré de la façon la plus éclatante que l'hypothèse matérialiste ne donne aucune explication des phénomènes psychiques et ne la donnera jamais. En effet, si même nous pouvions connaître à fond les phénomènes physiologiques qui se

passent dans les cellules et les fibres nerveuses de l'écorce cérébrale, avec lesquels les phénomènes psychiques sont en connexion étroite; si même il nous était donné de pénétrer intimement le mécanisme cérébral et de le percevoir comme les rouages d'une montre, personne n'y verrait jamais autre chose que le mouvement des atomes. Et l'on ne pourra jamais comprendre de quelle façon, à côté des processus physiologiques, naissent et se développent les sensations et les représentations. L'hypothèse matérialiste n'a pu expliquer la sensation la plus simple au moyen du mouvement des atomes.

Le *monisme* de Haeckel peut être envisagé comme une éclosion ultérieure du matérialisme. En développant logiquement l'idée de l'évolution dans le domaine psychique, Haeckel admit que l'âme primitive fait partie des propriétés essentielles des atomes, tout comme d'après l'hypothèse matérialiste chaque atome est doué de force. Les atomes en se combinant entre eux forment les molécules et finalement la matière vivante. De même, en commençant par les protozoaires et en finissant par les associations compliquées des cellules animales et végétales se continue sans interruption l'évolution de l'âme atomique. Le point culminant en est constitué par les sensations les plus subtiles, par la variété infinie et la richesse de pensées du poète, du savant, du philosophe. Toute l'évolution, contenant les plus hautes cimes de la vie psychique serait basée uniquement sur la combinaison entre elles des âmes atomiques.

Cette hypothèse, par sa simplicité même, avait quelque chose d'attrayant, et c'est la raison pour laquelle elle fut adoptée par beaucoup de biologistes, d'autant qu'elle était intimement liée à la théorie de l'évolution. Mais, en réalité, elle n'est pas en état, pas plus que le matérialisme, de résoudre l'énigme séculaire de la dualité de l'âme et du corps. Le *rapport* de l'âme et du corps reste inexpliqué comme avant. Le monisme de Haeckel n'apparaît que comme un dualisme mal déguisé.

La *théorie énergétique des processus psychiques* n'a le choix qu'entre deux voies. Ou bien elle doit réduire les processus psychiques à des formes d'énergie connues dans la nature (chaleur, électricité, phénomènes chimiques, travail mécanique), ou bien elle doit admettre dans les processus psychiques une forme d'énergie particulière, qu'on ne rencontre pas dans la nature.

A la première de ces hypothèses se rattachent les travaux expérimentaux poursuivis depuis soixante ans au moins, mais surtout dans ces trente dernières années, par la majorité des physiologistes s'occupant du système nerveux et par les psychologues de laboratoire. Conscients ou inconscients du but à poursuivre, ces chercheurs ont interrogé les fonctions cérébrales de façons les plus diverses, grâce aux expériences les plus

ingénieuses et les mieux conduites, dans le but de saisir quelque manifestation énergétique du fonctionnement psychique. L'hypothèse qui a servi de base à ces travaux a donc été très féconde en résultats, car elle a été le point de départ de la presque totalité des expériences accomplies sur le système nerveux. C'est grâce à ces expériences que la physiologie du système nerveux et la psychologie expérimentale ont pu être constituées.

Mais les espérances de la première heure ont été vite déçues. (voir p. 70.)

Le phénomène de conscience ne peut donc être exprimé jusqu'à présent par un équivalent thermique, ni par un équivalent chimique.

Les belles recherches de Atwater, qui ont donné des résultats éminemment positifs pour le travail musculaire, ont été entièrement négatives lorsqu'il s'est agi du travail intellectuel.

Quant aux autres formes d'énergie, il ne peut non plus être question d'équivalence. Il est vrai que l'excitation de nos organes des sens s'accompagne d'une augmentation de l'énergie mécanique (accroissement de force), qu'on peut mettre en évidence au moyen du dynamomètre et de l'ergographe. Mais l'accroissement de force est dû à la diffusion de l'excitation jusqu'aux centres psycho-moteurs et s'explique très bien sans la nécessité d'admettre que les phénomènes moteurs obtenus soient équivalents à la conscience de ce travail. Dans le même ordre d'idées, citons les phénomènes circulatoires et les autres phénomènes moteurs obtenus par l'excitation des nerfs sensitifs de l'organisme. Le phénomène le plus saillant, la douleur, même la plus atroce, ne peut avoir d'équivalent mécanique, car les réflexes de la douleur se produisent tout aussi bien (arrêt du cœur, etc.) même pendant l'anesthésie par le chloroforme et, chez les batraciens, quand le cerveau a été enlevé, lorsqu'on soumet les nerfs à des excitations douloureuses.

En ce qui est des phénomènes électriques qui se manifestent dans le cerveau au moment de son activité (Danilewsky, Horsley, Cybulski, Beck), ils présentent le plus grand intérêt, mais ils se rattachent aux conditions matérielles fondamentales des processus physiologiques qui accompagnent l'activité consciente. Le fait que le phénomène électrique disparaît pendant la narcose profonde ne veut pas dire que normalement c'est l'état de conscience qui est accompagné de changements matériels dans l'écorce cérébrale; nous savons en effet que la narcose suspend tous les phénomènes de la vie et la disparition du phénomène physiologique suffit pour expliquer l'absence des phénomènes électriques pendant la narcose.

Les phénomènes calorifiques, moteurs et électriques, qui

accompagnent dans certains cas l'activité cérébrale, ne peuvent donc servir de mesure à la conscience. On se contente de les désigner aujourd'hui sous le nom de *concomitants physiques des actes psychiques*, ce qui ne préjuge rien de leur nature. Il serait superflu d'ajouter que les concomitants physiques n'ont rien perdu de leur intérêt et qu'ils méritent pleinement les patientes études entreprises dans les laboratoires d'Europe et d'Amérique dans ce but.

Chauveau, l'illustre physiologiste contemporain, dont on déplore la perte récente, affirme que « les actes psychiques ne peuvent rien détourner de l'énergie que fait naître le travail physiologique et qui est intégralement restitué sous forme de chaleur sensible ».

Hirn, un des plus célèbres mécaniciens du XIX^e siècle, dit : « Lorsque nous nous servons des termes de *travail physique* et de *travail de tête* pour désigner l'acte même grâce auquel s'engendre un phénomène dynamique ou une pensée, nous nous servons d'expressions probablement des plus correctes, mais lorsque nous étendons le terme de *travail* intellectuel au produit même de l'acte cérébral (à la pensée), nous ne recourons plus qu'à une métaphore. »

D'après Verworn, toute tentative faite pour expliquer le phénomène de conscience au moyen des lois physico-chimiques est destinée à s'anéantir, n'étant que le pendant énergétique du matérialisme.

La seconde hypothèse énergétique consiste à admettre dans les phénomènes psychiques une forme particulière d'énergie. C'est la théorie d'Ostwald, le grand chimiste de Leipzig. Il a pensé que le principe de la matière pourrait être entièrement exclu des sciences naturelles, en réduisant tous les processus de la nature aux processus énergétiques, c'est-à-dire au travail accompli. Sur cette base, Ostwald a essayé de construire une théorie énergétique de l'univers, englobant les processus psychiques eux-mêmes.

Cette théorie est certainement un bel effort vers l'unification scientifique. Tous les phénomènes du monde objectif sont inexorablement soumis aux lois de la conservation de l'énergie. Le principe de l'énergie, qu'on peut appeler l'aptitude à produire le travail, est tout à fait général dans les processus de la nature. Il en résulte que nous avons incontestablement le droit d'examiner tous les processus de la nature comme des transformations d'énergie, soit qu'on rapporte ce travail à un substratum matériel, comme on l'a fait jusqu'à présent, soit qu'on le considère en dehors de toute matière, comme le veut Ostwald. Mais ce qui nous intéresse en ce moment, c'est de savoir si, en considérant les processus psychiques comme

une forme particulière de l'énergie universelle, on pourra arriver à une théorie moniste de l'univers.

Voici comment il faudrait, selon nous, concevoir cette hypothèse. Si dans les processus psychiques, il ne s'agit réellement d'autre chose que de la formation et de la transformation d'une énergie particulière, la transformation doit se faire suivant les lois de l'énergétique. Il faut donc admettre qu'à chaque opération psychique, l'énergie psychique se transforme en d'autres formes d'énergie ; admettons, pour fixer les idées, qu'elle se forme aux dépens de l'énergie chimique et que pendant l'opération psychique, elle se transforme en énergie calorifique.

L'impossibilité où l'on a été jusqu'à présent de mettre en évidence objectivement l'existence d'une forme particulière d'énergie nommée psychique ne veut pas dire nécessairement que cette forme d'énergie est inexistante. Au point de vue énergétique, il n'y a aucun reproche à faire à cette hypothèse. Ainsi, admettons, dans notre exemple, que c'est l'énergie chimique qui se transforme en énergie psychique. La transformation se ferait suivant une certaine équivalence (« équivalent psychique du travail chimique »). Dans une seconde étape, l'énergie psychique se transformerait en chaleur (« l'équivalent calorifique du travail psychique ») et disparaîtrait comme telle. L'observateur ne retrouverait objectivement que le point de départ du phénomène, c'est-à-dire l'énergie chimique et son point d'arrivée, c'est-à-dire l'énergie calorifique, et du moment qu'il y a équivalence entre ces deux formes d'énergie, il se déclarerait satisfait. Mais, en réalité, il serait loin de se douter qu'il y avait un terme intermédiaire entre ces deux formes d'énergie, terme ayant englobé pour un moment l'énergie chimique pour la faire réapparaître sous forme de chaleur. Cette hypothèse, ainsi que nous venons de la présenter, paraît donc invérifiable, et c'est précisément le grand reproche qu'on peut lui faire. Les hypothèses invérifiables ne peuvent satisfaire l'esprit humain.

Mais, en réalité, il y a d'autres objections plus graves encore. L'hypothèse d'Ostwald n'est pas tellement invérifiable qu'elle le paraît au premier abord, et disons-le tout de suite, les faits recueillis se prononcent franchement contre elle. Nous venons de dire qu'au point de vue énergétique, il n'y a aucun reproche à faire à cette hypothèse. Oui, mais dans le cas seulement où l'on aurait affaire à de vrais automates, dépensant constamment le même taux d'énergie. Or, il n'en est rien. Notre vie psychique subit continuellement des flux et des reflux, nous sommes constamment sous l'empire des émotions et des sensations. Il en résulte qu'aux moments d'une activité cérébrale plus intense, l'énergie psychique devrait être mise en évidence, non

directement, mais par un accroissement des phénomènes chimiques qui en sont le point de départ et par un accroissement des phénomènes calorifiques, qui en sont la conséquence. Cette théorie n'échappe donc pas aux objections de la théorie précédente. L'expérimentation les a condamnées.

En examinant critiquement la théorie de l'énergie psychique d'Ostwald, on s'aperçoit qu'elle occupe, à l'égard des autres formes d'énergie, une situation tout à fait exceptionnelle. Alors, que toutes les autres formes de l'énergie sont perçues objectivement, c'est-à-dire par l'intermédiaire de nos organes des sens, et nous seraient tout à fait inconnues subjectivement sans le moyen des organes des sens, il en est tout autrement de l'énergie psychique. Elle ne se révèle jamais objectivement et on ne la connaît que par l'expérience subjective. Or, fait justement remarquer Max Verworn, *cette différence est précisément l'abîme séculaire qui sépare la série des processus psychiques de la série des processus physiques*. Il semblerait donc qu'on n'a rien gagné en admettant qu'à la base des processus psychiques se trouve une forme particulière d'énergie. L'ancienne énigme reste irrésolue comme par le passé.

On a aussi tâché de trouver des voies intermédiaires en admettant un dualisme philosophique. Spinoza avait déjà affirmé qu'il n'existe aucune manifestation dans le domaine de la matière qui ne retentisse sur le domaine de la pensée et *vice versa*. Des penseurs modernes, tels que Edinger, Avenarius ont donné un appui physiologique et psychologique à cette idée en créant la doctrine du *parallélisme psycho-physique*.

Il y a suivant les parallélistes, deux mondes distincts, deux ordres de phénomènes, qui se déroulent l'un à côté de l'autre, présentent une coordination parfaite, mais ne peuvent agir l'un sur l'autre comme cause à effet. Ces deux domaines ne peuvent jamais se pénétrer.

Cette conception dualiste ne peut satisfaire l'esprit humain, qui tend continuellement vers l'unification des phénomènes, vers le monisme. Elle est d'ailleurs en contradiction flagrante avec les phénomènes de corrélations observés.

L'esprit humain, découragé, a cru qu'on pouvait se retrancher derrière l'*empirisme* ou *phénoménisme*, qui ne voit que la succession des phénomènes et arrive à une conception moniste, grâce à cette succession même.

La biologie nous montre que les organes se développent et se perfectionnent grâce à la division du travail et parallèlement à leur activité fonctionnelle. L'animal primitif, une amibe, par exemple, peut se contenter d'un champ très restreint de perceptions, en rapport avec ses besoins élémentaires. Mais les animaux supérieurs, qui vivent dans des conditions beaucoup

plus compliquées, seraient voués à une extinction rapide s'ils ne possédaient la perception et l'aperception développées à un haut degré. On arrive ainsi à comprendre le rôle que joue la *psyché* dans l'économie de la nature. Elle est indispensable dans la lutte pour l'existence et pour la conservation de l'individu et de l'espèce.

Mais on aura beau rattacher les phénomènes psychiques à la loi générale de l'évolution et on n'en sera pas plus avancé dans la solution du problème qui nous préoccupe. Il y a dans cette conception une erreur de raisonnement manifeste. En observant la succession ininterrompue des phénomènes, on a l'illusion que toute limite entre le monde physique et le monde psychique disparaît. Mais si nous ne savons pas où le phénomène psychique apparaît, cela ne veut pas dire que le problème n'existe pas. Cela montre seulement que nous n'avons pas accordé assez d'importance à l'élément psychique. En réalité, le problème de la conscience est aussi compliqué et difficile à résoudre à l'origine de la vie qu'il l'est chez l'homme, et ce n'est pas en le transportant aux confins du monde inorganique et du monde organique qu'on trouvera la solution cherchée. L'inconnue reste toujours la même.

La loi de l'évolution ne saura donc combler l'abîme qui sépare le monde physique du monde psychique. Vis-à-vis de ces faits, le meilleur parti serait peut-être d'abandonner toute tentative d'explication et de se résigner à l'étude objective des phénomènes.

Une dernière théorie, c'est le *psychomonisme* du physiologiste allemand Verworn. Il se demande si le dualisme, constaté dès le début, ne serait pas une illusion? Si le fait même de poser la question était faux? Si l'on soumet à une critique sévère les conceptions des temps préhistoriques concernant le dualisme de l'âme et du corps, on s'aperçoit qu'elles ne sont plus justifiées aujourd'hui. Le dualisme entre l'âme et le corps, si profondément ancré dans notre vie psychique, n'est qu'apparent. En effet, que savons-nous du monde physique? Prenez une pierre en main. Que savons-nous de cette pierre? Elle est lourde, c'est une sensation; elle est froide, c'est une sensation; elle est dure, c'est une sensation, elle a une forme, c'est un complexe de sensations; elle tombe et se meut, c'est encore un complexe de sensations. Bref, ce qu'on appelle « pierre » n'est qu'un complexe déterminé de sensations. Si on cherche à l'infini on ne trouvera rien d'autre que des sensations. Le même fait se produit avec n'importe quel corps et pour n'importe quel être humain. On voit, par conséquent, que tout le monde physique est construit de parties, que nous sommes habitués d'appeler *psychiques*. Donc, en réalité, il n'y a aucune

opposition entre le monde physique et le monde psychique, et la totalité du monde physique forme l'essence du monde psychique.

Le monde physique n'existe pas à côté du monde psychique, comme l'admet le parallélisme psycho-physique; le monde psychique n'est pas issu du monde physique, comme l'admet le matérialisme; il n'existe pas en dehors de lui, comme le veut le dualisme primitif; mais le monde physique se trouve contenu dans le monde psychique, suivant le psychomonisme de Verworn, qui est aussi celui de Mach et de Ziehen.

La mort s'explique aussi, sans la nécessité de créer un dualisme irréductible entre l'âme et le corps. La vie psychique de l'individu ne peut s'accomplir qu'en tant que peuvent exister certains complexus de sensations bien déterminés. Les changements physiques qui surviennent avec la mort rompent ces complexus.

Le but de chaque science nous apparaît donc comme devant *classer ces éléments psychiques et étudier leurs rapports mutuels.*

Comme l'a bien dit Moleschott, l'homme « est le produit de ses sens ». Les organes des sens sont l'unique intermédiaire entre le monde externe et le monde interne.

On sait aujourd'hui que la valeur fonctionnelle de nos organes des sens est due, en quelque sorte, à la direction dans laquelle l'homme s'est développé; nous la devons à la structure particulière et au chimisme de nos organes sensoriels. Ces combinaisons peuvent être changées chez l'homme dans certains cas de maladie (Daltonisme ou cécité partielle pour les couleurs, etc.). Elles peuvent différer encore plus chez les animaux. Ainsi, le zoologiste anglais, lord Lubbock, a montré, au moyen d'expériences appropriées, que les fourmis voient très nettement les rayons ultra-violetts, c'est-à-dire la partie du spectre qui est invisible pour nous, mais que nous connaissons par ses effets chimiques. Il est donc très probable que les couleurs qui nous apparaissent rouge ou bleue ne sont pas perçues de la même façon par les fourmis. On a montré aussi que les rayons Röntgen, qui sont invisibles pour nous et que nous ne connaissons que par leurs effets chimiques, sont directement perçus par certains crustacés.

Nous voyons ainsi que grâce à son haut degré d'intelligence, l'homme parvient à déceler dans la nature des phénomènes, des forces, qui lui étaient inconnues pendant de longs siècles.

C'est ainsi que le monde physique vient à être réfléchi d'une façon de plus en plus parfaite dans le domaine psychique. C'est pourquoi la *théorie de la connaissance*, qui constitue aujourd'hui un des chapitres les plus importants de la psycho-

logie physiologique, sera toujours à la base de toute science. Telle est la conception scientifique de l'univers, à laquelle il nous soit possible d'aboutir à l'heure actuelle. Hâtons-nous d'ajouter que le problème est loin d'être résolu et qu'il reviendra bien des fois encore à l'ordre du jour. Mais, pour le moment, il semble que toutes les possibilités soient épuisées et nous n'entrevoions rien au delà du psychomonisme.

Il nous est impossible de nous étendre sur les travaux intéressants publiés dans ce domaine par Wundt ¹, Witasek ², Höfler ³, Lipps ⁴, Loeb ⁵, Lehmann ⁶ et Guido della Valle, auteur d'un livre remarquable sur les « Lois du travail mental ⁷ », Tulio Gayda ⁸.

Seule la bibliographie du sujet remplirait un livre entier. Nous nous réservons de revenir sur ces questions dans un volume qui fera suite au volume présent.

Comme nous l'avons dit déjà, la confusion du cerveau physiologique avec le cerveau psychique a été le point de départ de nombreuses erreurs qui se sont glissées dans les appréciations de certains auteurs, en particulier des médecins lesquels admettent a

1. Wundt. Grundriss der Psychologie ; Psychologie physiologique ; Psychol. Stud. I, fasc. 2.

2. Witasek. Grundlinien der Psychologie, pp. 84-85.

3. Höfler. Psychische Arbeit. *Ztschrift f. Psychol.*, VIII, 1894.

4. Lipps. Leitfaden der Psychologie, Leipzig.

5. Loeb. Muskelthätigkeit als Mass psychischer Tätigkeit. *Pfuger's Archiv*, XXXIX, p. 592.

6. Lehmann. Die psychischen äquivalente der Bewusstseinserscheinungen, Leipzig 1901 ; Lehmann. Ueber stoffwechsel während geistiger Arbeit. *V^e Kongress für exper. Psychologie*, Berlin 1912 et *Elemente der Psychodynamik*, Leipzig, 1905.

7. Guido della Valle. *Le Leggi del Lavoro Mentale*. Vol. de 653 pages, éditeur Paravia, 1910, Turin-Rome.

8. Tulio Gayda. Sur l'échange gazeux de l'encéphale. *Archivio di Fisiologia* XII, 1^{er} mars 1914. Cet auteur aurait constaté une augmentation des échanges chez les chiens pendant la veille, comparés à ceux de la narcose. Mais ne serait-ce pas dû au sommeil du cerveau physiologique ?

priori l'indentité du travail physique et du travail psychique, parlent de métabolisme cérébral, d'intoxication par les déchets de l'activité mentale, etc., comme s'il s'agissait de faits démontrés. Nous avons à cet égard relevé de très nombreuses erreurs dans les livres de Lagrange, qui présentent pourtant une si grande valeur au point de vue des observations et que nous avons cités à maints endroits. Mais c'est le point de départ théorique qui est faux; ces auteurs croiraient pénétrer dans le surnaturel en admettant que toutes les recherches entreprises pour trouver l'équivalent psycho-énergétique de la pensée n'ont donné aucun résultat.

Alf. Lehmann ¹, dans une communication présentée au V^e Congrès de psychologie expérimentale (Berlin, 1912), prétend que l'acte de conscience s'accompagne d'une transformation de l'énergie. Par travail psychique il entend tout processus nécessitant une concentration de l'attention. Dans la vie courante même nous mesurons la difficulté d'un travail d'après l'intensité de cette concentration. Comme la périphérie cérébrale ne représente qu'un volume très restreint, l'activité de cet organe ne peut déterminer des effets très appréciables et la mesure de ces effets rencontre des difficultés sérieuses. Le sujet doit avant tout être complètement tranquille, ne produire aucun mouvement. Lehmann rapporte des expériences faites dans son laboratoire par Becker et Olsen. La personne en expérience fait des additions pendant une demi-heure. Si on divise ce temps en trois parties égales, on constate une diminution progressive du nombre des additions; quant à l'acide carbonique exhalé par seconde, il diminue dans la

1. Lehmann. Ueber den Stoffwechsel während geistiger Arbeit. Bericht über den V Kongress für experimentelle Psychologie in Berlin, p. 136, Leipzig, Barth, 1912.

deuxième période, pour augmenter dans la troisième.

Période.	I	II	III
Nombre des additions. . .	994	941	885
Co ² par seconde	0,355	0,203	0,330 ccm.

D'après Lehmann, la diminution d'acide carbonique serait due à la fatigue.

Dans d'autres expériences (apprendre par cœur des syllabes) où la fatigue a pu être évitée, à une augmentation de travail intellectuel correspond un accroissement dans la production d'acide carbonique.

Déjà à ce même Congrès, Dittlich et Exner firent remarquer que les phénomènes constatés pourraient être expliqués (augmentation de Co²) par une tension plus intense de tous les muscles sous l'influence de la concentration de l'attention. Il ne faut pas oublier que le cœur et les muscles des vaisseaux subissent aussi la même influence, laquelle s'établit inconsciemment.

Donc ces expériences faites dans le laboratoire de Lehmann ne peuvent avoir une valeur probante.

Dernièrement Georges Bohn¹, a entrepris de mettre en valeur la théorie chimique de l'activité cérébrale.

Le cerveau est, dit-il, le siège de phénomènes chimiques très intenses². La substance grise du cerveau consomme en abondance des matériaux nutritifs et de l'oxygène. Dès que l'on arrête la circulation ou qu'on produit l'asphyxie par la fermeture de la trachée, le cerveau est atteint et on observe des convulsions, des paralysies. D'après Speck, le premier phénomène observé est l'évanouissement de la mémoire associative. Léonard Hill a mis en évidence les oxydations cérébrales qui deviennent plus intenses lors de l'activité cérébrale. Il y a aussi pendant l'activité cérébrale disparition des granulations de Nissl que l'on considère comme des matériaux de réserve. La libération des acides dans l'activité du système nerveux a été montrée par

1. G. Bohn. L'activité chimique du cerveau. *Revue philosophique*, 1914, 1^{er} sem., pp. 537-580.

2. Un aperçu en a été donné par Frédéricq dans l'*Année psychologique* de 1907.

de nombreux auteurs (Heidenhain, Obersteiner, Moleschott, Battistini), malheureusement assez anciens et au moyen de méthodes défectueuses. Plus récemment, le fait a été prouvé par Robertson¹ pour le cerveau de grenouille.

Des expériences de G. Bohn, de Robertson, de Anna Drzewina, semblent établir que l'activité des centres nerveux est de nature chimique. Les centres sont sensibles à divers excitants qui accélèrent leur activité. D'après Robertson² la courbe de l'acte volontaire rappelle étrangement la courbe des réactions chimiques autocatalytiques. Mais la forme d'une courbe, observe Bohn, à elle seule ne signifie pas grand'chose. Suivant Robertson, dès le début de l'acte volontaire, une certaine quantité de matière serait mise à part dans le système nerveux central et l'exécution de l'acte ne serait que le résultat de la décomposition autocatalytique de cette masse. Il s'appuie aussi sur les lois de la mémoire étudiées par Ebbinghaus et vérifiées par Smith. La mémoire mesurée par le nombre de syllabes retenues augmente avec le temps (sous l'influence de l'exercice) et cette augmentation suit la formule d'une réaction chimique autocatalytique. Il en est de même des courbes de Bryan et Harter qui étudièrent la rapidité avec laquelle les télégraphistes apprennent à transmettre et à recevoir les messages et la même courbe s'obtient dans les expériences de Swift sur l'entraînement acquis en jetant en l'air deux balles sans les laisser tomber. Mais dans d'autres cas les courbes se sont montrées irrégulières et asymétriques.

G. Bohn indique une autre direction de recherches qu'il estime très fécondes. Il s'agit de l'étude des interactions chimiques entre le cerveau et les diverses parties de l'organisme. Il rappelle les expériences bien connues de Pawloff sur l'influence que l'écorce cérébrale exerce sur l'activité des glandes (la sécrétion dite *psychique*). Avec ses élèves, le physiologiste russe a étudié d'une façon remarquable la mémoire associative. Or Bohn rappelle ce fait intéressant que la destruction des leucocytes, qui se produit normalement dans le sang après les repas, peut se produire même en l'absence de repas, et cela en dehors de la vue des aliments, comme l'ont montré Manoukhine et d'autre part Krolunitzky, c'est-à-dire être purement psychique. Un certain signal visuel suffit pour provoquer l'altération du sang et des leucocytes. Un phénomène cérébral d'association

1. T. B. Robertson. Sur la dynamique chimique du système nerveux central. *Archives intern. de physiologie*, VI, 1908, p. 388.

2. Robertson. Further studies in the chemical dynamics of the central nervous system. *Folia neuro-biologica*, 1912 et 1913.

de sensations est donc susceptible d'entraîner une modification de la composition chimique du sang. Bohn rappelle aussi les expériences de Georges Dumas¹ sur l'expression polyglandulaire des émotions : les émotions s'accompagnent d'une excitation énergétique de tout le système nerveux, se traduisant par une sécrétion abondante des diverses glandes de l'organisme. Dumas explique cette action par la diffusion de l'excitation initiale dans tout le système nerveux. Mais, dit Bohn, un organe tel que le cerveau peut aussi agir sur les glandes, par des substances chimiques qu'il déverse dans le sang (hormones). Il y a aussi l'influence des glandes sur le cerveau. Le corps thyroïde vient-il à être altéré, il en résulte un état d'hébétéude intellectuelle et des troubles nerveux variés. Cette glande déverse normalement dans le sang une substance chimique, une « hormone » qui accélère les oxydations de l'organisme et par suite l'activité de l'écorce cérébrale. Il en est de même des autres glandes. L'instinct sexuel semble être conditionné par des substances chimiques. Mais les faits indiqués dans ce chapitre et celui qui le précède montrent à l'évidence que les phénomènes mentionnés par Bohn aussi intéressants soient-ils, ne peuvent jeter aucune lumière sur le problème de l'équivalence énergétique de la conscience. Les uns s'expliquent tout simplement par la vie du cerveau physiologique; les autres ne présentent avec le problème qu'un rapport des plus lointains. La forme d'une courbe ne peut présenter de valeur comparative que lorsque ses constantes sont connues, interprétées et vérifiées.

Nous savons que les substances albuminoïdes font partie de la constitution du corps humain et c'est ce travail de refonte, de destruction cellulaire qui exige impérieusement l'apport des substances protéiques. Le cerveau ne constitue pas une exception à cette règle et son activité, sa vie s'accompagne nécessairement d'une usure de sa substance. D'où nécessité de la remplacer. Le cerveau ne peut être assimilé au muscle qui brûle des hydrates de carbone lors du mouvement. Il paraît ainsi très probable que la vie du cerveau utilise surtout des substances albuminoïdes. Mais cela ne préjuge en rien de l'activité chimique de la pensée.

Quant à l'action stimulante des glandes endocrines sur l'excitabilité nerveuse, elle a été bien démontrée dans les expériences de Cybulski et Szymonowicz qui prouvèrent que la substance active des capsules surrénales agit directement sur le centre vaso-moteur et produit, de cette façon, le resserrement des vaisseaux. Cette notion fut développée par E. de Cyon. L'entretien de la tonicité des nerfs accélérateurs et vaso-constricteurs est, en grande partie, l'œuvre des capsules surrénales.

J'ai démontré l'action excitante de l'adrénaline¹ et d'autres produits glandulaires sur les muscles et ai proposé d'appeler « poisons physiologiques » ces substances des glandes qui agissent chimiquement sur les muscles pour en élever le tonus. Ces substances sont de vraies « sensibilisatrices » dont le rôle est d'augmenter la sensibilité (réceptivité) du muscle au stimulus.

1. J. Ioteyko. Influence de l'adrénaline et de quelques autres produits glandulaires sur la contraction musculaire. *Rapport présenté au XIV^e Congrès intern. de Médecine, Madrid 1903.*

CHAPITRE VII

Le sentiment de la fatigue.

Nous devons distinguer dans la fatigue deux phénomènes : l'un est le phénomène *physiologique*, qui consiste dans la perte graduelle de l'excitabilité des organes soumis à un excès de travail; le second est le phénomène *psychologique* qui est le sentiment de la fatigue. A l'inverse du précédent, il apparaît d'une façon soudaine. La fatigue s'accumule progressivement dans l'organisme; de phénomène local elle devient phénomène général, et ce n'est que quand elle retentit sur l'ensemble de l'être vivant qu'elle arrive à la conscience. Un long travail intérieur précède l'apparition du sentiment de lassitude, lequel est l'expression de la fatigue, de l'épuisement organique, devenu conscient à un moment donné. Les Grecs assimilaient la fatigue à la douleur. C'est pousser trop loin la généralisation du sentiment de la fatigue; toutefois dit avec juste raison Léon Dumont, nous pouvons rapporter à la fatigue, à l'épuisement et à l'abattement qui en résultent, toutes les peines qui ont pour origine un effort soit volontaire, soit conscient, soit inconscient, en un mot toutes les peines à caractère positif; la fatigue s'accumule graduellement pendant toute la durée de l'effort et du travail; dans un effort très considérable, elle se déclare d'une manière brusque qui la fait ressembler à une douleur aiguë.

Le problème du sentiment de la fatigue se ramène à la question plus générale des rapports de la conscience avec les phénomènes moteurs. Elle peut être examinée à plusieurs points de vue.

En premier lieu, au point de vue de ses rapports avec le sens du mouvement (*sens kinesthésique*). Le sens musculaire nous renseigne sur l'état de nos organes moteurs; l'introspection nous avertit constamment de l'état de mouvement ou de repos dans lequel sont nos organes. Nous avons la perception du mouvement à mesure qu'il s'exécute. Or, après une répétition prolongée d'un certain mouvement, il se produit une sensation particulière appelée *sensation de la fatigue*. D'après Waller, le sens du mouvement, celui de l'effort et celui de la fatigue, sont des degrés du même phénomène sensoriel. Il y a une cause commune à l'effort et à la fatigue; celle-ci ressemble, suivant le physiologiste anglais, à une image consécutive. Le sens musculaire est diminué dans la fatigue suivant Mosso.

Deuxièmement, nous pouvons examiner la question du sentiment de fatigue au point de vue de son origine. Possède-t-il une origine périphérique ou une origine centrale? Les mêmes considérations peuvent être invoquées ici comme pour le sens kinesthésique. Sur l'origine du sens de l'effort il y a deux théories en présence: l'une *centrale* (Bain, Ludwig, Wundt, Jackson); l'autre *périphérique*, qui est celle de la majorité des neurologistes contemporains. Ces sensations désagréables de douleur, de tiraillement, de pesanteur, qu'on ressent dans un membre fatigué, sont-elles dues à une excitation particulière des terminaisons nerveuses sensitives dans les organes moteurs, ou bien devons-nous les attribuer à la fatigue des centres psycho-moteurs, à un épuisement de la décharge centrale. « Souvent, remarque Ribot, la localisation de ces sensations dans nos muscles est

très précise ; ainsi, après une longue marche, surtout en descendant, la sensation de la fatigue est localisée, au jugement des anatomistes, dans le jambier antérieur et le triceps crural ». Cette localisation apparaît aussi nettement aux débuts de la gymnastique et des sports. Elle s'étudie fort bien à l'ergographe ; après les premières séances, les sujets, même en l'absence complète de notions anatomiques, accusent une douleur plus ou moins forte à la partie antérieure de l'avant-bras, correspondant aux fléchisseurs. La douleur disparaît sous l'influence de l'entraînement musculaire.

Les partisans de l'origine centrale du sentiment de l'effort admettent la conscience de la décharge motrice au moment même où la décharge se fait, et avant que les contractions musculaires se produisent : le sentiment de la décharge nerveuse serait antérieur au mouvement ; les sentiments kinesthésiques seraient postérieurs.

Lagrange, sans entrer dans le débat, se montre partisan de la théorie centrale pour expliquer le sentiment de la fatigue.

La sensation de la fatigue, dit-il, coïncide précisément avec le moment où l'énergie *disponible*¹ étant épuisée, l'organe a besoin, pour maintenir son fonctionnement au même degré d'activité, d'emprunter un supplément de force à ses réserves et d'augmenter l'intensité des décharges nerveuses envoyées aux muscles. Ce moment est marqué par la *conscience de l'effort*, c'est-à-dire par un effort de volonté. A cette sensation s'ajoute un jugement.

Nous avons fait remarquer que rien n'est moins sûr que cette supposition de la décharge motrice s'accompagnant d'une sensation spéciale localisée dans

1. L'énergie totale est formée d'une part, par l'énergie *disponible*, qui sert aux besoins immédiats, et par l'énergie de *réserve*, qui est utilisée en cas d'un besoin excessif.

le cerveau. Il en serait de même de l'effort. Quant à la fatigue réelle des centres nerveux, elle se caractérise par une diminution de l'effort, autrement dit, de la décharge nerveuse. Nous ne reviserons pas à nouveau tous les arguments que nous avons exposés pour démontrer l'origine périphérique du sentiment de la fatigue.

Il est intéressant de signaler que les études physiologiques poursuivies dans les laboratoires ont montré que des signes de fatigue, mis en évidence par la méthode graphique, se manifestent dans le muscle bien avant la fatigue des centres nerveux. Avant tout début d'affaiblissement de la contraction, on constate *une diminution de l'élasticité des muscles*, ce qui se traduit par l'allongement de la secousse et le pouls asthénique (voir p. 52 et 60).

En admettant la théorie toxique de la fatigue, théorie qui paraît bien démontrée, il est permis de supposer qu'aux sensations de tiraillement, de pesanteur, de froissement, qui naissent lors de la contraction, vient de joindre l'altération chimique des terminaisons nerveuses sensitives et motrices intramusculaires par les déchets de la contraction musculaire (poisons dits ponogènes). L'intoxication de l'élément nerveux *moteur* intra-musculaire, jointe à la diminution des réserves, détermine l'impotence motrice, alors que l'empoisonnement des éléments nerveux *sensitifs* intra-musculaires agit à l'instar d'une excitation qui se porte aux centres sensitivo-moteurs et y détermine la sensation spéciale dénommée fatigue et, dans certains cas, elle produit la douleur. Cette explication qui localise le processus dans les voies nerveuses (théorie nerveuse), en lui donnant pour point de départ l'excitation chimique des terminaisons nerveuses sensitives intramusculaires, nous paraît infiniment plus probable que celle qui admet un transport de toxines au cerveau par

voie sanguine. Certes, lors de la fatigue très prononcée de l'ensemble des muscles, nous savons que le sang charrie des substances ponnogènes; on pourrait donc supposer que ces substances, en se transmettant au cerveau, y déterminent une excitation que nous appelons le sentiment de la fatigue. Mais dans d'autres cas cette explication est insuffisante, notamment lorsque la fatigue se produit dans un groupe musculaire ou bien même dans un muscle isolé. Cette fatigue s'accompagne également d'un sentiment, parfois même très aigu, à localisation très précise. Ici on ne peut invoquer une intoxication générale, un empoisonnement du sang. Force est donc d'admettre que l'empoisonnement a été local et que l'excitation s'est transmise au cerveau par voie nerveuse. Encore moins scientifiques nous paraissent les suppositions qui attribuent le sentiment de la fatigue à une désintégration des cellules nerveuses pendant le travail. Certains médecins admettent le fait sans même le discuter, en se basant sur une analogie grossière entre les mots. Le mot « travail », appliqué au muscle, possède un certain sens, attendu que les lois mécaniques et énergétiques de ce travail nous sont connues. En ce qui est des centres nerveux, le mot « travail » n'a pas cette signification précise.

En reprenant la théorie de la transmission nerveuse et non circulatoire du sentiment de la fatigue, nous pouvons invoquer encore la *loi de l'économie de l'effort* (voir p. 157), mise en évidence par nos expériences. L'intensité de l'effort nerveux croît toutes les fois que les conditions mécaniques du travail des muscles deviennent plus difficiles. Et inversement, l'intensité de l'effort nerveux décroît quand le travail musculaire à faire devient plus facile. Il y a là une autorégulation remarquable de l'effort nerveux, les difficultés mécaniques du travail agissant comme un excitant sur les centres nerveux.

Tous ces faits paraissent concorder et s'expliquer mutuellement dans notre théorie périphérique de la fatigue. C'est donc une action venant de la périphérie qui sollicite les centres nerveux à augmenter la force de la décharge motrice pour lutter contre l'inertie qui commence à envahir les muscles fatigués; action réflexe, dont le point de départ est situé dans les terminaisons sensitives intra-musculaires.

La *résistance individuelle* à la fatigue est très variable.

Faisons l'expérience simple qui consiste à tenir les bras écartés en position horizontale. Les uns seront fatigués déjà au bout d'une minute et laisseront retomber leurs bras inertes; les autres pourront résister dix minutes et plus. En interrogeant les sujets sur les sensations éprouvées, nous avons pu relever une sensation de brûlure, de douleur, de pesanteur, de brisement, de fourmillement et finalement d'impotence localisée dans le bras et le poignet. Chose intéressante, ceux qui ont résisté le plus longtemps nous ont affirmé que, ayant réussi à vaincre les premières sensations pénibles, ils ont pu continuer ce travail statique sans trop de peine, le malaise et la douleur s'étant presque complètement dissipés. Leur réapparition s'est faite beaucoup plus tard et cette fois-ci de façon invincible. Nous voyons nettement se dessiner l'influence de la volonté et son rôle dans l'acquisition de l'entraînement. Celui qui réussit à vaincre la petite fatigue recule de beaucoup l'apparition de la grande et ce recul s'accroît chaque fois de plus en plus.

Rien n'est si variable, dit Lagrange, que la faculté de sentir, si ce n'est la faculté de vouloir. Chez certains, la sensibilité semble émoussée, la volonté étant normale; chez d'autres, la sensibilité est extrêmement vive et la volonté faible; chez d'autres enfin, la sensibilité étant très vive, la volonté peut être assez forte pour la dominer. De là, la difficulté dans la pratique, de savoir reconnaître les sujets qu'on doit exciter au travail, malgré la sensation de fatigue, de ceux qu'on doit retenir malgré l'effort de leur volonté : là est tout le problème des indications de l'exercice ou du repos.

L'homme en état de fatigue, dit le même auteur, est un réactif d'une impressionnabilité physique et morale exagérée; il présente la dépression de tous les organes.

La *dépression morale* due à la fatigue a été bien étudiée par Lagrange et par Tissié. Chez les paysans, après les grandes fatigues de la moisson, on a pu observer dans bien des cas des états de dépression nerveuse allant jusqu'à la psychose et pouvant durer des semaines et des mois. Des phénomènes semblables ont été relatés à la suite d'un excès de travail intellectuel. Ce sont des psychoses à idées délirantes et à forme mélancolique. La tristesse et la dépression psychique sont la règle. Enfin, dans certains cas, on voit la *consomption*, l'épuisement organique, caractérisé par la diminution du poids ou la neurasthénie, épuisement nerveux.

Le sentiment de la fatigue est précédé d'une période d'excitation. Celle-ci est suivie d'indifférence puis d'abattement. On a vu des excursionnistes demander avec instance aux guides de les abandonner sur les glaciers (Tyndall, Mosso). Dans cet état la mort paraît désirable. Cette indifférence est la cause des accidents sur les Alpes.

Dans cet état de dépression se trouvent un grand nombre de soldats après la bataille. Le sentiment de la fatigue disparaît par l'excitation. Ainsi les soldats s'affaissent après de grands efforts, mais la vue de l'ennemi leur redonne une nouvelle vigueur. La peur agit aussi comme un excitant dans certains cas.

La fatigue excessive produit des phénomènes psycho-pathologiques. La diminution de la mémoire est très fréquente dans les excursions de montagnes. (Saussure, Mosso). Lors de l'entraînement intensif dans les sports, on a observé le dégoût, l'ennui, l'automatisme, les impulsions, le dédoublement de la personnalité, les illusions, les hallucinations, les phobies, la paramnésie, l'écholalie, les obsessions, etc.

Les effets psychiques de la fatigue se manifestent

d'après Tissié¹ : 1° par le dédoublement de la personnalité ; 2° par des illusions ; 3° par des hallucinations individuelles ou collectives. Un colonel français d'artillerie, en 1870, tire sur les Français croyant tirer sur les Allemands. Les mêmes cas se sont produits dans les premiers combats dans les Ardennes et en Lorraine où les hommes étaient hallucinés de fatigue².

Il est intéressant de constater que le sentiment de la fatigue peut être aboli sous l'influence de différentes *substances pharmacodynamiques*, telles que l'alcool et le sucre. Le mécanisme d'action de ces substances est très différent pour chacune d'elles (V. p. 120 et 122). Ainsi, par exemple, il est reconnu depuis Mosso que, lorsque la fatigue se produit à l'ergographe, le poids paraît plus lourd qu'au commencement de l'expérience. Or l'alcool à petites doses donne l'illusion d'une grande puissance, et le poids apparaît plus léger (Frey, Destrée, nos expériences). Loewy trouve que l'inhalation d'acide carbonique, même à haute dose (5 à 6 p. 100 dans l'air expiré) n'est accompagnée d'aucune sensation subjective ; à partir de 6 p. 100 commence la dyspnée *subjective*, qui obtient son maximum d'intensité à 8 p. 100 de CO². Ces résultats peuvent être comparés, selon l'auteur, à l'accélération volontaire de la respiration ; déjà, au bout de plusieurs minutes, se produit le sentiment de la fatigue, même si les mouvements respiratoires ne sont que doublés par rapport à la normale.

Il existe aussi des *états pathologiques* où le sentiment de la fatigue est diminué ou même complètement absent (certains cas d'hystérie, tabes, etc.).

Les contractures des hystériques se distinguent par

1. Ph. Tissié. *L'Éducation physique et la Race*. Vol. de la Bibl. de Philosophie scientifique, Flammarion, Paris, 1919.

2. René Puaux. *Foch*, p. 78, Payot, Paris, 1918.

l'absence complète du sentiment de la fatigue; souvent elles sont accompagnées de l'abolition du sentiment kinesthésique. Quand les hystériques ferment les yeux, ils n'ont plus la notion des mouvements passifs que l'observateur imprime à leur membre insensible. Quant aux mouvements volontaires, un certain nombre de sujets se servent de leur membre insensible les yeux fermés; chez les autres on observe une impuissance motrice presque complète.

Il est certain qu'il existe un rapport entre les anesthésies hystériques, l'abolition du sens kinesthésique et l'abolition du sentiment de la fatigue; mais ce rapport n'a pas encore été mis en lumière.

Le mécanisme de la contracture dite *pathologique* a déjà été expliqué (p. 54). Nous lui avons attribué une origine sarcoplasmique.

Il existe d'autre part des maladies qui s'accompagnent d'un état de fatigue très prononcé, sans qu'il y ait eu excès de travail. Le symptôme de la fatigue s'observe très nettement dans *la maladie bronzée d'Addison*, due aux lésions des capsules surrénales; on le constate aussi dans certaines affections *du foie* accompagnées *d'ictère*, dans les maladies *du tube digestif*, dans *les états infectieux*, la *grippe*, la *tuberculose*, dans *l'arthritisme* et en général dans les maladies de la nutrition, telles que *l'obésité*, le *diabète* et la *neurasthénie*.

La neurasthénie se caractérise par l'inaptitude à l'effort sans travail préalable. Le neurasthénique présente le tableau complet de l'homme normal arrivé à un état très accusé de la fatigue, dit Lagrange. C'est la même exaltation de la sensibilité, c'est l'irritabilité du caractère, avec une diminution de la volonté. La fièvre nerveuse et la courbature ne sont pas rares chez les neurasthéniques. On observe également de l'insomnie, du vertige, de la tristesse et du découragement.

Nous avons parlé dans notre premier chapitre du rôle défensif (kinéto-phylactique) de la fatigue. Cette fonction peut s'exercer grâce à la fatigabilité plus grande des terminaisons nerveuses intra-musculaires que de celle des centres psycho-moteurs. Le rôle défensif de la fatigue avait déjà été soutenu par Waller et par Mosso. Mais ces auteurs étaient partisans de la théorie centrale de la fatigue. Pourtant, on se rend difficilement à l'idée d'une protection du muscle, protection qui serait assurée aux dépens des centres nerveux. Nous croyons, au contraire, et notre opinion est basée sur de nombreux faits expérimentaux et d'observation, que le rôle biologique de la fatigue serait la défense du mouvement dans ce qu'il a de plus élevé et de plus complexe : *la défense de la fonction psycho-motrice par paralysie périphérique*. Les faits se passent ainsi à l'état normal de l'organisme; à l'état pathologique, notamment dans les cas d'épuisement nerveux, de neurasthénie, il en est autrement, attendu que le sentiment de la fatigue se produit à propos de n'importe quel mouvement; il est précoce et précède l'impotence réelle du muscle. Parfois il se manifeste même en l'absence de tout mouvement. Ceci s'explique par la pathogénèse de la neurasthénie, qui est la conséquence, acquise ou héréditaire, de grands et épuisants efforts musculaires ou nerveux. Et alors le système nerveux acquiert la propriété d'être éminemment *fatigable*.

L'ennui, le *découragement*, sont des défenses qui joignent leurs effets à ceux de la fatigue, en sollicitant l'abandon du travail fatigant. L'ennui est le sentiment qui nous défend contre un travail monotone. La neurasthénie elle-même, avec ses crises d'excitation et d'épuisement; l'amnésie, les dédoublements, les hallucinations et beaucoup d'autres manifestations psychiques morbides sont des procédés qui entrent

en lutte lorsque les petits avertissements n'ont pas été écoutés. La folie même peut être envisagée comme un moyen d'échapper aux souffrances d'une fatigue extrême.

La *neurasthénie*, qui s'accompagne fréquemment de l'impossibilité de travailler, amène souvent une influence salutaire en forçant l'organisme au repos. Ce qui est remarquablement curieux ce sont ces intervalles d'épuisement et ces intervalles où l'on se reprend, ce qui dénote que des défenses puissantes entrent en lutte. Un individu sensible à l'augmentation de la force de l'excitant, travaillerait d'une façon pour ainsi dire illimitée, malgré tous les petits avertissements, s'il n'était sujet à quelque crise de neurasthénie salutaire. C'est ainsi que la fatigue pathologique sous ses formes les plus variées rentre dans la catégorie des défenses et constitue une vraie soupape de sûreté. Le neurasthénique se défend d'une part par les sensations pénibles qui accompagnent le travail et dont l'accomplissement à l'état normal est une source de plaisirs; il se défend en outre par ces crises d'inertie qu'il nous a été donné d'observer chez des personnes adonnées aux travaux de l'esprit et auxquelles j'ai proposé de donner le nom d'*aboulie des intellectuels*¹.

Ce sont des moments d'inertie complète où, malgré les nombreux travaux accumulés, on voudrait s'aliter et ne plus rien entreprendre. Dans ces crises d'aboulie toute chose paraît indifférente, insipide, on ne peut se remettre au travail, car tout intérêt a disparu. Ces crises durent parfois plusieurs jours seulement, mais dans certains cas elles se prolongent pendant un mois ou deux. La force de réagir contre l'aboulie diffère suivant les individus. Les uns traitent à la légère le temps perdu, les autres sont indifférents et les troisièmes sont plongés dans une profonde tristesse, voire même le désespoir, et pensent au suicide. La besogne s'accumule, aussi on observe parfois des accès de révolte et de rage. Enfin certaines personnes subissent leur sort passivement, car elles savent qu'il faudra quand même arriver au but et l'idée de fléchir ne leur vient pas.

Or, cette crise si funeste pour le travail, semble-t-il, avait le bon côté d'apporter avec elle le repos! La voix de la raison n'ayant pas été écoutée, une crise est venue abattre l'individu et l'a forcé de cesser toute préoccupation.

1. J. Ioteyko. Les Défenses psychiques. I. La Douleur. — II. La Fatigue. *Revue philosophique*, février 1913 et *Revue psychologique*, même année.

C'est ainsi que la vie de certains intellectuels est soumise à des alternatives d'épuisement et d'excitation. Pourtant chaque fois la crise dure un temps plus long. Il en résulte une usure croissante de l'organisme. La folie guette ces organismes sans cesse surmenés.

Un fait paradoxal se présente : tant que l'on travaille, qu'on est valide et bien disposé, l'on ne ressent pas de fatigue, l'esprit est alerte, le corps aussi. Quand la crise de neurasthénie apparaît, on est réduit à l'inertie et c'est alors qu'on ressent le plus vivement la fatigue. J'ai proposé d'appeler ce phénomène le *paradoxe du travail*, car lorsqu'on travaille on ne se sent pas fatigué et lorsqu'on ne travaille pas, on se fatigue. Lors du repos il y a un relâchement de la volonté, qui permet à la fatigue accumulée de faire sentir ses effets; lors du travail, il y a une tension de l'esprit qui neutralise les effets de la fatigue.

Comme pour la douleur, le procédé de défense contre la fatigue consiste à élever le seuil de notre fatigabilité. On distingue la petite et la grande fatigue. Les avertissements de la première ne sont évités que par les faibles. Pour un tempérament de lutteur, les obstacles deviennent des stimulants. Il est possible de faire intervenir aussi dans le domaine moral, *la loi de l'économie de l'effort*, mise en évidence pour le travail musculaire. L'effort de la volonté s'adapte aux conditions extérieures de son fonctionnement, c'est-à-dire à la valeur des difficultés à vaincre. Il grandit, lorsque grandissent les obstacles. Les forts savent résister aux premières atteintes de la fatigue et arrivent aussi à acquérir les hauts degrés de l'entraînement.

On a étudié aussi *l'influence de la fatigue sur le temps de la réaction nerveuse et sur les phénomènes de l'attention*.

La fatigue psychique aussi bien que la fatigue physique produisent un ralentissement ou une atténuation de tous les phénomènes psychiques : mémoire, imagination, temps de la réaction nerveuse, attention. Parmi ces phénomènes, ceux qui se rapportent au temps de la réaction nerveuse et à l'atten-

tion ont été étudiés expérimentalement, notamment par Cattell, Beetman, Mosso, Féré, Welch, Scripture, Moore et par beaucoup d'autres physiologistes et psychologues. Sous l'influence de la fatigue le temps de la réaction nerveuse s'allonge. L'exercice et l'entraînement produisent des effets contraires. Pour les phénomènes psychiques, il y a donc, comme pour les phénomènes physiologiques, antagonisme entre la fatigue et l'entraînement. A la fin des longues séances de psychométrie on observe, selon Scripture, non seulement un allongement notable du temps de la réaction ainsi que les oscillations de l'attention, mais encore un état de somnolence.

L'allongement du temps de la réaction nerveuse est dû à l'atténuation de l'attention. Buccola a dit que l'équation personnelle (temps de la réaction nerveuse) peut être considérée comme le dynamomètre de l'attention.

Mosso a constaté que dans les excursions alpestres les accidents les plus graves survenaient après le passage des endroits les plus difficiles. L'attention, longtemps tenue en éveil, diminuait soudainement.

CHAPITRE VIII

La courbe de la fatigue musculaire chez l'homme.

La courbe de la fatigue musculaire en physiologie animale s'obtient par des excitations régulières venant atteindre le muscle directement ou par l'intermédiaire du nerf. L'inscription graphique se fait sur un cylindre tournant avec une petite vitesse. De cette façon chaque contraction isolée s'inscrit sous la forme d'une ligne verticale. On appelle *courbe de fatigue* la ligne qui unit les sommets de toutes ces lignes équidistantes, correspondant aux hauteurs des soulèvements. Ces hauteurs vont sans cesse en diminuant sous l'influence de la fatigue. La courbe de fatigue nous donne une idée exacte de la décroissance successive de l'amplitude des secousses sous l'influence de la fatigue.

C'est à Hugo Kronecker (1871) qu'on doit les premières recherches concernant la courbe de la fatigue. Il a pu établir les lois fondamentales de la fatigue des muscles striés. Le muscle gastrocnémien de grenouille était excité par des chocs d'induction appliqués au nerf sciatique toutes les deux secondes et les hauteurs de soulèvement s'inscrivaient sur le Kymographe sous forme de lignes verticales distantes d'un millimètre environ. Les excitations étaient maximales; le poids à soulever ne dépassait pas 50 grammes.

La courbe de fatigue ainsi obtenue par Kronecker, est une *ligne droite* chez la grenouille, autrement dit la différence de soulèvement de deux lignées voisines (c'est-à-dire de deux con-

tractions successives) est une constante; c'est ce qu'il appelle *la différence de fatigue*. La différence de fatigue diminue à mesure que les intervalles des excitations augmentent. La différence de fatigue reste constante même pour des poids variables; les courbes, correspondant aux différents poids, sont parallèles entre elles, quand les intervalles des excitations restent constants.

Kronecker a donné une formule pour la fatigue musculaire, formule très simple, la courbe de fatigue étant une ligne droite chez la grenouille, c'est-à-dire descendant proportionnellement au temps. Si l'on représente par D la différence de fatigue (constante pour les intervalles d'excitation constants), par y la hauteur de soulèvement de la première contraction, par y^n , la hauteur de soulèvement d'une contraction quelconque de la série, par n le nombre de contractions qui ont précédé la contraction de y^n , on a l'équation suivante :

$$y^n = y^1 - nD.$$

Ces expériences peuvent nous servir de préliminaire à l'étude de la *courbe de fatigue chez l'homme*. Les premières recherches à cet égard sont dues au physiologiste italien Angelo Mosso, qui les poursuivit pendant plusieurs années avec grand éclat à son laboratoire de l'Université de Turin. La courbe de fatigue chez l'homme peut s'étudier à l'ergographe, appareil imaginé par Mosso dans ce but. L'index et l'annulaire de la main sont enfoncés dans des tubes de cuivre (procédé d'immobilisation); le médus, avec lequel on travaille, reste libre. Un métronome bat la seconde. Chaque deux secondes, le sujet d'expérience contracte le doigt médus avec toute la force disponible à ce moment; le doigt, en se fléchissant, tire sur une corde et soulève un poids; un curseur qui se trouve sur le trajet est déplacé et la plume du curseur inscrit sur un cylindre tournant la hauteur de l'excursion. La courbe de fatigue est la ligne qui unirait dans la pensée le sommet de toutes les contractions.

Le profil de la fatigue change pour bien des causes : influence du poids, fréquence des contractions, fatigue précédente ou repos, différences de

saison, de régime, influence des émotions, etc. Mais, chose remarquable, *chaque individu a sa courbe de fatigue qui lui est propre*. Les tracés se distinguent les uns des autres même après des années. Quoique, dit Mosso, la raison des caractères personnels de la courbe nous soit encore inconnue, il est certain que la courbe indique la variété que chaque personne présente dans la manière dont elle se fatigue. L'ergographe nous donne ainsi l'inscription d'un des faits les plus intimes et les plus caractéristiques de notre individu : *la manière dont nous nous fatiguons*, et ce caractère particulier reste constant. Si chaque jour à la même heure, nous faisons une série de contractions avec le même poids et suivant le même rythme, nous obtenons des tracés qui présentent toujours la même forme.

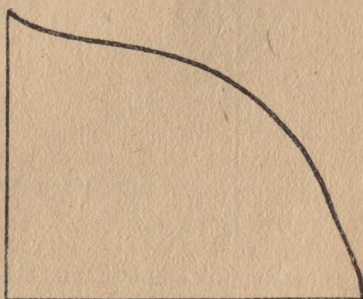


FIG. 1. — Forme de fatigue du 1^{er} type
(Dr Aducco).

Mosso a constaté trois formes caractéristiques :

1° *Formes du premier type*. C'est la courbe fournie par le Dr Aducco, travaillant avec le médus droit. Poids 3 kilogrammes. Les contractions se suivent toutes les deux secondes. La hauteur des contractions va *graduellement en diminuant* jusqu'à ce que, par la fatigue, les muscles n'ayant plus la force de soulever le poids, le tracé est interrompu. La courbe de la fatigue est *convexe*.

2° *Formes du deuxième type*. C'est la courbe fournie par le Dr Maggiora. Même âge (28 ans), même genre de vie, mêmes occupations et régime. *La force*

diminue rapidement au début, puis faiblit lentement. La courbe de fatigue est concave.

3° *Formes du troisième type.* Courbe fournie par le Dr Patrizi. La courbe est *convexe*, comme dans le premier cas, mais *les contractions s'abaissent lentement au début, puis la force des muscles disparaît tout d'un coup.*

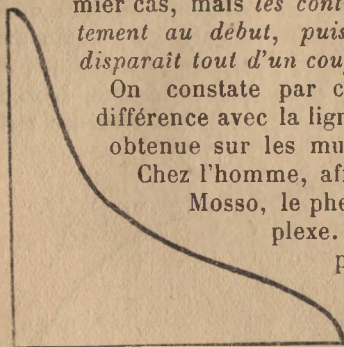


Fig. 2. — Forme de fatigue du 2° type.
(Dr Maggiora).

On constate par conséquent une grande différence avec la ligne droite de Kronecker obtenue sur les muscles de la grenouille.

Chez l'homme, affirme avec juste raison Mosso, le phénomène est plus complexe. Dans la courbe ergographique, dit-il, nous lisons la différence si caractéristique que présentent les sujets différents dans la résistance du travail. Quelques-

uns se sentent soudainement fatigués et cessent tout travail, alors que les autres sont plus persévérants.

Il existe entre les courbes tous les types de passage, mais les courbes de Mosso sont toujours des cour-

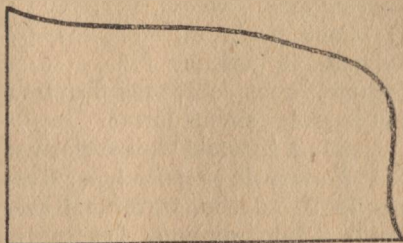


Fig. 3. — Forme de fatigue du 3° type. (Dr Patrizi).

bes à un point d'inflexion. On a constaté quelques formes aberrantes, telles que les courbes en S italique, la ligne droite et les courbes périodiques (où l'aptitude au travail s'accroît plusieurs fois dans la même expérience). Ces formes sont rares, tout à fait exceptionnelles.

Pour éliminer l'élément psychique, Mosso excita aussi directement les nerfs du bras en appliquant un courant électrique sur la peau. On imitait les incitations de la volonté. Le médius soulevait un poids de 1 kilo seulement, car le soulèvement d'un poids plus grand était rendu impossible à cause de la douleur. La courbe est très régulière, c'est une ligne droite. L'épuisement de la force est graduel lorsque le muscle travaille sans participation de la volonté. Dans certains cas néanmoins il a été possible à Mosso de retrouver une certaine ressemblance avec la courbe volontaire, ce qui montrerait, d'après ce physiologiste, que la fatigue peut encore être un phénomène périphérique et qu'il faut rapporter à la périphérie et aux muscles certains phénomènes de la fatigue qu'on croyait d'origine centrale. Bien que nous soyons d'accord avec Mosso pour accepter cette dernière partie de ses conclusions, nous ne pouvons admettre de ressemblance entre les courbes volontaires et les courbes artificielles, prises dans des conditions fort différentes. La contracture qui a été retrouvée par Mosso principalement chez les personnes très excitable et très nerveuses, est mise sur le compte d'une augmentation de l'excitabilité musculaire.

Hoch et Kraepelin¹, en poussant plus loin les recherches de Mosso, arrivent à attribuer une valeur différente aux deux éléments constitutifs de la courbe qui sont : la *hauteur totale* des soulèvements et le *nombre* de soulèvements. Ces deux facteurs sont dans une certaine mesure indépendants l'un de l'autre, car ils peuvent varier séparément. Ces auteurs ont rattaché la hauteur des soulèvements plus particulièrement au travail des muscles et leur nombre à l'état d'excitabilité des centres nerveux. La caféine, par exemple, augmente la hauteur des soulèvements sans influencer

1. Hoch et Kraepelin. *Psychol. Arbeiten*, 1895.

sur leur nombre, tandis que l'essence de thé diminue le nombre et n'influe pas sur la hauteur.

Parmi les preuves fournies par Hoch et Kraepelin pour expliquer cette manière de voir, citons les suivantes : les dispositions psychiques au travail, variables suivant les heures de la journée, influent surtout sur le nombre de soulèvements ; l'influence des repas retentit principalement sur l'augmentation de la hauteur des soulèvements ; l'exercice acquis en faisant tous les jours des expériences à l'ergographe augmente surtout le nombre de soulèvements ; enfin, les auteurs se basent sur les expériences de Mosso, qui a constaté une dépression notable de force à l'ergographe chez plusieurs de ses collègues, dont la fatigue psychique résultait des examens qu'ils avaient fait subir aux élèves de l'Université de Turin. Or, les tracés après la fatigue intellectuelle diffèrent surtout des tracés normaux par une diminution du nombre des soulèvements.

J'ai donné le nom de *quotient de fatigue* $\frac{H}{N}$ au rapport numérique qui existe entre la hauteur totale des soulèvements et leur nombre dans un ergogramme¹. Jusqu'alors, toutes les évaluations en ergographie étaient basées uniquement sur la somme de travail mécanique, c'est-à-dire sur des mesures quantitatives. Le quotient de la fatigue mesure la *qualité* du travail, c'est-à-dire le rapport entre l'effort musculaire et l'effort nerveux dans un ergogramme. La courbe ne sera pas la même, à égalité de travail mécanique, si elle a été accomplie par des muscles très forts et un système nerveux faible, ou dans des circonstances inverses. Le quotient est un acheminement vers l'analyse de la courbe ergographique. Ce rapport n'est autre que l'évaluation de la hauteur moyenne. Mais le

1. J. Ioteyko. Le quotient de la Fatigue, 1900, *C. R. de l'Acad. des Sciences de Paris*, p. 527.

nom « quotient de fatigue » est préférable car il exprime un rapport d'ordre physiologique.

Ces recherches constituent un terme de passage entre les constatations de Mosso qui montrent les caractères personnels des courbes de fatigue sans pouvoir néanmoins interpréter la forme de la courbe ni la décomposer en ses facteurs constituants et les recherches récentes sur *l'analyse mathématique des courbes de fatigue et la détermination des composantes du travail musculaire*.

Passons à *l'analyse de la courbe du travail musculaire*. Grâce à la collaboration mathématique de Ch. Henry, de la Sorbonne¹, il m'a été possible d'aborder cette étude et nous avons pu décomposer la courbe ergographique en ses coefficients principaux, non point de façon schématique, mais suivant des calculs de grande précision. A défaut d'une équation théorique de l'effort, il est possible de poser une *équation empirique*, qui est l'expression la plus rigoureuse des faits trouvés expérimentalement. Trouver l'équation d'une courbe, c'est trouver la loi suivant laquelle évoluent les phénomènes portés en abscisses et en ordonnées. Les rapports entre ces phénomènes peuvent être complexes et c'est ici qu'intervient la nécessité d'études mathématiques pour fixer ces rapports. La loi de proportionnalité qui s'exprime par une ligne droite est rare et les rapports s'expriment dans les sciences biologiques par des courbes plus complexes. La ligne droite de Kronecker, obtenue sur les muscles de grenouille excités électriquement comme expression de leur fatigue, est tout à fait exceptionnelle chez l'homme.

Les courbes ergographiques, plus que toutes autres, paraissent susceptibles d'une analyse mathé-

1. Ch. Henry et J. Ioteyko. Sur une loi de décroissance de l'effort à l'ergographe. *C. R. de l'Acad. des Sciences de Paris*, 30 mars 1903.

matique. En effet, ces courbes sont *l'expression réelle* du phénomène étudié; en second lieu, elles donnent une *mesure* dans le sens physique du mot (en kilogrammètres, dans le cas considéré) et enfin elles présentent une grande *constance* (caractères personnels de la *forme* des courbes lorsqu'on travaille dans des conditions identiques).

Avant d'exposer l'équation de l'ergogramme, revenons pour un instant à la courbe de Kronecker. L'équation en est très simple, car la courbe de fatigue est une droite, ce qui veut dire que l'effort décroît proportionnellement au temps. Cette courbe ne possède qu'une seule constante, *D*, appelée par Kronecker « la différence de fatigue ». Cette constante sert à caractériser la fatigue. Si, étant données deux courbes, ayant la même hauteur du début, la descente de la courbe est plus accentuée dans la première que dans la seconde, la constante *D* sera plus grande. Il est donc permis de dire que la constante de Kronecker mesure la fatigabilité, prise dans un sens très global, car nous manquons de moyens de savoir si cette fatigue est due à l'usure des réserves, à l'intoxication par les déchets de la contraction, ou à d'autres causes.

Comme les courbes de Mosso (nous appellerons ainsi toutes les courbes prises à l'ergographe de Mosso par les différents expérimentateurs) ne sont presque jamais des droites, une constante ne peut suffire. Grâce à l'introduction de plusieurs constantes dans l'équation de la courbe, il devient possible de décomposer la « fatigabilité » en ses éléments constituants.

Ces recherches ont permis de combler une grave lacune dans les études ergographiques, car bien que Mosso ait justement insisté sur la *forme* de la courbe, ni lui ni ses continuateurs n'ont même essayé d'analyser d'une façon précise cette forme. On s'est contenté d'affirmer qu'elle a des caractères individuels,

en se basant simplement sur l'inspection de l'ergogramme. La notion de la forme de la courbe n'intervient pas non plus dans les innombrables études ergographiques entreprises en Italie, en Allemagne et en France. Seule la somme de travail mécanique intéresse les auteurs. Néanmoins la forme de la courbe présente une importance capitale. C'est elle qui révèle les caractères individuels des courbes; c'est elle qui se modifie suivant les conditions du travail, en affectant un type identique quand les conditions du travail restent les mêmes. Mais les auteurs ont, en général, glissé sur ces modifications caractéristiques, faute de moyens de les définir.

Cette identité du phénomène graphique chez chaque personne est un fait réel, à tel point que des courbes prises dans de bonnes conditions semblent être la photographie l'une de l'autre. Ce fait montre indubitablement que des lois fixes, mathématiques, doivent présider à la façon dont on se fatigue. Déjà, dès 1899, je suggérais qu'il y avait là, à n'en pas douter, matière à l'établissement d'une formule mathématique de l'épuisement chez l'homme. Cette loi, c'est le rapport fixe qui existe entre l'effort à chaque instant (c'est-à-dire la hauteur de la contraction) et le temps où se produit cet effort, autrement dit que y est fonction de x (x étant l'abscisse ou la ligne du temps, y étant la ligne des ordonnées ou des hauteurs successives des contractions).

L'équation des courbes ergographiques a été posée par Ch. Henry et par moi en 1904¹. Nous avons pu démontrer que *la courbe ergographique, indépendamment du type présenté par le sujet, est une parabole de troisième degré*, dont l'équation est :

$$\eta = H - at^3 + bt^2 - ct.$$

η étant l'effort à chaque instant (hauteur de la

1. Ch. Henry et J. Ioteyko. Sur l'équation générale des courbes de fatigue. C. R. Acad. des Sciences, 24 août 1904.

contraction), H l'effort maximum initial (en millimètres, t le temps (unité de temps = 2 secondes, les soulèvements se faisant d'habitude à ce rythme), a , b , c des constantes ou paramètres. Avec H , nous avons ainsi quatre constantes dans chaque courbe ergographique, mais comme H est connu empiriquement, il n'y a que trois constantes à rechercher.

Cette loi mathématique peut être exprimée de la façon suivante physiologiquement parlant : *la courbe ergographique se trouve à chaque instant de sa course sous l'influence de trois composantes* (les constantes ou paramètres) *agissant chacune pour son propre compte*. Parmi ces constantes, b est positive, c'est-à-dire qu'elle élèverait la courbe ergographique suivant le carré du temps ($+bt^2$) si elle agissait seule. Les deux autres constantes sont négatives; la constante c , dans le cas où elle agirait seule, tendrait à faire abaisser la courbe proportionnellement au temps ($-ct$); et la constante a , agissant seule, tendrait aussi à faire abaisser la courbe, mais suivant le cube du temps ($-at^3$). Comme elles agissent toutes à la fois et cela d'une façon constante d'un bout à l'autre de la courbe, celle-ci est la *résultante* de leur action combinée. C'est ce que représente schématiquement la figure 4. Notons que cette équation s'applique à tous les ergogrammes à un seul point d'inflexion, qui constituent l'énorme majorité, au point même que les courbes à deux points d'inflexion (en S italique) peuvent être considérées comme une forme aberrante. D'ailleurs, une équation du quatrième degré pourrait leur être appliquée, le cas échéant. La détermination des inconnues a , b et c n'exige que la résolution de trois équations du premier degré.

L'équation générale restant la même pour toutes les personnes et pour toutes les conditions expérimentales, *seules les valeurs des constantes varient*. Pour la même personne et dans des conditions exactement pareilles,

la forme de la courbe restant la même, nous pouvons dire que la *valeur des constantes reste toujours exactement la même*, autrement dit, qu'il existe une *caractéristique mathématique individuelle*.

La notion graphique si complète et si vague de la *forme de la courbe* se trouve ainsi ramenée à la connaissance de trois paramètres, c'est-à-dire de trois nombres qui suffisent pleinement pour caractériser une courbe.

Cette étude ne présente pas qu'un intérêt mathématique. La loi mathématique n'étant que l'expression la plus rigoureuse des faits observés, on conçoit que sous les nombres se trouvent enfermés les différents phénomènes physiologiques auxquels les nombres servent d'expression. Cela revient à dire que les constantes ou paramètres peuvent être reliées à des caractéristiques physiologiques. Dans la courbe de fatigue, les constantes sont l'expression des pertes de puissance (positives ou négatives) survenant au bout de l'unité de temps¹.

Un seul paramètre est positif (*b*) c'est-à-dire qu'il tend à élever la courbe, alors que *a* et *c* sont négatifs, c'est-à-dire qu'ils abaissent la courbe. Nous pouvons attribuer le paramètre positif *b* à l'action des centres nerveux dont l'action grandit au cours du travail musculaire pour lutter contre la paralysie qui envahit progressivement le muscle. Les paramètres négatifs *a* et *c* sont attribués à des processus s'accomplissant dans le muscle même et qui ont pour effet de diminuer le travail. Cette interprétation est basée sur les connaissances physiologiques. Nous devons considérer la constante négative *c* comme proportionnelle à la perte de puissance due à la diminution du combustible c'est-à-dire des réserves disponibles d'hydrates de

1. Voir aussi : J. Ioteyko. Les lois de l'ergographie. Etude physiologique et mathématique. *Bull. de l'Acad. Royale des Sciences de Belgique* ; 1904, n° 5 ; extrait de 172 pages.

carbone. Cette interprétation s'impose; dans tout moteur constant, la consommation de combustible croît proportionnellement au temps. La *constante négative* a caractérisé bien la perte de puissance due à l'empoisonnement local par les toxines. Pour admettre

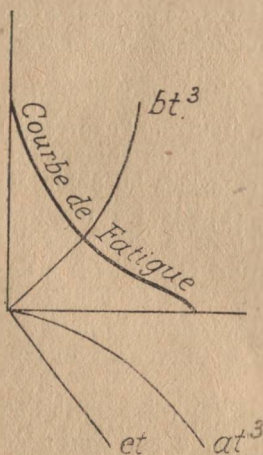


Fig. 4.

cette explication, il faut supposer que la décomposition des albuminoïdes commence déjà dès le début de la courbe; mais comme le paramètre *a* est extrêmement petit (de beaucoup plus petit que les autres paramètres), la perte de puissance est insignifiante au commencement de la courbe et elle grandit ensuite très vite avec le temps. C'est bien la caractéristique du terme at^3 , et cette perte de puissance, qui augmente proportionnellement au cube du temps, correspond fort bien à l'idée que nous nous fai-

sons des effets toxiques. Il n'y a pas non plus contradiction avec l'idée généralement admise par les physiologistes, que le muscle ne consomme pas, dans les contractions initiales, les mêmes substances que dans les contractions finales.

La constante positive b^2 , qui grandit proportionnellement au carré du temps, répond bien à l'idée que nous nous faisons de l'effort nerveux durant une courbe de travail musculaire. Cette interprétation est basée sur l'expérimentation. Non seulement l'augmentation de l'effort pendant la fatigue est un fait démontré par l'attitude du sujet, par les actions phy-

siologiques concomitantes, mais cette augmentation a été mise directement en lumière par les expériences de Mosso au moyen du *ponomètre* (voir p. 33).

L'effort nerveux croît avec la fatigue des muscles. Ainsi donc la fatigue ergographique a pour effet de produire une augmentation croissante de résistance dans le muscle, et c'est pour vaincre cette résistance que les centres nerveux doivent envoyer à la périphérie des ordres à intensité croissante. La courbe ponométrique, dit Mosso (et il le figure) suit une marche qui est l'inverse de la courbe ergographique. Or, la courbe ponométrique n'est autre que la courbe que tracerait le paramètre b^2 , au cas où il agirait seul : il élèverait la courbe suivant le carré du temps.

Citons encore d'autres preuves. Quand a et b sont nuls, la courbe doit être une droite, car dans ce cas elle n'est déterminée que par l'action du paramètre c (usure des hydrates de carbone) qui tend à faire abaisser la courbe proportionnellement au temps. Or, la ligne droite se retrouve assez souvent chez l'homme lors de l'excitation électrique des fléchisseurs ; dans ce cas, l'intensité de l'excitant reste constante d'un bout à l'autre de la courbe et, l'influence des centres nerveux étant supprimée, le facteur qui tend à relever la courbe doit manquer nécessairement. Quand au facteur a (toxines), il doit être fortement diminué dans les courbes électriques, car, pour éviter la douleur, on ne peut appliquer des courants très forts et l'on doit employer des poids légers (400 grammes à 2 kilos, au lieu de 4 à 5 kilos employés dans la courbe volontaire). La fatigue électrique est donc relativement faible et le travail mécanique est moindre que dans les ergogrammes obtenus avec la volonté.

On rencontre aussi une ligne droite dans l'excitation électrique des muscles de grenouille. L'absence de b est ici facilement explicable, comme dans le cas

précédent, par l'absence de l'excitation nerveuse. Quant à l'absence de α , on pourrait tenter une explication en se basant sur un fait que j'ai démontré dans ma thèse de médecine¹, à savoir qu'un muscle de grenouille soustrait à la circulation est en mesure de réparer sa fatigue quand il est exposé à l'air atmosphérique, mais cette réparation devient impossible pour le muscle travaillant dans une atmosphère d'hydrogène. Si l'on introduit de l'oxygène sous la cloche à expériences, on voit la réparation s'accomplir. C'est donc la respiration élémentaire des fibres musculaires chez les batraciens qui est la cause de la réparation de la fatigue du muscle anémisé. Chez l'homme, il n'en est pas de même, et un muscle privé de circulation (par exemple quand on fait la ligature du bras) peut encore fournir un certain travail, mais il n'est pas en état de réparer la fatigue par le repos. Nous pouvons donc conclure que le phénomène continu d'oxydation qui s'accomplit dans le muscle de grenouille (oxydation double : entre les fibres musculaires et le sang et entre les fibres musculaires et l'air ambiant) contribue pour beaucoup à diminuer la toxicité des poisons de la fatigue, surtout lorsqu'il s'agit de contractions isolées et non de tétanisation. D'ailleurs, dans le même ordre d'idées, nous pouvons citer la résistance si grande du muscle de grenouille à toutes les causes d'altération, à l'anémie, aux poisons, à la mort, de façon qu'on s'expliquerait facilement son pouvoir de résistance aux poisons de la fatigue.

La deuxième partie de nos recherches avait pour but la *vérification expérimentale de la signification accordée aux constantes des courbes*. Il s'agissait de modifier les conditions expérimentales et d'examiner en même temps les modifications des constantes des

1. J. Ioteyko. La fatigue et la respiration élémentaire du muscle. *Thèse doct. méd.* Paris, 1896.

courbes. Les constantes ou paramètres changent-ils dans le sens prévu par l'expérimentation physiolo-

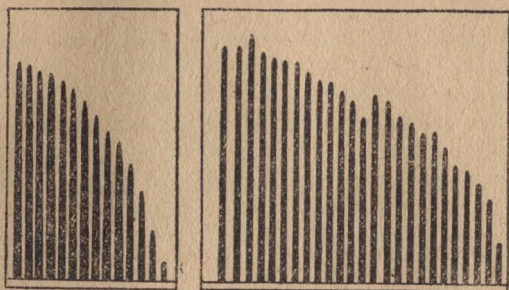


Fig. 5. — Courbe normale et courbe-alcool de Romain, du 17 mars 1903. L'augmentation de travail, sous l'influence de l'alcool, porte sur le nombre des contractions. (Grandeur naturelle).

gique? Les méthodes mathématiques s'intercalent

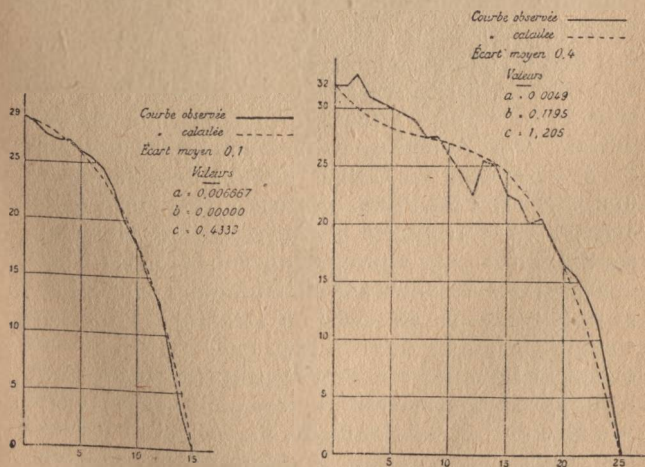


Fig. 6. — Courbes précédentes (alcool), observées et calculées (légèrement augmentées).

donc entre les deux séries de recherches, la première constituant la fixation des faits, le point de départ de

la loi empirique, la seconde ayant pour but la vérification physiologique des paramètres et la recherche des lois nouvelles.

Les calculs des paramètres, longs et laborieux, ont été faits dans tous les cas considérés. Ainsi, sous l'influence de petites doses d'alcool (20 à 30 gr. d'alcool à 50°) on constate un accroissement considérable de travail mécanique, le nombre de soulèvements augmentant beaucoup plus que la hauteur. La valeur du quotient de la fatigue diminue. La courbe alcoolique est donc fortement allongée par rapport à la courbe normale. Le calcul des paramètres montre une augmentation du paramètre b , ce qui traduit l'excitation des centres nerveux et une diminution de a , c'est-à-dire que l'intoxication par les déchets de la contraction musculaire est moindre. Cette dernière action s'explique par l'influence alimentaire de l'alcool, lequel fournit au muscle qui travaille de nouveaux matériaux ternaires, facilement assimilables et lui permet de continuer le travail sans la nécessité d'attaquer les matériaux albuminoïdes. Or, si la dépense d'albuminoïdes est diminuée grâce à l'alcool, les toxines doivent nécessairement diminuer dans la même mesure. C'est ainsi qu'on arriverait à s'expliquer le rôle d'aliment d'épargne, d'antidépensateur, accordé souvent à l'alcool : il épargnerait les matériaux albuminoïdes en fournissant au muscle un produit ternaire rapidement combustible. Afin d'éviter tout malentendu, notons que la même action alimentaire peut être obtenue avec d'autres substances, qui ne présentent pas les inconvénients de l'alcool. D'ailleurs l'action excitante sur les centres nerveux fait rapidement place à une action déprimante pour peu qu'on augmente la dose.

La diminution des toxines dans le muscle légèrement alcoolisé explique aussi un fait psychologique de grand intérêt : l'alcool diminue la sensation de

fatigue. A l'ergographe, l'effet se traduit par une facilité beaucoup plus grande à soulever le poids, qui paraît plus léger. Or, à l'heure actuelle, il semble bien prouvé que la fatigue musculaire a une origine périphérique. L'excitant de la sensation de fatigue n'est autre que les actions chimiques et mécaniques venant

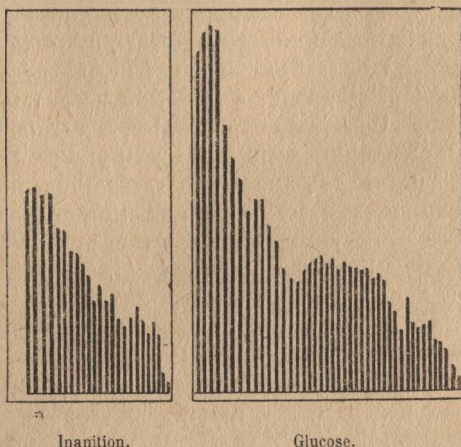


Fig. 7. — Mlle Kipiani (1^{er} mars 1903). (Grandeur naturelle).

agir sur les terminaisons nerveuses sensibles contenues dans le muscle. Comme actions mécaniques, il faut considérer le froissement, le tiraillement des extrémités nerveuses lors du mouvement ; et, comme actions chimiques, les effets de l'excitation par les toxines musculaires. Par conséquent, du moment que l'alcool empêche la désassimilation des matières albuminoïdes et diminue les toxines locales, l'excitation des terminaisons nerveuses par les toxines est soit retardée soit diminuée.

Les expériences avec le *sucre* ont été faites dans le but de vérifier l'exactitude du sens attribué aux paramètres *a* et *c*. Le sucre est un aliment de premier ordre et il n'est pas un excitant. Les ergo-

grammes doivent donc présenter une diminution de a , sans que b soit augmenté. Ici se place le travail de M^{lle} V. Kipiani¹ fait sur nos conseils. Elle a expérimenté sur elle-même. Tout d'abord le sucre s'est montré inefficace sur la courbe de la fatigue ergographique. C'est alors que M^{lle} Kipiani s'est soumise au jeûne : le résultat s'est montré toujours positif. Le sucre, à la dose de 30 grammes (solution aqueuse) augmente considérablement le travail mécanique lorsqu'il est pris après une inanition se prolongeant jusqu'à 3 ou 4 heures de l'après-midi. L'augmentation de travail mécanique est d'environ 70 p. 100. Le quotient de fatigue est augmenté après l'ingestion du sucre, ce qui est l'indice d'une action musculaire.

L'examen des constantes a donné les résultats suivants :

M ^{lle} KIPIANI 1 ^{er} mars 1904. Bruxelles.	H	a	b	c
Courbe-inanition.	40	0,00676	0,30004	4,9662
Courbe-glucose.	48	0,0019	0,1517	3,9613

Le résultat est presque schématique. Le paramètre c diminue dans la courbe glucose, ce qui montre que la perte de puissance due à la consommation du sucre est diminuée, c'est-à-dire qu'à chaque instant le glucose disponible augmente. En outre, le sucre étant un aliment de premier ordre pour le muscle, il empêche la désassimilation des albuminoïdes et les toxines sont en quantité moindre : c'est ce que démontre la diminution de a , dans la courbe-glucose. Enfin, le paramètre b diminue dans la courbe-glucose comparativement à l'état d'inanition, ce dernier état s'accompagnant d'excitation cérébrale.

1. V. Kipiani. Ergographie du sucre. *Annales de la Soc. royale de Sc. méd. et nat. de Bruxelles*, XIV, 1903.

Nous trouvons en même temps l'explication du fait de la diminution de la sensation d'fatigue qu'on éprouve en ingérant du sucre et qui n'est pas spéciale à l'alcool, bien qu'avec l'alcool elle soit plus accentuée. Cette diminution de la sensation de fatigue n'a pas une origine centrale, mais elle a une origine périphérique. La sensation de fatigue diminue lorsque les toxines sont produites en moindre quantité.

Les expériences que j'ai faites sur l'anémie du bras (bande de caoutchouc) ont montré un abaissement très prononcé de travail mécanique avec diminution du quotient de fatigue. Le paramètre a (toxines) est considérablement augmenté,

les substances toxiques produites par le travail restant sur place ; b (action des centres) augmente, ce qui s'explique par la nécessité pour les centres nerveux d'envoyer des excitations plus fortes quand l'inertie dans les muscles augmente ; c est considérablement augmenté et H est diminué, ce qui signifie que la quantité disponible d'hydrates de carbone est diminuée et que leur consommation augmente.

Sous l'influence de la *caféine* à petite dose, nous voyons augmenter tous les paramètres. L'augmentation de c et de a montre que la caféine produit une décomposition plus considérable de la matière. L'explication du mécanisme de cette action est

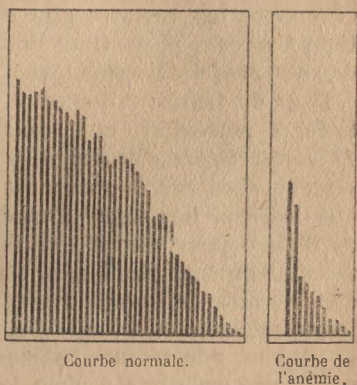


Fig. 8. — M. Leroy. Anémie complète du bras. Expérience du 27 février 1904. Poids 4 kil. 5. (Grandeur naturelle).

donnée par l'augmentation de b . On est conduit à admettre une action excitante de la caféine sur les centres nerveux et c'est par l'intermédiaire des centres nerveux que se produit l'action excitante sur le muscle. Il semble donc que la caféine ne peut être considérée comme un aliment; elle n'épargne pas les albuminoïdes, comme le sucre et l'alcool, qui diminuent les toxines. Elle est un excitant du système nerveux, permettant l'utilisation plus complète des réserves de l'organisme.

Dans un travail fait avec V. Kipiani¹ j'ai examiné la force musculaire et la courbe ergographique chez 17 végétariens de Bruxelles, dans le but surtout de vérifier chez eux la valeur du paramètre a attribué aux toxines. Les sujets d'expériences avaient adopté ce régime pour des raisons hygiéniques. Ils étaient aussi abstinents absolus. A côté d'une augmentation considérable de travail mécanique, on constate chez les végétariens, comparés aux personnes qui suivent le régime mixte, une énorme diminution de a ; ce paramètre est environ vingt fois plus petit que chez les omnivores. Le paramètre b est trois fois plus petit chez les végétariens, qui travaillent avec une dépense nerveuse moindre; le paramètre c est chez eux deux fois plus petit avec une diminution de H , c'est-à-dire de la hauteur maximale. L'intoxication est donc insignifiante chez les végétariens et elle contribue peu à la descente de la courbe. Ils travaillent avec plus de calme (diminution de b), leurs centres nerveux ne sont pas sollicités à une action très intensive, car le paramètre c (usure des hydrates de carbone) est diminué. Les réserves d'hytates de carbone sont donc consommées plus lentement et plus graduellement. La courbe se rapproche d'une droite.

1. J. Ioteyko et V. Kipiani. *Enquête scientifique sur les végétariens de Bruxelles*. Bruxelles, 1907.

CHAPITRE IX

Les lois de l'entraînement.

Toute activité est soumise à deux processus antagonistes : la fatigue et l'entraînement. En réglant mal l'exercice, on arrive facilement à la fatigue ; en le réglant bien, on acquiert les qualités de l'entraînement, qui se reconnaît par une augmentation de force, de vitesse et de précision d'un exercice. Un entraînement intensif donne plus d'assurance en soi-même, plus d'audace, de volonté, moins de sensibilité.

L'entraînement peut être bien étudié expérimentalement dans les laboratoires de physiologie. Pour voir les effets de l'entraînement à l'ergographe, il faut s'exercer quotidiennement. Le professeur Mosso, de Turin, rapporte que l'effet utile d'un de ses assistants (le Dr Aducco), qui était de 3 1/2 kilogrammètres au commencement, atteignit le chiffre de près de 9 kilogrammètres au bout d'un mois d'exercice. Scheffer constata sur lui-même une augmentation de 60 p. 100 de travail mécanique après deux mois d'exercice. Manca, en soulevant des haltères de 5 kilos rythmiquement une fois par jour, faisait 28 soulèvements dans la première semaine et 95 soulèvements dans la neuvième.

L'entraînement reconnaît deux causes, suivant Mosso. Nous devenons plus forts par la pratique de la

gymnastique parce que nous nous habituons aux poisons qui sont produits pendant le travail musculaire ¹. Mais nous devenons plus forts aussi parce que les muscles, excités par l'exercice, augmentent de volume. Les recherches de Mosso tendent à scinder ces deux facteurs. L'augmentation de force précède en effet le grossissement des muscles. Et alors même que les muscles sont revenus à leur volume primitif par suite du repos prolongé, l'effet utile de l'exercice subsiste encore.

L'état de résistance dans lequel l'entraînement place le corps s'appelle la *forme*. « La forme, dit Tissié ¹, rend l'homme plus sûr de lui-même, plus endurant, plus courageux et plus fort. Ayant conscience de son pouvoir de résistance, il lui est plus facile d'entreprendre une œuvre de longue durée. Il sait qu'il peut atteindre et fournir facilement chaque jour la somme d'efforts nécessaires. Il agit donc avec méthode, sans précipitation, parce que, dans la recherche même de la forme, il apprend à savoir ce qu'il *vaut* et ce qu'il *veut*. »

Il ne faut jamais pousser la forme jusqu'à la grande fatigue, car l'intégrité de toutes les fonctions de l'économie doit être absolue quand on désire atteindre le dernier degré de la forme. Dans le cas contraire, quand l'exercice est poussé jusqu'à la grande fatigue, l'organisme ne se prête plus à un régime d'entraînement trop intense.

Ce conflit qui s'engage entre l'entraînement et la fatigue nous explique un fait en apparence paradoxal, c'est que le repos peut être quelquefois nuisible au travail. Il est nuisible quand il tombe dans la période

1. A. Mosso. *La Fatigue*. Traduction française, Paris, Alcan, et du même auteur : *L'Education physique de la jeunesse*, Paris, Alcan, 1895.

2. Ph. Tissié. *La Fatigue et l'entraînement physique*. Vol. de 343 pages, Paris, Alcan, 1897.

d'entraînement qui précède l'apparition de la fatigue. Il peut être encore nuisible quand, n'étant pas assez long pour faire dissiper la fatigue, il l'est assez pour faire perdre les qualités de l'entraînement. Cette lutte entre la fatigue et l'entraînement s'engage chaque fois que nous exécutons un exercice ; mais, chaque fois, l'entraînement remporte une victoire plus grande et cela jusqu'au moment où le degré suprême de l'entraînement est atteint.

L'expérience a montré, par exemple que, dans la marche des troupes, un arrêt leur est préjudiciable, non pour le temps perdu, mais à cause de la perte de l'entraîn.

Le travail disponible des muscles augmente donc considérablement sous l'influence de l'entraînement. On peut se demander quels sont les procédés qui se passent dans l'intimité des tissus pour amener ce résultat. Pour répondre, il suffit d'examiner le chimisme organique chez l'homme entraîné et chez l'homme non entraîné.

L'examen des déchets azotés nous fournira des indications d'une précision suffisante sur le sort des matières albuminoïdes. Nous possédons des données relatives à la créatinine, à l'urée et à l'acide urique.

La créatinine est un produit de la désassimilation musculaire et elle s'élimine constamment par la voie rénale, sous forme de créatinine et d'urée. D'après les expériences de Mosso, Groeche, Oddi et Tarulli, de Hoffmann, il résulte que le travail musculaire normal n'exerce aucune influence sur la formation et sur l'excrétion de la créatinine. C'est seulement dans le travail exagéré, lorsqu'il y a une certaine dyspnée, qu'on rencontre dans le liquide rénal une augmentation de cette substance. Suivant Chibret, l'exercice musculaire agit sur l'excrétion de l'urée selon l'état d'entraînement du sujet. Avec un entraînement suffisant, l'exercice musculaire, assez modéré pour ne pas amener de courbature, détermine une augmentation de l'urée. Cette augmentation disparaît et fait place à une diminution à mesure que l'entraînement préalable est moindre ou que l'exercice augmente de façon à augmenter la courbature. En sorte que l'entraînement réalise les conditions d'une oxydation plus complète

de la matière azotée; en cas d'absence d'entraînement, le travail musculaire s'effectue avec gaspillage de la matière azotée.

En appliquant les idées que Bouchard et Armand Gautier ont rendues classiques, Lagrange¹ propose une hypothèse qui attribue la *courbature de la fatigue* à une sorte d'intoxication de l'organisme par des produits de la désassimilation, en particulier par l'acide lactique et les déchets azotés. Il a observé que les sédiments du liquide rénal, composés en grande partie d'urates, apparaissent à la suite de travaux intenses; ils font défaut, si le travail est peu intense et dure peu. Mais l'état du sujet a bien plus d'influence que la violence de l'exercice pour augmenter ou diminuer la quantité de sédiments rendus à la suite du travail. Plus on se rapproche de l'état d'entraînement, et moins abondants sont les dépôts pour une même quantité de travail. A mesure qu'on acquiert par l'exercice plus de résistance à la fatigue, la tendance à faire des dépôts diminue. Si le même individu se livre chaque jour au même exercice nécessitant la même dépense de force, écrit Lagrange (*loc. cit.*, p. 110), s'il entreprend, par exemple, de parcourir, en ramant pendant une heure, une distance donnée toujours la même, il arrive que son exercice, après lui avoir donné les premiers jours de fortes courbatures, ne produit plus, au bout d'une semaine, qu'un malaise insignifiant. Il arrive aussi que le liquide de l'émonctoire rénal, après avoir donné lieu à des précipités très abondants au début, ne présente plus en dernier lieu qu'un imperceptible nuage. A mesure que les sédiments deviennent plus rares, la sensation de fatigue consécutive tend à diminuer, et le jour où aucun dépôt n'apparaît plus après le travail, l'exercice ne laisse plus à sa suite aucun malaise; la courbature ne se produit plus.

Il y a donc un lien étroit entre la formation des sédiments uratiques et la production de la courbature. Cette corrélation apparaît d'ailleurs dans toutes les circonstances du travail. Si l'on passe d'un exercice, auquel le corps est fait, à un exercice exigeant l'action d'un groupe musculaire différent, on éprouve de nouveau les malaises de la courbature et les sédiments uratiques apparaissent. Lagrange cite des chiffres se rapportant à des analyses et que le manque de place ne nous permet pas de reproduire.

Le chimisme musculaire est par conséquent modifié dans l'entraînement; il y a oxydation plus complète des tissus, ce qui a pour effet un dégagement plus con-

1. Lagrange. *Physiologie des exercices du corps*, Paris, 1896.

sidérable d'énergie et la destruction des déchets de la contraction musculaire. Ces poisons ont besoin d'oxygène pour être détruits.

Cette oxydation plus complète et la réduction des toxines s'accompagnent d'un bien-être spécial, bien connu dans le monde des sports. La douleur musculaire, due probablement non seulement à l'excitation mécanique des terminaisons nerveuses sensibles contenues dans les muscles, à leur froissement lors des contractions répétées, mais aussi à leur excitation chimique par les poisons de la fatigue, la douleur musculaire disparaît au fur et à mesure que l'entraînement se prononce. Ainsi, par exemple, après les premières séances à l'ergographe, les sujets, même en l'absence complète de notions anatomiques, accusent une douleur plus ou moins forte à la partie antérieure de l'avant-bras, partie correspondant aux fléchisseurs. La douleur disparaît avec les progrès de l'entraînement. Hough a constaté que la disparition de la douleur dans les muscles entraînés coïncide avec une régularité plus grande de la courbe ergographique; en même temps, la forme générale de la courbe change; dans les muscles entraînés, la hauteur des soulèvements descend au commencement de la courbe plus rapidement que vers la fin, et demeure finalement à une hauteur fixe pendant longtemps. Dans les muscles non entraînés, la hauteur descend continuellement.

De toutes les données énumérées, il ressort clairement que *l'entraînement musculaire réalise des conditions plus économiques de travail*. C'est là la définition énergétique de l'entraînement. Le travail accompli avec des muscles bien entraînés est plus productif, c'est-à-dire qu'il s'accompagne d'une dépense moindre. Le rendement du moteur animé est bien plus considérable quand il est entraîné que quand il n'est pas entraîné. Il serait intéressant d'étudier les

phénomènes calorifiques des muscles entraînés.

Ce chapitre nous montre les liens intimes qui existent entre le *chimisme des muscles*, leur *productivité* et le *sentiment de malaise, de bien-être, de fatigue, de douleur*, c'est-à-dire entre trois ordres de phénomènes, qu'on est convenu de classer parmi les phénomènes chimiques, les phénomènes physiologiques et les phénomènes psychologiques. Ces derniers sont la conséquence immédiate des premiers.

Le but de tout entraînement est de donner une plus grande endurance au corps dans toutes ses parties, en même temps que de développer le goût pour les exercices sportifs. Dans les exercices militaires l'entraînement est de tout premier ordre. Dans le travail manuel il acquiert le nom d'apprentissage.

Une question importante qui se pose est de savoir *au bout de quel temps* s'acquièrent les qualités suprêmes de l'entraînement. Cette étude n'a malheureusement pas été faite systématiquement. Une étude méthodique de la physiologie de l'entraînement devrait pouvoir nous indiquer non seulement la durée du temps nécessaire pour acquérir les hautes qualités de l'entraînement, mais aussi les meilleurs moyens pour y arriver, c'est-à-dire la fréquence, le rythme et l'intensité des mouvements les plus favorables; c'est aussi la physiologie de l'entraînement qui nous indiquera au bout de combien de temps se perdent les qualités de l'entraînement, et s'il est utile ou nuisible pour nos muscles, de continuer à les exercer, bien qu'ils soient arrivés à leur maximum; déjà en 1903 j'avais attiré l'attention sur l'intérêt qu'il y aurait d'étudier systématiquement la courbe de l'entraînement en fonction du temps, ainsi que celle qui exprimerait la perte des qualités de l'entraînement.

Nous possédons quelques observations intéressantes à ce sujet.

Suivant Tissié, la mise en forme demande quatre à six mois, quelquefois un an, pour le *sport vélocipédique*. Il faut environ un mois ou deux à un sujet précédemment bien entraîné pour la retrouver au commencement d'un nouvel entraînement. D'autre part, la perte de la forme est très rapide, elle diminue dans l'espace de quinze jours à un mois, dès qu'on ne s'entraîne plus. Par contre, un sujet qui a été une fois en forme la reconquiert très parfaitement et plus vite qu'un autre sujet, qui ne l'a jamais possédée.

Les qualités de l'entraînement se perdent donc pendant le repos; suivant Kraepelin, elles se perdent très vite au commencement; ensuite leur marche est ralentie. Il existe des différences individuelles. Ces expériences de Kraepelin ont été faites à l'ergographe. D'autres auteurs ont montré que les effets de l'entraînement sont tellement appréciables à l'ergographe, qu'ils peuvent fausser quelquefois les résultats quand il s'agit d'étudier l'action d'une substance chimique sur le travail; il faut alors éliminer l'influence de l'entraînement en alternant les expériences avec la substance et les expériences de contrôle.

Georges Kolb a déterminé le premier le temps nécessaire pour acquérir les qualités supérieures de l'entraînement. Pour les rameurs s'entraînant *en vue des régates*, le temps nécessaire fut trouvé égal à six semaines. Les essais tendant à augmenter le travail et la résistance par une prolongation des exercices n'aboutirent à aucun résultat favorable. Au contraire, ils eurent pour effet une diminution de l'endurance,

En ce qui concerne l'exercice du *tir à la cible*, nous trouvons dans le livre de A. Mosso ¹ quelques indications importantes. Il a demandé à beaucoup d'officiers combien de temps mettent les soldats à apprendre à tirer à la cible. La réponse a été una-

1. A. Mosso. *L'Education physique de la jeunesse*, p. 212.

nime. Ils apprennent en un mois ou jamais. Après les 60 ou 100 premiers coups, le progrès cesse d'être appréciable.

Mosso attire l'attention sur l'intérêt qu'il y aurait à étudier la courbe du tir, ce qui pourrait être fait pendant le temps que les soldats passent sous les drapeaux. Il pense que cette courbe démontrerait que le progrès se réalise presque toujours dans la première année et très peu dans la seconde année d'instruction, de telle sorte que le perfectionnement afférent aux années suivantes est une quantité négligeable. Il serait donc rationnel de ne commencer l'exercice du tir qu'à 18 ans, tandis qu'actuellement on veut le rendre obligatoire en Italie, dès l'âge de 14 ans.

Il ressort de ce qui précède que le temps nécessaire pour acquérir le plus haut degré de l'entraînement peut être évalué à *un mois* (tir à la cible) *six semaines* (rameurs), ou *plusieurs mois* (bicyclette).

Les effets de l'entraînement ont été aussi étudiés au point de vue du *temps de la réaction nerveuse*. On appelle ainsi le temps qui s'écoule depuis le moment de l'excitation d'un de nos organes des sens (œil, oreille, peau) jusqu'au moment où le sujet exécute un mouvement volontaire en réponse à cette excitation. Le temps total de cette réaction sensitivo-motrice, qui s'évalue par des chronographes très sensibles, peut subir des modifications suivant l'état du sujet. Dans la fatigue, les réactions deviennent plus longues ; dans l'entraînement, au contraire, elles s'abrègent de plus en plus. Ainsi l'astronome Wolf, ayant continué pendant trois mois l'exercice au chronographe, constata que son temps de réaction avait diminué de 300 à 110. Ensuite la courbe ne changea pas.

Sous l'influence des exercices répétés, l'homme a plus de souffle. L'essoufflement est la conséquence de l'insuffisance de la respiration. Lors d'un travail musculaire intense, la production d'acide carbonique devient telle, qu'il ne peut être éliminé par le poumon, et la consommation d'oxygène dépasse la capacité d'absorption par le sang. Le liquide sanguin se trouve

ainsi privé d'oxygène et chargé d'acide carbonique. La besogne du cœur est augmentée. L'essoufflement n'est donc qu'un commencement d'asphyxie. Or, sous l'influence de l'entraînement, la capacité du poumon augmente, le périmètre thoracique s'élargit, le cœur devient plus charnu, plus ferme. Toutes les fonctions de nutrition et d'élimination sont activées par suite de l'entraînement. La volonté intervient puissamment dans l'entraînement et c'est avec raison qu'on a préconisé les exercices musculaires comme un moyen de développer la volonté. Sous l'influence de l'entraînement, la sensation de fatigue n'apparaît que beaucoup plus tard et d'ailleurs ce sentiment peut facilement être vaincu.

D'autre part, le jugement joue ici un rôle important dans la coordination des mouvements. Grâce à lui nous nous rendons compte de la force qu'il sera nécessaire de déployer, de sa direction, de sa régularité. Le rendement de la machine humaine en est augmenté. C'est ainsi que se fait l'éducation des organes, qui apprennent à fonctionner. Tout entraînement implique une lutte de la volonté contre la sensibilité.

Tissié a bien mis en relief que le principe essentiel de la gymnastique est de *fortifier avant tout les muscles extenseurs*¹, car le corps humain subit, comme tous les corps, la loi de la pesanteur; il tend à s'affaisser sur lui-même quand la fatigue atteint les muscles extenseurs, dont le rôle est de redresser les segments les uns sur les autres. Dans l'entraînement militaire il est donc indispensable d'entraîner surtout les muscles de la région postérieure du tronc et surtout les muscles dorso-lombaires. D'ailleurs le maximum d'amplitude thoracique favorisant l'hématose n'est atteint que par le développement des muscles dorso-lombaires,

Tissié a insisté aussi sur la fatigue qu'occasionne l'attitude de l'immobilité militaire dans les rangs. Il est de même reconnu que la contraction tétanique des muscles, telle qu'elle se pratique dans la gymnastique allemande, est accompagnée d'une fatigue beaucoup plus grande que les mouvements libres.

Signalons à ce propos l'intéressante enquête du Dr A. M. Bloch² sur la fatigue musculaire professionnelle. Ce sont les groupes musculaires immobilisés

1. Ph. Tissié. L'Education physique dans l'armée. *Revue scientifique*, 1902 et L'Education physique au point de vue historique, scientifique, technique, pratique et athlétique. Paris, 1902.

2. A. M. Bloch. Enquête sur la fatigue musculaire professionnelle. *Bulletin de la Soc. de Biologie*, 1903, p. 548.

dans leur contraction qui se fatiguent, alors que les muscles qui se contractent et se relâchent incessamment, même pour un labeur excessif, accomplissent leur tâche avec une facilité bien plus grande. C'est une vérification du principe physiologique bien connu, à savoir que le travail statique fatigue beaucoup plus que le travail dynamique. On devrait, dit Bloch, exercer le plus possible les groupes musculaires auxiliaires des mouvements professionnels, et rompre, aussi souvent que possible, pendant l'exercice lui-même, la permanence des contractions soit auxiliaires, soit effectives : faire faire des assouplissements du cou et du dos chez les jeunes fantassins, prescrire une gymnastique respiratoire préalable chez les cavaliers, les faire marcher ou courir à pied par intervalles, pour les reposer du cheval, exercer leurs adducteurs des cuisses et les muscles lombaires, dorsaux, cervicaux. Cet auteur émet quelques sévères critiques au sujet du règlement sur l'instruction de la gymnastique militaire (de 1902).

Dans leur livre sur la *Physiologie de la Marche*, étude énergétique complète et méthodique, N. Züntz et Schumburg¹ envisagent aussi les différents facteurs qui contribuent à rendre la marche fatigante. Ils étudient les modifications du pouls, du tracé sphygmographique, du volume du cœur et du foie, le poids spécifique et la morphologie du sang, les fonctions simples du système nerveux, la température, la constitution du liquide rénal, la capacité vitale et la fréquence de la respiration. Enfin ils donnent une étude de l'échange énergétique en déterminant la consommation produite par le travail, au moyen de deux coefficients : bilan nutritif et thermogénèse.

Lorsque après un travail fatigant, disent les auteurs, on trouve quelques traces d'albumine dans le liquide

1. Züntz et Schumburg. *Physiologie des Marches*. Berlin 1901, Bibliothèque de Coler consacrée aux études médico-militaires.

rénal, il faut en conclure que l'effort musculaire, même s'il n'a pas été très prolongé, a dépassé néanmoins pour l'individu les limites physiologiques.

La physiologie de la marche a été aussi étudiée par A. Mosso dans son livre sur *L'Education physique de la Jeunesse*. Aux mêmes idées se rattache son livre : *L'Education physique et le développement de l'Intelligence* (Bibl. Scientif. Intern. Alcan, Paris). N'ayant pas à nous occuper ici du problème de l'éducation physique ni de celui de la marche, qui ne font que côtoyer notre sujet, nous ne pouvons poursuivre plus à fond cette bibliographie.

Relevons ce fait que les fièvres typhoïdes, si fréquentes dans l'armée, sont très souvent des fièvres de surmenage; elles s'observent surtout dans les troupes soumises à des manœuvres supplémentaires et atteignent de préférence les jeunes soldats qui ne sont pas encore habitués à la fatigue. Les armées surmenées deviennent particulièrement sensibles au coup de chaleur. L'étude du coup de chaleur est due à Héricourt et l'entraînement des recrues a fait l'objet de recherches de Viguiier. Nous avons déjà mentionné que la fatigue rend impossible l'acquisition des hautes qualités de l'entraînement; elle doit donc être évitée lors de l'instruction militaire. Leitenstorfer a montré que, dans les exercices militaires, le vrai épuisement nerveux ne s'établit pas après des travaux de courte durée, mais seulement après un long surmenage des muscles du squelette, par la somme d'efforts répétés, comme les marches forcées, les ascensions des montagnes, la gymnastique. Pour faire disparaître cette forme de fatigue, le repos seul ne suffit pas; le réconfort au moyen d'aliments et le sommeil deviennent alors indispensables.

La faim exerce aussi une action neurasthénisante. Le système nerveux devient irritable, des accès de colère éclatent parfois. On a vu des divisions donner maintes fois des fausses alarmes; non par excès de zèle, non par effets de tactique, mais parce que la nourriture des hommes était insuffisante. Toutes ces causes s'opposent à l'acquisition de l'entraînement.

CHAPITRE X

L'hyperentraînement dans les exercices militaires et les sports.

Une question importante qui se pose est de savoir ce qui se passe après l'acquisition des qualités supérieures de l'entraînement. Si on continue à s'exercer intensivement, le travail restera-t-il stationnaire ou bien subira-t-il une augmentation ou une diminution? L'expérience et l'observation ont montré, d'une façon indéniable, que l'excès d'entraînement (l'hyperentraînement) est nuisible pour le travail. Ces effets pouvaient être étudiés pour les muscles et aussi pour le système nerveux.

Pour éviter des malentendus, signalons que nous n'avons pas ici en vue la continuation de l'exercice modéré qui, certes ne peut être nuisible; bien que n'ayant plus le pouvoir d'accroître indéfiniment la force, la précision ou la vitesse, il a pour effet de conserver les qualités de l'entraînement acquises dans la première période de l'exercice. Tel le pianiste, qui continue à s'exercer, tels les différents manœuvres, les ouvriers s'occupant de métiers manuels, exigeant l'entretien des qualités spécifiques que confère l'entraînement. Nous n'avons pas en vue non plus l'acquisition des connaissances très complexes, comme, par exemple, apprendre à parler une langue étrangère. Dans ce dernier cas, il est certain qu'un exercice peu intense suffit pour entretenir les con-

naissances acquises, alors qu'un exercice plus intense permet d'en acquérir de nouvelles, car ici il y a toujours possibilité de perfectionnement.

La question posée se rattache à l'entraînement dans le sens qui lui est attribué dans les sports ou l'art militaire. Nous avons déjà mentionné que les rameurs qui s'exercent en vue des régates n'obtiennent aucun gain en prolongeant les exercices au delà de certaines limites; ils peuvent même aboutir à des résultats défavorables.

Quant à l'art militaire, au début de l'entraînement on constate toujours une diminution de poids; il y a ensuite une augmentation consécutive, et au bout de trois mois d'entraînement, le poids du corps gagne en moyenne 3 kil. 27 (Leitenstorfer). Cet accroissement de poids est dû principalement à l'hypertrophie des muscles des jambes. L'hypertrophie de la musculature des jambes, causée par les marches, se fait au dépens du développement général du corps; les muscles des bras ne varient pas, et les muscles respiratoires peuvent même diminuer de volume.

Or, l'hypertrophie des muscles n'est nullement indispensable à leur bon fonctionnement. Elle peut même devenir nuisible pour la santé de l'individu. Mosso a recueilli de nombreuses preuves qui montrent que les muscles de volume médiocre peuvent fournir un aussi grand travail et mieux fonctionner que les muscles plus volumineux. Ainsi, la prodigieuse rapidité et la résistance dont les Abyssins font preuve dans les marches est bien connue; or les Abyssins et les Arabes se distinguent par la gracilité de leurs jambes. Ce fait, confirmé personnellement par Mosso, montre que, même en restant grêle, un muscle peut acquérir l'aptitude à résister au travail mieux et plus qu'un muscle de volume supérieur. Ce physiologiste a vu sur les Alpes, des guides renommés à muscles des jambes peu développés.

L'effort des muscles, dit Mosso, est une chose absolument distincte de leur travail physiologique. Et même le travail des contractions musculaires suit telle ou telle loi, selon que les contractions sont extrêmes ou qu'elles sont simplement d'intensité moyenne. L'effort excite plus la fonction formatrice du muscle que le travail normal. L'effort est un phénomène presque morbide, qui excite le muscle et provoque le gonflement des fibres musculaires. Il s'agit ici des efforts intenses et violents.

La contraction des muscles, ajoute Mosso, n'augmente pas leur volume tant qu'elle reste physiologique. On le voit par les muscles de la respiration, par le diaphragme et par les muscles intercostaux, lesquels sont très grêles, bien qu'ils fonctionnent pendant toute la vie. De même le muscle cardiaque, bien que fournissant un travail considérable, ne s'hypertrophie pas dans les conditions normales. Il ne s'hypertrophie que dans les maladies valvulaires, à cause du travail excessif qui lui est imposé.

Mosso arrive à conclure que la grosseur extrême d'un muscle est chose absolument distincte de son aptitude à fournir pendant une longue période une grosse somme de travail mécanique. Que la section d'un muscle soit plus grande, cela peut lui permettre de soulever un plus grand poids, mais non de soulever un poids moyen un plus grand nombre de fois. Les maîtres de gymnastique sont ceux qui résistent le moins aux marches et aux fatigues de la vie militaire. Et, si la gymnastique allemande est prohibée de nos jours, c'est parce qu'elle cherche seulement à produire de grands efforts, sans procurer à l'individu l'aptitude à poursuivre le travail.

J'ai pu montrer que le parallélisme entre la valeur de l'effort momentané et la résistance à la fatigue ne se rencontre pas toujours. Deux instruments étaient tout indiqués pour cette épreuve : le dynamomètre et

l'ergographe. Eh bien, les personnes qui fournissent le plus grand nombre de kilogrammes ¹ à la pression momentanée du dynamomètre ne fournissent pas nécessairement le plus grand nombre de kilogrammètres à l'ergographe. On remarque même souvent, que des individus extrêmement robustes, taillés en hercule, qui donnent jusqu'à 70-80 kilogrammes de pression, sont incapables de prolonger le travail à l'ergographe, alors que des individus à muscles grêles, qui ne donnent que 30-40 kilogrammes de pression à la main, peuvent fournir plus de kilogrammètres que les personnes de la première catégorie (expériences faites sur les étudiants de l'Université de Bruxelles).

Il est non moins intéressant d'examiner les effets de l'hyperentraînement musculaire sur le système nerveux.

Si, pendant l'entraînement, il se produit pour une raison quelconque, un manque d'équilibre entre les recettes organiques et les dépenses, il naît un état particulier de *neurasthénie*, bien connu dans le monde sportif (on pourrait l'appeler « neurasthénie des sports ») et qui se reconnaît par des troubles de la digestion, du sommeil, par une irritabilité excessive du système nerveux, et aussi par ce fait que la limite supérieure de l'entraînement s'acquiert plus vite, c'est-à-dire que son niveau s'arrête à une hauteur moindre. Les centres nerveux hyperentraînés deviennent irritables et leur endurance diminue. Dans cet état, toute tentative d'entraînement reste sans effet et peut même devenir nuisible.

La neurasthénie par hyperentraînement joue un rôle important dans la vie militaire, et non seulement dans celle des individus isolés, mais encore dans celle des bataillons.

1. J. Ioteyko. L'Effort nerveux et la fatigue. *Archives de Biologie*, XVI, 1899.

A côté de ces états d'épuisement du système nerveux appelés neurasthénie, qui sont en général passagers et ne s'accompagnent pas de lésions matérielles, l'abus des organes de la locomotion peut conduire à des *maladies organiques* de la moelle épinière. Ainsi, sous l'influence de la gymnastique athlétique, on a observé des paralysies médullaires et le surmenage chronique de certains groupes musculaires. Les athlètes finissent souvent par de vraies paralysies et par l'atrophie musculaire progressive; tel fut le triste sort de Bohlig, le « maître des haltères ».

Leitenstorfer, médecin militaire allemand, avait observé, pendant de longues années, un bataillon qui était réputé par ses hautes qualités de l'entraînement. Or, il fut frappé des apparences malades des hommes; à l'examen, il constata cinq cas de lésions cardiaques, et notamment la dilatation du cœur par excès d'exercices physiques, et en outre un grand nombre de cas d'accélération du pouls pendant le repos. Dans les manœuvres qui suivirent cet examen, le bataillon non seulement ne se distingua pas, mais il fut battu par un autre bataillon, bien moins entraîné, et on y constata un nombre considérable de cas de coups de chaleur.

Grâce aux recherches physiologiques nous pouvons saisir la raison de cet épuisement nerveux qui accompagne constamment l'hypertrophie musculaire. Déjà Birch Hirschfeld avait remarqué que l'extrême prépondérance du système musculaire chez les athlètes provoque l'épuisement de tous les autres organes qui, pour nourrir les muscles et pourvoir à leur action motrice, finissent par s'affaiblir considérablement. Leitenstorfer trouve que, sous l'influence de l'hyperentraînement, il se produit une disproportion entre le développement du système musculaire et le système nerveux, au détriment de ce dernier, et

cela explique la neurasthénie et même la dégénérescence médullaire.

Ces mêmes questions furent étudiées expérimentalement par Z. Treves¹. D'après ce physiologiste, l'entraînement n'a pas un effet aussi favorable sur le système nerveux que sur le système musculaire. L'athlète qui est bien entraîné parviendra donc, par l'habitude et l'exercice, à manier toujours plus aisément un gros poids, jusqu'à le soulever presque automatiquement; mais quand ses muscles auront atteint leur plus grande puissance, les actions nerveuses dont il dispose n'auront pas augmenté dans les mêmes proportions que le travail extérieur. Ce fait nous explique, dit cet auteur, pourquoi l'entraînement musculaire ne peut dépasser certaines limites et pourquoi les athlètes sont souvent frappés par les conséquences du surmenage : leur système nerveux ne s'entraîne pas suffisamment et il doit commander à des masses musculaires de plus en plus puissantes. C'est la débilité relative du système nerveux comparativement aux muscles hypertrophiés qui fait le danger de l'hyperentraînement. Treves constate que le seul avantage évident que l'entraînement amène dans la fonction nerveuse du mouvement volontaire, c'est une coordination plus facile du mouvement, qui permet d'arriver, en employant un nombre toujours moindre de muscles, au but que l'on se propose. Il y a donc un perfectionnement dans la fonction des centres et elle touche principalement la coordination.

Nous pourrions ajouter à ces faits les données relatives aux géants, qui sont connus par leur manque de développement intellectuel. Ici encore on constate un balancement entre les organes, balancement qui

1. J. Treves. *Archives italiennes de Biologie*, tomes XXIV, XXX et XXXI et son rapport au *Congrès internat. d'Hygiène*. Bruxelles, 1903, p. 6.

apparaît nettement dans les cas anormaux¹ : le système musculaire a accaparé à son profit une partie de l'énergie nerveuse.

En admettant cette explication, nous ne voulons rien préjuger sur la nature du fonctionnement du système nerveux psychique. Les centres nerveux pourraient avoir à accomplir simplement le rôle de commutateurs à l'égard des organes, en leur envoyant les excitations nécessaires pour les maintenir en état d'activité. La source disponible d'énergie se trouverait dans les muscles, non dans les centres nerveux. Quant à la fatigue, à l'épuisement des centres nerveux, ils seraient strictement liés aux phénomènes analogues se passant dans les muscles : le réservoir d'énergie serait le même. Cela expliquerait pourquoi la soi-disant fatigue des centres nerveux présente autant d'analogies avec la fatigue musculaire.

La fatigue réelle des centres nerveux apparaîtrait donc moins comme une dépense des réserves que comme une *incoordination*, comme un dérèglement des fonctions de commutateur et de régulateur. Et l'on conçoit que l'extrême développement du système musculaire puisse constituer un obstacle à l'accomplissement par les centres nerveux de leur rôle de coordinateur. Nous croyons qu'une déviation du système nerveux est à la base de toute neurasthénie, de tout épuisement nerveux, seules les causes de cette déviation peuvent varier.

Ces faits intéressants permettent d'expliquer d'autres phénomènes constatés anciennement par Mosso, à savoir que, dans l'entraînement musculaire, nous devenons plus forts avant que le grossissement des muscles ne devienne apparent. Il y a là deux facteurs que Mosso a pu scinder, en admettant que l'accoutumance aux poisons de la fatigue était le facteur agissant en pre-

1. Dans les cas normaux il n'en est pas de même. On pourrait croire que la lutte pour la suprématie entre les organes est absente lors de leur fonctionnement harmonieux. Ici les corrélations apparaissent directes.

mier lieu, tandis que l'hypertrophie (changement de structure) ne venait qu'en second lieu. Sans nier la possibilité d'une accoutumance aux poisons de la fatigue, nous pensons que cette augmentation de force constatée dans le muscle bien avant son hypertrophie est due aux effets de l'entraînement sur le système nerveux. Mosso a constaté aussi que, alors même que les muscles sont revenus à leur volume primitif par suite du repos prolongé, même pendant des mois, l'effet utile de l'exercice subsiste encore. En conséquence, nous formulons les conclusions suivantes qui nous paraissent légitimes, bien qu'elles soient en partie hypothétiques :

Le système nerveux s'entraîne avant les muscles; il en résulte une augmentation de force avant même que l'hypertrophie des muscles ne devienne apparente;

Mais l'entraînement du système nerveux reste bientôt stationnaire, alors que les muscles continuent à s'hypertrophier; il en résulte une disproportion entre ces deux systèmes, au détriment du système nerveux, qui s'épuise en de vains efforts, ne pouvant commander efficacement à toute la masse musculaire; or, l'entraînement du système nerveux, bien que très modéré, est plus durable que l'entraînement musculaire; quand on cesse l'exercice, les muscles reviennent rapidement à leur volume habituel, et pourtant les effets de l'entraînement persistent encore pendant des mois.

Nous arrivons ainsi à séparer l'entraînement du système nerveux de l'entraînement musculaire, de même que nous avons séparé la fatigue de ces deux appareils.

Cette question nous amène directement à une autre; il y a un grand intérêt à savoir au bout de combien de temps se perdent et se retrouvent les qualités de l'entraînement. Ici également, les documents, strictement scientifiques manquent; mais toutes les données s'accordent pour affirmer que les qualités de l'entraînement se reconquièrent très rapidement. Le fait a été constaté par Tissié pour les vélocipédistes. D'après Kolb les qualités de l'entraînement se perdent au bout du même temps qui a été nécessaire pour leur acquisition.

Comme il est impossible de s'entraîner continuellement, et comme d'autre part les qualités de l'entraînement se perdent et se reconquièrent très vite, il

Il faut pratiquer dans l'armée, dit Leitenstorfer, l'entraînement périodique, consistant en des périodes d'exercice et des périodes de repos. C'est l'unique procédé qu'il soit possible de recommander pour conserver les qualités de l'entraînement des troupes. Aussi cet auteur considère-t-il comme erronées les pratiques de certains commandants qui commencèrent en juin ou juillet les exercices en vue des manœuvres de septembre. Un essai de ce genre doit inévitablement se terminer par un échec complet : les troupes deviennent hyperentraînées et baissent au point de vue de l'endurance et de la capacité du travail.

Il ne faut pas perdre de vue que les influences psychiques viennent agir aussi sur l'entraînement. Les soldats ont le mal du pays ; ils se meuvent comme dans un rêve et accomplissent leur tâche automatiquement. L'influence déprimante de la caserne est bien connue. Toute spontanéité est supprimée ; les soldats n'ont plus besoin de s'inquiéter de rien, l'officier dispose de tout. Bref, le soldat est transformé en un vrai automate et doit obéir à l'officier.

D'autre part, l'entraînement physique demande un certain degré d'intelligence, pour mener bien et promptement au but. Le professeur Mosso, le commandant Legros et le D^r Tissié sont d'accord pour enlever toute importance aux bataillons scolaires. L'armée ne demande pas des soldats instruits au point de vue professionnel, dans les jeunes gens qu'elle reçoit ; bien au contraire, elle les redoute, car chaque sergent instructeur est obligé de réformer les mauvaises habitudes prises à l'école. En revanche, l'instruction générale possède une grande importance. « En quelques jours, un jeune homme débourré sera au courant et exécutera tous les mouvements spéciaux, parce qu'il aura reçu préalablement une éducation générale qui lui permettra de com-

prendre rapidement et d'agir vite et bien » (Tissié).

Il est permis de conclure que chez le soldat inculte l'instruction militaire doit se faire avec gaspillage de l'énergie.

Mais c'est surtout sur le champ de bataille que se reconnaissent les qualités psychiques des militaires. Il ne nous appartient pas de tracer ici la psychologie du combat. « Les états européens, écrit F. Regnault¹, accumulent de formidables engins de guerre; forteresses, canons, fusils, sont aux derniers perfectionnements. Le nombre des combattants est immense, c'est la nation armée. Mais se préoccupe-t-on du facteur moral? Evidemment, non. Et pourtant ce facteur moral est tout, avec des millions de gens arrachés brusquement à leurs foyers et remplis de crainte. Masses formidables sans cohésion, instrument terrible qu'aucune main ne saura manœuvrer. »

« La victoire appartient à l'armée qui a su résister psychiquement et avancer quand même », dit Tissié dans un de ses livres.

« La victoire appartiendra à ceux qui ont su résister le dernier quart d'heure », a dit le général japonais Nogi.

Et voici que ces principes viennent de recevoir la plus éclatante confirmation lors de la guerre actuelle.

En 1905 j'ai fait paraître un petit volume² dans lequel je demandais la réduction du temps de service militaire en me basant principalement sur ces trois faits : en premier lieu, *sur le fait de l'acquisi-*

1. F. Regnault. La Suggestion dans la guerre. *Revue scientifique*, 19 décembre 1896, p. 784.

2. J. Ioteyko. *Entraînement et Fatigue au point de vue militaire*. Vol. de 100 pages, Bruxelles 1905, Misch et Thron. Publication de l'Institut Solvay de Sociologie. Avec une préface du professeur Ch. Richet.

tion des qualités supérieures de l'entraînement en un temps beaucoup plus court que celui qu'on passe d'ordinaire dans les casernes; en second lieu, *sur les effets nuisibles de l'hyperentraînement*, c'est-à-dire de la prolongation des exercices intensifs au delà d'une certaine limite; et, enfin, *sur la rapidité avec laquelle se fait le réapprentissage*. L'hyperentraînement détermine des effets contraires à l'entraînement; on a observé une diminution de force et de résistance et même un réel état de neurasthénie, dû à un manque de corrélation entre le développement du système musculaire et du système nerveux. C'est maintenant aux médecins militaires de faire des applications de ces principes. C'est sur la demande du regretté Jean de Bloch, économiste et sociologue polonais, le pacifiste bien connu, que j'avais entrepris cette étude. L'auteur de la *Guerre future* publia à ce sujet un article dans *La Revue* (1^{er} mars 1901) où il dit que « la fin du xix^e siècle a été caractérisée par un prodigieux progrès intellectuel; les lois scientifiques les plus hautes ont été formulées. Et cependant, par une exception bizarre, les conditions où s'accomplit le service militaire n'ont point été scientifiquement étudiées, bien que dans toutes les nations, l'appel sous les drapeaux de l'immense majorité des jeunes gens pour plusieurs années, et en cas de mobilisation, de presque tous les hommes valides, constitue un des phénomènes les plus considérables de la vie moderne. L'instruction qu'on donne aux soldats et les exercices qu'on leur fait faire répondent-ils aux nouvelles conditions de la guerre? Est-il utile de garder, pendant des années, les soldats dans les casernes? N'est-ce pas plutôt nuisible en diminuant la force de résistance des Etats, au point que celui qui a le service plus long s'épuisera peut-être le plus vite? Cette question si grave n'a point été étudiée comme elle eût dû l'être. Toutefois, pour

que ces recherches puissent porter des fruits, il faut qu'elles ne soient pas faites seulement par des militaires, mais aussi par des savants, des médecins, des psychologues et des pédagogues ».

Le professeur Ch. Richet, dit dans sa préface¹, que c'est une des premières fois que les problèmes sociologiques, ceux qui relèvent de la politique actuelle, vivante, ont été abordés par leur côté physiologique. Aussi cet ouvrage est une œuvre dont l'importance peut être considérable, tant au point de vue du principe même que des résultats pratiques. La durée du service militaire, les conséquences de cette durée prolongée ou abrégée, l'entraînement physique du soldat, les lois de cet entraînement : voilà bien des questions dont la solution importe à l'homme d'État, au législateur, et dans lesquelles le physiologiste peut apporter quelque lumière. Or, ce n'est guère par des raisons de sentiment, humanitaire ou patriotique, qu'elles se peuvent décider. Il faut une méthode scientifique précise. Et, quoique J. Ioteyko n'ait pas épuisé ce vaste sujet, elle a le mérite d'avoir nettement établi comment il doit être traité.

« Si, en effet, on parvenait à démontrer que tout entraînement admet une limite, que cette limite est atteinte au bout de six mois ou un an, et qu'il est très difficile de la dépasser, de sorte qu'un soldat d'un an est aussi bon soldat, au point de vue physiologique et au point de vue professionnel, qu'un soldat de trois ans, alors toute raison d'être pour une longue durée de service militaire aurait aussitôt disparu.

« Or, sur ce point précis, il paraît bien que les faits cités par J. Ioteyko sont démonstratifs. On sait d'ailleurs que beaucoup d'écrivains militaires compétents, depuis le commandant Legros jusqu'au capitaine Moch et au général Dejardin, sans compter le généreux et sagace J. de Bloch ont reconnu qu'en neuf mois on peut faire un bon fantassin, et même un bon artilleur.

En comparant l'entraînement militaire avec l'entraînement aux sports, aux jeux et aux exercices physiques, cette vérité deviendra plus évidente encore. L'habileté qu'on acquiert par l'exercice à un jeu quelconque, qu'il s'agisse de billard, des échecs, de la bicyclette, de la natation, est progressive ; mais elle atteint, au bout d'un certain temps, un maximum qui n'est que lentement et difficilement dépassé. Je dirai que la courbe de cette habileté, acquise par l'exercice et l'entraînement, a la forme d'une parabole. Aussi, pendant les trois premiers mois,

1. Préface de [Ch. Richet au livre de J. Ioteyko : *La Fatigue et l'entraînement au point de vue militaire*. Bruxelles, 1905.

les progrès sont considérables; pendant les trois mois suivants, un peu moindres, mais notables encore; alors que, passé ce temps, il n'y a presque plus de progression. A quoi bon alors ce supplément d'entraînement? D'autant plus que cet hyperentraînement a des conséquences fâcheuses, et J. Ioteyko en donne de bons exemples, qu'il faut méditer. Quand le système musculaire est développé avec excès par des exercices répétés et prolongés, le système nerveux, au lieu d'être renforcé, est débilisé. Nombre d'athlètes, s'ils viennent à être atteints par une infection aiguë accidentelle, meurent rapidement, étant incapables de résistance. L'entraînement, comme toutes les fonctions physiologiques, comporte une limite qu'il est dangereux de dépasser.

L'entraînement militaire peut s'obtenir en six mois ou en un an. Donc, un entraînement plus prolongé est inutile et par conséquent mauvais.

Si ce petit livre avait pu fournir la démonstration de ce grand fait, il aurait rendu à toutes les nations qui ployent sous l'atroce fardeau d'un service militaire exagéré, un inappréciable service. »

Déjà, en 1905, en publiant mon étude, je disais que tout ce que nous savons sur l'entraînement montre implicitement que les qualités de l'entraînement peuvent s'acquérir, se perdre ou se conserver plus ou moins rapidement, suivant les circonstances dans lesquelles on se place. Connaître à fond ces circonstances, c'est connaître les lois de l'entraînement. Pour nous, *les pratiques de l'entraînement peuvent devenir le moyen le plus efficace pour opérer le désarmement progressif.* Tout ce que nous savons sur l'entraînement est absolument démonstratif et encourageant, mais ce n'est qu'un commencement, et il faut des études longues et laborieuses, accomplies par des vrais spécialistes, aussi bien dans les laboratoires que dans les casernes.

Il est temps, en effet, que la physiologie ne reste plus confinée dans les laboratoires. La psychologie sociale existe, Quételet a fourni les bases d'une physique sociale. On est en train d'édifier une pédagogie scientifique basée sur la pédologie ou science

de l'enfant. Aux Congrès internationaux d'hygiène on discute sur les méthodes propres à étudier la fatigue chez l'ouvrier. La science du militarisme ne doit pas rester en arrière ; ici également s'imposent des études faites directement sur l'homme.

Depuis que ces pages ont été publiées (1905) la guerre mondiale a confirmé le bien-fondé de nos assertions. Elle a montré, entre autres, que les armées luttant pour leur indépendance ou défendant leur patrie contre l'agression de l'ennemi, possèdent une force morale invincible. C'est ce que Jean de Bloch avait soutenu à propos de la guerre du Transvaal. La guerre mondiale a montré aussi que des formations, même très récentes, mais animées de cet esprit, présentaient une valeur plus grande que le colosse entraîné à l'excès.

Et maintenant, que la Société des Nations imposera au monde entier la diminution si ce n'est la suppression du militarisme, il serait opportun d'examiner la question de la réduction du service militaire et du désarmement progressif en se basant sur les lois scientifiques d'un entraînement bien conditionné comme intensité et comme durée, et qui saurait éviter la fatigue ainsi que les conséquences fâcheuses de l'hyperentraînement. Quelle économie d'argent et de matériel humain en serait la conséquence !

CHAPITRE XI

La loi psycho-physique de l'épuisement.

L'épuisement de notre corps a dit A. Mosso ¹, ne croît pas en proportion directe du travail effectif, et nous ne pouvons pas dire que pour des travaux deux ou trois fois plus forts qu'un travail pris pour unité, notre fatigue sera double ou triple. Ainsi, le D^r Maggiora ², dans une série de travaux faits au laboratoire de Mosso, à Turin, a démontré qu'un travail effectué par un muscle déjà fatigué agit d'une manière plus nuisible sur ce muscle qu'un travail plus grand accompli dans des conditions normales. Il opérait de la façon suivante. Précédemment, il avait constaté que deux heures de repos sont nécessaires pour voir disparaître tous les signes de la fatigue ergographique dans les muscles fléchisseurs des doigts. Le tracé pris alors ne diffère en rien du premier tracé, bien que celui qui est pris une heure par exemple après le premier, en diffère très notablement. Supposons que trente contractions soient nécessaires pour arriver jusqu'à l'épuisement. Eh bien, si l'on ne fait que 15 contractions, le temps de repos pour permettre au muscle de se rétablir pourra être diminué non pas de

1. A. Mosso. *La Fatigue intellectuelle et physique*. Trad. franç. de Langlois. Paris, Alcan, 1894.

2. A. Maggiora. Les Lois de la fatigue étudiées dans les muscles de l'homme. *Archives italiennes de Biologie*, XIII, pp. 187-241.

moitié, mais même du quart; il suffira, dans le cas cité, d'une demi-heure.

Il apparaît nettement que l'épuisement musculaire dans les quinze premières contractions est beaucoup plus faible que dans les suivantes, conclut Mosso, et qu'il ne croît pas en proportion du travail effectué. Si l'on calcule le travail produit, en additionnant les hauteurs successives auxquelles le poids a été soulevé, on voit que ce travail est de beaucoup supérieur dans la première moitié de l'expérience comparée à la seconde.

En répétant les expériences toute la journée, quinze contractions suivies d'une demi-heure de repos, on obtenait des tracés tous égaux entre eux, la hauteur du poids soulevé restant constante. On voit donc finalement que le travail total est beaucoup plus considérable si on n'arrive jamais à l'épuisement.

Tous ceux qui ont fait des excursions en montagne ont éprouvé cette nécessité de donner un plus grand effort dans les derniers moments pour atteindre le sommet, alors qu'au début il a fallu fournir plus de travail utile. Et Mosso ajoute : *Notre corps ne peut être assimilé à une locomotive qui brûle une quantité donnée de charbon pour chaque kilomètre de chemin parcouru. Chez nous, quand le corps est fatigué une faible quantité de travail produit des effets désastreux. Cet énoncé restera en psycho-physiologie sous le nom de loi de l'épuisement de Mosso.*

Son auteur en détermine lui-même le mécanisme. La cause en doit être cherchée, dit-il, dans ce fait que le muscle ne consomme pas, dans les premières contractions, les mêmes substances que lorsqu'il est fatigué; de même, dans un jeûne, nous consommons, le premier jour, des matériaux qui sont totalement différents de ceux que nous empruntons à nos tissus dans les derniers jours de l'inanition. L'organisme est plus éprouvé par le travail, quand il est déjà

fatigué, parce que le muscle qui, dans son activité normale, avait déjà dépensé l'énergie ordinairement disponible, se trouve obligé, pour faire un nouveau travail, de faire appel aux forces qu'il tenait en réserve, et le système nerveux doit dans ces conditions entrer en jeu plus activement lui-même. Et, quand ce dernier s'épuise, fatalement le muscle épuisé ne peut plus se contracter que mollement. Quand l'énergie du muscle est diminuée par l'effet de la fatigue, le muscle devient très sensible aux variations du travail à accomplir. Avant toute fatigue, l'addition d'un à deux kilogrammes passe inaperçue, quand on soulève une lourde masse ; mais il suffit, quand les muscles sont fatigués, d'ajouter un seul kilogramme à la même masse pour que nous ne puissions plus la soulever qu'avec peine.

Il y a donc lors de la fatigue des muscles une augmentation croissante de l'effort nerveux. Cet accroissement de la force des excitations nerveuses envoyées aux muscles, pour en produire la contraction, a été mise en évidence par Mosso au moyen de son appareil qu'il a appelé *ponomètre* (voir p. 33).

Des observations de ce genre n'avaient pas échappé aux médecins. Ainsi Lagrange affirme qu'on constatera toujours une aggravation très considérable de la fatigue pour un supplément d'effort même insignifiant, s'il arrive à la suite d'une dose de travail qui représente le maximum de la capacité fonctionnelle. Pour un marcheur qui s'arrête exténué, après une étape de 40 kilomètres, la fatigue sera doublée par l'obligation de faire 1 ou 2 kilomètres de plus ; et nous savons, dit cet auteur, dans quel épuisement nous jette un supplément de travail intellectuel, ne durât-il qu'un quart d'heure, quand il nous est imposé au moment où la mesure de la fatigue est comble et où le cerveau se refuse à tout effort d'attention. L'organe exige, pour travailler

malgré la fatigue, une dépense d'énergie ruineuse pour l'organisme. Non seulement l'excès de travail détermine la fatigue, mais aussi une mauvaise répartition du travail et des repos. De façon qu'en se basant sur l'observation journalière, Lagrange arrive à dire avec les physiologistes, que *dans tout organe fatigué le rendement diminue.*

Il nous a été possible de vérifier la loi de l'épuisement au moyen d'un autre procédé, à savoir, par les *courbes successives*. Au lieu d'étudier le temps qui est nécessaire pour le repos complet du muscle, on peut demander au sujet de donner plusieurs courbes se succédant à un intervalle assez court, insuffisant pour la réparation complète. C'est à ces courbes successives que Lehmann donna le nom de « fatigue rémanente », car dans les courbes persiste toujours un peu de la fatigue de la courbe précédente. Nous avons donc les effets d'accumulation de fatigue d'une courbe à une autre.

Quels sont les caractères des courbes successives? Le degré de l'accumulation de la fatigue est variable suivant les intervalles de repos entre les courbes. Ainsi avec des intervalles de 8 minutes de repos (rythme des contractions : 2 secondes), la décroissance du travail est très régulière; dans la deuxième courbe le sujet ne récupère environ que les deux tiers de sa force primitive; dans la troisième courbe il n'en récupère que la moitié. Cet intervalle de huit minutes doit être considéré comme assez considérable, car chez tous nos sujets (étudiants de l'Université de Bruxelles) dix minutes suffisaient déjà pour la réparation complète.

En travaillant avec des intervalles beaucoup plus courts (une, deux ou trois minutes de repos), on constatera que la réparation de la fatigue suivra un cours bien différent. Dans la deuxième courbe, la chute de travail est très brusque, le travail peut des-

cedre au quart de sa valeur primitive; puis, dans les courbes successives, le travail diminue chaque fois d'une valeur minime; dans certains cas même on arrive à un certain équilibre dans les courbes assez avancées dans la série. Il paraît évident que, dans ce stade très prononcé de fatigue, il y a un résidu de force qui ne peut être épuisé. C'est ce que j'ai appelé la *loi du minimum disponible*.

A côté de ces modifications de la somme de travail, les tracés successifs présentent des modifications de forme. Tout d'abord notons que le quotient de la fatigue $\frac{H}{N}$ subit une décroissance continue dans la fatigue rémanente. Nous savons quelle est l'interprétation qu'il faut accorder au quotient de la fatigue (voir p. 34). Ce quotient sert à mesurer le rapport entre les actions musculaires et les efforts nerveux dans un ergogramme. Dans les ergogrammes successifs, le nombre de soulèvements diminue bien un peu, mais la diminution de la hauteur totale est toujours plus accentuée; il en résulte un abaissement du quotient de fatigue ou de la hauteur moyenne. Ce fait est absolument général, malgré les différences individuelles et celles qui tiennent aux conditions expérimentales. J'ai pu vérifier ce fait sur plus de cinquante personnes. Il montre clairement que la fatigue est un phénomène qui se passe principalement dans les muscles et non dans le système nerveux central. Il est une démonstration de ma théorie périphérique de la fatigue (voir p. 36).

Quant aux calculs mathématiques, ils ont porté sur les courbes successives de 9 étudiants de l'Université de Bruxelles (en tout 37 courbes). Sous l'influence de la fatigue rémanente, H diminue, a augmente et b augmente chez tous les sujets, alors que c augmente chez certaines personnes et diminue chez d'autres.

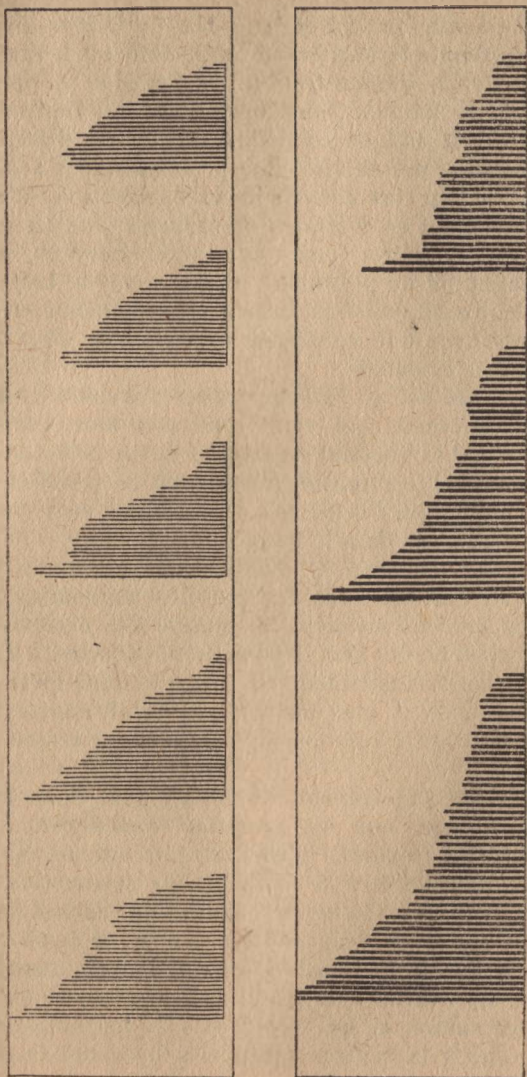


Fig. 9. — Fatigue rémanente chez deux sujets. Intervalle de 2 minutes entre les courbes successives.

L'augmentation de b et de a dans la fatigue rémanente présente le plus grand intérêt. Nous y trouvons une nouvelle démonstration de l'origine périphérique de la fatigue. Nous pouvons définir l'accumulation de la fatigue en disant qu'elle est d'origine périphérique musculaire, due principalement à l'intoxication par les déchets de la contraction. L'appauvrissement en hydrates de carbone joue un rôle beaucoup moindre. Quant aux centres nerveux, non seulement ils ne présentent aucun signe de fatigue, mais leur excitabilité est accrue. Ces phénomènes se répètent avec une constance remarquable chez les neuf sujets examinés.

En ce qui est de l'augmentation d'excitabilité des centres nerveux, qui vient confirmer mes anciens travaux sur le quotient de fatigue et sur la loi de sa décroissance, je rattache précisément ce phénomène à l'accumulation des toxines, c'est-à-dire à un accroissement d'inertie dans le muscle.

Nos expériences (p. 157) ont montré que toutes les fois que l'inertie dans les muscles augmente, les centres nerveux envoient au muscle des excitations plus fortes. Le fait que, dans la même courbe, b s'accroît proportionnellement au temps indique qu'il en est bien ainsi. A plus forte raison b doit augmenter quand la courbe commence déjà avec un résidu de fatigue.

La loi de l'épuisement de Mosso peut donc être expliquée par une augmentation considérable du paramètre a (toxines) dans l'extrême fatigue. Si le muscle pouvait être assimilé à une locomotive, il brûlerait toujours la même quantité de charbon pour chaque kilomètre de chemin parcouru; il épuiserait sa provision de combustible proportionnellement au temps. La courbe d'un pareil muscle n'aurait qu'un seul paramètre, c , qui représente la perte de puissance due à la consommation des hydrates de car-

bone, laquelle se fait proportionnellement au temps. Or, la fatigue musculaire possède trois paramètres. Malgré l'action des centres nerveux, qui luttent continuellement contre les effets de l'intoxication, en envoyant des excitations de plus en plus intenses, c'est l'intoxication qui triomphe et le muscle est réduit à l'inaction. Ce mécanisme se retrouve dans toute fatigue, mais il est surtout manifeste dans l'accumulation de fatigue.

Les toxines produites ont ceci de particulier, que leurs effets sont très persistants. Le fait a été démontré par A. Broca et Ch. Richet¹, dans leurs expériences sur la contraction anaérobie. Aussi il ne faut jamais pousser le travail physique jusqu'à l'extrême fatigue.

Passons maintenant à une constatation tout à fait générale qui ressort nettement de nos expériences et dont le résultat doit être mentionné dans ce chapitre. En examinant les variations des constantes, suivant les conditions expérimentales dans lesquelles se prennent les courbes, nous voyons que *l'intensité de l'effort nerveux croît toutes les fois que les conditions mécaniques du travail dans les muscles deviennent plus difficiles*. Et inversement, *l'intensité de l'effort nerveux décroît quand le travail musculaire à faire devient plus facile*. Il y a là une auto-régulation remarquable de l'effort nerveux, les difficultés mécaniques du travail agissant comme un excitant pour les centres nerveux.

C'est la loi de l'économie de l'effort, démontrée par les recherches précédentes. Dans cette étude les paramètres d'un grand nombre de courbes ont été examinés dans divers états physiologiques; parmi ces états, certains constituent l'*optimum* (sucre, alcool),

1. A. Broca et Ch. Richet. De la contraction musculaire anaérobie. *Archives de Brown-Séguard*, 1896, p. 829.

d'autres, l'état *pessimum* (anémie locale, fatigue rémanente). Le paramètre *b* (centres nerveux) et *a* (toxines) augmentent presque toujours ou diminuent simultanément, et l'on dirait qu'il s'engage entre eux une lutte chaque fois que l'inertie dans les muscles augmente.

Les courbes modifiées par l'ingestion de petites doses d'alcool, montrent, il est vrai, une augmentation de *b* et une diminution de *a*, mais cette action s'explique par l'influence excitante, toxique, exercée par l'alcool sur les centres nerveux. Par contre, sous l'influence du sucre qui est un aliment sans être un excitant, *b* et *a* diminuent. Ces mêmes constantes diminuent aussi sur les courbes prises chez les *végétariens*, qui présentent une aptitude plus grande au travail que les carnivores. Les mêmes paramètres augmentent considérablement dans l'*anémie du bras* et dans la *fatigue rémanente* (pour les autres détails voir p. 123). La corrélation de *b* et de *a* est donc directe dans toutes les conditions du travail; les deux paramètres *augmentent* dans les conditions *pessimum* de travail, et *diminuent* dans les conditions *optimum*. Dans le premier cas (travail *pessimum*) la fatigue est due principalement à l'accumulation des toxines dans le muscle et c'est pour vaincre leur résistance que les centres nerveux envoient des excitations très fortes. Dans le second cas (travail *optimum*) la fatigue est le résultat surtout de la combustion lente et graduelle des hydrates de carbone, combustible normal de la contraction musculaire. Ces dernières courbes se rapprochent d'une ligne droite sans pouvoir l'atteindre, car elles conservent une allure parabolique.

Voici l'explication qu'on peut donner du mécanisme physiologique de la fatigue de la motricité. Les muscles se contractent sous l'influence de leur excitant naturel, qui est le stimulus envoyé par les

centres psycho-moteurs, autrement dit l'effort. Or la fatigue du muscle se trouve en rapport étroit avec l'intensité de l'excitant et le muscle, qui paraît fatigué pour une intensité donnée, se contracte encore énergiquement quand cette intensité vient à s'accroître. Dans les conditions ordinaires, l'excitation que le système nerveux envoie aux muscles pour en produire la contraction n'est pas maximale. Un accroissement de l'effort n'est autre chose qu'une augmentation d'intensité de l'excitant pour les muscles, qui deviennent de nouveau aptes à fonctionner sous l'aiguillon de la volonté. Tant que les centres nerveux sont aptes à augmenter l'effort pour vaincre l'inertie grandissante du muscle, nous ne pouvons parler de leur fatigue propre, bien que cet état puisse déjà être préparatoire et avertisseur d'un épuisement proche. La vraie fatigue du système nerveux se reconnaît à l'impossibilité où il se trouve d'augmenter l'effort et, à plus forte raison, elle se reconnaît à une diminution de l'effort. Cet état de fatigue des centres s'établit chez les personnes normales qui ont produit de très grands efforts sans tenir compte des avertissements de la fatigue périphérique et il s'établit aussi d'une façon très rapide et presque sans travail préalable chez certains névrosés, principalement chez les neurasthéniques, qui ont déjà les centres nerveux fatigués d'avance. Chez eux le sentiment de la fatigue peut être permanent, et il peut ne pas correspondre à une vraie fatigue organique.

Nous avons vu que lors de tout travail continu l'effort nerveux allait en augmentant (expériences ponométriques de Mosso, calculs des paramètres de nos courbes), mais que cette augmentation était poussée à son maximum dans les conditions *pessimum* du travail musculaire. La raison de cet accroissement de l'intensité nerveuse est donc périphérique, et il est superflu d'invoquer une intoxication directe des

centres nerveux par les produits de la contraction. D'ailleurs, l'intoxication avait été invoquée pour expliquer la diminution de l'action nerveuse, la grande sensibilité des cellules nerveuses à l'action des poisons étant bien connue. Or, nous voyons que dans la fatigue musculaire, les centres nerveux ne font que redoubler d'activité, il n'est donc pas possible de parler de leur fatigue. Que dans des états de fatigue généralisée, lors des efforts de groupes musculaires nombreux, l'intoxication des centres nerveux puisse produire des effets paralysants sur ces centres, le fait semble très probable. Il coïncide alors avec des phénomènes de ralentissement de l'activité nerveuse, d'arrêt même, et c'est alors qu'il est permis de parler de fatigue réelle des centres nerveux. Cette fatigue des centres nerveux ne se produit qu'après de nombreuses répétitions du travail *pessimum* ; les caractéristiques de ce travail ont déjà été données. C'est lui qui conduit à l'épuisement des centres nerveux, à la neurasthénie, par la disproportion entre l'effort nerveux et la résistance physique, le premier n'arrivant pas à vaincre cette dernière. Il en résulte un manque de corrélation, une désharmonie, un déficit réel.

De toutes ces données, et principalement de la « loi de l'épuisement de Mosso » et de l'étude des « courbes rémanentes », il est permis de tirer une *loi générale de psycho-physique*. La sensation de fatigue suit-elle la loi de Weber ? J'ai essayé déjà de répondre à la question dans un travail antérieur ¹. Le fait que le travail effectué par un muscle déjà fatigué agit d'une manière plus nuisible sur ce muscle qu'un travail plus grand accompli dans des

1. J. Ioteyko. Les Défenses psychiques. I. La Douleur. II. La Fatigue. *Revue philosophique*, 1913, et *Revue psychologique*, Bruxelles, même année.

conditions normales peut être formulé d'une façon plus générale qui est la suivante: *La fatigue croît plus vite que le travail*. Ces rapports sont inverses de ceux qui existent dans la loi de Weber. La marche croissante de la fatigue suit donc une loi, mais elle est le contraire de la loi de Weber qui exprime l'accroissement des sensations sous l'influence de l'accroissement de l'excitant. Ici la sensation croît moins vite que l'excitant.

La fatigue se comporte donc comme la douleur; ces deux sentiments s'opposent à l'augmentation de l'excitant par leur répercussion pénible dans la conscience, ce qui leur permet de jouer leur rôle d'avertisseur (action défensive).

En nous transportant dans le domaine de la *fatigue intellectuelle*, nous observons des phénomènes identiques. Toutes les méthodes employées pour mesurer la fatigue intellectuelle, ont démontré de la façon la plus saisissante que l'accumulation de la fatigue est un fait constant. Ainsi, malgré les courts intervalles de repos accordés entre les cours, la fatigue intellectuelle augmente d'heure en heure, elle augmente aussi suivant les jours de la semaine (après le repos dominical) et même suivant les mois. Nous ne voulons pas affirmer que le fait est général, car il n'est pas prouvé que le surmenage existe dans toutes les écoles, mais là où il existe, il prend cette allure qui rappelle le phénomène de la boule de neige. Pour les occupations intellectuelles, comme pour le travail physique, *la fatigue croît plus vite que le travail*. J'ai eu l'occasion d'insister sur ces phénomènes déjà en 1909, dans mon rapport au 5^e Congrès belge de Neurologie et de Psychiatrie ¹. Si l'après-midi la fatigue scolaire est plus grande et l'attention moins soute-

1. J. Ioteyko. Le Surmenage scolaire. Rapport au V^e Congrès belge de Neurologie et de Psychiatrie, tenu à Mons en 1909.

nue que le matin, c'est que notre enseignement favorise l'accumulation de la fatigue intellectuelle.

Le Dr Ameline ¹ a été aussi attiré par ces recherches et a formulé une loi numérique entre la durée du travail intellectuel et l'intensité de la fatigue cérébrale.

Sa conclusion finale est la suivante :

Les nombres qui mesurent la fatigue intellectuelle sont très sensiblement en progression géométrique, tandis que les nombres correspondants qui mesurent la durée du travail intellectuel sont en progression arithmétique, ou plus brièvement: Les nombres qui mesurent la durée sont proportionnels aux logarithmes de ceux qui mesurent la fatigue intellectuelle.

L'auteur a puisé les documents, pour établir sa loi, dans les différents domaines de recherches sur la fatigue intellectuelle, dont voici l'énumération :

1. *Fatigue intellectuelle et anesthésie cutanée.* L'auteur cite les expériences de Schuyten faites à Anvers avec l'esthésiomètre dans le courant de l'année scolaire, afin de vérifier le « signe de Griesbach », c'est-à-dire la diminution de la sensibilité sous l'influence de la fatigue.

2. *Fatigue intellectuelle et ralentissement du pouls.* Trois travaux expérimentaux : celui de Binet et Courtier, celui de Larguier des Bancelles et le dernier de Vaschide.

3. *Fatigue intellectuelle et pression artérielle.* Travaux de Binet et Vaschide, de Potain.

4. *Fatigue intellectuelle et température.* Expériences de Gley, de Pembrey et Nicol.

5. *La fatigue intellectuelle d'après les données statistiques.* L'auteur cite les travaux de Weygandt sur

1. Ameline. Une loi numérique entre la durée du travail intellectuel et l'intensité de la fatigue cérébrale. *Journal de Psychologie*, nos 2, 3 et 4, 1911.

l'influence du changement du travail sur le travail psychique continu, d'après les méthodes de Kraepelin ; ceux d'Ebbinghaus, qui utilisent les erreurs dans les chiffres calculés comme critère de la fatigue intellectuelle : ceux de Friedrich, qui employa aussi la méthode des calculs ; ceux de Burgerstein, qui utilisa également la méthode des calculs ; ceux de Laser, sur la lassitude intellectuelle pendant les classes (méthode des calculs) ; ceux de Binet et V. Henri, sur la psychologie des calculateurs, dans lesquels la loi d'Ebbinghaus a été vérifiée, notamment que le temps employé augmentait beaucoup plus vite que le nombre de chiffres à apprendre par cœur ; ceux de Hawkins, d'après lesquels l'auteur déduit que la fatigue intellectuelle finit par ne plus augmenter que d'une façon insignifiante dans un âge avancé ; de même, les augmentations des acquisitions dues à la mémoire finissent par devenir tout à fait nulles (Galton, Wundt).

Les méthodes statistiques, dit Ameline, conduisent aux mêmes résultats que les méthodes psychométriques proprement dites, mais d'une façon moins nette et moins convaincante. L'alternance du fonctionnement des hémisphères cérébraux vient parfois masquer le phénomène. Afin de faire saisir les causes perturbatrices propres à faire dévier les mesures et masquer les lois numériques, Ameline cite les expériences de Tycho-Brahé relatives à la course elliptique des planètes. Nous avons auparavant cité les mêmes expériences pour en tirer les mêmes conclusions¹. D'ailleurs, la formule proposée par Ameline pour la fatigue cérébrale est une formule identique à celle que nous avons proposée, Ch. Henri et moi, pour la fatigue musculaire.

1. J. Ioteyko. Sur les écarts entre la courbe calculée et la courbe observée à l'ergographe. *Bulletin de l'Acad. royale de Belgique*, classe des Sciences, 1906.

La formule de Ameline, publiée en 1911, est :¹

$$X = M - at^3 + bt^2 - ct + \dots$$

La formule de Ch. Henry et J. Ioteyko, publiée en 1904, est :

$$\tau = H - at^3 + bt^2 - ct.$$

Après de nombreuses transformations, Ameline arrive en fin de compte à admettre une loi logarithmique de la fatigue intellectuelle du type suivant :

$$\text{Log}(A-X) = a - bt.$$

La fatigue intellectuelle se produit, dit cet auteur, comme si elle était due à l'action d'une force variable proportionnelle à la fatigue déjà existante et destructrice de l'action d'une autre force d'intensité constante. Cette loi se vérifie chez l'enfant et l'adulte ; de plus, elle se trouve être la même que Janet proposa pour expliquer l'altération de la perception du temps survenant peu à peu avec l'âge, c'est-à-dire avec le vieillissement progressif du cerveau.

La conclusion de ce chapitre est qu'il n'y a pas de proportionnalité directe entre le travail accompli et la fatigue qui en est le résultat. La fatigue croît beaucoup plus vite.

Cette constatation mène à deux conséquences importantes au point de vue pratique :

1° Dans le domaine *social* et *économique*, elle montre la nécessité de tenir compte, dans l'évaluation des salaires, de l'usure de l'organisme qui se fait en progression géométrique pour des travaux s'accomplissant en progression arithmétique (voir le développement de cette proposition, page 161 et sa vérification dans le domaine industriel (p. 244 et 258) ;

2° Dans le domaine *pédagogique*, elle montre d'une façon saisissante à quels graves mécomptes s'expo-

1. Ch. Henry et J. Ioteyko. Sur l'équation générale des courbes de fatigue. *C. R. Acad. des Sciences*, 24 août 1904.

sent les éducateurs qui augmentent la dose de travail imposée aux élèves sans connaître les lois de la fatigue dans ses rapports avec l'âge, le sexe, la constitution et les aptitudes du sujet, en corrélation avec la difficulté que présentent les divers devoirs à apprendre et dans ses rapports avec la loi logarithmique de la fatigue. La fatigue croît plus vite que le travail. D'autre part, d'après la loi d'Ebbinghaus, le temps nécessaire pour apprendre une certaine quantité de matériaux, ne s'accroît pas proportionnellement à la quantité de cas matériaux, mais beaucoup plus vite.

CHAPITRE XII

La loi psycho-physique de la douleur.

Si on examine de près le phénomène général de la sensibilité de relation, on peut facilement lui découvrir trois grandes fonctions : 1° *La connaissance*, les organes des sens étant les voies par où pénètrent les notions concernant le monde extérieur, point de départ de notre formation intellectuelle ; 2° *Les sentiments*, et tout particulièrement le sentiment esthétique, ces mêmes objets pouvant éveiller en nous le sens du beau ; 3° *Une fonction défensive*, les organes des sens nous avertissant d'un danger qui menace et cela au moyen de la sensation qui leur est propre¹.

Nous pouvons donc envisager les organes sensoriels comme une série de *défenses psychiques*.

Le principe *estophylactique*, établi par Sergi, se rapporte à la défense de l'individu grâce à l'activité sensorielle. Pourtant, la sensibilité phylactique se manifeste aussi par le mouvement. Et sans le mouvement, la défense serait impossible, et par suite aussi la conservation. L'ensemble de ces deux fonctions forme ce que Sergi appelle *esthocineses*, sens et mouvement.

Et afin de donner à ces défenses une acuité encore

1. Voir J. Ioteyko. Les Défenses psychiques. *Revue philosophique* 1913, février.

plus grande, un sentiment des plus puissants, *la peur*, est venu se joindre à l'*esthocinesis*.

Cette action protectrice de la sensibilité, nous la retrouvons dans une grande loi qui règle notre impressionnabilité vis-à-vis des excitations extérieures. La loi de Weber montre que les excitations fortes ne produisent pas leur plein effet, mais qu'elles subissent un amortissement. L'excitation croît plus vite que la sensation, voilà une des expressions courantes de cette loi. Pour produire une impression double ou triple d'une impression prise comme point de départ, il ne suffit pas de doubler ou tripler l'excitant, mais un excitant supplémentaire devient nécessaire. Ainsi, une sensation de lumière étant obtenue au moyen de deux bougies, si nous voulons doubler cette sensation, il sera nécessaire d'allumer plus de quatre bougies. La loi de Weber a donc une signification biologique très importante : elle exprime une défense vis-à-vis des excitations fortes, qui sont nocives, destructrices pour l'organisme. Et toutes conditions égales, notre impressionnabilité est beaucoup plus grande pour les excitations de moyenne intensité, que pour les excitations fortes.

Un second point, non moins important, est le suivant. En augmentant la force de l'excitant, nous augmentons la force de la sensation, mais non indéfiniment. Arrive un moment qui est le maximum de notre impressionnabilité. Nous aurions alors beau faire croître l'action extérieure, la sensibilité ne pourra dépasser sa limite naturelle. Telles sont les lois de la psycho-physique, établies pour tous les modes de la sensibilité.

Nous pouvons maintenant nous demander ce qui adviendra de notre sensibilité, si nous continuons à maintenir l'excitation d'une façon permanente aux environs du maximum perceptible. Ici une troisième défense fera son apparition. La sen-

sibilité changera d'état, de caractère pourrait-on dire.

Une sensation toute nouvelle apparaîtra. Cette sensation sera la *fatigue* pour le mouvement et la *douleur* pour les fonctions sensorielles.

La fatigue et la douleur apparaîtront donc, lorsque les deux premières défenses se seront montrées inefficaces. Ce sont les deux défenses psychiques qui veillent à l'intégrité de l'esthocinésis.

La fonction phylactique de la douleur a été étudiée avec grand talent par Ch. Richet. Voici les conclusions de l'éminent physiologiste :

1° La douleur est produite par une excitation forte ;

2° Les excitations fortes désorganisent les tissus et sont funestes à la vie des êtres et aux fonctions des organes ;

3° Le souvenir de la douleur persiste avec une extrême puissance dans la mémoire, et nous sommes constitués de telle sorte que ce que nous craignons le plus, c'est la douleur ;

4° Par conséquent, nous sommes organisés de telle sorte que nous fuyons toutes causes de destruction ou de perversion de nos tissus.

Il en résulte que la douleur peut être conçue comme souverainement utile, puisqu'elle nous fait fuir tout ce qui est périlleux pour l'organisme.

Il est vrai que les organismes peuvent se défendre aussi par action réflexe, qui ne nécessite ni la conscience ni l'intelligence. On pourrait donc parfaitement concevoir qu'il y ait une efficace défense des êtres contre les causes externes de destruction, sans qu'il y ait conscience et douleur. Il existe dans la nature quantité d'êtres se défendant uniquement par de simples réflexes. Mais toutes ces réactions de défense qui protègent l'organisme attaqué, fuite, retrait des membres, réactions locales, etc., ne sont que des défenses consécutives. Elles succèdent à l'excitation, mais ne l'empêchent pas d'avoir lieu, et ne

la préviennent pas. Or, le plus souvent, il est trop tard pour que le secours soit efficace.

C'est le souvenir de la douleur qui règle la conduite des êtres intelligents. La douleur est donc une défense préventive intelligente, tandis que l'instinct est une défense préventive automatique (Ch. Richet).

Le bien-fondé des considérations précédentes est d'une évidence complète. Des exemples empruntés à la vie journalière suffiraient à le prouver. Une maladie qui évolue sans douleur est par cela même insidieuse, insoupçonnée, n'éveille pas l'attention du sujet qui en est atteint et peut conduire à une issue fatale.

La douleur, au contraire, force notre attention et nous cherchons alors un remède à nos souffrances.

Mais les recherches des auteurs ne sont pas allées au delà de cette constatation, fort insuffisante et incomplète, car tout en admettant l'utilité phylactique de la douleur, il n'en reste pas moins vrai qu'il existe des douleurs qui peuvent être souverainement utiles, d'autres le sont beaucoup moins, et il existe enfin des douleurs franchement inutiles. Alors pourquoi souffrir? Notre vie entière est occupée à éviter, à atténuer, à diminuer, à supprimer la souffrance par tous les moyens possibles et nous ne faisons que nous plaindre, que gémir sous le poids des différentes douleurs, physiques et morales, dont la nature nous accable. En un mot, la préoccupation la plus absorbante de l'humanité est de *lutter contre la douleur*. La douleur est une défense, mais c'est une défense contre laquelle il faut se défendre, et toute paradoxale que paraisse cette assertion, elle n'en est pas moins exacte.

Ceci démontre que la fonction de la douleur est mal adaptée à son but, qu'elle est susceptible d'aberration, d'exagération, qu'elle commet des erreurs grossières dans son siège, dans sa distribution, dans

son choix, dans son intensité, dans sa nature ; qu'elle fait souffrir inutilement, sans compensation aucune. Toutes les souffrances atroces de l'humanité depuis le commencement des siècles en sont une preuve irréfutable, et nous n'avons même pas ici en vue les douleurs inhérentes à la nature humaine, les douleurs inévitables. On serait même tenté de croire que la fonction phylactique attribuée à la douleur n'est qu'un vain mot, une ironie cruelle.

Reprenons, pour l'expliquer, le fait de l'inadaptation partielle de la douleur à son but qui est la défense. Si merveilleusement que soient constitués les phénomènes de défense des organismes, devant lutter contre une infinie variété de dangers, ils n'en sont pas moins imparfaits. Une adaptation complète serait la perfection et elle n'est jamais atteinte, même lors de l'activité volontaire de l'être humain. Le plus souvent on observe des oscillations, des écarts, soit que la défense n'ait pas atteint l'intensité nécessaire pour neutraliser la cause morbide, soit, au contraire, qu'elle ait dépassé ce but. Cette dernière réaction est même très fréquente dans l'ordre des phénomènes moraux.

La nature ne fait rien sur mesure. Très souvent elle dépasse le but à atteindre. L'esprit humain lui-même agit suivant le même mécanisme.

Nous devons lutter contre la douleur au même titre que les médecins luttent contre la fièvre, qui, elle aussi, est une défense contre la maladie, car l'élévation de la température est une réaction salutaire et les microbes ne peuvent résister à l'hyperthermie. Mais comme la fièvre intense peut amener la mort du malade, il devient nécessaire de l'arrêter dans sa marche. Dans ce cas aussi nous devons donc nous défendre contre une défense.

On ne peut non plus s'attendre à trouver les tissus les plus importants doués de la plus grande sensibi-

lité à la douleur. Le tissu cérébral est peu sensible; au contraire, la douleur est l'apanage des terminaisons nerveuses, dont la destruction partielle n'est pas grave, mais la douleur atroce qui s'en suit est un avertissement salutaire. Nous trouvons donc ici une confirmation.

La douleur n'est pas proportionnée à la gravité du mal. Cela est vrai aussi bien pour les douleurs physiques que pour les douleurs morales. Souvent l'irritation nerveuse simple peut faire souffrir plus qu'un véritable malheur.

Je rappellerai ici brièvement ma théorie des algogènes¹. Il a été rigoureusement démontré que la peau renferme des terminaisons nerveuses affectées spécialement à recueillir les sensations douloureuses (GOLDSCHIEDER, VON FREY, ALRUTZ, THUNBERG). Or, il se pourrait très bien que l'excitant de la douleur soit constitué par des substances chimiques (substances *algogènes*), nées au moment de l'excitation forte de la douleur. Cette théorie n'est pas présentée sans arguments. L'origine chimique d'un grand nombre d'excitants est bien admise aujourd'hui. La lumière n'agit pas comme telle sur les terminaisons du nerf optique, mais par les processus chimiques qu'elle engendre dans la rétine. Pour l'olfaction et la gustation, l'excitant est d'ordre chimique; une dose faible de l'excitant produit la sensation spécifique, une dose plus forte agit sur les terminaisons douloureuses, dont le seuil est plus élevé.

La formation des substances algogènes n'est pas instantanée, elle demande un certain temps. La douleur apparaît de fait bien plus tardivement que les autres sensations (tactile, thermique, acoustique, visuelle). Un traumatisme violent nous donne tout d'abord la notion de contact; la douleur ne se produit que quelque temps après. Le temps de la réaction pour la douleur est égal à 900 millièmes de secondes, c'est-à-dire presque à une seconde, temps six fois plus long que celui nécessaire pour les autres sensations. On comprend ainsi pourquoi on avait toujours constaté que la douleur est due à la sommation des excitations. Des douleurs légères, mais sans cesse répétées, peuvent occasionner des douleurs violentes.

La douleur se caractérise aussi par sa persistance et son irra-

1. Ioteyko. Les substances algogènes. *Premier Congrès belge de Neurologie et de Psychiatrie*. Liège, 1903.

diation, ce qui s'explique par la présence et la diffusion des substances algogènes. La théorie toxique de la douleur donne aussi une explication suffisante des douleurs pathologiques et de la douleur thermique (brûlures) ¹.

Une des questions les plus importantes qui se posent dans l'étude de la douleur est la suivante : *existe-t-il une accoutumance à la douleur?* Les douleurs successives que nous éprouvons ont-elles pour effet de nous rendre moins sensibles et plus résistants?

« Il est certain, écrit CH. RICHEL, que, par le fait d'une longue et prolongée douleur, la sensibilité, au lieu de s'éteindre, s'exagère; il n'y aurait pas d'accoutumance à la douleur. A la longue, quand nous avons beaucoup souffert, nous sommes devenus hyperesthésiques. « LUCAS-CHAMPIONNIÈRE, TCHITCH, BEAU partagent la même opinion. Les différences de résistance ne seraient que des différences de sensibilité. Et le fameux stoïcisme devant la douleur ne se présente que lorsque la douleur n'existe pas. « Mucius Scævola! s'écriait BEAU, un hystérique! Quelle que soit la force de la volonté, aucun homme en possession de la sensibilité normale ne saurait garder sa main dans un foyer ardent! »

Ne pouvant me ranger à une opinion semblable, qui paraissait contraire à la fonction phylactique de la douleur dans ce qu'elle a de plus essentiel, j'en suis arrivée à envisager les effets de la douleur à la lumière de la théorie de l'immunité. Mon intention n'est nullement d'assimiler quant à leur origine les phénomènes de défense pathologique avec ceux des défenses psychiques, mais les mécanismes peuvent être identiques dans les deux cas. C'est le concours de ces deux phénomènes qui sera invoqué pour appuyer notre point de vue.

On peut appeler *immunité*, écrit CH. RICHEL ², la propriété que possèdent certains organismes et certains tissus de résister plus ou moins à l'action des poisons et des virus. L'immunité se manifeste à tous les degrés. On distingue l'immunité naturelle contre les poisons (une moindre vulnérabilité aux poisons, différente chez différentes espèces animales et chez les individus), l'immunité naturelle contre les infections (résistance plus ou moins grande à l'invasion microbienne) et l'immu-

1. Pour plus de détails, voir travail cité.

2. Ch. Richet. *Immunité* (article du *Dictionnaire de Physiologie*, t. IX, fasc. I, Alcan, Paris). Nous puisons largement dans cette étude pour tout ce qui concerne l'immunité et l'anaphylaxie.

nité acquise. Accoutumance et immunité ne sont pas synonymes. L'accoutumance est un des mécanismes par lesquels s'acquiert l'immunité. De tout temps on a observé qu'il y avait pour certains poisons, par un long usage, une sorte d'accoutumance. Le type de ces poisons auxquels l'organisme s'habitue, c'est la morphine. Tels individus sont arrivés à boire par jour un litre de laudanum, alors que vingt gouttes constituent la dose thérapeutique chez l'adulte. Les montagnards du Tyrol sont arsenicophages.

A côté des phénomènes d'immunité il y a les phénomènes de contre-immunité ou d'*anaphylaxie*. Dans certains cas, l'organisme au lieu de s'immuniser devient plus sensible. L'anaphylaxie, découverte par CH. RICHEL, en collaboration avec PORTIER, veut dire contraire de la protection.

L'expérience fondamentale est la suivante¹. Le poison des tentacules des actinies est inoffensif pour le chien à certaine dose. Mais si ce même chien, quatre ou cinq semaines après, reçoit la même dose (en injection veineuse) il est pris d'accidents extrêmement graves. Pourtant, même à une dose cinq fois plus forte, le chien n'est presque pas incommodé. Les phénomènes d'anaphylaxie furent étudiés par un grand nombre d'auteurs et constituent, à l'heure actuelle, un complément indispensable de l'étude sur l'immunité. Ainsi, la première injection de sérum de cheval au cobaye est presque inoffensive; mais la seconde injection, faite deux mois après, est tellement grave qu'à une dose infinitésimale elle produit la mort en quelques minutes.

Ce phénomène étrange, dit Ch. RICHEL, paraît être en désaccord avec la loi de finalité des organismes. On comprend l'accoutumance, la vaccination, l'immunité, comme des moyens de résistance contre le virus et les poisons. Mais comment comprendre cette contre-immunité, cette exaltation funeste de la vulnérabilité aux poisons qui rend un organisme mille fois plus fragile qu'il ne l'était d'abord?

La réaction anaphylactique est spécifique, tout comme celle des antitoxines. Une certaine durée de l'incubation est nécessaire; le minimum est de dix jours. La durée de l'anaphylaxie est très longue; on peut même supposer qu'elle est illimitée. L'immunité et l'anaphylaxie paraissent marcher de pair, de sorte que les animaux anaphylactisés peuvent être des animaux immunisés.

Les symptômes de l'anaphylaxie sont toujours les mêmes, quelles que soient les substances qui l'aient provoquée. Ils

1. *Travaux du laboratoire de physiologie de M. Richet*, vol. VI, 1909.

correspondent à un empoisonnement aigu du système nerveux central, atteignant l'appareil de la conscience, du mouvement et de la sensibilité, ainsi que les centres vaso-moteurs.

La question ainsi posée nous permettra, semble-t-il, de donner l'explication de certains faits en apparence contradictoires.

Nous pouvons distinguer, pour la douleur, des phénomènes qui rentrent dans la catégorie des faits d'immunité et d'autres qui tiennent de l'anaphylaxie.

J'ai appelé *anaphylaxie de la douleur*¹, l'exacerbation de la sensibilité produite par la prolongation de la souffrance, une espèce d'impatience qui envahit l'être lorsqu'une douleur s'éternise et qu'il n'en prévoit pas la fin. Tchitch avait affirmé, non sans raison, que les malades devenaient de grands égoïstes.

L'anaphylaxie se manifeste aussi d'une façon très marquée à l'égard des douleurs morales qui nous viennent d'autrui.

L'anaphylaxie c'est l'idiosyncrasie. Il arrive que les moindres contrariétés cessent d'être supportées. C'est parce qu'à cette tracasserie actuelle, peu importante en elle-même, nous rattachons toutes les anciennes associations, tous les anciens souvenirs non éteints, où des tracasseries semblables se sont produites. C'est donc un phénomène de mémoire.

Cette intolérance est un mauvais procédé de défense. C'est le mithridatisme à rebours.

Le raisonnement suivant se fait parfois entendre : les plus grands coups m'ont été portés par les personnes qui me sont les plus proches. Cela m'a insensibilisé contre la douleur venant d'autrui. Que peuvent me faire les injustices venant des indifférents, des étrangers? puis-je les condamner?

Il faut convenir que nous avons affaire dans ces

1. Voir J. Ioteyko. *Immunité et anaphylaxie de la Douleur*. Livre jubilaire du prof. Ch. Richet, 1912, Maretheux, 1, rue Cassette, Paris, et *Les Défenses psychiques*. Revue Philosophique, 1913, février.

cas à une mauvaise espèce d'immunité. Elle en coûte trop à l'individu. Il faut, au contraire, se *vacciner* contre un mal et non passer par la maladie la plus redoutable (celui qui a eu la variole ne l'aura plus!) qui confère certes l'immunité, mais en mettant la vie du malade en danger.

Les personnes qui ont été fortement tracassées sont douées d'une très grande susceptibilité.

On supporte parfois mieux les malheurs que les irritations journalières, venant de l'entourage, lorsqu'il n'est pas adapté à nous-même, lorsqu'il nous force à descendre aux bas-fonds de l'intellectualité, à donner des explications sans jamais être compris, à voir se perpétuer les mêmes fautes, les mêmes errements.

Il est donc parfaitement prouvé qu'il existe des douleurs auxquelles on ne s'habitue pas et lesquelles, par leur longue répercussion, finissent par exacerber le système nerveux et nous rendent beaucoup plus sensibles qu'auparavant à l'égard des mêmes souffrances.

Afin de faire ressortir toute l'analogie avec l'anaphylaxie, les exemples des douleurs choisies étaient minimes. Mais l'on comprend que les souffrances continuelles amènent à leur suite un état d'endolorissement tel, que le moindre attouchement de la plaie saignante devient intolérable.

Pour expliquer l'anaphylaxie nous avons formulé une hypothèse qui a l'avantage de s'appliquer à tous les phénomènes d'anaphylaxie, aussi bien physique que morale.

Déjà Ch. Richet avait cru pouvoir rattacher l'anaphylaxie au phénomène de l'immunité, en se basant sur le fait que, chez certains individus, il était possible de constater la présence simultanée des deux phénomènes. Il nous paraît impossible de classer l'anaphylaxie parmi les procédés d'immunité, puis-

qu'elle en est le contraire, mais nous croyons néanmoins pouvoir la faire rentrer dans les procédés de défense contre les poisons et les agents destructeurs en général. Ces procédés de défense peuvent, de fait, être très nombreux. Parmi ces procédés, l'immunité, qui est une augmentation de résistance, joue un rôle des plus importants. Mais l'organisme possède en outre la propriété de se défendre contre les poisons par une augmentation de sensibilité, et c'est l'anaphylaxie.

Le mécanisme de ces deux phénomènes est diamétralement opposé.

L'immunité, c'est cette défense qui *accepte* le poison, mais en lui enlevant ses propriétés toxiques par la production du contre-poison. Cette action, toute merveilleuse qu'elle soit, est assez onéreuse, car elle nécessite de la part de l'organisme tout un déploiement de force active, l'entrée en jeu d'une armée de défenseurs, sous l'aspect de substances chimiques de nouvelle création, de phagocytes et de tous les procédés de lutte. Il paraît évident que ces moyens de lutte sont limités et que l'organisme ne peut neutraliser tous les poisons. S'il en était ainsi, il cesserait d'être un organisme vivant.

C'est la raison pour laquelle d'autres procédés de défense ont été créés. L'anaphylaxie, c'est cette défense qui *refuse* le poison. Lorsque le poison pénètre pour la première ou la seconde fois en très petite quantité, il est accepté, et on dirait vraiment que c'est pour cette raison que c'est un étranger, dont les qualités meurtrières restent encore inconnues. Mais à la moindre tentative de répétition, le refus le plus formel se produit, l'organisme ne fabrique aucune antitoxine pour ne point s'habituer au poison, qu'il ne désire nullement accueillir. Il s'en défend par toute une série de symptômes d'empoisonnement, qui parfois dépassent le but à atteindre, mais

qui néanmoins constituent une défense au point de vue biologique et psychologique, car ils amènent à leur suite la *crainte du poison*, crainte autrement redoutable que dans le cas d'immunité qui, elle, entre en compromis avec le poison.

Il en est de même dans le domaine moral. L'anaphylaxie peut être salutaire : *il est des douleurs auxquelles il ne faut pas s'habituer*. S'y habituer serait diminuer sa sensibilité, se dégrader, s'amoin-drir dans certains cas.

A part ces exemples exceptionnels, l'anaphylaxie nous apparaît comme un mauvais procédé de défense, car elle exagère la portée du danger, crée des défenses par trop intenses et mérite cette appréciation : le remède est pire que le mal.

L'anaphylaxie et l'immunité peuvent coexister, elles ne s'excluent pas. Nous croyons aussi qu'elles peuvent se succéder chez certains individus vis-à-vis des mêmes causes. Dans sa lutte contre la douleur, la nature emploie des procédés différents et arrive à les faire varier, tels mécanismes étant temporairement épuisés, d'autres viennent les remplacer.

Il existe, en outre, une adaptation (accoutumance) à la douleur physique et morale, qui est l'équivalent de l'immunité. Certes, cette adaptation n'est que partielle, mais elle constitue une vraie nécessité biologique et morale. La douleur personnelle et celle que nous éprouvons en voyant souffrir les autres, sont le phénomène le plus général et le plus inévitable de l'existence. L'homme a accepté cet état de choses, puisqu'il vit, mais s'est-il adapté complètement? On peut répondre catégoriquement par la négative. De là viennent les conflits qu'éprouve notre sensibilité; d'une part, nous pouvons observer des faits d'une cruauté inouïe, et d'autre part, une sensibilité exagérée.

Mais le fait de l'inévitabilité de la douleur a créé des défenses très énergiques, ayant pour but

de nous anesthésier physiquement et moralement.

Citons ici ce fait hautement intéressant et dont la portée biologique avait passé inaperçue jusqu'à présent, c'est la diminution constante de la sensibilité à la douleur avec l'âge, ce qui avait fait dire à Trouseau et à Charcot que les manifestations des douleurs pathologiques (coliques hépatiques, etc.), étant chez les vieillards très atténuées, perdent à cause de cela tout caractère diagnostique. Cette défense est donc merveilleusement adaptée à son but : elle tend à diminuer la sensibilité à la douleur chez l'individu qui, avançant en âge, devient plus sujet aux causes de la maladie. Il en est de même au point de vue moral. Les vieillards se font une raison, ils s'habituent à leurs conditions d'existence, qui paraîtraient atroces à bien des jeunes. Parfois l'accoutumance s'établit avec une grande rapidité. En cas d'accident, qui met la vie en danger, on voit les personnes atteintes se résigner avec une rapidité surprenante, ne plus regretter la vie et se préparer dignement à la mort.

Comment l'accoutumance à la douleur pourrait-elle ne pas exister? L'homme est destiné à souffrir et à mourir. Après avoir lutté, il se résigne. L'anesthésie, c'est l'accoutumance, autrement dit, l'immunité.

La douleur accompagne aussi les efforts très pénibles. Or, sous l'influence de la répétition de l'action, la fatigue disparaît et avec elle la douleur, et les phénomènes d'entraînement apparaissent. Telle besogne désagréable devient supportable. L'habitude confère donc l'immunité.

Une dernière preuve de l'action défensive de la douleur est donnée par des expériences algésimétriques que j'ai pu faire dans le but de rechercher si la douleur suivait la loi de Weber.

Ces expériences n'avaient pu être abordées jusqu'à présent faute d'une instrumentation appropriée. Je me suis servi de l'algésimètre de Chéron, décrit dans

mes ouvrages antérieurs, appareil qui consiste en une pointe qu'on fait pénétrer dans la peau jusqu'au moment où la douleur à peine perceptible se produit. Le degré d'enfoncement est indiqué en dixièmes de millimètres sur un cadran.

Les expériences furent faites sur dix jeunes filles âgées de 17 à 18 ans (élèves d'une école normale), précédemment bien entraînées à l'expérience et douées d'une bonne analyse interne. On procéda à trois séries d'expériences : 1° détermination du seuil de la douleur ; 2° détermination d'une douleur deux fois plus forte que la précédente ; 3° détermination d'une douleur trois fois plus forte que la première.

Les résultats furent les suivants : la douleur se comporte à l'inverse de la loi de Weber ; *la sensation croît plus vite que l'excitation.*

Voici les chiffres obtenus chez les dix sujets :

	SEUIL DOULEUR	DOULEUR DOUBLE	DOULEUR TRIPLE
	en dixième de m/m d'enfoncement de la pointe.		
	Région : avant-bras, côté interne près du poignet.		
	(Chaque chiffre représente la moyenne de dix piqûres.)		
	—	—	—
1. Jeanne D.	8,5	15,0	22,8
2. Anna L.	15,0	21,8	27,4
3. Éva B.	12,5	24,0	35,0
4. Cécile L.	19,1	25,4	32,0
5. Louise T.	15,4	22,8	29,9
6. Denise A.	8,8	14,0	22,8
7. Rose C.	15,2	21,3	31,0
8. Maria T.	18,9	25,9	30,0
9. Ermine C.	13,5	18,0	23,0
10. Ch. Couv.	18,5	24,4	27,0
Moyenne générale	14,54	21,26	28,09

Nous voyons, grâce à ce tableau, qu'il est nécessaire d'augmenter la force de l'excitant (degré d'en-

fonnement de la pointe) pour produire des douleurs de plus en plus vives, mais au lieu d'un amortissement de la sensation, comme pour les autres modes de la sensibilité, on observe, au contraire, un amortissement croissant de l'excitant pour la douleur. Le coefficient personnel de cet amortissement étant très variable, nous obtenons les chiffres moyens de :

Pour l'excitant 15 : 21 1/2 : 28.

Pour la sensation 1 : 2 : 3.

Par conséquent, pour l'excitant le coefficient d'accroissement est égal à $6 \frac{1}{2}$ (une constante).

$(15 + 6 \frac{1}{2} = 21 \frac{1}{2}; 21 \frac{1}{2} + 6 \frac{1}{2} = 28)$.

Ce qui constitue une loi logarithmique dont je laisse aux mathématiciens le soin de rechercher la formule.

Nous venons de mettre en relief une nouvelle différence dans le mode de se comporter de la douleur que des autres sensations. Il s'agit maintenant d'interpréter cette différence. Nous la considérons, à l'égard de la douleur, comme l'indice d'une défense. Pour les sensations ordinaires, la défense vis-à-vis des impressions fortes est obtenue par l'amortissement de la sensation elle-même, qui ne peut de ce fait croître d'une façon démesurée. Pour la douleur, il s'agit d'une défense opposée. La sensation devient rapidement par trop pénible et c'est pourquoi l'on ne peut en prolonger l'excitation. C'est donc la tonalité de la sensation qui agit comme une défense.

Cette étude, faite sur la douleur aux différents degrés, a donné lieu en outre à quelques autres observations dignes d'intérêt.

Il existe pour la douleur des types *quantitatifs* et des types *qualitatifs*. Les premiers se rapportent à l'acuité dolorifique, qui fait que certaines personnes sont douées d'une grande sensibilité à la douleur, les

autres d'une sensibilité beaucoup moindre ¹. Le sens de la douleur est celui qui est sujet aux plus grandes variations individuelles. Les types qualitatifs sont apparus aussi très nets dans mes recherches. Il existe quatre types qualitatifs principaux :

1° Ceux qui ressentent d'emblée une forte douleur ; ainsi, leur seuil est mettons à 10 ; ce seuil sera très douloureux. Or, la piqure à 9 ou 9 1/2 est encore complètement indolore. Ce type se rencontre de préférence parmi les personnes très sensibles, mais non exclusivement. Chez ces personnes, une minime augmentation de l'excitant devient intolérable. Lors de l'expérience, elles retirent la main brusquement ne pouvant supporter la moindre douleur ;

2° Ceux qui ont le seuil assez vague, indécis, et il correspond à une petite douleur, cette dernière pouvant d'ailleurs être déterminée par un enfoncement assez considérable de la pointe. Ces personnes sont, en général, peu sensibles.

Un certain rapport semble donc exister entre ces deux types qualitatifs et les types quantitatifs, c'est-à-dire que les individus très sensibles, ayant un seuil très bas, ont ce seuil très douloureux d'emblée ; les autres ont le seuil très élevé et peu douloureux. Mais ces deux phénomènes ne marchent pas toujours de pair, ainsi que le démontrent les types suivants :

3° En augmentant progressivement le degré de la douleur (c'est-à-dire en enfonçant la pointe dans les tissus) on constate que les personnes qui avaient le seuil de la douleur placé très bas ne présentent pas toujours une sensibilité très grande vis-à-vis des grades supérieurs de la douleur. Elles sont donc, toutes conditions égales, beaucoup plus sensibles aux

1. Voir à cet égard : I. Ioteyko et M. Stefanowska. Recherches algésimétriques. *Bull. de l'Académie des sciences de Belgique*, 1903.

petites douleurs qu'aux grandes. C'est bien là le phénomène de la sensiblerie ;

4° Type inverse du précédent. Des individus peu sensibles à une douleur minime (seuil de la douleur) se montrent d'une très grande sensibilité aux grades supérieurs de la douleur. Leur insensibilité n'était donc qu'apparente.

Ces constatations démontrent que l'établissement des types quantitatifs a toujours été entaché d'erreurs, car pour affirmer que tel individu est peu sensible ou très sensible, il est nécessaire d'examiner toute l'échelle de la sensibilité à la douleur.

Le coefficient individuel est donc très variable et s'il nous a été possible d'arriver à une formule générale de psycho-physique, c'est en nous basant sur la moyenne de tous les cas.

Les personnes examinées différenciaient toujours mieux le seuil que la douleur double et cette dernière mieux que la douleur triple. C'est un fait général. Lorsqu'on dépasse le seuil, il semblerait qu'on comprime avec une pointe plus grosse ; au niveau du seuil la pointe paraît plus irritante. Il y a donc ici encore une différence qualitative. Pour des pressions fortes, la douleur se traduit sur une plus grande surface. La volonté n'intervient pas pour le seuil ; elle intervient dans la résistance à la douleur (douleurs plus fortes).

CHAPITRE XIII

Le problème de la fatigue intellectuelle.

On peut définir la fatigue intellectuelle : l'abus de la faculté de l'attention. En effet toute fatigue intellectuelle peut se ramener à une fatigue de l'attention volontaire, laquelle se traduit par l'atténuation de divers processus psychiques. Au début de la fatigue, on est incapable d'exécuter des travaux qui demandent la plus grande concentration de l'attention, ensuite l'exécution de travaux plus simples devient impossible. La fatigue de l'attention se manifeste de deux façons : par *un retard* dans l'exécution du travail, si le sujet peut disposer de tout son temps ou bien par *une exécution moins soignée, défectueuse, du travail*, par l'apparition des erreurs, si le temps lui est mesuré, s'il est exactement le même qu'au début de l'expérience, lorsque le sujet n'était pas encore fatigué. Mais dans la fatigue extrême, un accroissement de temps n'est même plus en mesure de compenser les erreurs qui apparaissent malgré la grande lenteur du travail.

Ces deux éléments (temps et erreurs) ont servi de base à la mesure de l'intensité de la fatigue intellectuelle.

La fatigue ne doit pas être confondue avec l'*ennui* qui résulte de l'uniformité du travail, même lorsque celui-ci n'est pas fatigant. L'intensité du travail n'est pas modifiée dans l'ennui, et

il suffit de changer le genre de travail pour voir l'ennui disparaître. La fatigue ne doit pas non plus être confondue avec l'état de distraction, car le manque de concentration de l'attention est dû ici à une cause autre que la fatigue intellectuelle.

La fatigue intellectuelle dépend de la durée et du genre du travail et aussi de l'individualité. Il ne faudrait pas croire qu'elle soit exactement proportionnelle au travail produit. De même que toutes les manifestations de l'excitabilité, l'excitation intellectuelle se trouve sous l'influence de deux processus antagonistes : la fatigue et l'entraînement. Chacun connaît les difficultés de la mise en train. Vient ensuite l'entraînement. Lorsque nous disons que deux facteurs sont antagonistes, cela ne signifie pas nécessairement qu'ils sont inversement proportionnels. L'un de ces facteurs peut augmenter plus vite que l'autre diminue. Dès lors, tout l'effort de l'éducation doit porter vers l'acquisition des qualités de l'entraînement sans amener de fatigue. Les effets de l'entraînement, ainsi qu'on a pu s'en convaincre expérimentalement, sont plus durables que ceux de la fatigue, ils restent acquis pour un temps plus ou moins long, alors que la fatigue se dissipe plus rapidement. Nous donnons ici au mot *entraînement* la même signification que celle qu'on lui accorde dans l'éducation physique.

Lorsqu'un organisme fatigué se repose, il se produit en lui un double effet : d'une part, la fatigue disparaît, mais les hautes qualités de l'entraînement, qui s'entretiennent par l'exercice, disparaissent aussi en partie. Après les vacances nous sommes reposés, mais nous avons aussi perdu de notre entraînement. Et plus les vacances auront été longues, et plus grand paraîtra le conflit. C'est une vraie perte de l'*adaptation*. Or, dans cette circonstance, l'adaptation, c'est l'entraînement. Puis, petit à petit, à la reprise des travaux, l'exercice prend le dessus et les qualités de l'entraînement réapparaissent.

Bien des fois nous avons été frappée par la comparaison qui s'impose avec les équilibristes. Un homme saute sur les épaules d'un équilibriste qui le soutient avec grand effort ; mais dès que l'équilibre est obtenu, un troisième vient se placer sur les épaules du second, puis un quatrième se glisse sur les épaules du précédent. Cette masse instable est portée dans un équilibre parfait par l'homme d'en dessous. Or, il est certain que cet effort n'aurait jamais pu être produit, s'il avait fallu le développer d'emblée.

Il en est de même du travail intellectuel. A cause de la perte de l'entraînement, lors des vacances, on ne devrait pas reprendre toutes les occupations à la fois à la rentrée, sous prétexte que les élèves sont reposés. La reprise devrait avoir lieu graduelle-

ment; pour le moins, les devoirs à domicile devraient être supprimés, car les élèves sont *désentraînés*.

Il y a des effets d'entraînement à courte et à longue échéance. Ainsi, ce qu'on appelle *entraîn*, dans les courbes de Kraepelin (voir plus bas), ne s'observe que lors d'une séance de travail; si on interrompt la séance, l'entraîn disparaît. Ce qu'on appelle *exercice* dans les mêmes courbes, est un genre d'entraînement à plus longue échéance, car il peut persister d'une séance de travail à l'autre. Ce que cet auteur appelle *habitude* est un entraînement qui s'acquiert par la répétition journalière et qui peut durer des semaines et des mois. Ces phénomènes se vérifient constamment dans la vie quotidienne, où tous les degrés de l'entraînement intellectuel existent.

Il existe enfin un genre d'entraînement à échéance plus longue encore, qui s'observe dans le courant de l'année. Au milieu de l'année scolaire, les élèves travaillent le mieux, c'est-à-dire avec le plus de stabilité. Pourtant, malgré la fatigue, l'entraînement est plus grand vers la fin de l'année scolaire qu'au commencement de l'année. A la fin de l'année, les élèves travaillent assidûment, préparant leurs examens, ce qu'ils ne pourraient certes faire à la rentrée.

Un haut degré d'entraînement peut donc coïncider avec une forte fatigue; cette situation peut créer un véritable danger, car la volonté va masquer pendant un certain temps les effets de la fatigue. Mais les effets de la fatigue réapparaîtront quand même, peut-être pendant les vacances, peut-être aussi au moment de la rentrée. Nous voyons aussi à quels merveilleux résultats pourrait conduire l'entraînement, s'il pouvait agir seul, sans être contre-balancé continuellement par la fatigue.

Si la fatigue avant les vacances a été très grande et la durée des vacances insuffisante, il peut se produire à la rentrée un phénomène nouveau : l'élève aura perdu les qualités de l'entraînement par le repos, mais la fatigue ne sera pas complètement dissipée. Il n'y a pas ici de contradiction avec les phénomènes observés par Kraepelin : le résultat final dépend du genre du travail auquel on se livre et des circonstances dans lesquelles il se produit. Cette prédominance de la fatigue est rare chez l'enfant; elle est l'apanage de beaucoup d'hommes soumis à un travail excessif.

Si le repos des vacances a été complet, toute fatigue a disparu, et l'entraînement est fortement diminué. La proportion ne peut être exactement indiquée. Mais comme un haut degré d'entraînement ne s'obtient que par une tension ininterrompue de l'esprit, cette tension doit être vaincue par le repos. Sous l'influence du repos, les idées changent d'aspect, les anciennes associations sont rompues. C'est pourquoi il est désirable de

passer les vacances loin de l'école ou de la maison familiale et visiter les pays étrangers.

La perte de l'entraînement est d'ailleurs passagère et vite retrouvée. De même qu'il existe une *fatigabilité*, il existe aussi une *entraînabilité*.

Il est permis de dire qu'au point de vue psychologique, l'entraînement n'est autre que l'établissement d'associations rapides et faciles entre les idées. La fatigue, au contraire, rend ces associations lentes et difficiles.

Il existe, certes, pour tous ces phénomènes, des différences individuelles très considérables. Telles personnes (très rares, à la vérité) n'ont pour ainsi dire pas besoin de se reposer : elles doivent entretenir leur activité toujours en éveil.

Nous voyons ainsi que la faculté de produire un grand travail intellectuel dépend de deux facteurs : éviter la fatigue et ne pas perdre le bénéfice de l'entraînement acquis. Il est donc nécessaire de régler convenablement les repos. Un repos insuffisant conduit à la fatigue, qui rend le travail intellectuel peu productif et empêche la prise de l'entraînement. Un repos trop long efface les qualités acquises par l'entraînement. Il est certain qu'un grand nombre de personnes qui n'arrivent pas à travailler productivement du cerveau, n'ont jamais eu la force de volonté nécessaire pour vaincre l'inertie du début, ou bien n'ont pas appris à régler utilement les alternatives de travail et de repos. Telles personnes sont *insuffisantes* comme rendement intellectuel, d'autres sont *excessives*.

Le travail intellectuel est soumis aux mêmes lois de fatigue, d'exercice, de réparation, de repos par le sommeil, que le travail physique. Le rôle de l'éducateur se borne au rôle d'entraîneur, comme dans les sports.

La question des repos entre les heures de leçons a grandement préoccupé les psychologues pédagogiques, de même que la durée des leçons. On a cherché expérimentalement à délimiter la durée des unes et des autres, en prenant comme critère le rendement

de la classe ou de l'écolier pris en particulier. La durée des leçons doit certainement varier avec l'âge des enfants, c'est-à-dire avec le degré de leur attention. Falk trouve que chaque leçon peut durer quarante minutes, si l'intervalle entre les leçons est de dix minutes. Kuborn pense qu'à 8 ans l'attention ne peut pas être fixée plus longtemps qu'une demi-heure. D'après Carini, il est dangereux de forcer les enfants qui n'ont pas atteint l'âge de 9 ans à faire un effort d'attention pendant plus de vingt minutes. La Commission sanitaire de Paris recommande pour les classes inférieures des leçons d'une demi-heure et des pauses à l'extérieur. En règle générale, on se prononce pour la demi-heure de leçon quand il s'agit de petits enfants. Zimmermann¹ a trouvé dans la deuxième et la troisième année scolaire que six leçons d'arithmétique par semaine, chacune d'une demi-heure, donnaient une quantité de notions apprises supérieures à quatre leçons par semaine chacune d'une heure entière.

D'après Schuyten, à l'école primaire les leçons devraient être de 25 minutes avec 5 minutes de relâche, coupées au milieu du matin et de l'après-midi par un quart d'heure de récréation à l'air libre.

Pour les classes supérieures les leçons devraient être de 45 à 50 minutes avec les mêmes pauses. Ici des leçons trop courtes s'opposeraient à l'acquisition des qualités de l'entraînement.

Des expériences intéressantes ont été faites par Griesbach, au moyen de la méthode esthésiométrique; elles ont montré que l'enseignement de l'après-midi, qui conduit à un degré de fatigue plus accentué que l'enseignement du matin, ne doit être

1. Voir pour la bibliographie : J. Ioteyko. Le Surmenage scolaire. *Rapport au Ve Congrès belge de Neurologie et de Psychiatrie*. Mons, 1909.

appliqué qu'avec beaucoup de prudence. Vannod en Suisse et Sakaki à Tokio trouvent avec la même méthode, qu'une heure de travail de l'après-midi provoque autant de fatigue que deux heures du matin. On rencontre peu d'attention dans l'après-midi, suivant Wagner; certains élèves sont même envahis par la somnolence. Schuyten a montré, en se servant du dynamomètre, que les élèves des écoles primaires (Anvers) déploient une force plus considérable l'après-midi que le matin. C'est là l'expression du cumul de la force qui se produit, à cause de l'immobilité, à travers les heures de classe et qui atteint son degré le plus aigu quand la digestion du repas de midi s'est terminée (Schuyten). Cette augmentation de force musculaire dans l'après-midi s'accompagne d'une dépression d'énergie intellectuelle. Nous voyons que la variation de ces deux espèces d'énergie à travers la journée affecterait donc une corrélation inverse. La conclusion qui s'impose de ces expériences est que les exercices physiques (gymnastique, sports), ont leur place marquée dans l'après-midi, non pas immédiatement après le repas, mais quelque temps après. Remarquons néanmoins que lorsque l'école de l'avenir sera réorganisée au point d'éviter la sédentarité, on pourra placer les leçons de gymnastique à n'importe quelle heure.

Schuyten a montré aussi, par des expériences multiples, que l'attention des enfants est à son maximum dans la matinée. On pourrait demander si ce fait est en rapport avec les oscillations en sens inverse de l'énergie intellectuelle? Nous croyons le fait très admissible, un balancement organique pouvant s'établir entre ces deux fonctions, d'accord avec les lois de l'énergétique¹. Mais on pourrait

1. Ceci ne présume en rien sur la question de l'origine de l'effort intellectuel. Il pourrait agir comme un excitant sur le système musculaire (concomitant du travail intellectuel).

aussi admettre qu'à l'état normal, les enfants et les jeunes gens sont plus dispos le matin, physiquement et intellectuellement, à condition de ne pas surmener les deux groupes des facultés.

Quant à l'adulte, on se trouve en présence de *deux types* nettement opposés, si on les compare à ce point de vue : les uns travaillent le mieux dans les heures matinales et sont somnolents dans la soirée ; ces sujets se lèvent de bonne heure et se couchent tôt. Les autres, plus ou moins neurasthéniques, ou au moins nerveux, travaillent mal le matin ou sont incapables de tout effort ; aussi leur lever est tardif. En revanche, ils s'animent le soir et peuvent travailler tard dans la nuit.

En revenant aux enfants, notons que de nombreux auteurs (Friedrich, Zollinger, Schmid-Monnard) ont pu constater que dans les écoles le travail fourni l'après-midi est inférieur à celui du matin. Il est donc, surabondamment prouvé que l'attention des élèves aux heures de l'après-midi est moins soutenue que le matin.

Cette constatation montre implicitement qu'il y a accumulation de fatigue dans le courant de la journée.

Charcot, Javal et Galton avaient prétendu que le surmenage intellectuel n'existe pas chez le jeune enfant, car il ne peut être réalisé que par un effort de volonté. « Le surmenage intellectuel véritable n'existe pas dans les collèges, dit Charcot, parce qu'il n'existe pas en réalité, à l'âge où se trouvent les sujets à ce moment de leur existence. Donnez à un enfant un travail énorme, beaucoup au-dessus de ses forces, il l'accomplira peut-être. Mais toute la portion qui dépassera la moyenne de sa vigueur intellectuelle, il la fera comme une machine. Une fois sa capacité intellectuelle dépassée, il rejette le trop-plein, ou mieux ne l'admet pas du tout, parce que

l'enfant, ne voyant pas l'intérêt immédiat ou le but prochain de ce qu'on lui fait apprendre, est incapable de produire, par la volonté, cette force de surchauffement, d'hypertension cérébrale nécessaire pour fournir une somme de travail au-dessus de ses forces. Le vrai surmenage ne se rencontre que plus tard dans la vie, chez les étudiants qui préparent des concours, chez les hommes faits, obligés par leur profession, leur situation sociale, de fournir quelquefois une somme de travail bien au-dessus de leurs forces. Ceux-là se surmènent, parce qu'ils savent qu'il faut, sous peine de manquer une place, de paraître insuffisants dans celle qu'ils détiennent, arriver à mener à bien la besogne accumulée devant eux. C'est chez ces hommes qu'on observera des cas d'hystérie par surmenage et surtout des cas de neurasthénie. Mais chez les enfants il n'en est pas de même, et je crois qu'on ne doit pas considérer le surmenage comme pouvant fréquemment faire éclore l'hystérie et la neurasthénie chez les jeunes collégiens, tandis que chez l'adulte, en général, on doit les ranger parmi les agents provocateurs de ces névroses ».

Charcot peut être considéré comme le précurseur de ces psychologues qui proclament à l'heure actuelle qu'un travail intellectuel intense ne peut être réalisé que par un grand effort de volonté ; l'inattention est une soupape de sûreté, grâce à laquelle se défend le cerveau contre la fatigue (Kraepelin). Comme le dit fort bien Nayrac¹, l'attention et la volonté sont, au fond, une seule et même chose. L'on ne pourrait être attentif, surtout longuement, si l'on ne le voulait pas. Or, une attention soutenue amène nécessairement une fatigue cérébrale. L'attention volontaire cons-

1. Nayrac. *Physiologie et Psychologie de l'attention*. *Bibl. de Phil. contemp.*, Paris, Alcan, 1906.

titue le meilleur instrument d'investigation scientifique. Telle qu'elle est aujourd'hui, la science implique un immense amoncellement, ou plutôt une infinité d'actes d'attention juxtaposés dans le temps. C'est pourquoi l'homme devrait s'efforcer de développer, le plus possible, son attention volontaire (Nayrac).

Mais on peut objecter à Charcot, dirons-nous, que cet effort d'attention volontaire est réalisable déjà chez l'adolescent et même chez l'enfant âgé de 12 à 13 ans. De nombreuses recherches expérimentales l'ont démontré péremptoirement.

D'autre part, il ne suffit pas de constater l'absence de surmenage intellectuel proprement dit chez les jeunes enfants ; il faut encore examiner si, en employant un autre système d'éducation, il ne serait pas possible d'intéresser l'enfant à un plus haut degré afin d'obtenir un meilleur rendement. L'enfant se défend par l'inattention ; mais alors il prend de mauvaises habitudes intellectuelles et ne développe pas son attention volontaire. Ce système est donc à l'opposé de celui qu'il faudrait préconiser, car pour éviter un plus grand mal (le surmenage et ses conséquences) il exige le sacrifice de la faculté la plus importante, pourrait-on dire, dans le développement intellectuel de l'homme (l'attention).

Nous devons avec Mathieu faire la distinction entre le *surmenage* et le *malmenage*. Cette dernière expression est empruntée à Jayrer (1817). « Quand sans lui imposer de travail intellectuel, on place l'enfant dans un milieu où il ne trouve pas les facteurs de bonne santé et de développement, il y aura malmenage, il y aura trouble général de la santé, résistance vitale insuffisante, menace de déchéance pour l'individu et pour ses descendants. Qu'à ces conditions de milieu vicié s'ajoutent une tâche intellectuelle excessive, des préoccupations d'amour-

propre et d'avenir exaspérées à l'époque des compositions, des examens et des concours, et au malmenage physique s'ajoutera souvent le surmenage cérébral. »

Il est difficile, remarque Mathieu, de séparer en ce qui concerne l'enfant, le surmenage intellectuel du malmenage. Pourtant, dirons-nous, la séparation est indispensable, car ce n'est que par l'analyse très stricte des faits qu'on arrive à les connaître. Pour la même raison, nous ne pouvons englober dans les phénomènes de fatigue intellectuelle, l'exaspération de l'amour-propre, l'émotion causée par les examens et les craintes pour l'avenir. Ce sont des concomitants et des conséquences de la fatigue intellectuelle, mais qui ne constituent pas l'essence même du phénomène. Or, toute analyse plus précise n'a pas uniquement un but purement scientifique : elle a aussi un but pratique. En diminuant les effets émotionnels du travail intellectuel, on arriverait peut-être à le rendre moins épuisant et plus fructueux.

Le malmenage et les causes de surmenage existent dans les écoles françaises de tous les degrés, dit le Dr Albert Mathieu¹ ; ils existent depuis l'école maternelle, jusqu'aux études de l'enseignement supérieur. Le programme est trop surchargé, les exercices physiques manquent ; à l'école maternelle des enfants de 3 à 6 ans apprennent des choses au-dessus de leur entendement, les enfants sont immobilisés dans des milieux confinés ; à l'école primaire, les enfants de 6 à 13 ans ont, en sus des heures de classe, encore trois heures de travail à la maison ; la préparation du certificat d'études primaires aussi bien que du brevet pour l'enseignement devient une cause sérieuse de surmenage. L'horaire de l'enseignement secondaire est une occasion de malmenage et surmenage. A l'approche de certaines compositions, des examens ou des concours, les grands élèves doivent subir onze à douze heures de sédentarité scolaire tous les jours. Comme cause de malmenage et de surmenage intellectuels, tels qu'ils se présentent dans les écoles françaises, il faut signaler, dit Mathieu, la multiplicité des matières et des programmes, le défaut d'entente entre les professeurs, le défaut d'entente entre les familles et les professeurs, les études supplémentaires imposées par la famille. La grande occasion de sur-

1. Dr Albert Mathieu. Question de surmenage des enfants dans les écoles. *Rapport au XIV^e Congrès intern. d'Hygiène et de Démographie*, Berlin 1907 (vol. II des Comptes Rendus, Berlin, Hirschwald, 1908).

menage intellectuel pour les élèves de nos collèges et de nos lycées, c'est la préparation des examens de sortie et des concours qui donnent accès dans les grandes écoles nationales, civiles ou militaires. Le jeune homme laborieux en arrive volontiers à se priver presque complètement de récréations et d'exercices physiques. Il regarde comme un devoir d'aller jusqu'à la limite de ses forces.

Afin de mieux fixer les idées, nous proposons le terme de *malmenage intellectuel* pour désigner les méfaits d'une charge inadéquate pour le cerveau, même si cette charge n'amène pas de surmenage proprement dit. Il est donc permis de dresser le tableau suivant :

Ecoles maternelles : Malmenage physique, malmenage intellectuel.

Ecoles primaires : Malmenage physique, malmenage intellectuel.

Ecoles secondaires : Malmenage physique, malmenage intellectuel, surmenage intellectuel.

Enseignement supérieur : Malmenage physique, malmenage intellectuel, surmenage intellectuel.

De l'importante *discussion sur le surmenage scolaire* tenue à l'Académie de Médecine de Paris (1886-1887), il résulte que le rôle pathogène de la fatigue intellectuelle est considérable. Il y a là un vaste champ d'études, qui consisterait à tenir parti de la défec-tuosité même de notre système scolaire, afin d'en montrer les erreurs. Cette source d'informations ne devrait pas être négligée, et elle s'impose avant tout.

Lorsque nous parlons d'épuisement, il ne faudrait pas donner à ce terme une signification absolue. Malgré la fatigue poussée à l'extrême, semble-t-il, il reste toujours un résidu d'énergie en réserve. Ainsi un muscle cesse de se contracter bien avant l'épuisement total des réserves. Il en est de même pour les phénomènes de fatigue intellectuelle. Donnez à

un élève des exercices de mémoire pendant des heures ; le travail ira en s'affaiblissant, mais ne descendra jamais à zéro. On ne peut admettre qu'un être humain soit fatigué à tel point que tout effort de mémoire lui soit devenu impossible. J'ai proposé d'appeler *loi du minimum disponible* (1909) la relation qui règle ces phénomènes. Cette loi est une défense créée en faveur d'un organisme qui se débilite. On ne peut concevoir un être dépourvu totalement d'attention, de mémoire, etc.

Les données recueillies dans ce chapitre montrent implicitement que le grand problème de *l'organisation du travail intellectuel dans les écoles* n'a point encore été résolu. Il se pose néanmoins avec une âpre intensité. Son point de départ est le même que lorsqu'il s'agit du travail industriel dans les mines : *trouver les moyens de produire davantage avec un minimum de fatigue*, de cette fatigue évidemment qui conduit à l'épuisement, à la déchéance de la fonction, non de celle qui stimule et constitue un exercice salubre pour la volonté.

Il y a malmenage et surmenage intellectuel à l'école. Comment y remédier ? Le remède palliatif est de réduire le nombre des heures de travail (puisque ici, comme dans le travail industriel, une réduction peut être favorable pour l'ensemble de la productivité), de supprimer ou au moins de diminuer l'enseignement de l'après-midi, de consacrer plus de temps aux exercices physiques, d'individualiser les élèves et de baser l'enseignement sur leurs aptitudes.

Le remède radical sera trouvé lorsque les études sur le *fonctionnement économique du cerveau* auront été entreprises, ainsi que cela a été tenté dans l'étude du travail musculaire. On verra alors qu'on peut travailler beaucoup intellectuellement et avoir des résultats médiocres. On peut, d'autre part, sacrifier

un nombre d'heures limité au travail intellectuel et avoir des résultats brillants.

Nous croyons que les matériaux accumulés déjà aujourd'hui, permettraient un essai de *taylorisation du travail intellectuel dans les écoles*, en donnant à ce terme la signification d'une organisation économique du travail intellectuel, la plus productive à courte et à longue échéance, la plus avantageuse pour le développement individuel de chaque écolier, mettant en valeur ses aptitudes personnelles et, par surcroît, la plus avantageuse pour la société. Il ne s'agit certes pas d'imiter sur tous les points le système Taylor ni surtout de répéter certaines de ses erreurs. Le problème du développement intellectuel des enfants et des adolescents, problème qui comporte la notion de psychogénèse, ne peut être assimilé à celui de la productivité de l'ouvrier, ne fût-ce que pour cette raison capitale, qu'il a un aspect sans cesse changeant, son point d'application variant avec l'âge des élèves. Cela n'empêche que l'orientation des deux problèmes reste la même. L'organisation du travail industriel n'est entrée dans la vie scientifique que depuis que son étude a été abordée expérimentalement; celle du travail intellectuel suivra la même loi. Certes, les notions acquises par ces méthodes ne sont nullement définitives à l'heure actuelle; elles ont néanmoins contribué largement à éclaircir le phénomène et devant la méthode s'ouvre le plus bel avenir.

Quoi qu'il en soit, on pourrait dès aujourd'hui tirer parti de certaines données déjà acquises et réformer l'enseignement suivant les indications suivantes :

Diminuer les heures de travail dans l'après-midi; placer les cours les plus difficiles en général dans la matinée; alterner les cours difficiles avec ceux qui le sont moins, ceux qui fatiguent un sens ou une faculté avec ceux qui fatiguent tel autre sens ou telle autre

faculté ; rendre l'enseignement attrayant ; classer les élèves d'après leurs aptitudes, ce qui conduira à une évaluation plus équitable des progrès accomplis et ne forcera pas les élèves à être parfaits dans toutes les branches ; laisser aux élèves le temps nécessaire pour le repos et le sommeil ; instituer des exercices physiques pas trop fatigants, plutôt délassants, etc.

Ces quelques remarques se rattachent à l'enseignement élémentaire, conçu comme il l'est dans les Ecoles publiques. Mais les écoles dites « nouvelles », dont le principe vient d'Amérique, ont résolu, semble-t-il, la question de surmenage intellectuel, en transformant complètement le programme d'études. Elles ont mis à contribution le grand principe de l'entraînement psychique, en tenant continuellement l'attention spontanée et volontaire des élèves en éveil. Dans ces écoles, le travail des élèves peut durer longtemps et sans interruption, l'objet de l'étude restant le même, mais il est envisagé à des points de vue très variés. C'est ainsi que l'intérêt croît jusqu'à un maximum et la fatigue ne se produit pas. L'attention des élèves est captivée par les observations, les expériences, les tableaux visuels, les travaux graphiques, la récitation, le modelage, etc., et tout se rattache aux « centres d'intérêt ». Le principe de ces méthodes est excellent et il a déjà donné ses preuves.

De très nombreux problèmes devront être ainsi abordés grâce à des recherches expérimentales approfondies, telles que : l'élaboration des programmes d'études en rapport avec l'âge et l'individualité des enfants ; le coefficient ponogène de chaque branche de l'enseignement dans ses rapports avec l'âge, le sexe et l'individualité ; la mesure de la fatigue aux différentes heures de la journée ; application des méthodes d'enseignement rationnelles ; durée des leçons dans leur rapport avec l'âge, durée des pauses et des récréations ; les devoirs à domicile ; la durée et

l'époque des vacances, l'utilité ou la non-utilité des examens et concours, leur réforme éventuelle, vu qu'ils devront être basés non sur un effort de mémoire des écoliers ou sur le hasard, mais sur leur connaissance réelle du sujet et sur leurs aptitudes ; nombre, durée et distribution journalière des leçons, leur rang dans le programme ; nombre de professeurs ; le contact avec la famille ; les inconvénients de la sédentarité et enfin, chose extrêmement importante, le choix et l'extension des matières à étudier.

Ce n'est qu'empiriquement ou tout à fait au hasard que ces questions sont solutionnées dans les écoles. Les décisions une fois admises sont acceptées et fixées à la faveur de la routine. Or, rien n'est plus difficile à modifier qu'un programme scolaire. Des mesures exactes s'imposent donc, inévitables.

CHAPITRE XIV

La mesure de la fatigue intellectuelle.

Avant d'aborder les méthodes diverses qui ont été employées pour la mesure de la fatigue intellectuelle, signalons quelques expériences sur la résistance comparée à la fatigue des différentes fonctions psychiques.

L'influence de la fatigue sur la *mémoire* est très évidente. Mosso ayant fait deux fois l'ascension du Mont-Rose et une fois celle du Mont-Viso, rapporte que ses souvenirs sur la topographie des lieux et les incidents du voyage, sont devenus pour lui de plus en plus confus à mesure qu'ils se rapportaient à un lieu plus élevé de la montagne. Les alpinistes qu'il a interrogés ont éprouvé les mêmes effets. Certains doivent prendre des notes pendant les ascensions, sans cela ils ne se rappelleraient plus rien. Mais, après quelques jours de repos, beaucoup d'incidents reviennent peu à peu. Un professeur affirmait que lorsque la marche commence à le fatiguer, il ne trouve plus les noms des plantes, même les plus communes.

Meumann, au contraire, ayant fait faire sur lui-même des expériences de mémoire lorsqu'il se trouvait dans un état de fatigue très prononcé, constata que sa faculté mnémonique n'avait pas sensiblement baissé.

L'*attention* est parmi les fonctions qui ressentent le plus fortement les effets de la fatigue, comme le

démontrent la plupart des mensurations (méthode de Kraepelin, celle de Griesbach, celle de Sikorsky, etc.).

Les changements survenant dans la *reproduction des représentations* dans la fatigue très prononcée, ont été l'objet des recherches d'Aschaffenburg¹. Il trouva que les associations dans la fatigue étaient de valeur inférieure; la plupart du temps apparaissent des associations familières pauvres en contenu, basées souvent sur la consonance, c'est-à-dire sur le son et la rime. On remarque aussi la persévérance des thèmes. Les représentations deviennent mécaniques. A la place des représentations des choses apparaissent les processus moteurs du langage, c'est-à-dire le déclenchement des seuls mouvements de la parole sans concepts.

La fatigue s'exerce aussi sur la *perception des impressions*, sur leur *interprétation* ainsi que sur la *faculté d'observation*; le jugement en est diminué en conséquence. L'*écriture* devient plus petite d'après Meumann, la *lecture* comporte un nombre plus grand d'erreurs. Suivant Miesemer la fatigue physique a de la tendance à augmenter l'écriture, la fatigue intellectuelle tend à la diminuer.

Deux méthodes principales ont été mises en œuvre pour mesurer la fatigue intellectuelle. La première est la *méthode pathologique*, qui a été exposée dans les chapitres VII et VIII. Cette méthode à elle seule est insuffisante. Elle ne nous montre que les troubles extrêmement graves (diminution ou arrêt de la croissance, maladies, etc.). Le surmenage scolaire ordinaire, une mauvaise distribution des cours, un enseignement peu intéressant et peu utile peuvent produire des effets désastreux sur l'intelligence des enfants, sans qu'aucun trouble pathologique proprement dit s'en suive nécessairement. Il faut des con-

1. Aschaffenburg. Die Assoziationen in der Erschöpfung. *Psychologische Arbeiten*, II, 1897.

ditions vraiment néfastes de travail pour que la fatigue intellectuelle retentisse sur le côté physique et en produise l'altération. D'autre part, les méthodes pathologiques ne nous permettent pas d'analyser le phénomène de la fatigue intellectuelle, elles prennent tous les effets de la scolarité « en bloc ». Il est vrai que parmi les signes constatés, quelques-uns paraissent se rattacher intimement à la fatigue intellectuelle proprement dite, tels sont par exemple les symptômes qu'on observe à l'approche des examens et durant cette période, bien qu'ici encore il serait impossible de distinguer ce qui revient à la fatigue et ce qui est dû à son accompagnement émotionnel. La plupart des signes pathologiques peuvent être mis aussi bien sur le compte de la fatigue que d'autres circonstances fâcheuses, comme la viciation de l'air, la sédentarité, etc. Nous devons néanmoins reconnaître que ces méthodes nous ont dévoilé les différents troubles qui menacent la jeunesse scolaire durant son séjour à l'école. Aux incrédules, à ceux qui doutent encore de l'existence du surmenage scolaire, elles apportent une preuve indéniable de ce surmenage. Les faits constatés constituent la meilleure des répliques à quelques esprits paradoxaux qui considèrent le surmenage comme indispensable, sous prétexte que c'est seulement en se surmenant qu'on arrive à passer des examens et obtenir des places aux concours! C'est renverser la logique des causes et des effets. En montrant les dangers du surmenage, la pédagogie scientifique arrivera à modifier les programmes et à rendre le surmenage inutile. Il faut l'enrayer par tous les moyens possibles. Et d'ailleurs la médecine ne nous montre-t-elle pas le nombre considérable de ceux qui succombent en route!

La seconde méthode est la *méthode expérimentale*, qui vient apporter des faits nouveaux recueillis dans les laboratoires et les écoles. Bien qu'il n'existe pas

encore aujourd'hui une bonne méthode de mensuration de la fatigue intellectuelle, les faits recueillis permettent de déterminer, dans une certaine mesure, le degré de fatigue intellectuelle des sujets.

La méthode expérimentale elle-même comporte deux méthodes d'inégale valeur pour nos recherches; la première est la *méthode indirecte ou physiologique*, qui étudie la répercussion de la fatigue intellectuelle sur les phénomènes physiologiques, tels que le cœur et la circulation, la température du corps, la respiration, les échanges nutritifs, la force musculaire, etc. Ces phénomènes sont décrits dans le chapitre V. Très importantes pour élucider la nature de la fatigue, ils le sont beaucoup moins dans l'étude de la mesure de la fatigue intellectuelle. Ainsi, telle personne, très résistante au point de vue musculaire, psycho-moteur, n'accusera pas ou n'accusera que peu de dépression musculaire, malgré une grande fatigue intellectuelle. Une personne, peu résistante musculairement, accusera une forte dépression psycho-motrice malgré une faible fatigue intellectuelle. La mesure ne serait possible que dans le cas où tous les éléments de la fatigue musculaire nous seraient connus. La diminution de la force musculaire, l'action de la fatigue intellectuelle sur le cœur, etc., ne doivent être considérés que comme les échos lointains, comme un résidu de fatigue, comme sa répercussion sur les autres centres.

La seconde méthode expérimentale est la *méthode directe ou psychologique*. Ici encore la valeur des méthodes est très inégale; chacune étudie la fatigue intellectuelle par un seul côté. Il y a lieu de distinguer deux catégories. Les méthodes de la première catégorie consistent à donner aux sujets d'expérience un certain travail mental de courte durée (dictée, calculs, exercices de mémoire, etc.) avant et après les classes, s'il s'agit d'enfants. Ce court tra-

vail qui est un exercice d'essai ou *test* ne doit pas amener de fatigue par lui-même; il sert de mesure à la fatigue produite par les heures de cours. Avant le cours, le test s'exécute mieux, aussi bien comme durée que comme nombre d'erreurs; après les cours les erreurs augmentent aussi bien que le temps nécessaire pour l'opération, par suite de l'entrée en jeu de la fatigue. Il est évident qu'on ne donne pas la même épreuve avant et après les classes, mais on choisit des épreuves équivalentes au point de vue des difficultés. C'est l'augmentation de la durée de l'opération ou du nombre des erreurs qui sert de mesure dans l'appréciation du degré de la fatigue intellectuelle.

On peut reprocher à ces méthodes qu'elles ne mesurent pas directement la fatigue produite par tel genre de travail. Si, après une leçon d'arithmétique, on emploie comme test un exercice de mémoire de l'orthographe, la mesure ne portera pas sur le degré de fatigue dû à la leçon; il est possible que pour cet exercice (mémoire de l'orthographe), l'esprit sera dispos, car le changement apporte en lui des éléments de restauration. On ne sera donc pas suffisamment bien renseigné sur le degré de fatigue occasionné par la leçon d'arithmétique; cette fatigue est peut-être extrême, sans qu'il soit possible de le déceler.

Les méthodes appartenant à la deuxième catégorie mesurent directement le degré de fatigue produit par le travail intellectuel même. Un essai des plus intéressants en a été tenté par Kraepelin et ses élèves (Heidelberg) sous le nom de *méthode du travail continu*. Elle a pour but l'analyse du travail mental. La méthode n'est pas non plus exempte d'objections (voir p. 209 et 223). D'ailleurs nous sommes loin de vouloir diminuer l'importance et le mérite de chacune de ces méthodes, lesquelles présentent un intérêt réel et répondent à certaines indications.

Passons rapidement en revue les principales méthodes psychologiques¹.

La méthode esthésiométrique. — Elle a été employée pour la première fois par Griesbach (1895)² qui eut l'idée d'examiner la sensibilité tactile des lycéens de Mulhouse avant et après les classes. On sait que la discrimination des deux pointes de l'esthésiomètre dépend, entre autres facteurs, du degré de l'attention du sujet. C'est donc avec raison que Griesbach s'attendait à voir l'écart entre les pointes augmenter lors de la fatigue intellectuelle, c'est-à-dire dans les états où la concentration de l'attention est moindre. Les mesures de la sensibilité tactile étaient faites avant les classes, après chaque classe, après quelques heures de repos et enfin le dimanche à midi. Voici les résultats obtenus chez un lycéen de seize ans :

Tableau de Griesbach.

PLAN D'ÉTUDES	7 à 8 heures Mathématiques		8 à 9 heures Latin	9 à 10 heures Grec	10 à 11 heures Religion	11 à 12 heures Physique	12 à 2 heures Repos	Dimanche	
	7 h.	8 h.	9 h.	10 h.	11 h.	Midi		2 h.	Midi
Front.	11	12	14	17	11	15	»	7,5	3,5
Bout du nez. . .	3	3,5	5	5	4	3	»	2,5	1,5
Lèvre inférieure.	2	3	3,2	4	3	3,5	»	1,8	1
Pommette. . . .	11	17	22	23	15	22	»	10	5
Pulpe du pouce.	6	10	13,5	13,5	9	11	»	5	4
Pulpe de l'index.	2,2	2,5	2,5	2,5	2	2,5	»	1,2	1

1. Pour la bibliographie voir mon article *Fatigue*, du Dictionnaire de Physiologie de Ch. Richet, 1903.

2. *Energetik und Hygiene des Nervensystems in der Schule*, München et Leipsig, 1895.

Ces chiffres, qui donnent les valeurs du seuil en millimètres, montrent nettement que la sensibilité tactile diminue en raison de l'intensité du travail intellectuel : la diminution de la sensibilité est manifeste sur toutes les six parties de la peau étudiées. La récréation entre les heures de classe ne suffit pas pour ramener le seuil à sa valeur normale. Un repos de deux heures (de midi à 2 heures) ne suffit souvent pas. La diminution de la sensibilité est plus accentuée pendant les heures de l'après-midi que le matin. Une sensibilité normale ne se retrouve que le dimanche, ce qui montre que les jours de la semaine l'élève ne se restaure pas suffisamment par le sommeil et vient à l'école déjà fatigué.

Il est à remarquer que, d'après les expériences de Griesbach, toutes les branches de l'enseignement ne produisent pas la même fatigue ; elle est le plus accentuée après les cours d'histoire naturelle et de mathématiques, moins après les cours de géographie et de français.

Nous voyons ainsi apparaître la grande altérabilité des processus psychiques ; une heure de travail intellectuel suffit déjà pour y amener des modifications. Ce résultat à lui seul ne veut pas dire qu'il y ait excès de travail. Le surmenage ne devient évident que lors de la diminution graduelle et constante de la sensibilité, malgré les divers repos.

Les expériences qui ont eu lieu après les compositions indiquent une augmentation de seuil très considérable ; même après cinq heures de repos, la valeur du seuil n'était pas revenue à l'état normal. Les expériences de contrôle faites sur des apprentis mécaniciens ont montré que le seuil variait à peine sous l'influence d'un travail physique.

Quant aux examens, ils produisent une diminution bien plus grande encore de la sensibilité et cette diminution coïncide parfois avec des troubles du

système nerveux. Ces symptômes, dus au surmenage, peuvent être considérés comme le début de la neurasthénie.

Et Griesbach affirme que l'enseignement de l'après-midi, qui conduit à un degré de fatigue plus accentué que l'enseignement du matin, ne doit être appliqué qu'avec extrême prudence. L'auteur s'élève contre le programme moderne des lycées, lequel exige des élèves de se mettre au travail trois fois par jour (classes du matin, classes de l'après-midi et travail du soir à domicile), avec une journée de travail de 9 à 12 heures.

Les expériences de Griesbach ont été refaites en Suisse par Vannod et en Pologne par Blazek. Elles donnèrent des résultats identiques. D'après Vannod, qui expérimenta sur une trentaine d'élèves, les classes de l'après-midi sont suivies d'une hypoesthésie cutanée plus accentuée que les classes du matin. Dans les après-midi de congé, la valeur du seuil redevient normale. Le travail de Blazek, fait sur un très grand nombre de lycéens à Léopol (Lwow), renferme des observations intéressantes relativement aux différents types de résistance à la fatigue intellectuelle.

Un auteur allemand, Wagner, expérimenta sur 200 élèves du lycée de Darmstadt et constata une augmentation du seuil après les classes, variant d'un sujet à l'autre. Il tenta même d'établir le coefficient ponogène des différentes branches.

La méthode de Griesbach trouva plusieurs adversaires (German, Leuba, Ritter, Bolton). Mais ces auteurs ont opéré dans des conditions tout à fait différentes de celles dans lesquelles a expérimenté Griesbach; ils se sont contentés d'un très petit nombre de sujets d'expériences; ceux-là étaient des adultes et non des enfants soumis à la scolarité, et il paraît certain que le travail intellectuel qu'on leur a

imposé n'était nullement fatigant. On peut supposer que, d'une part, les adultes sont moins sensibles que les enfants aux effets de la fatigue intellectuelle, et, d'autre part, que la diminution de la sensibilité peut être précédée d'une phase d'augmentation. Il serait utile d'introduire cette notion dans les recherches esthésiométriques. Une fatigue légère pourrait être accompagnée d'hyperesthésie, une fatigue plus intense, d'hypoesthésie. Nous aurions là les éléments nécessaires à la construction des *types de résistance*.

D'ailleurs de nouveaux travaux sont venus se prononcer en faveur du « signe de Griesbach ». Le promoteur de la méthode a publié un second travail¹, paru dix ans après le premier, dans lequel il mesure la fatigue chez les élèves d'un lycée et aussi sur les étudiants de l'Université de Bâle au moyen de deux méthodes : la méthode esthésiométrique et la méthode des calculs, pour s'assurer s'il y a parallélisme entre les résultats. Il a montré que seule la *scolarité* s'accompagne de surmenage.

Binet² a expérimenté dans les écoles de Paris, Schuyten³ dans celles d'Anvers, Sakaki à Tokio⁴, Noïkow⁵ ainsi que Bonoff⁶ à Sofia, Abelson⁷ à Rennes. Tous ces travaux montrent à l'évidence que l'esthésiomètre permet d'enregistrer la fatigue intel-

1. Griesbach. Weitere Untersuchungen über Beziehungen zwischen gestiger Arbeit und Hautsensibilität. *Intern. Archiv. f. Schulhygiene*, I Band, 1905, pp. 327-417.

2. Binet. Recherches sur la fatigue intellectuelle scolaire. *Année Psychol.*, XI.

3. Schuyten. *Pædagogisch Jaarbæk*, 1906, Anvers.

4. Sakaki. Cité par Schuyten.

5. Noïkoff. Esthesiometrische Messungen. *Intern. Archiv. Schulhyg.*, IV, 1908.

6. Bonoff. Etude médico-pédagogique sur l'esthésiomètre. *Ibid.*, IV, 1908.

7. Abelson. Mental Fatigue and its measurement by the æsthesiometer. Broch. de 147 p., Leipzig, 1908.

lectuelle et qu'il y a surmenage dans les écoles dans le courant de la journée scolaire, dans le courant de la semaine et même dans le courant de l'année, comme le prouvent les recherches de Schuyten. La méthode doit être maniée avec prudence et les résultats devront être judicieusement interprétés, car d'autres facteurs que la fatigue agissent encore sur les variations de la sensibilité (influence de l'âge, du sexe, du degré d'intelligence).

Pour devenir scientifique, la méthode esthésiométrique qui certes, doit être considérée comme une des meilleures, attendu qu'elle s'attaque au degré de concentration de l'attention du sujet, devrait indiquer à quel degré de fatigue correspond chaque millimètre de baisse dans les valeurs esthésiométriques et ceci aux différents moments de la fatigue. Comme la fatigue paraît augmenter suivant une progression géométrique, un millimètre de baisse présente une valeur plus considérable vers la fin de la courbe qu'au commencement.

La méthode algésimétrique. Les premières recherches à cet égard sont dues à Vannod¹, qui examina parallèlement la sensibilité tactite et la sensibilité dolorifique des élèves avant et après les classes, en se servant d'un esthésiomètre et d'un algésimètre à poids. La fatigue intellectuelle produit des effets opposés sur les deux genres de la sensibilité : alors que la sensibilité tactile est atténuée, la sensibilité à la douleur est augmentée. Il y a donc hypoesthésie accompagnée d'hyperalgésie.

Aux Etats-Unis, Swift², en se servant de l'algésimètre temporel de Mac Donald, est arrivé au même résultat. Le travail intellectuel produit une hyperal-

1. Vannod. La fatigue intellectuelle et son influence sur la sensibilité cutanée. *Revue médicale de la Suisse romande*, 1896 et 1897.

2. Swift. Sensibility to pain. *Amer. Journ. of Psychology*, 1900.

gésie manifeste. La fatigue, mesurée à l'algésimètre, est plus considérable chez les jeunes enfants que chez les jeunes gens.

J'ai fait avec M. Stefanowska¹ des expériences algésimétriques chez les adultes, dans le but de mesurer la fatigue intellectuelle. Contrairement aux résultats obtenus chez l'enfant, nous avons constaté la fréquence de l'hyperalgésie dans un état de fatigue très prononcé. Il n'y a pas, semble-t-il, de contradictions avec les recherches précédentes. Il paraît probable qu'une grande fatigue intellectuelle, telle qu'elle peut être obtenue chez l'adulte par un grand effort d'attention, s'accompagne d'une diminution de la sensibilité à la douleur. Mais une fatigue intellectuelle modérée s'accompagne d'hyperalgésie. Cette dissociation des deux sensibilités est intéressante. Il paraît certain que les variations du tact relèvent d'une cause différente que les variations de la sensibilité à la douleur. L'hyperalgésie est l'effet d'un état d'irritation presque malade du système nerveux, qui s'établit après de grands efforts de l'attention. Cet état d'irritation peut être rattaché à l'anémie cérébrale qu'on constate dans la fatigue intellectuelle (bâillements).

Plus récemment, Binet² a fait des recherches dans une école primaire de garçons à Paris, en se servant du sphygmomètre de Blocq. Le travail intellectuel consistait dans une composition d'une heure environ. Les chiffres montrent nettement une diminution de la sensibilité à la douleur (environ 30 enfants ont été examinés). Ceci prouve bien que la sensibilité peut tantôt diminuer, tantôt augmenter, suivant le degré de fatigue et aussi suivant l'individualité des sujets.

1. J. Ioteyko et M. Stefanowska. Recherches algésimétriques. *Bull. de l'Académie royale de Belgique*, classe des sciences, 1903.

2. Binet. *Année Psychologique*, tome XI.

Nous croyons que les résultats obtenus au moyen de ces deux méthodes se dessinent assez nettement pour encourager un essai de synthèse et des calculs de corrélation.

La méthode du travail continu. (*Analyse du travail mental*). Cette méthode est due à Kraepelin, alors professeur à l'Université de Heidelberg. Le premier travail de toute une série est celui de *OEhrn*¹, travail ayant paru en 1889 et reproduit ensuite en 1895, dans le recueil de Kraepelin.

La méthode du travail continu permet d'arriver à *l'analyse psychologique du travail mental*. Il est donc nécessaire de donner ici une description assez détaillée de la méthode, dans le sens que l'avait conçu Kraepelin.

La méthode consiste essentiellement en ceci, qu'un travail mental *simple* est donné au sujet et ce travail est continué pendant un temps assez long dans des conditions bien déterminées, permettant la mesure de la qualité et de la quantité du travail fourni pendant des unités constantes du temps. La quantité de travail est déterminée par le nombre d'opérations exécutés pendant des unités de temps qui se succèdent ; la qualité du travail est évaluée par le nombre d'erreurs accomplies pendant les mêmes unités. Il est possible de cette façon 1° de se rendre compte de la marche du travail à tout instant pour ainsi dire lors d'une besogne intellectuelle de longue durée, ainsi que de l'allure générale du travail ; 2° de constater les différences individuelles dans la marche du travail, lorsque celui-ci est exécuté par un certain nombre de personnes, différences aussi bien quantitatives que qualitatives ; 3° de constater les changements introduits dans le travail par la modification

1. OEhrn. Exper. Studien zur Individualpsychologie. *Kraepelin's Psychologische Arbeiten*, I, 1895, pp. 92-152.

des conditions dans lesquelles il s'accomplit et par la répétition du même travail. Ces expériences permettent en outre de tirer quelques conclusions sur l'essence même du travail mental.

C'est la méthode des additions qui est le plus fréquemment employée. Les additions doivent être uniformisées au point de vue de la difficulté. Meumann n'utilise pas les chiffres de 0 à 2. Le signal retentit toutes les 5 minutes, toutes les 10 minutes, ou bien toutes les minutes ou enfin toutes les $1/2$ minutes. Le sujet fait à ce moment un trait dans le texte. L'expérimentateur n'a qu'à calculer le nombre des additions accomplies dans l'unité de temps. Il est donc possible d'établir graphiquement une courbe quantitative de travail, en mettant sur la ligne des abscisses les unités du temps et sur la ligne des ordonnées, les quantités correspondantes de travaux accomplis. Si nous inscrivons sur l'ordonnée le nombre des erreurs commises, nous obtenons une courbe qualitative du travail. Cette dernière n'a pas de grande importance dans le cas considéré à cause du nombre très restreint d'erreurs dans le travail très simple. La courbe quantitative présentera des aspects différents chez les différentes personnes. Lorsqu'elle présentera des différences caractéristiques pour des groupes de personnes, on pourra parler des *types de travail*. (voir p. 226). Ce qui est caractéristique de la méthode, c'est qu'on demande aux sujets d'expérience de travailler avec la plus grande vitesse possible.

Dans le mémoire cité, Oëhrn a étudié ¹ expérimentalement les modifications de la vitesse de différents phénomènes psychologiques sous l'influence de la fatigue. Ses expériences ont porté sur 10 personnes

1. Ces travaux ont été analysés avec force détails dans : A. Binet et V. Henri. *La Fatigue intellectuelle*, vol. de 338 p., Paris, Schleicher, 1898.

adultes et se rapportaient à six genres de travaux intellectuels, à savoir :

1° *Compter les lettres d'un texte imprimé en caractères latins.* — Le sujet devait compter aussi rapidement que possible les lettres d'un texte, et quand il arrivait à cent, faire un trait avec un crayon à l'endroit correspondant du texte, puis il continuait à compter les lettres du texte. Toutes les cinq minutes retentissait un coup de sonnette et à ce moment le sujet devait faire dans le texte une marque avec le crayon.

2° *Addition des nombres d'un chiffre.* — L'expérience se faisait dans les mêmes conditions que la précédente. Le sujet recevait une feuille avec des chiffres inscrits à l'avance et il écrivait les résultats de l'addition au regard des chiffres.

3° *Ecriture sous dictée.* — L'auteur cherchait à déterminer la vitesse de l'écriture aussi rapide que possible. Toutes les cinq minutes le sujet faisait une marque. On pouvait ainsi déterminer le nombre de lettres écrites toutes les cinq minutes (sans tenir compte des fautes commises).

4° *Lecture à haute voix.* — Le sujet lisait aussi rapidement que possible un texte facile. On notait le nombre de lettres lues toutes les cinq minutes.

5° *Mémoire des chiffres.* — Le sujet devait apprendre par cœur un certain nombre de chiffres.

6° *Mémoire des syllabes.* — Le sujet devait apprendre par cœur un certain nombre de syllabes.

Ces différentes expériences ont été faites pendant deux heures sans aucune interruption. Le dépouillement des résultats permettait de compter la quantité de travail fait toutes les cinq minutes. Cette quantité varie suivant l'état des fonctions psychiques.

C'est ainsi que O'Ehrn a pu démontrer expérimentalement, que l'exercice acquis et la fatigue ont une influence opposée. L'exercice tend à augmenter la

vitesse du travail, la fatigue tend à la diminuer. A chaque moment de l'expérience la quantité de travail se trouve réglée par l'intensité de ces deux facteurs. Pour un travail de deux heures, on peut distinguer deux phases différentes : la première, c'est la phase où l'influence de l'exercice prédomine sur l'influence de la fatigue ; pendant la deuxième phase, c'est la fatigue qui prédomine sur l'exercice. Les différences individuelles se manifestent assez nettes ; chez certains sujets, le maximum se trouve plus près du commencement du travail ; chez d'autres il est situé plus près de la fin. Malgré les différences individuelles, chaque genre de travail exerce une influence déterminée. Le maximum est atteint le plus rapidement pour la mémoire des syllabes ; puis vient l'écriture, puis l'addition, puis la lecture, puis l'acte de compter les chiffres et en dernier lieu la mémoire des chiffres.

Mémoires des syllabes	24	minutes
Ecriture	26	—
Additions	28	—
Lecture	38	—
Acte de compter les lettres une par une	39	—
Acte de compter les lettres trois par trois	59	—
Mémoire des chiffres	60	—

Ce qui signifie que la fatigue commence à prédominer sur l'exercice au bout de 24 minutes pour la mémoire des syllabes et au bout de 60 minutes pour la mémoire des chiffres, etc. Dans le premier cas la fatigue s'installe donc beaucoup plus vite que dans le dernier. Le tableau est dans l'ordre décroissant de la fatigue.

Nous relevons l'antagonisme qui existe entre l'exercice et la fatigue, et qui apparaît aussi bien dans les épreuves de vitesse que dans les épreuves de poids et de force.

OEhrn fit en outre la remarque que, si après deux heures de travail on se repose quelques heures, la fatigue disparaît complètement, mais les effets de l'exercice restent acquis. On le reconnaît dans un nouveau travail; la vitesse avec laquelle on recommence à travailler est supérieure à celle du travail de la première séance.

Les questions de fatigue et d'exercice ont été reprises par Amberg¹ et étudiées sur deux sujets. Les tests employés ont été les additions et la mémoire des chiffres. La vitesse de travail augmente continuellement de jour en jour. L'exercice que l'on acquiert pendant une séance se conserve jusqu'au lendemain et même plus longtemps; ses effets ne disparaissent qu'au bout d'un repos de 50 à 70 heures.

En ce qui concerne l'influence produite par les pauses, l'auteur a constaté qu'un repos de 5 minutes après une demi-heure d'additions est plutôt favorable au travail, mais l'effet est très faible. Une pause de 15 minutes après une demi-heure de travail reste sans effet. La même pause après une heure de travail (additions) produit un effet favorable. Si on alterne un travail de 5 minutes avec des repos de même durée, on constate qu'au commencement l'influence du repos est défavorable au travail, tandis qu'elle devient favorable vers la fin. L'influence défavorable exercée dans certains de ces cas par le repos est expliquée avec raison par Amberg, par la perte de l'entraînement. Comme nous l'avons vu, des phénomènes de même ordre s'observent pour la fatigue physique.

Rivers et Kraepelin² ont étudié l'influence produite

1. Amberg. Ueber den Einfluss der Arbeitspausen auf die geistige Leistungsfähigkeit. *Psychologische Arbeiten* de Kraepelin, 1, pp. 300-377.

2. Rivers et Kraepelin. Ueber Ermüdung und Erholung. *Psychologische Arbeiten*, 1, pp. 627-678.

par un repos d'une demi-heure ou d'une heure entière. Dans la première série de recherches, un travail d'une demi-heure était entrecoupé par un repos de même durée. Le résultat le plus intéressant, c'est que la première fois, après 30 minutes de calcul, le repos de 30 minutes suffit pour rétablir les effets de la fatigue, mais après la seconde demi-heure de travail, ce repos ne suffit déjà plus. Dans la deuxième série d'expériences un travail de 30 minutes alternait avec une heure de repos. L'influence du repos a été plus efficace.

Bettmann¹ a étudié dans le laboratoire de Kraepelin les effets psychiques produits alternativement par un travail intellectuel (une heure d'additions) et ceux produits par une marche de 2 heures. Il a choisi comme test la durée des réactions de choix et des réactions verbales, la vitesse de la lecture, la vitesse des calculs et la vitesse de la mémoire des chiffres.

Les réactions de choix deviennent plus longues sous l'influence du travail intellectuel qui a duré une heure ; par contre, elles deviennent plus courtes à la suite d'une marche de 2 heures. Cet effet du travail musculaire est attribué par l'auteur non à une amélioration des processus psychiques, mais à l'état d'énervement musculaire qui amènerait une incoordination dans les mouvements. Sous l'influence du travail intellectuel la durée des réactions verbales augmente ; un effet analogue est produit par le travail musculaire. La faculté d'apprendre par cœur est même plus fortement diminuée par le travail musculaire que par le travail intellectuel. Les autres actes psychiques sont aussi ralentis par la fatigue intellectuelle et par la fatigue psychique.

1. Bettmann. Ueber die Beeinflussung einfacher psychischer Vorgänge durch körperliche und geistige Arbeit. *Ibid.*, I, pp. 152-208.

Ce travail, intéressant à plusieurs points de vue, démontre bien cette donnée de Mosso relative à l'influence réciproque du travail intellectuel et du travail physique. Ainsi, le travail physique ne peut, en aucune façon, être considéré comme un repos après le travail intellectuel. Ces recherches montrent en outre l'extrême sensibilité des différents processus psychiques qui se modifient déjà au bout d'une heure de travail intellectuel, comme l'avait affirmé Griesbach en se servant de la méthode esthésiométrique.

D'autres travaux dans ce même ordre d'idées ont été exécutés par Hylan, Lindley, Michelson, dans le laboratoire de Kraepelin (pour la courbe du travail, voir p. 224). Citons particulièrement l'étude de Weygandt¹ sur l'influence de la variété du travail intellectuel sur le rendement. Cette influence est tantôt nuisible, tantôt favorable. L'auteur pense que lorsqu'un travail difficile est interrompu par un autre plus facile, l'effet est favorable et si le travail intercalé est plus difficile que le travail principal, l'influence est défavorable. Il y aurait lieu aussi de considérer le moment où se fait l'intercalation.

La méthode des dictées. Elle fut employée pour la première fois par Sikorsky (1879) qui faisait faire à Kieff des dictées à des élèves de différents âges pendant un quart d'heure le matin, avant les classes, et à trois heures de l'après-midi, après les classes (les classes finissent en Russie à trois heures). Quinze cents dictées ont été faites ; l'auteur ne tenait pas compte des fautes dues à l'ignorance des élèves, il ne marquait que les fautes involontaires. L'âge des enfants de la première classe est de neuf à dix ans, et celui des enfants de la sixième, de quinze à dix-sept ans.

1. W. Weygandt. Ueber dar Einfluss des Arbeitswechsels auf fortlaufende geistige Arbeit. *Psychol. Arbeiten*, II, pp. 118-202.

Tableau de Sikorsky (Fautes de dictées).

	Avant les classes	Après les classes	Différence
1 ^{re} classe. . .	123,5	156,7	+ 33,2
2 ^e —	121,5	145,3	+ 23,8
3 ^e —	72,4	102,8	+ 30,4
4 ^e —	66,5	94,2	+ 27,7
5 ^e —	61,4	81	+ 29,6
6 ^e —	45,7	80	+ 34,3

Le nombre de fautes est plus considérable dans la première classe que dans la sixième, mais il augmente dans toutes les classes après le travail de la journée et cela dans des proportions assez considérables. La différence en chiffres absolus se maintient assez constante (sauf en cinquième), ce qui tendrait à montrer que les grands élèves commettent proportionnellement plus de fautes que les petits sous l'influence de la fatigue.

Sikorsky classe les fautes en quatre groupes : 1^o les erreurs phonétiques ; 2^o les erreurs graphiques ; 3^o les erreurs psychiques ; 4^o les erreurs indéterminées. Ce sont les erreurs phonétiques, comprenant surtout des omissions et des substitutions de lettres qui prédominent ; car les sons dont les mouvements d'articulation sont très ressemblants, se trouvent souvent confondus. Ce résultat est attribué à un émoussement de l'attention.

Le travail de Sikorsky fut continué et confirmé par Höppner. Des recherches très approfondies sur la même question furent entreprises par Friedrich (1896). Le résultat est le même. Si avant la classe tous les élèves d'une classe au nombre de 51 ont fait 47 fautes, après le cours d'une heure, ils en ont fait 71.

On observa surtout une augmentation du nombre de fautes lorsque entre les classes il n'y avait pas de récréation. Après une heure de gymnastique, on remarqua une augmentation du nombre de fautes plus considérable qu'après une heure de classe.

La méthode des calculs. Elle fut employée pour la première fois par Bürgerstein (1891) qui donna à faire aux élèves des additions et des multiplications (68 filles et 94 garçons, élèves de quatre classes). Pendant une heure, quatre périodes, de dix minutes chacune, étaient consacrées au calcul. De cette façon l'auteur croyait étudier la marche de la fatigue intellectuelle des élèves pendant une heure de travail.

Expériences de Bürgerstein (Calculs).

Série des calculs	Nombre de chiffres calculés	Nombre de fautes	Nombre de corrections
I.	28,267	851	370
II.	32,477	1,293	577
III.	35,443	2,011	743
IV.	39,450	2,360	968

Nous voyons, d'après ce tableau, que le nombre de chiffres calculés augmente du premier intervalle au quatrième dans la proportion de 40 p. 100; mais le nombre de fautes augmente aussi, dans une proportion plus grande (300 p. 100).

Les expériences de Bürgerstein furent reprises par Laser en Allemagne et Holmes en Amérique, avec un résultat presque identique. Friedrich a fait aussi des expériences avec la méthode des calculs; ceux-ci durèrent vingt minutes. Les fautes sont d'autant plus

nombreuses qu'il y a eu plus de travail. Une heure de gymnastique augmente aussi le nombre de fautes.

Richter (1895) introduisit des problèmes d'algèbre dans la méthode, en expérimentant au lycée d'Iéna. Il compta le nombre de fautes avant et après les classes. Le nombre de fautes augmente vers la fin de l'heure.

Récemment W. H. Heck¹ a étudié au moyen des tests (calculs simples : additions, soustractions, multiplications, divisions) la fatigue chez les écoliers de New-York (au nombre de 1153). D'après ces expériences, la fatigue intellectuelle en rapport avec le programme scolaire est de beaucoup moindre que l'on ne le croit généralement. Ce qu'on met généralement sur le compte de la fatigue est dû aux mauvaises conditions de ventilation et d'éclairage et à la perte de l'intérêt pour le travail scolaire peu varié, à la monotonie de l'instruction et de l'environnement. L'enfant ennuyé ne travaille pas bien. L'ennui provoque une diminution du rendement. Quand les enfants sont bien portants, classés d'après leurs aptitudes, quand les leçons sont courtes et variées, et les instituteurs enseignent d'une façon vivante, la fatigue intellectuelle en rapport avec le programme scolaire n'existe plus.

La méthode de combinaison d'Ebbinghaus. Ce psychologue² avait été mis à la tête d'une Commission qui avait été chargée par le gouvernement allemand d'examiner si le système d'enseignement allemand, qui consiste à faire le matin cinq classes de suite et à laisser l'après-midi complètement libre ne fatigue pas les élèves. Ebbinghaus introduisit une nouvelle méthode qui consiste en l'emploi parallèle

1. Witt. Heck. A. Study of Mental Fatigue. Lynchburg, Virginia, 1913.

2. Ebbinghaus. Ueber eine neue Methode zur Prüfung geistiger Fähigkeiten, *Zeits f. Psychol.*, XIII, pp. 401-460.

de trois méthodes : *les calculs, la mémoire des chiffres, et la méthode de combinaison*. Cette dernière consistait à donner aux élèves à remplir les lacunes d'un texte incomplet. D'après cet auteur, la fonction principale qui caractérise un acte d'intelligence, c'est la faculté de combinaison; elle permet de combiner un certain nombre d'éléments hétérogènes, elle trouve un lien entre eux. C'est la faculté synthétique, qui tient de l'imagination. La méthode des calculs a donné des résultats analogues à ceux obtenus par les auteurs précédents : le nombre de fautes augmente avec la quantité du travail intellectuel. La méthode de la mémoire des chiffres a donné un résultat inattendu : on commet moins de fautes après les classes qu'avant, ce qui montre que l'entraînement joue un rôle très important dans les exercices de mémoire et que ses effets masquent les effets produits par la fatigue. La méthode des lacunes a montré que le nombre des fautes augmente vers la fin des classes.

D'autres méthodes ont été encore proposées : la *méthode de cinématomètre* (appareil construit par Störring et ayant servi aux expériences de Meumann et de Gineff), la *méthode de l'évaluation du temps* (Lobsien), la *méthode du tapping*, qui bien que physiologique par certains côtés, se rattache strictement à l'étude de la vitesse des processus nerveux (Lobsien, Lay, Stern en Allemagne et Gilbert et Wells en Amérique). La personne en expérience frappe sur un levier un certain rythme choisi spontanément par elle. Le mouvement s'enregistre sur un cylindre tournant. On constate que chaque individu adopte spontanément un rythme particulier, dont la durée et l'allure constituent une des caractéristiques de sa vie psychique. Or la fatigue intellectuelle détermine un ralentissement du rythme. Rappelons enfin la méthode qui consiste à mesurer *l'étendue de l'accommodation* de l'œil. Sous l'influence de la fatigue cette étendue

augmente (distance entre l'œil et l'endroit où convergent les images des deux yeux). Cette constatation a été faite par Baur. V. Henri ¹ a proposé l'usage de plusieurs méthodes.

Thorndike (1900) a mis à l'épreuve tout un ensemble de *tests* capables de mesurer la fatigue. Sa conclusion, entièrement négative, est que la fatigue intellectuelle ne produit pas d'effets objectifs pouvant être observés méthodiquement. Néanmoins, les sujets accusaient un grand sentiment de fatigue, un dégoût pour le travail, de l'ennui, de l'assoupissement, des nausées, des douleurs dans les membres. Et l'auteur pense qu'on a pris souvent, comme synonyme de fatigue, le désir de ne pas travailler. Or, dans tous les cas examinés, l'effet de l'exercice a contre-balancé l'effet de la fatigue, ce qui ressort des expériences faites sur 600 élèves avant et après le travail de la journée. L'essai fait le soir n'a pas été moins correct que celui du matin.

Il paraît certain qu'au point de vue pratique, les recherches entreprises sur la fatigue intellectuelle ont fourni des résultats très importants, bien que toujours d'ordre partiel. Ces nombreux essais sont encourageants et permettent d'affirmer qu'on est entré dans la bonne voie. Il est donc permis aujourd'hui d'étudier comparativement la résistance à la fatigue des élèves dans une classe, d'introduire cette notion de fatigabilité dans leur dossier scolaire. Une étude pareille est parfaitement légitime, attendu que les élèves dans une classe sont soumis aux mêmes influences, qu'ils ont été examinés par la même méthode et par le même expérimentateur. C'est donc un gain pour la psychologie individuelle des écoliers.

En ce qui concerne les conclusions générales rela-

1. V. Henri. Etude sur le travail psychique et physique. *Année Psychologique*, III, 1896, pp. 232-278.

tives à tout un système d'éducation, elles doivent être faites avec beaucoup de réserve. Certes, dans quelques cas les résultats coïncident avec les troubles nerveux très apparents, qui viennent confirmer la validité de la méthode. Les phénomènes constatés ne se dissipent que très lentement. Il est donc permis de parler de surmenage. Dans d'autres cas, les résultats paraissent encore assez disparates, ce qui tient au morcellement des recherches ; chaque auteur n'a étudié qu'un coin limité de la question, et ses conclusions sont établies dans les conditions où il a opéré et pour ses sujets d'expériences. Mais tout change avec un expérimentateur différent, des tests et des sujets différents. Un seul et même test peut donner des résultats tout autres suivant le degré de résistance du sujet. Il faudrait donc aujourd'hui expérimenter sur une large échelle en comparant un certain nombre de tests et en introduisant dans les résultats les calculs mathématiques.

CHAPITRE XV

La courbe de la fatigue intellectuelle. Les types de travail.

La mesure de la régularité et de la durée de la concentration de l'attention, si importante pour les besoins scolaires, peut être obtenue soit au moyen de méthodes qui évaluent directement le degré de l'attention, soit au moyen de la méthode du travail continu ; la description de cette méthode a été donnée dans le chapitre précédent. Ce procédé permet de construire des « courbes de la fatigue intellectuelle », imaginées par Kraepelin et elle conduit à la connaissance des « types de travail ».

Les nombreuses expériences faites par Kraepelin lui-même et par ses collaborateurs, lui ont permis de déduire certaines conclusions sur la marche du travail en fonction du temps chez les différents individus ¹.

Si on examine une courbe de travail de deux heures (en mettant sur l'abscisse les unités de temps, sur l'ordonnée les quantités de travail accompli), on s'aperçoit que le sommet de la courbe est ondulé ; cela tient aux légères modifications que subit à chaque

1. E. Kraepelin. Die Arbeitscurve. Extrait de 51 pages du *Festschrift Wilhelm Wundt zum 70^{en} Geburtstag*, Philosophische Studien, Bd. XIX, 1902, Leipzig, Engelmann.

instant la quantité de travail fourni ; ces modifications sont dues, en général, mais non exclusivement, à des oscillations de l'attention. Malgré ces irrégularités, plusieurs phases se laissent très nettement distinguer. Il y a, en premier lieu, la phase de *mise en train*. L'individu commence le travail avec grand entrain, et celui-ci fléchit un peu, ce qui se traduit par un léger ralentissement du travail intellectuel pendant les cinq à dix premières minutes. Après cette phase, le travail se régularise, la vitesse augmente par suite de l'exercice jusqu'à un certain maximum ; c'est la *phase de l'exercice ou de l'entraînement*. Dans la troisième phase, la fatigue commence à produire ses effets, c'est la *phase de la fatigue*, la vitesse du travail diminue et on y remarque souvent des irrégularités. Elles sont dues à ce fait que sous l'influence de la fatigue commençante, le sujet se met à travailler plus lentement ; lorsqu'il s'en aperçoit, il se rappelle qu'il faut travailler aussi vite que possible et il redouble d'attention. Enfin, la quatrième phase est celle de la *verve finale* ; le sujet sait que l'expérience va durer deux heures, il va donc augmenter l'effort vers la fin pour finir bien. La verve est due à l'action consciente du sujet.

Cette courbe, tracée expérimentalement, est en réalité le produit de nombreux facteurs. Aussi, Kraepelin en donne-t-il l'interprétation, en se basant sur les faits acquis dans les recherches de son laboratoire. A côté de la fatigue et de l'exercice, il y a lieu de considérer encore les effets de l'habitude, de l'entrain, etc. Ces facteurs sont bien connus par l'expérience de tous les jours et il est hautement intéressant de pouvoir les mettre en relief par les méthodes scientifiques et les mesurer. Seule l'analyse expérimentale pouvait donner la possibilité d'apprécier à leur juste titre tous ces facteurs ainsi que leurs actions réciproques. Il s'agissait de déterminer non seulement

action relevant le travail au début de la courbe;

5. *La verve* (Antrieb), qui produit les petits rehaussements durant la courbe et détermine à la fin de la courbe un dernier effort plus considérable (verve finale), malgré la fatigue.

6. *La perte de l'entraînement* (Uebungsverlust), lorsque la courbe est donnée après un long intervalle, où l'on ne s'est pas exercé; cette perte a pour effet de diminuer le travail, tout comme la perte de l'habitude.

7. *La réparation*, lorsque le travail est entrecoupé de pauses.

Ces facteurs sont considérés par Kraepelin comme des constantes.

Avant d'aller plus loin, faisons remarquer *l'analogie entre l'analyse du travail mental et celle qui a été faite à propos du travail musculaire* (p. 116), avec cette différence néanmoins que les constantes de Ch. Henry et les miennes ont pu être calculées et exprimées par des nombres, alors que celles de Kraepelin sont restées dans le domaine empirique. En leur appliquant une terminologie mathématique, disons que la courbe de Kraepelin se trouve à tout instant sous l'influence de sept constantes, dont cinq sont *positives* (l'entraînement, l'habitude, l'entrain, la verve et la réparation, lorsque le travail comporte des repos), et deux *negatives* (la fatigue, la perte de l'entraînement); les premières tendent à relever la courbe; les secondes tendent à l'abaisser. La courbe, telle qu'elle se présente sur le graphique, est la résultante de l'action combinée de ces sept constantes ou paramètres¹.

On pourrait, certes, invoquer d'autres facteurs en-

1. Remarquons, que la signification accordée aux constantes pourrait être susceptible de vérification par des expériences de contrôle, comme dans nos expériences ergographiques. Nous signalons cette possibilité à Kraepelin et ses collaborateurs.

core, agissant sur le travail, tels que l'ennui, l'intérêt, l'influence de la volonté qui doit se faire sentir plus forte vers la fin du travail et masquer les effets de la fatigue. On a aussi reproché aux travaux de Kraepelin de n'avoir porté que sur un nombre restreint de sujets. Certes, la courbe de Kraepelin et son interprétation ne peuvent être considérées que

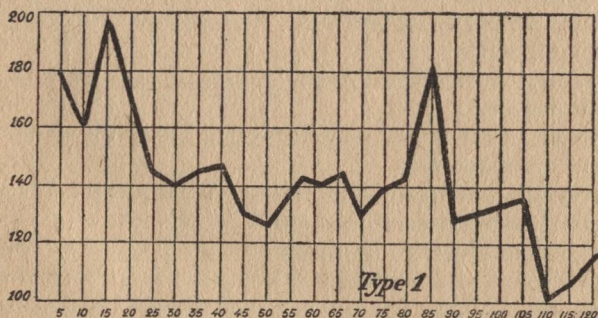


Figure 11

comme un essai, mais un essai de grande valeur à cause de la méthode employée et il ouvre des horizons pour des recherches nouvelles.

A côté de ces lois générales, il existe des lois individuelles. Il existe de fait des *types de fatigue*, mis en évidence par Kraepelin. Telles personnes présentent une grande résistance, d'autres, au contraire, accusent une grande fatigabilité. Tous les intermédiaires sont possibles. D'autres différences individuelles apparaissent par rapport au temps nécessité pour la réparation après la fatigue. Ici encore les individus sont fort dissemblables.

On peut distinguer *trois types quantitatifs de travail*, en se basant sur la courbe du travail intellectuel. Ces courbes sont de beaucoup plus compliquées que celles qu'a obtenues Mosso pour le travail muscu-

laire, toutefois, les trois courbes de Kraepelin présentent de grandes analogies avec les trois courbes de Mosso. Ici et là on peut distinguer trois types. Les différences individuelles tiennent à cette circonstance que c'est tantôt telle et tantôt telle autre composante qui prédomine. Si, par exemple, la fatigue tend à prédominer sur l'exercice, le travail va dé-

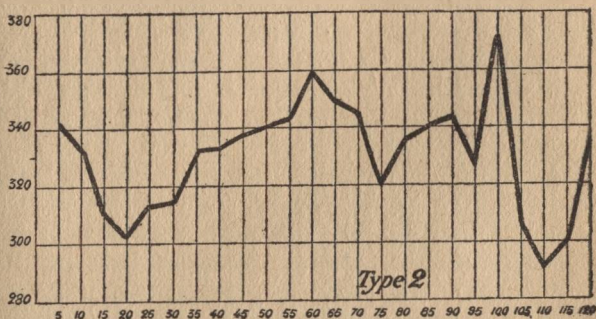


Figure 12

croître rapidement ; dans le cas contraire, le travail se maintiendra longtemps à son niveau primitif. Certes, des modifications de la courbe peuvent survenir chez la même personne pour des travaux différents ; ainsi, il est hors de doute que la fatigue, l'entraînement, etc., agiront autrement lors d'un travail intéressant que lorsque le travail est dépourvu de tout intérêt. Cela n'empêche qu'une certaine allure générale reste caractéristique du type.

Les trois types quantitatifs de travail de Kraepelin sont les suivants :

Type 1. Chez certains individus, le travail est intense au début plus ou moins longtemps et descend dans la suite assez régulièrement, non sans présenter des oscillations (*courbe convexe*). Type descendant).

Type 2. Le maximum du travail n'est pas au commencement ; il n'est atteint qu'au bout d'un temps assez long et le travail diminue ensuite progressivement. Parfois, le travail ne varie guère (*ligne droite*).

Type 3. Le maximum est situé tout à la fin d'un long travail (*courbe concave*).

Ces deux dernières courbes (ligne droite et courbe

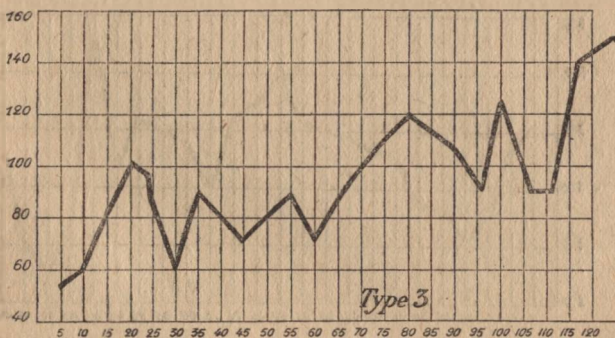


Figure 13

concave) n'ont été retrouvées par Meumann que chez les femmes et les enfants ; la première (courbe convexe), paraît particulière à l'homme adulte. Le premier type présente une adaptation rapide et se fatigue vite ; le second a une adaptation tardive et se fatigue moins vite ; enfin, le troisième présente une adaptation très lente et est très résistant ¹. L'influence de l'exercice et de l'habitude n'est que très restreinte lors d'un travail unique, d'après Meumann.

Offner distingue en outre deux types : le *type montant* (ascendant), le travail monte parfois pendant des heures (expériences de Burgestein, de Höpfner). C'est là un type de travail et non de fatigue, la fatigue est ici compensée par d'autres composantes. L'autre

1. Meumann. Vorlesungen, vol. III, p. 51.

est le type *tombant-montant* (Offner¹, Blazek, où le travail tombe d'abord pour se relever ensuite et diminuer à la fin d'une longue période de travail continu. Maria Maccagno² a expérimenté sur deux fillettes. Le premier sujet a une courbe de croissance, tandis que le second reste à peu près au même taux. Cela se produit lors du travail spontané (addition). Dans le cas où on exige le maximum, la descente est supprimée.

D'après Meumann, toutes ces composantes de la courbe peuvent être ramenées, sauf l'entraînement, lequel possède une signification générale, *aux différents types individuels de l'attention*. C'est l'attention qui se fatigue lors d'un travail intellectuel de longue durée, c'est elle qui s'adapte aux circonstances et aux conditions du travail, c'est elle qui est excitée par le contenu et la forme du travail, c'est elle qui actionne la volonté du sujet pour envoyer des excitations plus fortes. Les composantes ne seraient donc autre chose que les divers aspects de l'attention ainsi que de la tension de la volonté intervenant lors du phénomène de l'attention volontaire; mais il trouve que ces facteurs n'agissent pas nécessairement d'une façon constante lors de chaque travail.

Faisons remarquer que même en ramenant à l'attention tous ces aspects aussi divers des composantes de la courbe, nous n'en avons pas moins le droit de les désigner d'une façon différente. Peu importe, si les constantes sont constituées par des facultés de l'esprit ou par des aspects d'une seule faculté. La forme de la courbe ou son interprétation n'en souffrent nullement et tout se réduit à une querelle de mots. Quant à la « constance » des constantes, elle

1. Max Offner. Die gestige Ermüdung. Broch. de 88 p., Berlin, Reuther et Reichard, 1910.

2. M. A. Maccagno. Introduzione sperimentale allo studio dei tipi di lavoro mentale. *Riv. di Psic.*, VIII, 1912, pp. 1-9.

doit nécessairement subir des modifications en rapport avec les conditions du travail, mais ces changements se passent entre certaines limites. Nous trouvons que les mêmes considérations générales peuvent être émises ici comme pour les courbes du travail musculaire (p. 119).

Le côté formel et technique de ces expériences a été amélioré après un contrôle critique. Les critiques ont montré que la méthode laisse trop de latitude au sujet, car aucune pression objective n'est exercée sur le rythme du travail. Si une personne aborde dès le début un rythme lent et facile, elle adoptera un rythme rapide quand elle sera bien disposée. Si l'unité de temps est assez grande (5 à 10 minutes), le sujet peut pendant ce temps abandonner l'ancien rythme et se reposer un peu et ceci n'est pas enregistré. Il serait donc préférable que le temps nécessaire pour chaque addition puisse être enregistré. Le calcul est trop mécanique et finit par abrutir. Finalement, le sens attribué à chaque composante du travail est très hypothétique et les occasions de se tromper sont très réduites pour les adultes et pour les élèves exercés, ce qui rend impossible la construction d'une courbe qualitative (basée sur le nombre de fautes).

Meumann¹ a essayé de faire faire des calculs d'après les battements d'un métronome. On cherche à trouver empiriquement le rythme nécessaire pour permettre au sujet d'additionner avec aisance et on le laisse travailler suivant ce rythme. Il est alors possible de percevoir toute arythmie et d'enregistrer de cette façon la diminution du nombre des additions. La tension de l'attention reste plus ou moins constante dans ces expériences et la courbe devient l'expression de deux facteurs : la volonté et la fatigue. Cette courbe doit être comparée à la courbe ordi-

1. Meumann. Vorlesungen zur Einführung in die experim. Pädagogik, vol. II, p. 391, Leipzig, Engelmann, 1913.

naire. Disons que de pareilles expériences ne peuvent avoir qu'une valeur de contrôle, sans prétendre à établir la courbe du travail.

On a aussi reproché à la méthode des additions, qui est la plus répandue lorsqu'il s'agit d'un travail mental de longue durée, d'être trop automatique et de ne pas donner prise à la fatigue. L'addition des chiffres d'après la méthode de Kraepelin se fait dans des cahiers (en vente à la clinique psychiatrique de Munich). Chaque page du cahier contient 10 séries de chiffres dans le sens vertical, la série étant composée de 36 chiffres. Les chiffres sont additionnés deux par deux et la somme est inscrite à côté. La consigne est de calculer le plus rapidement possible. Le signal retentit toutes les minutes ou toutes les demi-minutes ou toutes les cinq minutes et à ce moment le sujet marque une croix. Le travail accompli, on calcule le nombre des additions dans chaque unité de temps.

Claparède fait additionner quatre chiffres placés en colonne verticale et fait inscrire la somme obtenue à droite du quatrième chiffre ; ceci rend le travail un peu plus difficile, moins mécanique et diminue le nombre des mouvements de l'écriture. Thorndike et d'autres ont appliqué des problèmes de calcul plus compliqués, comme la multiplication de trois chiffres mentalement et l'inscription des résultats ¹.

Une autre amélioration est celle qui a été tentée par l'*Union des Instituteurs* de Leipzig (Leipziger Lehrerverein), sur la proposition de Rodolphe Schultze². Les chiffres sont placés sur deux lignes horizontales et groupés par deux. On avait remarqué que lorsque les chiffres ne sont pas groupés, les élèves additionnent tantôt deux chiffres, tantôt plus que deux. Le signal (cloche) est remplacé par le com-

1. Thorndike. *Psychological Review*, VII, 3/6, 1900.

2. Voir : Meumann. *Vorlesungen*, III, p. 59.

mandement : *signe*, qui est donné régulièrement, suivant l'indication d'une montre à secondes. Les élèves mettent le signe au-dessous de la dernière somme additionnée. On ne note que le dernier chiffre de la somme.

	4	2	8	4
	7	9	2	9
<i>Résultats</i>	1	1	0	3

A part ces critiques, la méthode de Kraepelin présente, suivant Meumann, certains avantages. Elle est d'une application facile, elle permet, grâce aux répétitions, d'étudier l'effet de l'exercice chez différentes personnes ainsi que les types de fatigue et l'influence des conditions extérieures sur le travail, telles que les divers moments de la journée, l'état de fatigue ou de repos, l'influence variable de la disposition, la valeur du travail de l'après-midi, des différents jours de la semaine, etc.

A part les calculs, d'autres travaux mentaux peuvent aussi être utilisés d'une façon continue. La méthode de Bourdon, qui consiste à biffer certaines lettres d'un texte imprimé, est fréquemment employée pour la mesure de l'attention. Si on prolonge ce travail jusqu'à la fatigue, on peut facilement construire une courbe de travail avec toutes ses particularités individuelles. Il est possible d'ailleurs de graduer la difficulté par le nombre et le choix des lettres. La méthode se prête aussi aux évaluations qualitatives.

La plupart des méthodes pour la mesure de l'intelligence et pour la mesure de la fatigue peuvent aussi être employées, pour autant qu'elles ont le caractère d'un travail continu, susceptible d'être évalué quantitativement, en particulier la méthode de combinaison d'Ebbinghaus.

Il serait utile de connaître les courbes du travail en fonction de sa difficulté croissante, en donnant chaque fois au sujet des tests plus difficiles et plus

complexes. Ce système a été abordé par Meumann à l'Institut psychologique de Hambourg et dans celui pour Aliénés. Nous n'en connaissons pas les résultats. La méthode consiste à élever à chaque expérience le travail mental d'un échelon et de l'étudier aussi bien au point de vue quantitatif (nombre des opérations intellectuelles accomplies par unité de temps) que qualitatif (nombre de fautes).

Les travaux de Kraepelin furent poursuivis par ses élèves : A. Oehr, E. Amberg, W. Weygandt, E.-H. Lindley, K. Miesemer, W.-H.-R. Rivers, G. von Voss, W. Frankfurter. En outre par Yoakum, Raym. Dodge, Edward L. Thorndike.

Les résultats les plus importants obtenus par les élèves de Kraepelin sont les suivants :

1° Les composantes de Kraepelin se retrouvent dans certains cas et ne se confondent pas toujours avec les particularités de l'attention ; les composantes du travail mental, même pour un travail aussi simple que l'addition continue, sont beaucoup plus variables et plus variées que ne l'avait pensé Kraepelin ;

2° Les analyses ultérieures du travail mental ont montré encore l'existence d'autres facteurs, tels que le *stimulant de la fatigue* et l'*excitant de l'empêchement*, c'est-à-dire les stimulants que l'individu se distribue lui-même lorsqu'il remarque sa fatigue ou lorsque survient un empêchement qu'il désire compenser.

On a mis en lumière aussi les *oscillations périodiques* de l'attention observées par G. von Voss, (rythme de l'attention), c'est-à-dire des tensions et des décharges s'accomplissant avec un rythme de 2-3 secondes. Des analogies ont été montrées avec le travail physique.

L'*Anregung* de Kraepelin correspond à « l'escalier » constaté à l'ergographe, c'est-à-dire à une augmentation d'excitabilité de courte durée tout au début de la courbe (décrit entre autres par Bloch dans *Päd.*,

Psych. Arb. d. Leipz. Lehrerverein, II Bd., 1911, pp. 168 et 169).

Des critiques acerbes ont été formulées par Thorndike (*Psychol.*, Rev. mai 1912). D'après lui, la plupart des composantes décrites par Kraepelin et ses élèves ne sont nullement des phénomènes constants et indispensables du travail mental ; les facteurs, tels que la verve finale, la verve de la fatigue ou de l'empêchement, peuvent intervenir dans la vie journalière, lorsque nous n'avons aucune intention de travailler avec une tension uniforme, mais non lors du travail d'expérience, lequel est réglé d'avance et se fait avec une tension d'esprit uniforme. En second lieu, les courbes du travail de la même personne, obtenues lors du même travail, diffèrent notablement chaque jour, de façon qu'on ne peut admettre que la courbe de Kraepelin soit considérée comme la forme normale. Enfin, il est inadmissible, en se basant sur des recherches entreprises pendant plusieurs jours, d'établir la forme d'une courbe d'un individu. La verve initiale est tantôt présente, tantôt absente. La verve finale, la verve de la fatigue et la verve de l'empêchement, font défaut lorsque la consigne est bien observée. L'entraînement faisait presque défaut chez ses deux sujets d'expériences.

L'adaptation ou l'habitude est un effet de l'entraînement à longue échéance. La fatigue doit être définie objectivement comme une diminution du travail qui peut être réparée par le repos. Elle peut être mesurée, lorsqu'on établit la différence entre le travail de la fin d'une période de travail continu et le travail qui suit immédiatement une pause efficace. L'exercice est une augmentation du travail qui s'acquiert dans le temps ; ses progrès sont sous la dépendance de deux facteurs : le temps et l'exercice antérieur. Lorsqu'on mesure l'exercice lors d'un travail donné, il est en relation avec la durée du travail ; si on le mesure

d'un travail à l'autre, il est nécessaire de tenir compte de la perte de l'entraînement consécutive au repos. Somme toute, affirme Thorndike, la courbe de travail obtenue expérimentalement est une ligne droite horizontale; si, dans la vie journalière, le travail nous épuise ou nous rebute, nous ne tardons pas à l'arrêter; si nous sommes forcés de le continuer lors de l'expérience, nous sommes alors aidés par l'habitude et l'exercice. L'auteur conteste la possibilité pour un adulte de gagner 50 p. 100 d'effet utile lors d'un travail d'une heure sous l'influence de l'exercice, de même qu'un repos de 30 minutes puisse faire disparaître les $\frac{3}{4}$ de l'exercice. D'après Meumann, les effets de l'exercice durent des semaines. Thorndike conteste que la verve initiale soit cinq fois plus grande que la verve finale; que la fatigue après $\frac{1}{2}$ heure de travail diminue ce dernier de moitié. Meumann partage la plupart de ces opinions.

La question des composantes du travail mental est largement ouverte, dit Meumann et il demande de nouvelles recherches. Il serait nécessaire d'établir la part relative des processus psychiques fondamentaux qui nous sont connus dans tout travail mental: la préparation, l'instruction, le degré de conscience de la tâche à accomplir, de la représentation du but à atteindre, de l'intérêt matériel et formel qu'inspire le travail à exécuter, l'aptitude individuelle, la part de la volonté, de l'attention, conditions pouvant amener à l'édification d'une *science générale du travail intellectuel*. En second lieu, suivant le même auteur, il serait nécessaire de connaître les conditions découlant du sujet d'expérience au point de vue individuel: diversité des types et modifications introduites par eux sur les côtés formels du travail, précédemment énumérés.

Ch. H. Judd a montré que le travail est moindre et le nombre d'erreurs plus grand lorsque le travailleur ne peut contrôler le résultat de son travail.

Citons aussi les expériences de N. Ach sur la signification de la représentation du but et de la tâche, celles de Wright, de Bischoff et Imre et celles de Meumann. Wright expérimenta avec l'ergographe à plume de Cattell ; dans une série d'expériences le sujet reçut l'instruction de travailler aussi longtemps que possible avec la plus grande tension de l'esprit, sans but précis ; dans la seconde série, il s'agissait de travailler pour arriver à un but déterminé. (Ziellose und Zielbewusste Arbeit). Dans le premier cas il s'agissait de travailler jusqu'à la fatigue ; dans le second, le sujet avait en vue un certain résultat qu'il pouvait apprécier lui même : il devait soit travailler jusqu'à une certaine valeur, la limite étant connue, ou bien travailler aussi énergiquement que possible, soit enfin contrôler ses soulèvements au moyen des yeux et par le calcul. Il a été reconnu, que lors de la connaissance du but, le travail est considérablement plus élevé ; que la conscience de l'impossibilité de réaliser les conditions du travail diminue la quantité de ce dernier ; lors du travail avec un but connu, non seulement le travail est augmenté, mais la fatigue est diminuée.

Les expériences et les observations faites sur les enfants montrent qu'ils se fatiguent d'autant plus vite qu'ils sont plus jeunes. Le facteur de la fatigue intervient chez l'enfant dans une proportion beaucoup plus forte que chez l'adulte, d'après Meumann. On sait aussi que le travail des enfants est également passible d'adaptation, c'est-à-dire que certains enfants ne donnent pas le maximum au début du travail mais qu'ils passent par un stade d'adaptation, pendant lequel l'attention s'améliore. Sous l'influence de pauses, l'adaptation de l'attention peut être rompue ; c'est la raison pour laquelle des pauses assez longues et fréquentes agissent d'une façon défavorable sur le travail, en particulier chez les élèves

plus âgés qui ont moins besoin de réparation que les jeunes enfants, et c'est une erreur pédagogique que de vouloir introduire des pauses trop fréquentes dans l'enseignement, sous prétexte de restauration. Chez les enfants, comme chez l'adulte, il existe aussi un haut degré d'individualité dans la façon de ressentir la fatigue. Mais des recherches plus précises manquent encore dans ce domaine. Toutefois, les courbes de fatigue obtenues chez l'adulte sont susceptibles sinon d'expliquer, ou moins de jeter quelque lumière sur la marche de la fatigue chez l'enfant.

Les recherches de l'Union des Instituteurs de Leipzig ont été faites sur les enfants des écoles, pour lesquels les calculs constituent une occupation courante; elle ont montré que sous l'influence de l'exercice se laissent constater des progrès extraordinaires au point de vue de la vitesse et de la diminution du nombre de fautes. Ce résultat se prononcerait contre la valeur didactique du travail intellectuel tel qu'il se pratique dans les écoles. Il a été de même possible d'étudier l'influence de la volonté sur les progrès de l'exercice.

Ces expériences peuvent aussi être considérées comme des « tests de résistance » et ont leur emploi désigné dans l'étude des facultés mentales chez l'enfant. Le plus grand reproche qu'on puisse leur faire, c'est le manque d'intérêt. A moins d'éveiller une forte émulation parmi les enfants, la fin de l'expérience s'accompagnera nécessairement d'ennui. Malgré ces défauts, ces tests pourront servir avantageusement pour la détermination des « types de résistance » chez les enfants, en montrant le maximum d'effort volontaire dont ils sont capables pour divers exercices et le moment où la fatigue commence à prédominer sur l'entraînement.

Kemsies¹ essaya de déterminer les types de mé-

1. Kemsies. Arbeitstypen bei Schülern. *Zts. f. pädad. Psychologie*, III, 3 Heft.

moire et les types de fatigue chez les écoliers. Meumann fait le reproche à ces recherches de n'être point basées sur une analyse fine des composantes psychiques du travail.

Nous ne dirons que quelques mots des *types qualitatifs du travail*, lesquels ne se trouvent en aucune relation avec la fatigue. Ils peuvent être mis en évidence au moyen d'expériences qui font ressortir toute la richesse qualitative de la vie mentale.

Louis Pfeiffer¹ a déterminé les types qualitatifs de travail scolaire ; Max Weber, Levenstein et d'autres, ont fait des expériences analogues sur le travail industriel.

Pfeiffer remarqua une analogie entre les types de travail et les types d'intérêt. Il semble donc, que l'intérêt inné de l'individu détermine le développement du type de travail, et ceci principalement par l'orientation de l'attention dans une direction donnée. Cet auteur put constater que les types de travail présentaient un certain parallélisme avec les types d'aptitude ; ces derniers nous montrent les différences innées dans l'orientation des intérêts, comme par exemple, dans les expériences de Binet et d'autres sur les types de description et les statistiques bien connues sur l'inventaire représentatif des élèves à leur entrée à l'école. Néanmoins pour parler des types de travail, faut-il encore introduire la notion de la façon dont est exécuté le travail. Est-il exécuté d'une façon correcte, précise, avec force de volonté intense et prolongée, avec intérêt profond, et aussi si la tâche est faite suivant le mode reproductif ou bien suivant le mode productif et créateur, analytique ou synthétique, avec imagination ou d'une façon pondérée ?

1. L. Pfeiffer. *Exper. Untersuchungen über qualitative Arbeitstypen*. Leipzig, chez Nemnich, 1907. Vol. V des Monographies pédagogiques publiées par Meumann.

CHAPITRE XVI

La fatigue industrielle et professionnelle.

Cette importante question a fait l'objet de deux de nos études publiées antérieurement¹ auxquelles nous renvoyons le lecteur. Elle ne sera traitée ici que dans ses grandes lignes.

Il y a deux choses à envisager dans le problème de la productivité : la *production* et la *fatigue*.

Dans son étude sur l'influence du travail professionnel sur l'organisme, Imbert² rappelle que, en France et en Prusse, les gouvernements ont eu leur attention attirée sur ce fait que le nombre des cas de réforme est notablement plus grand parmi les conscrits de la population industrielle que parmi les jeunes gens de la population agricole; c'est même cet inquiétant état de choses qui a suscité les premières et timides tentatives de réglementation du travail des enfants dans l'industrie. Depuis lors, de nombreuses statistiques concernant la mortalité et la morbidité, la comparaison du poids, de la taille et de la force des enfants appartenant à des familles pauvres ou aisées, ont montré que dans l'ensemble des conditions au milieu desquelles se passe la vie des ouvriers agissent des causes qui entraînent la débilité, la maladie et la mort. Parmi ces causes, les unes se rattachent aux métiers insalubres, les

1. J. Ioteyko. *La Science du Travail et son organisation*. Vol. de 260 p., Alcan, Paris, 1917; Le facteur psycho-physiologique dans le travail industriel. Conférence donnée pour les membres de l'Institut général psychologique. *Bulletin de l'Institut*, juillet-décembre 1918.

2. Imbert. *Influence du travail professionnel sur l'organisme*, Nouveau traité de pathologie générale de Bouchard et Roger, chez Masson, Paris, tome I, 1912, pp. 751-764.

autres conduisent à présumer l'existence d'un certain degré de surmenage nerveux ou physique. Nous mettons de côté l'influence exercée par des habitations malsaines ou une nourriture insuffisante.

Certains travaux professionnels fatiguent principalement le système nerveux ; les méthodes de dépistage seront analogues à celles que l'on utilise pour l'étude de la fatigue intellectuelle. D'autres professions, plus particulièrement musculaires, produisent la fatigue physique, et les explorations devront porter sur le système musculaire, respiratoire et circulatoire.

Münsterberg¹ veut établir une connexion étroite entre les recherches du laboratoire de psychologie et l'étude des problèmes économiques ; il veut organiser un système qui mettra méthodiquement l'expérience psychologique au service du commerce et de l'industrie. Les trois directions principales de ces recherches se rapportent aux trois questions les plus importantes pour l'homme d'affaires et l'industriel à la recherche des collaborateurs ou d'ouvriers :

1° Comment connaître les qualités mentales qui fourniront le meilleur rendement pour les travaux à exécuter ;

2° Quelles conditions psychologiques assurent le meilleur et le plus considérable rendement de travail ;

3° Quels moyens éducatifs porteront au maximum les facultés dont l'industrie ou le commerce ont besoin.

Imbert dit qu'à côté de la détermination précoce des aptitudes, il y a la question de l'apprentissage. L'institution de l'apprentissage contribuera, affirme-t-il, à une meilleure utilisation des forces individuelles, abrégera la durée de la période d'initiation professionnelle et hâtera le moment où l'apprenti mériterait une rétribution. L'apprentissage est nécessaire non seulement pour les métiers et les actes professionnels les plus simples, si l'on a préalablement étudié les techniques diverses dont on peut faire usage pour l'exercice de ces métiers ou l'exécution de ces actes. Or, pour procéder à cette étude et reconnaître

1. R. Münsterberg. *Psychology and industrial Efficiency*, Boston 1915, Houghton Mifflin, 320 pages. Voir aussi l'analyse qui en a été faite dans l'*Année biologique*, vol. 20, paru en 1917.

la meilleure technique, il peut être indispensable de recourir à des considérations théoriques et à des méthodes graphiques d'exploration des actes professionnels, avant de les enseigner à l'apprenti.

L'homme ne travaille plus que très rarement comme un moteur physique dans nos industries, dit Omer Buyse¹; il travaille de plus en plus comme un appareil psycho-physiologique. Le problème du travail industriel ne peut donc être traité uniquement comme une branche de la mécanique appliquée aux sciences naturelles; il s'y mêle un *élément psychique*, qu'on connaît par ses manifestations extérieures et dont l'importance doit déplacer l'axe des recherches dans le domaine psycho-physiologique. Le mode de travail, l'effort dynamique, la durée des pauses, etc., apportent à la dépense d'énergie et à la quantité de travail utile fournies des éléments de variation dépendants des qualités psychiques de l'individu. En se basant sur des nombreuses observations faites à Charleroi sur l'apprentissage dans divers métiers de bois et de fer, Omer Buyse arrive à constater que la valeur de la main-d'œuvre est et restera toujours l'élément décisif dans le développement de la capacité de production. Les ingénieurs et les inventeurs, dit-il, s'appliquent sans relâche à perfectionner l'outillage et les moyens de fabrication en s'inspirant des données fournies par la science; mais les expériences ne semblent pas avoir porté une attention suffisante au perfectionnement du moteur humain.

Le facteur psycho-physiologique apparaît non moins net dans les expériences de Taylor, lesquelles ont transformé les modes ordinaires de l'industrie et cela malgré le très haut degré du machinisme de la productivité accélérée. Ainsi, le travail des métaux

1. Omer Buyse. *Le problème psycho-physique de l'apprentissage*, Revue psychologique, vol. III, 1910, pp. 377-399, Bruxelles.

sur tout, particulièrement étudié par Taylor, dépend de *douze variables indépendantes* au moins. Parmi ces variables, le facteur humain est de beaucoup le plus important. C'est sur ce point, laissé en grande partie dans l'ombre, que Taylor a concentré la majeure partie de ses efforts. Parmi les facteurs de la productivité, le plus important, certainement, est la main-d'œuvre, dit Taylor, d'accord avec O. Buyse.

Cette étude est dominée par le principe du *fonctionnement économique* du moteur humain. L'attitude du sujet dans son travail a une grande influence sur son rendement; en recherchant le degré volontaire d'économie d'énergie qu'il est possible de réaliser dans le maniement des outils, en prescrivant des attitudes qui conduisent à la dépense minimum pour un travail donné, les travaux de laboratoire auraient une influence considérable sur le rendement ouvrier, dit Omer Buyse. Rappelons à ce sujet les expériences de Mosso et de ses collaborateurs à l'Université de Turin, lesquelles ont conduit les physiologistes italiens à la recherche des conditions du travail *optimum* étudié à l'ergographe, en fonction de la charge à soulever, de la vitesse de contraction, des intervalles de repos, etc. Des études de ce genre ont été faites depuis dans de nombreux pays (France, Allemagne, Angleterre, Etats-Unis, les nôtres en Belgique), mais elles n'ont pas dépassé les limites des laboratoires de physiologie.

La question a été fort bien posée par Imbert¹. Il cite de nombreux exemples qui montrent la préoccupation inconsciente de l'organisme de réduire au minimum notre dépense d'énergie et la réalisation volontaire des conditions mécaniques qui correspondent à cette dépense minimum. D'après ce physio-

1. Imbert. Mode de fonctionnement économique de l'organisme. Collection *Scientia*, Paris, 1902.

logiste, l'organisme apparaît ainsi comme apte à apprécier l'influence de deux ordres de conditions, les unes extérieures et de nature mécanique, les autres intérieures et de nature physiologique; il sait donc tenir compte à la fois des lois mathématiques et des lois biologiques, mais c'est toujours par le même procédé qu'il porte un jugement sur les conditions du travail. Le fonctionnement du moteur humain est influencé, en effet, par ce fonctionnement même : tout travail excessif entraîne la fatigue, et c'est en réalité avec la préoccupation constante d'écarter la fatigue que nous réglons notre fonctionnement.

L'organisme peut, suivant les circonstances, adopter un mode de fonctionnement plus ou moins économique et la somme totale de travail produite n'est pas toujours la même. Le rôle avertisseur de la fatigue n'est pas efficace dans tous les cas, surtout dans les cas compliqués de travail industriel. Ainsi Taylor a démontré expérimentalement que, suivant les besognes imposées, l'homme travaillant dans des industries peut développer par jour une besogne de 34.000 à 140.000 kilogrammètres, ce qui démontre qu'il n'y a pas une relation rigoureuse entre le travail quel qu'il soit et la fatigue, et d'autre part, qu'il est nécessaire de sélectionner les ouvriers¹.

Pour l'exposé des expériences de Imbert sur la fatigue professionnelle, nous renvoyons à notre volume déjà cité². Ces questions ont encore été étudiées par Ryan, Stanley Kent (de Bristol), Martin (de

1. Manouvrier propose le groupement des soldats en marche non d'après la taille, mais d'après la longueur de la jambe, mesurée du grand trochanter au sol. En mettant en avant les soldats ayant la jambe plus courte, la troupe marche plus régulièrement et avec une moindre fatigue. (*Bull. Académie de médecine*), 1914, p. 108.

2. J. Ioteyko. *La Science du travail et son organisation*, Paris, Alcan, 1917.

Leland Stanford University), Sargent Florence, Frédéric S. Lee, etc.

Les recherches entreprises dans les usines anglaises et françaises pendant la guerre ont démontré péremptoirement que la productivité n'était pas proportionnelle au nombre d'heures de travail. Ainsi, certains ouvriers acceptèrent par patriotisme des journées de 12 à 15 heures, sans même se reposer le dimanche. Or, au bout d'un an la production individuelle avait baissé à ce point que l'on dut réduire la journée de travail en vue d'augmenter l'effet utile.

Quatre grandes enquêtes ont été publiées pendant la guerre par des commissions composées de spécialistes. La première de ces enquêtes a été entreprise par le comité pour l'étude de la fatigue au point de vue économique (Association britannique pour l'Avancement des sciences)¹. Les enquêteurs ont vérifié des constatations antérieures qui montrent que le nombre des accidents augmente lors des longues journées, effet fâcheux aussi bien pour l'ouvrier qui est victime de l'accident, que pour le patron, qui en est responsable pécuniairement.

Stanley Kent, de Bristol², a montré la diminution du rendement sous l'influence de la fatigue.

La Commission anglaise nommée par le Ministère des Munitions³ a prouvé de façon indéniable que la fatigue diminue le rendement ; ses conclusions ont

1. Question of Fatigue from the Economic Standpoint. Report of the Committee. Proceedings of the British Association for the Advancement of Science, 1915.

2. Home Office. Stanley Kent Interim Report and Second Interim Report on an Investigation of Industrial Fatigue. Londres, 1915 et 1916.

3. Ministry of Munitions. Health of Munition Workers Committee. Memorandum and Report, 1915 à 1918. Ces recherches sont continuées par l'*Industrial Fatigue Research Board*, nommé par l'*Advisory Council of the Scientific and Industrial Research Department*.

été adoptées par la Commission américaine du Conseil de la Défense nationale¹.

F. Lee², secrétaire du comité, a fait connaître quelques résultats de ces travaux.

L'influence de *l'intelligence générale* et du degré de *culture* sur le travail des ouvriers, même indépendamment de leurs aptitudes particulières, est un fait digne de remarque. Une vaste enquête entreprise sur le travail ouvrier à l'usine de construction d'écrémeuses de Remicourt (province de Liège), a montré à Waxweiler, le regretté directeur de l'Institut de Sociologie Solvay, de Bruxelles³, qu'il existe une vraie hiérarchie professionnelle dont chaque degré correspond à la mise en jeu d'une attention plus précise.

Cette nécessité d'une éducation générale de l'ouvrier est d'ailleurs indispensable pour la bonne marche de l'industrie. C'est avec juste raison que Anseele, alors député socialiste à Gand, actuellement Ministre du Travail, la réclame comme une impérieuse nécessité⁴. « Les faits de la pratique, dit-il, montrent que l'éducation de l'ouvrier devrait être aussi large que possible. Il y a un intérêt primordial à ce que le travailleur connaisse le marché du produit qu'il fabrique ; il doit savoir distinguer les périodes de prospérité des périodes de dépression ; il doit connaître les possibilités de l'industrie à laquelle il appartient

1. Welfare Work Series N° 1, *Industrial Fatigue*, Washington, 1918.

2. Frederic S. Lee. *The Human Machine in Industry* (Columbia University Quarterly, janvier 1918). *Industrial Efficiency*, Public Health Reports, N° 448, 11 janvier 1918.

3. E. Waxweiler. *Les conditions du travail humain dans l'industrie moderne* (Semaine sociale d'octobre 1912. *Bulletin de l'Institut de sociologie*). Cette conférence est un court aperçu d'une partie de l'enquête. Les attitudes des ouvriers ont été fixées grâce à la cinématographie. L'ensemble de l'enquête n'a pas encore paru.

4. Voir *La Semaine sociale*, etc., p. 55.

de façon à discerner ce qu'il peut raisonnablement demander et quels sont les moments opportuns pour faire valoir ses revendications. Or, jusqu'à présent, il a été ignorant de la marche des affaires et il lui arrive trop souvent encore de réclamer une amélioration de sa situation à un moment inopportun. La création et le fonctionnement de syndicats ont toujours été rendus pénibles par le manque d'éducation de la classe ouvrière. »

Rappelons que le système Taylor exige des ouvriers qu'ils prennent connaissance des méthodes de travail perfectionnées.

Nous concluons qu'indépendamment des aptitudes particulières et de leur développement au moyen d'une éducation technique, un certain degré d'intelligence naturelle ainsi qu'une culture générale de l'esprit sont indispensables aussi bien pour le bien propre de la classe ouvrière que pour le bien de la production industrielle. Ici encore nous voyons nettement que l'ouvrier ne peut être assimilé à une machine industrielle et que le facteur psychologique joue un rôle important. Imbert a d'ailleurs montré expérimentalement que même pour un travail professionnel qui paraît être d'ordre essentiellement mécanique, l'habileté d'un ouvrier, et par suite son salaire, peuvent dépendre beaucoup plus de ses qualités cérébrales que de ses qualités physiques. Le fait a été constaté chez des ouvrières qui travaillaient aux boutures des vignes¹. Tous les détails par lesquels la technique d'une ouvrière habile se distingue de celle d'une ouvrière médiocre, se traduisent en pratique par une économie de temps dans l'exécution des divers actes que comporte la préparation des boutures. L'ouvrière médiocre, qui a le même inté-

1. Imbert. Exemples d'étude physiologique directe du travail professionnel ouvrier, *Revue d'Hygiène et de Police sanitaire*, août 1909.

rêt que sa camarade plus habile à augmenter son salaire, a été incapable de reconnaître, puis d'imiter ces détails de technique, dont quelques-uns sont cependant très faciles à découvrir.

Les pages qui précèdent montrent déjà l'énorme importance de la *sélection* des ouvriers. Elle apparaît très nettement dans les exemples cités par Waxweiler. Elle constitue la base du système Taylor. L'ingénieur américain a reconnu qu'il y a de très grandes différences entre les aptitudes des ouvriers pour exécuter un même travail¹.

L'application de ces résultats obtenus empiriquement conduisit Taylor à l'édification de son système, lequel arrive à doubler ou tripler la production.

En réalité, le système de sélection utilisé par Taylor prête à de nombreuses critiques. Comme l'a très bien démontré Lahy², la sélection telle que l'avait comprise Taylor ne vise pas en réalité la supériorité professionnelle, mais elle a en vue uniquement le triage des mouvements; de façon que Taylor ne s'est pas posé pour chaque métier le double problème de la supériorité professionnelle et de la fatigue, ainsi que le réclament les recherches réellement scientifiques. Il perfectionne les méthodes, non en vue du bien-être de l'ouvrier, mais afin d'assurer la surproduction de chacun. Le travail dans les usines réorganisées d'après le système Taylor, est basé sur la contrainte, la discipline, ce qui est le contraire de l'invention et conduit à la fatigue; l'ouvrier n'est considéré que comme une pièce du système. Jamais, dit Lahy, la préoccupation de déterminer scientifiquement la fatigue chez l'ouvrier n'apparaît dans son système; il s'en rapporte aux travailleurs, qu'il

1. Pour plus de détails voir : J. Ioteyko. *La Science du travail et son organisation*. Paris, Alcan, 1917.

2. J.-M. Lahy. *Le système Taylor et la physiologie du travail professionnel*. Paris, 1916, Masson.

considère d'ailleurs d'avance comme des paresseux. Il a employé, pour le travail humain, les mêmes procédés que pour le travail mécanique, ce qui est une erreur à cause de la fatigue qui intervient dans le fonctionnement du moteur humain. Taylor ne connaît pas la physiologie, son étude des mouvements est loin d'être aussi précise que celle de Marey. Son système de salaires à primes est un encouragement à la surproduction. Les problèmes psychiques, tout ce qui concerne, par exemple, le rythme du travail et du repos, choses essentiellement individuelles, sont restées inconnues à Taylor. Un grand nombre de professions n'ont point été étudiées.

Bien que nous partagions dans ses grandes lignes l'opinion de Lahy, nous ferons ressortir ce fait qui nous paraît certain : Taylor a accompli un grand pas dans la connaissance du facteur psycho-physiologique du travail industriel. L'immense succès obtenu par lui dans le rendement est même dû à l'entrée en jeu de ce facteur ; on ne peut donc affirmer qu'il a employé, pour le travail humain, les mêmes procédés que pour le travail mécanique. Mais Taylor a commis une grave erreur, ou plutôt son système est imparfait. Tout en envisageant le facteur psycho-physiologique, il l'a considéré à un seul point de vue, le point de vue de la surproduction, c'est-à-dire le point de vue de la rapidité du travail. Certes, c'est là un perfectionnement incontestable, attendu que la qualité de la production ainsi obtenue n'était nullement abaissée. Mais Taylor a négligé tous les autres facteurs humains, tels que la fatigue, l'usure, un certain degré de liberté, d'indépendance, le facteur individuel qui peut faire merveille dans certains métiers et qui ne s'accommode pas d'un régime, d'un rythme imposé et invariable. Il n'y a pas de doute que dans beaucoup de professions, le rendement eût été bien meilleur si le côté individuel avait pu être

pris en considération. Taylor, qui connaît si bien la psychologie générale de l'ouvrier, commet des fautes graves quant à la connaissance de sa psychologie individuelle, ou plutôt, ici encore, il se place uniquement au point de vue de la rapidité de la production. Ceci nous conduit à conclure que le système Taylor ne peut certainement être généralisé à tous les métiers et que, dans ceux où il a pu être appliqué avec de bons résultats au point de vue de la productivité, il devrait être révisé en ce qui concerne le bien-être de l'ouvrier. Le perfectionnement apporté par Taylor n'est qu'unilatéral; son système est loin d'envisager dans toute sa complexité le problème du perfectionnement du travail humain dans l'industrie. Les nombreuses composantes du facteur psycho-physiologique lui sont restées inconnues.

Ceci nous amène à parler des *aptitudes* et plus particulièrement des différences individuelles entre les aptitudes. Un élément constitutif important de l'intelligence professionnelle est l'*attention volontaire et la concentration*, dit Omer Buyse. C'est ainsi qu'au milieu des bruits et incidents de l'usine, l'ouvrier conducteur d'outils reste orienté vers les opérations qu'accomplit l'outil dans son travail. Des aptitudes psycho-physiques particulièrement favorables du travail semblent être, d'après Buyse, la rapidité des mouvements et leur précision; ces caractéristiques sont l'expression du degré de contrôle que le sujet possède sur ses mouvements et leur coordination. Un autre indice d'aptitude apparaît dans un phénomène qui accompagne la période d'apprentissage: c'est l'évaluation de la quantité d'effort qui viendra à bout de la résistance de l'outil dans les travaux professionnels. Mes expériences antérieures¹ avaient

1. J. Ioteyko. Les lois de l'ergographie. Etude physiologique et mathématique. *Bull. de l'Académie de Belgique*, classe des Sciences, 1904, pp. 357-726. Deuxième édition dans les *Annales d'Electrobiologie*, 1905.

montré que l'intensité de l'effort nerveux croît toutes les fois que les conditions mécaniques du travail des muscles deviennent plus difficiles, et inversement, que l'intensité de l'effort nerveux diminue quand le travail musculaire à faire devient plus facile (loi de l'économie de l'effort). Il y a là une autorégulation remarquable de l'effort nerveux, les difficultés mécaniques du travail agissant comme un excitant sur les centres nerveux.

Buyse examine la question au point de vue de l'apprentissage. Cette autorégulation s'acquiert par l'expérience et repose sur une évaluation de l'intensité de l'effort à faire pour exécuter le travail, vraisemblablement par la perception de la fatigue résultant de ce travail. L'apprentissage, qui tend à réaliser le travail économique, est le régulateur de l'effort nerveux d'après l'effort musculaire. La méthode consiste, en présence de l'effort inconnu à faire, à tirer parti d'une série d'expériences antérieures, des erreurs accomplies et successivement reconnues, pour mieux ajuster chaque fois l'excitation neuro-musculaire au jugement porté sur l'effort. L'apprentissage des métiers se fait suivant la méthode expérimentale.

Relatons un certain nombre de recherches toutes récentes qui montrent le rôle joué par les aptitudes et la nécessité de créer dans tous les pays des offices d'orientation professionnelle.

J. Fontègne et E. Solari¹ ont étudié le travail de la téléphoniste. Pour faire une bonne téléphoniste, il faut faire preuve d'une bonne mémoire auditive des nombres, d'une quantité et d'une qualité d'attention soutenue, d'une certaine vitesse de mouvements, d'une aptitude à réagir rapidement à une excitation visuelle, d'une bonne ouïe et d'une bonne vue, et de certaines qualités d'ordre physique.

1. J. Fontègne et E. Solari. *Le travail de la téléphoniste*. Archives de Psychologie, t. XXVII, novembre 1918, Genève.

En étudiant les dactylographes, Lahy¹ s'est proposé de rechercher les signes psycho-physiologiques qui caractérisent la supériorité professionnelle. Trois qualités sont nécessaires aux bons dactylographes : la rapidité, l'exactitude et le goût. L'abstraction, le jugement, l'imagination, ne semblent pas jouer de rôle dans la supériorité des dactylographes. Parmi les autres fonctions, aucune n'est capable de déterminer, isolément, cette supériorité qui résulte, au contraire, d'un ensemble de signes variables pour chaque individu, mais représentés chez tous. Les signes observés chez les bons dactylographes sont : une bonne mémoire des phrases concrètes, une tendance à l'équivalence musculaire des deux mains, une sensibilité tactile et musculaire affinée, une attention soutenue. Ces signes ne sont pas ou sont peu représentés chez les mauvais dactylographes.

Lahy² a recherché les signes objectifs de la fatigue dans les professions qui n'exigent pas d'efforts musculaires, sujet hautement intéressant, attendu que les professions nouvelles exigent avant tout la mise en œuvre de l'activité psychique de l'homme. L'enquête qu'il a menée sur le travail de douze imprimeurs linotypistes a duré trente jours, divisée en deux périodes. Lahy a mesuré l'influence du travail sur l'attention, les diverses mémoires, l'acuité visuelle, la sensibilité tactile et musculaire, les réflexes, la force dynamométrique, le pouls radial, la pression du sang et la rapidité du temps de réaction.

1. J.-M. Lahy. Les signes physiques de la supériorité professionnelle chez les dactylographes. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1913, 1^{er} sem., pp. 1702-3.

2. J.-M. Lahy. Les signes objectifs de la fatigue dans les professions qui n'exigent pas d'efforts musculaires. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 1914, tome 158, pp. 727-729.

Les résultats les plus précis ont été fournis par les troubles circulatoires (pression de sang) et les troubles de l'activité nerveuse (temps de réaction). Il semble donc que les effets de la fatigue n'atteignent pas, dans les conditions données, l'activité psychique proprement dite, mais seulement les fonctions soumises aux effets « massifs » du travail. Dans la hiérarchie des fonctions, l'activité nerveuse automatique et la régulation plus automatique encore de la pression du sang occupent un rang moins élevé et sont moins susceptibles de récupérer les forces dépensées que les fonctions dites supérieures (Lahy).

Le même auteur¹ a étudié la psycho-physiologie du soldat mitrailleur. Pour obtenir, dans la guerre actuelle, l'utilisation complète des forces humaines, il est nécessaire de procéder, comme on l'a préconisé pour l'industrie, à une division du travail parmi les combattants. Ici comme là, dit Lahy, on ne peut obtenir le rendement maximum, qu'en affectant à des fonctions déterminées les individus les plus qualifiés. Vingt sujets ont été examinés. En ce qui concerne les temps de réaction, les sujets d'élite comme mitrailleurs présentent la rapidité la plus grande (réactions auditives et visuelles).

Pour ce qui est de la fatigabilité motrice, Lahy fait frapper de petits coups avec la main, aussi rapidement que possible, pendant 45 secondes. Il compare la différence de rapidité entre les 5 secondes du début et les 5 secondes de la fin de l'expérience; c'est ce qu'il appelle *indice de fatigabilité*. Chez les meilleurs mitrailleurs cet indice est 0. On le voit apparaître et s'élever chez les sujets, à mesure que la valeur professionnelle diminue. En outre, tous les

1. J.-M. Lahy. Sur la psycho-physiologie du soldat mitrailleur. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1916, 2^e sem., pp. 33-35.

mauvais mitrailleurs ont présenté de la *suggestibilité motrice* (un mouvement imprimé à la main d'un sujet qui a les yeux bandés se poursuit). La *sensibilité musculaire* est faible chez les mauvais mitrailleurs. Enfin, la respiration et la circulation se modifient instantanément suivant l'acte imposé (le tir, par exemple) chez les bons mitrailleurs. Cette plasticité fonctionnelle est plus ou moins parfaite, selon que le sujet a plus ou moins de sang-froid.

Il existe par conséquent un ensemble de signes qui affirment en l'homme une aptitude générale à une fonction donnée. Pour les mitrailleurs, chargeurs ou tireurs, la plus grande rapidité des temps de réactions, le plus faible écart moyen, un faible indice de fatigabilité et l'absence de suggestibilité, révèlent des aptitudes certaines.

Lahy¹ a étudié dans sa totalité un acte, le tir par exemple, et en a analysé tous les éléments psychologiques, ce qui a permis d'isoler tels éléments qui ne relèvent que du seul effort d'attention. Comme signe de l'attention, il reste une adaptation organique du sujet. Il est d'observation courante que l'attention se traduit par un signe extérieur : l'immobilité. Malgré une apparente immobilité, le mauvais tireur a des mouvements parasites inaperçus chez le bon tireur. Il s'ensuit que pour ce dernier le temps de viser est beaucoup plus court, donc que l'attention est plus grande et plus efficace. Dans les cas où l'attention est efficace, la respiration s'arrête subitement et de façon complète. Lorsque l'attention est faible, la respiration n'est pas modifiée de façon apparente.

Parmi les candidats à l'aviation examinés par Jean

1. J.-M. Lahy. L'adaptation organique dans les états d'attention volontaires et brefs. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1913, 1^{er} sem., p. 1479.

Camus et Nepper¹ figurent des hommes qui ont donné à l'examen des résultats excellents. Mais les temps des meilleures réactions étaient peu différents des moyennes classiques.

J.-M. Lamy² a comparé les effets produits sur la pression du sang, d'une part de la fatigue physique produite par une marche prolongée, et d'autre part de la fatigue psychique résultant d'un travail d'attention (dactylographes). La marche même prolongée et pénible (soldats) fait à peine varier la tension artérielle, par contre l'attention élève presque constamment la pression artérielle. En même temps, le temps de réaction augmente de durée. Nous ne nous prononçons pas sur le fond de ce travail ni sur ses interprétations.

G. Etienne et Lamy³ ont constaté chez tous les aviateurs la présence d'une hypertrophie très appréciable du cœur. Cette hypertrophie est constante, précoce (on la trouve très nette déjà après 5 mois de vol), persistante, proportionnelle à l'altitude habituellement pratiquée, progressive, mais modérée même après 2 ou 3 ans d'aviation. Elle porte surtout sur le ventricule gauche. La tendance à la dilatation du cœur droit est tardive. Pendant longtemps, l'hypertrophie ne provoque nul trouble fonctionnel ni aucune sensation subjective. Les cas d'intolérance sont donc très rares. Cette hypertrophie cardiaque, vrai type d'adaptation, est assez analogue au mal des montagnes.

1. Jean Camus et Nepper, Temps des réactions psycho-motrices des candidats à l'aviation. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1916, 2^e sem., pp. 106-107 ; Mesure des réactions psycho-motrices des candidats à l'aviation, *Paris Médical*, 18 mars 1916 ; Les réactions psycho-motrices et émotives des trépanés. *Ibid*, 3 juin 1916.

2. J.-M. Lamy. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, séance du 15 juin 1914.

3. G. Etienne et Lamy. Le cœur des aviateurs, *Bulletin de l'Académie de Médecine*, 6 août 1918.

Toutes ces recherches et beaucoup d'autres qu'il a été possible d'accomplir sur la psycho-physiologie du soldat démontrent des différences dans les réactions humaines, une diversité dans les aptitudes, d'où la nécessité d'une sélection pour obtenir le meilleur résultat. Nous ne nous arrêterons pas sur la différence d'aptitude qui existe entre la main droite et la main gauche, ni sur la diversité des sexes au point de vue du rendement ¹.

La même tendance d'utiliser les aptitudes et d'éviter la fatigue a présidé à *l'éducation professionnelle des estropiés*. Dans ce cas, il est nécessaire de tirer parti de la capacité de travail qui reste.

Suivant Amar ², les principes sur lesquels doit se baser la rééducation professionnelle sont les suivants: déterminer l'état général de l'organisme (cœur, poumons, sens), celui des articulations et des muscles et la liberté des mouvements, apprécier les forces physiques disponibles et avoir égard aux forces morales, conditionner le travail d'après ces données fondamentales et indispensables tout en tirant le meilleur parti de l'instrumentation prothétique. La rééducation est fonctionnelle et professionnelle, c'est-à-dire que la seconde de ces deux périodes prolonge et achève l'autre. Le maniement des outils, le travail des muscles, dirigés convenablement, ont une influence considérable sur la santé. Les dispositions fonctionnelles sont révélées au moyen de procédés graphiques. L'arthrodynamomètre de Amar ³ permet de mesurer les valeurs des déplacements angulaires des membres et les efforts absolus des groupes musculaires pour tous les degrés de flexion.

En parlant de la méthode Taylor, Gautrelet ⁴ demande qu'elle soit aussi appliquée à l'éducation professionnelle des mutilés, mais en tenant largement compte des lois de la fatigue et du repos.

1. J. Ioteyko. *La Science du travail*.

2. J. Amar. Principes de rééducation professionnelle. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1915, 1^{re} sem., p. 559.

3. J. Amar. Sur la rééducation professionnelle. Un arthrodynamomètre. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1915, 1^{er} sem., p. 730.

4. J. Gautrelet. Les bases scientifiques de l'éducation professionnelle des mutilés. *Bull. Acad. Méd. de Paris*, LXXIII, 1915, pp. 663-668.

Nous ne pouvons, dans ce volume, nous occuper de la question de l'évaluation des incapacités déterminées par les blessures de la guerre ni des principes de cette rééducation. La question a été traitée par de nombreux auteurs, parmi lesquels nous mentionnerons Jean Camus¹, A. Broca², Henri Claude³, André Thomas⁴, Cololian⁵, Riche, Nové-Josserand et Bouget⁶, Bourillon⁷, Terrien⁸, Adrien Nyns⁹, Fontane¹⁰, Belot et Privat¹¹, Nepper et Ch. Vallée¹², etc.

Quant aux procédés mêmes pouvant servir à la *détermination des aptitudes*, ici encore le but à atteindre sera basé sur la meilleure utilisation de la capacité au travail et non uniquement sur les besoins des usines et de leur productivité. La sélection, qui a donné de si bons résultats à Taylor, ne s'applique

1. Jean Camus. L'évaluation des incapacités fonctionnelles, *Paris médical*, 7 octobre 1916 ; Rééducation fonctionnelle et professionnelle. *Ibid*, 2 décembre 1916 ; Les écoles de rééducation professionnelle, *Ibid*, 2 décembre 1916 ; Jean Camus et Riche. Un centre spécial pour examen et traitement complémentaire des blessés réformés. *Ibid*, 7 octobre 1916.

2. A. Broca. Appréciation du degré d'invalidité. *Ibid*, 7 octobre 1916.

3. Henri Claude. De l'évaluation des incapacités. *Ibid*, 7 octobre 1916.

4. André Thomas. L'aptitude des trépanés au service militaire et au travail. *Ibid*, 7 octobre 1916.

5. Cololian. La méthode de mensuration des impotences. *Ibid*, 7 octobre 1916.

6. Nové-Josserand et Bouget. Rééducation fonctionnelle des amputés des membres supérieurs. *Ibid*, 2 décembre 1916.

7. Bourillon. Les méthodes de rééducation. *Ibid*, 2 décembre 1916.

8. F. Terrien. Rééducation des aveugles. *Ibid*, 2 décembre 1916.

9. A. Nyns. La rééducation professionnelle. *Ibid*, 2 décembre 1916.

10. Ed. Fontane. La responsabilité des œuvres de rééducation. *Ibid*, 2 décembre 1916.

11. Belot et Privat. La mécanothérapie agricole, *Ibid*, 2 décembre 1916.

12. H. Nepper et Ch. Vallée. Rééducation professionnelle. *Ibid*, 2 décembre 1916.

qu'aux ouvriers déjà formés et de ce fait, elle ne peut nous satisfaire. Déjà au Congrès international d'Hygiène et de Démographie de Bruxelles, en 1903, j'insistais sur la nécessité d'un examen médical préliminaire des travailleurs dans le but de reconnaître leurs aptitudes et de les guider dans le choix d'une carrière et je réclamaï aussi la fondation de laboratoires d'énergétique, destinés à l'étude scientifique du travail ouvrier.

Ce point de vue s'est élargi depuis considérablement et l'étude de la pédologie nous a montré la nécessité de reporter cet examen à un âge beaucoup plus jeune.

Si maintenant nous tâchons d'introduire la notion du facteur psycho-physiologique dans la question de la détermination des *salaires*, nous nous trouverons en présence de certains faits physiologiques qui, nécessairement, trouveront leur répercussion dans les sciences économiques. La théorie du moindre effort est admise par les économistes.

Mais elle ne tient pas compte de la fatigue de l'ouvrier, des lois de l'usure de son organisme. Dans l'évaluation des salaires elle ne s'appuie que sur le produit du travail, sans se préoccuper des circonstances dans lesquelles le travail a été effectué. Or nous voudrions voir pénétrer aussi dans ce domaine les notions relatives au facteur psycho-physiologique. Nous arrivions à conclure que la fatigue croit beaucoup plus vite que le travail ¹. Un travail effectué par un muscle déjà fatigué agit d'une manière plus nuisible sur ce muscle qu'un travail plus grand accompli dans des conditions normales. L'organisme ne peut être assimilé à une locomotive qui brûle une quantité de charbon toujours la même par chaque kilomètre de chemin parcouru. Quand le corps est fatigué, une faible quantité de travail produit des effets désastreux.

1. J. Ioteyko. Les défenses psychiques. *Revue philosoph.*, février 1913. Voir aussi : *La Science du travail*, pp. 33 et suiv.

De là nous avons formulé déjà en 1913 quelques propositions qui ne sont nullement applicables d'une façon absolue, — car elles vont souvent à l'encontre d'autres tendances, — mais que la science sociale devrait prendre en considération, attendu qu'elles découlent des constatations scientifiques expérimentalement prouvées ; ce sont :

1° Le travail journalier de l'ouvrier suivant une progression arithmétique, son salaire devra suivre une progression géométrique. Le coefficient d'accroissement des salaires est à déterminer expérimentalement dans chaque métier en prenant en considération les méthodes de travail employées ;

2° A travail égal, salaire égal. La quantité de travail produit sera établie dans chaque industrie. Une équivalence pourra être établie entre les industries diverses en se basant sur les lois de l'énergétique. Ce postulat, qui est celui de la justice basée sur l'égalité de la production, n'entre nullement en collision avec celui de la justice basée sur l'égalité des charges. C'est ainsi, par exemple, que les pères de familles nombreuses ont droit à des allocations supplémentaires, ceci en vertu d'un principe différent ;

3° Il est nécessaire de limiter le nombre d'heures maximum pour chaque métier. A cause de l'usure inévitable, une augmentation exagérée du nombre d'heures ne peut plus être compensée par un accroissement de salaires.

Ce sont là des énoncés purement scientifiques qui peuvent entrer ou qui entrent même nécessairement en conflit avec des principes d'ordre économique. Loin de nous en émouvoir, nous considérons le fait comme tout à fait naturel, les contradictions étant inévitables, partout. Afin d'éviter tout malentendu ¹,

1. Voir à ce sujet quelques malentendus qui se sont glissés dans l'appréciation de mes énoncés (*Journal des Economistes*, décembre 1917).

nous tenons néanmoins à définir de plus près les limites entre lesquelles pourraient agir ces différents coefficients de l'établissement des salaires.

Pour ce qui est du coefficient n° 1, il ne peut, cela va sans dire, être appliqué intégralement. En tout cas, il ne s'agit pas de rémunérer davantage un travail moindre effectué vers la fin de la journée qu'un travail plus considérable effectué au début de la journée. Une supposition semblable serait contraire à l'énoncé même, qui parle d'un travail s'accroissant en progression arithmétique, donc toujours pareil à lui-même. Comme le maintien d'un pareil travail s'accompagne nécessairement d'un effort croissant, qui conduit à une grande fatigue et à l'usure, il est nécessaire de rétribuer le travail davantage lorsqu'il dépasse certaines limites. La forme la plus acceptable de l'application de cette formule serait d'attribuer un salaire accru au delà du travail dépassant un certain nombre d'heures. Mais si le travail n'est pas évalué, il n'y a pas de nécessité d'augmenter les salaires dans le courant de la journée pour des travaux d'intensité modérée ; le contrôle faisant défaut, l'ouvrier se laissera entraîner inévitablement à une activité ralentie, sous l'influence de la fatigue.

Ce principe a, d'ailleurs, trouvé son application dans certaines circonstances, pour le travail de nuit, par exemple, considéré comme plus fatigant que le travail de jour, à production égale.

Le second principe n'est pas en contradiction avec le premier. On doit poursuivre l'idée de l'égalité des salaires pour des travaux égaux, en comparant non pas la production du même ouvrier aux différentes heures de la journée, mais en comparant la productivité de différents ouvriers travaillant dans le même métier. Comme nous faisons grand cas de la sélection, nous admettons que d'avance les faibles, les inaptes ont été éliminés de certains métiers et que

chacun a suivi plus ou moins sa voie naturelle.

Sans cette sélection, les faibles qui se fatiguent le plus, devraient être rétribués mieux que les forts, les peu attentifs mieux que les attentifs, etc., ce qui serait une absurdité. Quant aux métiers divers, une équivalence pourrait être établie en se basant sur les lois de l'énergétique et de la psychologie.

Le troisième principe, qui est celui de la limitation des heures de travail dans chaque industrie, est d'une clarté suffisante. Indépendamment d'autres raisons qu'on pourrait invoquer, il s'impose à cause de l'usure de l'organisme, qu'aucune hausse de salaires ne saurait justifier. Il s'agit là d'une règle d'hygiène sociale.

Il va de soi que les facteurs énumérés ne seront pas les seuls à fixer le taux des salaires. Nous voudrions qu'ils intervinssent parmi beaucoup d'autres. Leur application intégrale est malheureusement encore bien lointaine, faute d'évaluations scientifiques.

Les recherches entreprises dans les industries pendant la guerre sont une éclatante confirmation de ces principes. Les lois de la fatigue apparaissent les mêmes, qu'il s'agisse de laboratoire, de sports ou d'usines (voir p. 224).

Quoi qu'il en soit, nous croyons avoir prouvé que la science économique doit élargir son domaine et devenir *individuelle*, sans cesser pour cela d'être sociale. Ce serait là un nouveau chapitre de l'économie, laquelle suivrait en cela l'exemple de la psychologie, laquelle a été générale pendant de si longues années avant d'aborder les problèmes individuels. De même qu'il existe des types « intellectuels », il existe nécessairement des « types de travail industriel » qu'il serait au plus haut point intéressant de connaître. L'économie différentielle tiendrait compte de ces types, différant entre eux par

leurs aptitudes pour tel travail ou pour tel autre, par leur résistance, leurs goûts et leur vocation.

Cette économie individuelle serait d'un grand profit pour l'économie sociale. Nous voyons ainsi que le Taylorisme n'a nullement solutionné le vaste problème de l'organisation scientifique du travail industriel. Il reste encore énormément à faire dans notre vieille Europe.

Rallions-nous pleinement au mot de James Hartness¹: *Une place pour chaque homme et chaque homme à sa place*. Nous savons, dit cet auteur, qu'il y a des hommes qui ne désirent pas se fatiguer le cerveau en étudiant des problèmes compliqués ; des hommes qui sont désireux et même heureux de faire un travail sain. Il y en a d'autres, qui bien que qualifiés pour des positions plus élevées, se contentent de faire loyalement leur devoir pour gagner un salaire suffisant. Ces mêmes hommes dépensent alors le surplus de leur énergie intellectuelle, en se livrant à l'étude en dehors des heures de travail, en vue du meilleur accomplissement des devoirs de leur état ou simplement en prenant d'utiles distractions. La position vers laquelle un peu plus d'ambition pourrait les pousser, leur imposerait un travail exagéré, de nombreux soucis et une lourde responsabilité. D'autre part, le prétendu homme paresseux peut avoir besoin d'être stimulé ou d'être conduit par la force des circonstances, à prendre part à des travaux qui lui conviennent, tandis que l'homme trop énergique peut avoir besoin d'un traitement absolument différent pour garder en équilibre son esprit. Il devrait être possible de mettre toujours chacun à la place où ses caractéristiques personnelles lui permettent de donner des meilleurs résultats.

1. James Hartness. *Le facteur humain dans l'organisation du travail*. Vol. de 127 p., Paris, Dunod et Pinat, 1916.

CHAPITRE XVII

Le rôle pathogène de la fatigue.

L'étude du surmenage est du domaine de la pathologie. Peter, un des premiers, attira l'attention sur les *maladies de fatigue* et signala en 1800 les accidents fébriles dus au surmenage ; il les attribua à ce qu'il appelle l'*autotyphisation*, qui est l'autointoxication d'aujourd'hui. En 1878, Carrieu montra l'influence de la fatigue dans la plupart des maladies. Elle leur imprime un caractère particulier de gravité. Bouley, en 1878, démontre que la corruption de la viande est souvent un effet de l'état de surmenage dans lequel se trouvent les animaux au moment de la mort. Fournol (1879) consacre une étude aux lésions observées chez les animaux morts de surmenage aigu. En 1880, Révilliod désigne sous le nom de *ponose* les maladies de fatigue. En 1888, Rendon publie une thèse sur les fièvres de surmenage. Dreyfus-Brisac étudie les manifestations morbides de surmenage physique, et Dufour publie sa thèse sur le même sujet. On peut encore citer les travaux de Lagrange, Lacassagne, Keim, Froentzel, Leyden, Eloy, Mathieu, Robin, Coustan, Bouchard, Charrin et Roger, Marfan, etc.

Il existe certaines conditions étiologiques qui favorisent l'action du surmenage physique. Ainsi, l'enfant et l'adolescent sont facilement atteints par le sur-

menage. Il existe une fatigue de croissance. Toutes les professions pénibles peuvent nous offrir des exemples de surmenage. Il s'observe tout particulièrement chez les militaires et aussi dans la classe ouvrière.

Les accidents de surmenage ont aussi été observés dans les exercices *sportifs* et notamment dans l'usage de la bicyclette. Des cas de mort ont été signalés (Tissot, Bertrand). Chez les neuro-arthritiques, la fatigue se manifeste avec plus de violence et se dissipe plus lentement que chez les autres sujets. Chez les convalescents, une fatigue minime peut engendrer des troubles graves. Les blessés sont dans le même cas. Comme le dit Bouchard, le système nerveux débilite est un réactif particulièrement sensible pour tous les agents provocateurs de la fièvre. L'influence du milieu *cosmique* est considérable. Les températures extrêmes favorisent le surmenage; la fatigue se produit aussi plus facilement lorsque la *pression barométrique* s'abaisse et lorsque l'air est saturé d'humidité.

Le surmenage physique peut être *cause efficiente* de maladie, ou *cause prédisposante*. Les accidents dus au surmenage peuvent être divisés en *suraiguës*, *aiguës* (ou *subaiguës*) et *chroniques*.

Les accidents dus au surmenage neuro-musculaire suraigu sont d'ordre cardiaque (*cœur forcé*) et respiratoire (essoufflement, *asphyxie mortelle*). Les annales vétérinaires nous en fournissent des exemples. Après la mort, les animaux pourchassés présentent de la rigidité cadavérique hâtive, et la putréfaction est rapide. Hunter avait remarqué que le sang a perdu la faculté de se coaguler, et, d'après Arloing, chez les animaux surmenés, les capillaires sont largement dilatés.

Dans la fièvre de surmenage, il y a auto-intoxication. D'après Mosso, la fièvre de fatigue peut être comparée à la fièvre traumatique; étudiée par Billroth et plus tard par Volkmann. Des substances nuisibles sont produites dans la fatigue, et elles viennent

se fixer sur le système nerveux en produisant la fièvre. On sait, en effet, que des substances toxiques agissent sur la température en l'élevant ou en l'abaissant, selon l'influence qu'elles exercent sur le système nerveux, et partant, sur les muscles. Parmi les poisons hyperthermisants se placent la strychnine, la vératrine, la cocaïne, l'ammoniaque. Aux hypothermisants appartiennent les anesthésiques, les alcaloïdes, etc.

Les poisons de la fatigue sont hyperthermisants. La fièvre est essentiellement un défaut de régulation thermique dans le système nerveux central. En effet, lors d'une activité musculaire même assez intense, la fièvre n'apparaît pas, bien que l'activité chimique soit énormément augmentée et aussi la production de chaleur. Mais les centres nerveux régulateurs de la thermogénèse s'opposent à une production exagérée de la chaleur. Or, les poisons bactériens ont la propriété de troubler la fonction thermo-régulatrice. On saisit ainsi l'analogie entre l'action de ces substances et celle que déterminent les poisons de la fatigue. Ils sont aussi hyperthermisants, mais leur action est passagère et moins intense.

La fièvre de surmenage observée dans l'expédition de Mosso sur le Mont-Rose, pouvait atteindre 39°5 ; dans certains cas, elle ne pouvait se produire, malgré un travail intense. Ainsi, la température rectale du soldat Sarteur fut trouvée égale à 37°3, bien que durant l'ascension, il fût chargé d'un poids de 20 kilogrammes. Plein d'admiration devant un mécanisme aussi parfait, Mosso écrivit sur la feuille d'observation le mot : *Uebermensch*.

La genèse de la fièvre de surmenage est toutefois passible de deux interprétations. Dans ses leçons, Bouchard a admis deux grandes classes de fièvres : les *fièvres toxiques* (par troubles de la nutrition ou par infections) et les *fièvres nerveuses*. Dans le surmenage, en faveur de l'origine toxique, on peut invo-

quer les phénomènes de l'auto-intoxication et la présence de substances thermogènes dans les muscles (Roger), substances subissant une augmentation dans la fatigue (Mosso). Mais Bouchard pense que la fièvre de surmenage est soit d'origine nerveuse, soit d'origine musculaire. La fièvre musculaire serait celle où la chaleur exagérée résulte directement de la contraction musculaire (?)

En ce qui est du surmenage physique comme cause prédisposante de maladie, rappelons les études de Charrin et Roger sur l'infection. Ces auteurs surmenèrent des cobayes et des rats blancs en les faisant courir dans un cylindre rotatif. La fatigue générale, imposée aux animaux inoculés, soit avec le charbon bactérien, soit avec le charbon symptomatique, favorise considérablement le développement de ces affections ; toujours les animaux surmenés sont morts avant ceux qu'on laissait au repos ; souvent même ils ont succombé, alors que ces derniers résistaient. Le surmenage favorise donc l'invasion microbienne.

La myosite infectieuse ne se développe, suivant Brunon, que chez les sujets prédisposés par le surmenage physique. L'ostéomyélite des adolescents relève souvent de la même cause. L'infection purulente médicale (pyohémie) survient souvent à la suite de fatigues exagérées (Jaccoud). D'après Peter, la plupart des endocardites infectieuses sont dues au surmenage. Le surmenage favorise le *coup de chaleur* et le *coup de froid* (Héricourt), ainsi que le développement de certaines maladies des reins et des poumons. Tous les troubles imputés au surmenage revêtent un caractère particulier de gravité chez les *débiles nerveux* (Tissié).

Le surmenage chronique aboutit inévitablement à un épuisement lent de l'organisme. Il peut créer de toutes pièces la *neurasthénie*, maladie nerveuse acquise.

Au moment de l'épreuve nous prenons connaissance du livre intéressant d'Albert Deschamps : *Les maladies de l'esprit et les asthénies* (Paris, Alcan, 1909, 740 p.), dont nous rendrons compte ultérieurement.

L'influence favorisante qu'exercent le surmenage et la fatigue excessive et prolongée sur l'éclosion de certaines maladies infectieuses est connue depuis fort longtemps. Le surmenage, dit H. Vincent ¹, seconde ou aggrave le développement de la fièvre typhoïde, de la dysenterie, de la tuberculose, des septicémies, de l'ostéomyélite aiguë, etc. Expérimentalement, les rats surmenés deviennent très réceptifs pour le charbon bactérien (Charrin et Roger). Les recherches de H. Vincent lui ont permis d'établir le même fait pour le tétanos. Les expériences furent faites sur les cobayes. Il a vu en outre que le surmenage détermine un abaissement parfois considérable du pouvoir alexique du sérum de cobaye. Le fait est intéressant en raison des propriétés protectrices que présente l'alexine. L'influence de ce déficit alexique peut expliquer pourquoi la résistance à l'égard de certaines infections microbiennes se trouve très affaiblie pendant l'état de fatigue exagérée et prolongée, le sérum ayant perdu une grande partie de son élément protecteur.

Plusieurs auteurs : Mulon et Porak ², Loeper et Oppenheim ³, Josué ⁴, Laignel Lavastine ⁵ se sont

1. H. Vincent. Sur le déficit alexique du sérum dans le surmenage ou la fatigue aiguë. *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 1918, p. 379.

2. Mulon et Porak. *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 27 juillet 1912, t. II.

3. Loeper et Oppenheim. Les glandes surrénales en pathologie de guerre. *Revue générale de pathologie de guerre*, 1916, p. 124.

4. Josué. *Soc. Méd. des Hôpitaux*, 1917, p. 454.

5. Laignel-Lavastine. *Comptes rendus de la Soc. de Biologie*, 1918, p. 324.

occupés de l'état des capsules surrénales pendant la fatigue. D'après ce dernier auteur, une agitation motrice intense et prolongée détermine l'épuisement des surrénales en graisses phosphorées labiles. Il y a donc lieu, comme y ont insisté Loeper et Oppenheim et Josué, de se préoccuper du surmenage musculaire des troupes en campagne au point de vue de la possibilité de la déficience surrénale par hyperfonctionnement prolongé. La guerre a donc mis en évidence l'importance de la fonction myotonique des surrénales.

Chez le neurasténique, tout effort corporel ou cérébral provoque une aggravation des symptômes : il réagit comme le ferait un homme sain, soumis à un excès de travail. C'est donc une fatigabilité extrême et retour plus ou moins rapide à l'état normal. Mais lorsqu'il s'agit d'un travail plus considérable qu'on poursuit malgré les avertissements de la fatigue, le neurasthénique constate un épuisement de longue durée qui demande des semaines ou des mois de repos.

C'est avec raison que Lagrange et de Grandmaison affirment que l'individu fatigué ne peut se reconforter que par une *adaptation nouvelle* de ses facultés cérébrales et motrices : il faut que progressivement il éloigne les agents qui ont amené l'épuisement de son énergie vitale pour aider à la conquête des forces nouvelles. Il lui faut donc s'adapter à un changement de direction psychique, à une nouvelle méthode de travail cérébral, à toute une série de mouvements raisonnés, pour retrouver son équilibre moral et physique.

C'est ainsi que dans le traitement de la neurasthénie on préconise *le mouvement*, bien qu'en règle générale, la fatigue musculaire exaspère chez lui la fatigue cérébrale. La cure de repos préconisée par Weir-Mittchel avait eu précisément comme but de les

soustraire aux dangers des exercices physiques immodérés. Or, l'exercice physique, pour produire un bon effet, doit être convenablement réglé. Comme il arrive très souvent que la neurasthénie est liée à l'arthritisme, qui est une maladie par ralentissement de la nutrition, caractérisée par une sorte d'auto-intoxication, les exercices physiques pourront être très utiles en accélérant la nutrition et en activant les produits de déchet. Le traitement de la neurasthénie arthritique, dit Lagrange, est le triomphe de la cure d'exercice. Comme les états neurasthéniques sont caractérisés par une excitation de la sensibilité et une dépression des forces, l'on comprend le rôle de l'entraînement musculaire c'est à dire de l'accoutumance à l'exercice musculaire. Sous cette influence, le système nerveux est apaisé, les forces sont accrues. L'exercice donne non seulement la force, mais encore « le sentiment de la force », c'est-à-dire la confiance en soi et le courage. Les mouvements actifs et passifs (massage) seront donc recommandés à la condition qu'ils ne produisent pas de fatigue. On pourra y joindre les pratiques de la physiothérapie. Il y a aussi le traitement moral. On tâchera d'éviter la fatigue cérébrale, la contrariété, l'ennui, la douleur, on luttera contre les idées fixes, on inspirera au malade la confiance en lui-même. On évitera l'abus des viandes et même il sera prudent de recommander le régime végétarien (Lagrange et de Grandmaison). En se basant sur l'exemple démonstratif, fourni par le D^r Chauvel, ces auteurs (p. 192-193) trouvent que l'affaiblissement dû au régime végétarien est une pure légende et ce régime est non seulement suffisant pour maintenir parfaite la santé de l'individu, mais augmente encore notablement son rendement.

Le *surmenage intellectuel* a lui aussi sa pathologie.

De l'importante discussion sur le surmenage scolaire, tenue à l'Académie de Médecine de Paris (1886-1887), il résulte que le rôle pathogène de la fatigue intellectuelle est considérable. Cette discussion, quoi qu'on en ait dit, eut pour effet d'attirer l'attention des médecins sur la question si importante du surmenage scolaire. Il y a là un vaste champ d'études qui consisterait à tenir parti de la défectuosité même de notre système scolaire afin d'en montrer les erreurs ¹.

D'ailleurs des mensurations plus exactes sont venues confirmer le bien-fondé de ces assertions.

Déjà en 1888 Carstädt² constatait que les enfants qui entrent à l'école subissent un arrêt de développement ; ce n'est qu'à partir de 8 ans que celui-ci devient régulier et normal.

Schmidt-Monnard³ montre en 1894 que les courbes de l'accroissement en taille et en poids présentent une forte descente à l'âge de 7 et de 9 ans, aussi bien chez les garçons que chez les filles ; l'auteur pense que ce phénomène est causé par l'école. Il a pu d'ailleurs comparer un autre groupe d'enfants de cet âge qui n'allaient pas à l'école avec un autre qui la fréquentaient. Ces derniers ont l'accroissement en poids et en taille nettement inférieur. Les mensurations de Schmidt-Monnard ont été faites pour les enfants de Halle A. S.

Le même auteur ayant examiné 5.100 écoliers et 3.200 écolières de Halle, a pu déterminer le nombre d'enfants atteints

1. Voir Ioteyko. La fatigue intellectuelle et sa mesure (conférence du laboratoire de psycho-physiologie de l'Université de Bruxelles, *Revue de l'Université*, avril 1903), et le Surmenage scolaire. Rapport au Congrès belge de neurologie et de psychiâtrie, Mons 1909.

2. *Zeitschr. für Schulgesundheitspflege*, I, 1888, 65. Cité par Schuyten : *L'Éducation de la Femme*, p. 28, Paris, 1908.

3. Schmid-Monnard. *Jahrb. fr. Kinderheilkunde*, 1894, 1895. — *Zeitschr. fr. Gesundheitspflege*, 1897. — Die chronische Kranklichkeit in unseren mittleren und höheren Schulen (XII^e Congrès intern. de médecine de Moscou, 1897). — Voir aussi Schuyten : Qu'est-ce que le surmenage ? (*Revue psychologique*, fasc. 3, 1908), et *L'Éducation de la Femme*, Doin, Paris, 1908, p. 28. On y trouvera les chiffres rapportés par Schmid-Monnard.

d'anémie, de chlorose, de céphalagie, de nervosité, d'insomnie, de manque d'appétit, de troubles de la digestion, d'épistaxis, d'inflammation chronique des muqueuses, des troubles visuels. Ces troubles, tant chez les garçons que chez les filles, sont en rapport direct avec la bonne ou la mauvaise organisation de l'école.

Axel Key a attiré l'attention sur l'augmentation presque continue du nombre d'enfants malades dans les classes successives des écoles (payantes) de Stockholm : la première année 17 p. 100, la deuxième 30,7 p. 100, la quatrième 40,6 p. 100. Et d'ailleurs l'auteur lui-même a constaté qu'il y a plus de malades parmi les enfants qui fréquentent l'école que parmi ceux qui sont exempts de toute scolarité. Les filles souffriraient beaucoup plus des situations scolaires que les garçons, spécialement en ce qui concerne les variations de poids.

D'autres expériences se prononcent dans le même sens. Wretling¹ a fait peser les enfants des écoles de filles de Gottenburg à la fin des études en juin, et après les vacances en septembre. Les enfants au-dessus de 8 ans augmentent plus rapidement en poids pendant les vacances d'été que pendant les neuf mois de l'année scolaire.

Des expériences analogues ont été faites par Vahl² en Danemark. Les résultats obtenus concordent avec les précédents : les enfants augmentent plus de poids pendant les six mois d'été que pendant les six mois d'hiver ; la différence est environ égale au tiers².

Des résultats semblables furent obtenus par Malling-Hansen-Binet a recueilli des chiffres sur la diminution du poids chez les élèves de l'école normale d'instituteurs de Versailles après les examens. Ces élèves avaient été pesés en mai et l'ont été de nouveau après les examens au commencement d'août. Sur vingt élèves il y en a douze dont le poids a diminué après les examens ; chez trois élèves il est resté le même, et enfin seulement chez six élèves il a augmenté.

Ignatieff a constaté une diminution de poids chez les élèves de l'Institut d'arpentage de Moscou au moment des examens. (Voir *Année Psychol.*, V. p. 605).

Parallèlement à ces expériences viennent les mensurations de Binet et Henri relativement à la consommation de pain dans les écoles normales supérieures pendant toute la du-

1, 2, A. Binet et V. Henri. *La Fatigue intellectuelle*, vol. de 338 p., Schleicher, Paris, 1898, pp. 217-224.

2'. Contrairement aux lois normales de l'accroissement, l'augmentation de poids était plus forte en hiver.

rée d'une année scolaire, depuis octobre jusqu'à juillet. Le pain est donné à discrétion aux élèves.

Malgré quelques causes d'erreur inhérentes à ce mode de recherches, les auteurs ont pu trouver que la consommation moyenne du pain a été de 750 grammes par jour pour les garçons, et de 550 grammes pour les filles. La direction générale des deux courbes qui expriment la consommation de pain au cours de l'année est la descente ; la diminution de la quantité consommée est d'environ 200 grammes pour les garçons et de 100 grammes pour les filles.

Ces chiffres montrent par conséquent que le travail intellectuel prolongé ralentit l'appétit, et très probablement aussi la nutrition. La diminution de poids observée par plusieurs auteurs serait due, en grande partie du moins, à cette cause.

D'autres influences pathogènes doivent être signalées. Ainsi, l'augmentation de la myopie en rapport avec la durée des études, constatée par Cohn, en Allemagne, et après lui, par un grand nombre de médecins oculistes, est en grande partie imputable à l'école, quoique due à des causes très diverses (éclairage insuffisant, habitude de regarder de trop près, caractères d'imprimerie trop petits, etc.)¹.

Il en serait de même pour l'augmentation des cas de déviation de la colonne vertébrale, de la scoliose en particulier. Les chiffres fournis par Eulenburg sont très significatifs à cet égard, bien que des travaux récents aient démontré que ce n'est pas de l'école que nous vient tout le mal et que l'hérédité joue un rôle déterminant dans le développement de ces affections.

La liste de toutes les affections et troubles constatés durant la vie scolaire serait trop longue pour pouvoir être énumérée. A côté des signes d'anémie et de vitalité diminuée, on peut relever des signes directs de fatigue cérébrale et d'irritabilité nerveuse. Ainsi, suivant le D^r Mathieu, les écoliers dorment

1. Voir le chapitre « La Vision » de notre *Aide-mémoire de Psychologie expérimentale et de Pédologie*, Bruxelles, 1909.

moins bien, et leur sommeil est moins reposant. Beaucoup de jeunes gens sont agités et rêvent tout haut de leurs devoirs, récitent tout haut des fragments de leurs leçons. Le mal de tête est très fréquent chez les écoliers, c'est chez eux le premier signe de surmenage intellectuel. En même temps ils accusent une sensation de fatigue plus ou moins accentuée et une incapacité de travail que l'on considère parfois comme une manifestation de pure paresse. Les saignements de nez ne sont pas rares.

Certains enfants deviennent agités, irritables, ils présentent des tics et en particulier des tics des paupières, ils ne peuvent plus observer l'immobilité prescrite. Et leur esprit est aussi mobile que leur corps. Leur écriture est tourmentée, irrégulière, leurs devoirs médiocres, les leçons mal sues.

Ces accidents peuvent disparaître avec un repos suffisant et des jeux modérés en plein air.

Les accidents graves du surmenage intellectuel ne s'observent guère que chez les élèves les plus âgés à l'approche des examens terminaux et surtout des concours. Des jeunes gens qui jusque-là pouvaient être laborieux et bien doués et qui tenaient la tête de leur classe présentent des maux de tête, de l'insomnie, de la fatigue permanente, de l'incapacité au travail intellectuel. Souvent ils accusent des étourdissements, des vertiges. Ils ont des poussées brusques de rougeur et de pâleur de la face. C'est ainsi qu'un jeune candidat à l'École militaire de Saint-Cyr, dont les notes étaient du reste excellentes, se vit refuser parce qu'il fut pris au cours de l'épreuve d'escrime d'un étourdissement.

Griesbach¹ a fourni des exemples dans le même sens.

Nous voyons, d'après ces quelques données, que la

1. Griesbach. *Energetik und Hygiène des Nervensystems in der Schule* (München und Leipzig, 1895.).

méthode pathologique a conduit les chercheurs à des résultats très intéressants, qui démontrent avec toute évidence que le milieu scolaire, tel qu'il est, peut devenir nuisible pour la santé de l'enfant. Malheureusement, certains auteurs ont eu l'idée fâcheuse de condamner de ce fait tout notre système scolaire. Certains d'entre eux se sont même prononcés contre l'enseignement obligatoire, en motivant cette opinion par des raisons soi-disant pédagogiques ! — On n'oubliera pas que la plus mauvaise des écoles est encore bien préférable à un manque complet d'instruction, et que du moment que les déficiences de l'organisation scolaire ont pu être constatées, les mesures nécessaires seront prises pour remédier à cet état de choses.

Les méthodes pathologiques nous ont donc dévoilé les divers troubles qui menacent la jeunesse scolaire durant son séjour à l'école. Mais les méthodes pathologiques à elles seules sont insuffisantes. Premièrement, elles ne nous démontrent que des troubles d'une gravité extrême. Le surmenage scolaire modéré, une mauvaise distribution des cours, un enseignement peu intéressant et peu utile, peuvent produire des effets désastreux sur l'intelligence des enfants, sans qu'aucun trouble pathologique proprement dit s'en suive nécessairement. Il faut des conditions vraiment néfastes de travail pour que la fatigue intellectuelle retentisse sur le côté physique, pour qu'elle détermine une diminution de poids ou un abaissement de la force. Il est donc nécessaire d'employer encore d'autres méthodes de recherches si l'on veut étudier de plus près et d'une façon plus précise et plus personnelle le phénomène de la fatigue intellectuelle.

La fatigue est surtout apparente chez les *débiles nerveux* ou « fatigués » héréditaires. Tissier en cite de nombreux exemples.

Les psychoses apparaissent chez les sujets héréditaires plus rapidement que chez les sujets sains ; chez les premiers, les fonctions sont en général compromises par un ralentissement de la nutrition, d'où les auto-intoxications, l'élévation de la température centrale et leur action sur les centres nerveux déjà épuisés par l'hérédité ou par une fatigue professionnelle, psychique, etc. Ainsi, chez les débiles, il y a souvent une fatigue *d'origine de croissance* ; elle se rencontre chez les enfants qui, poussés par leur tempérament nerveux, font des excès dans les sports (ludomanie). L'hystérie peut se cacher sous des formes frustes que réveille la fatigue due à la croissance rapide, à un travail intellectuel trop soutenu, à l'abus des exercices physiques, à une émotivité trop grande. Chez les épileptiques, la fatigue provoque des crises. Il y a, chez des débiles nerveux, la fatigue *d'origine professionnelle*. Le peuple est tributaire de la fatigue musculaire, la bourgeoisie de la fatigue intellectuelle. Les manifestations pathologiques surviennent d'autant plus aisément que le sujet est un « fatigué » héréditaire.

CHAPITRE XVIII

Les psychonévroses émotives de guerre.

Les émotions. — La peur. — Le courage. —
La constitution émotive. — Le syndrome commotionnel
et le syndrome émotionnel.

Nous avons vu qu'il y avait lieu de distinguer la fatigue *passive* de la fatigue *active*, cette dernière étant due à un excès de fonction des organes actifs par excellence : les muscles et les centres nerveux volontaires. La fatigue passive apparaît principalement lors des *émotions* (*fatigue émotive*) et parmi ces dernières un rôle important est dévolu à la douleur (*fatigue dolorifique*) et à la *peur* (*fatigue anxieuse*).

L'action épuisante du choc émotif rentre à proprement parler dans l'étude du rôle *pathogène de la fatigue*; si nous lui réservons une place à part, c'est en raison de son importance et du rôle prépondérant des psychonévroses émotives comme conséquences de la guerre actuelle. Ce sujet a été étudié dans tous les pays belligérants et même dans les pays neutres avec un grand luxe de détails dont il nous est impossible de rendre compte ici. Sans prétendre nullement à épuiser la bibliographie du sujet, notre désir est de faire un tableau de ces névroses et psychoses qui constituent aussi en quelque sorte des névroses et des psychoses de fatigue, étant nées à la suite de l'action

épuisante exercée par des émotions violentes et la douleur. Jamais encore occasion plus favorable ne s'était présentée à l'attention des neuropathologistes militaires dans leurs études sur ces affections.

Nous pouvons, avec Sergi et la majorité des psychologues, diviser les émotions en deux grandes classes : les *émotions dépressives*, telles que la peur, la terreur, la stupeur, l'étonnement, l'anxiété, l'inquiétude, le désespoir, le chagrin, la honte, la timidité, l'humiliation, la résignation, la soumission, l'obéissance, le dévouement, l'humilité, la servilité et les *émotions exaltatives*, comme la joie, l'allégresse, la satisfaction, l'amour, l'amitié, la consolation, la bonne humeur, la colère, le dédain, le mépris, la haine, la rancune, la vengeance, la cruauté, l'orgueil.

La *peur*, la *terreur*, l'*épouvante* rentrent donc dans la catégorie des émotions dépressives. Sous l'influence de ces émotions, on constate l'arrêt du cœur et de la respiration, une dépression subite de l'appareil neuro-musculaire volontaire, totale ou partielle, d'où immobilité avec ou sans tremblement. Action vaso-motrice, retrait du sang des capillaires superficiels, pâleurs, sueurs froides, relâchement des sphincters, spasme musculaire, perte de la parole, dilatation des pupilles ; accélérations du cœur après l'arrêt, pouls faible, respiration haletante et profonde. Mort instantanée. Ces phénomènes n'apparaissent tous que dans la peur la plus grande et la plus violente ; la mort qui peut subvenir, dit Sergi, marque le comble de la violence émotionnelle, tandis que la série des autres phénomènes est une approximation de la mort, car ils sont des symptômes d'agonie. En même temps surviennent des troubles de l'intelligence.

Raymond et Janet¹ distinguent deux formes principales de l'émotion chez l'homme normal : l'*émotion-choc*, qui est une modification rapide, presque subite, de l'état psychologique d'un individu, et l'*émotion-sentiment*, qui est un état psychologique plus ou moins permanent. G. Dumas² accepte ces deux dénominations pour la tristesse et la joie.

Dans son livre sur *La Peur*, A. Mosso³ a étudié les concomitants physiques des émotions en se servant du pléthysmo-

1. Raymond et Janet. *Névroses et idées fixes*, II, Paris, Alcan, 1898.

2. G. Dumas. *La tristesse et la joie*, Paris, Alcan, 1900.

3. Mosso. *La Peur*. Paris, Alcan, 4^e éd., 1908.

graphe à eau de son invention, du pneumographe, d'un cardiographe et d'un appareil enregistreur du pouls cérébral.

En 1896, Binet et Courtier¹ ont continué ces expériences et ont surtout étudié comme Mosso les émotions-choc et non les émotions-sentiment. Leurs recherches ont porté sur la surprise, la joie, le dégoût, l'anxiété, etc.

Lherminier et Pachon² ont repris ces expériences au point de vue des rapports de l'activité cérébrale et des phénomènes vaso-moteurs périphériques.

Georges Dumas³ a étudié expérimentalement dans plusieurs travaux, les émotions et les passions. C'est ainsi qu'il nous donne un tableau de la joie morbide, de la tristesse morbide, de la psychophysiologie de la tristesse et de la joie, de la psychochimie, de la psychophysique et de la psychomécanique de ces deux états antagonistes. Dans ses recherches de psychophysiologie, il s'est servi du pneumographe, du sphygmographe de Marey, du pléthysmographe de Hallion et Comte, du sphygmomètre de Bloch et Chéron (pour la pression du sang), du sphygmomanomètre à air de Potain.

Ses expériences ont porté bien plus sur les émotions-sentiment que sur les émotions-choc. Ne pouvant nous arrêter longuement sur ces intéressants travaux, notons seulement que G. Dumas conclut avec tous les aliénistes que la dépression s'accompagne d'un ralentissement des combustions ; que la mélancolie active se caractérise de même et l'excitation agréable s'accompagne d'une augmentation des échanges. L'analyse a porté sur le liquide rénal et sur les gaz de la respiration. C'est donc là un moyen de différencier profondément la joie et la tristesse.

Le poids du corps augmente dans la joie et diminue dans la tristesse. La joie correspond à une nutrition meilleure, et c'est là, dit Dumas, une démarcation profonde, irréductible, qui tient à la différence des processus vitaux qui s'accomplissent dans les éléments anatomiques.

En ce qui est de la psychophysique de la joie et de la tristesse, les premières recherches à cet égard sont dues à Ch. Féré⁴ qui, dans un livre bien connu et aussi dans des recherches

1. Binet et Courtier. *Année psychologique*, 1897, p. 69.

2. *Actes de la Soc. Linnéenne de Bordeaux* t. LIII (cité par G. Dumas).

3. G. Dumas. *La tristesse et la joie*, Alcan, Paris, 1900 ; L'Association des idées dans les passions. *Revue Phil.*, juin 1891 ; Recherches expérimentales sur la joie et la tristesse, *Rev. Phil.*, juin-juillet-août 1896 et juin 1897.

4. Ch. Féré. *Sensation et Mouvement*, Paris, Alcan, 1887.

plus récentes, a montré que les excitations modérées de chaque sens produisent des effets dynamogènes et s'accompagnent de sensations agréables, alors que les excitations excessives sont désagréables, douloureuses, et s'accompagnent de dépression.

G. Dumas prend le terme de psychophysique dans un sens plus étendu. La tristesse et la joie s'expriment physiquement par des changements de couleur, de température, de mouvements et même d'odeurs. Il a étudié le rapport de la joie et de la tristesse avec ces différents phénomènes. Pendant la mélancolie dépressive, on voit de grandes modifications dans la couleur de la peau, des cheveux et dans l'éclat des yeux. Quelquefois la peau est simplement pâle; plus souvent elle est violacée; plus rarement elle est blanche. Ces différentes couleurs se rattachent au ralentissement de la circulation. Les cheveux peuvent devenir ternes dans la dépression. La température de l'excitation agréable est très sensiblement supérieure à la normale. L'hypothermie existe dans la mélancolie, mais à un degré extrêmement faible. La dépression mélancolique s'accompagne souvent d'une odeur sudorale nauséabonde.

La force musculaire est diminuée dans la mélancolie. Pendant les périodes d'excitation mélancolique, la pression dynamométrique augmente (Toulouse et Roubinowitch). En dehors du délire, on retrouve sans peine la fatigue, la parésie, caractéristique de la dépression. Chez tous les joyeux, on constate une augmentation considérable de la force musculaire.

L'action trophique exercée par le cerveau a été étudiée par Belmondo¹ qui a comparé l'élimination de l'azote chez des pigeons normaux et chez des pigeons décérébrés, et il conclut que les hémisphères agissent à travers les centres du mésencéphale en réglant le métabolisme du corps tout entier. « Le cerveau intact, écrit-il, envoie aux tissus, sous forme de tous chimique, un afflux continu de stimulations, qu'il reçoit lui-même de la périphérie sous forme d'excitations sensorielles. sensitives, musculaires, viscérales, lesquelles n'ont pas besoin d'être perçues par la conscience, et quand elles le sont, constituent cet ensemble de sensations obscures que nous percevons dans nos états de bien-être ou de mal-être général, ainsi que dans la capacité fonctionnelle de nos appareils de sensibilité et de mouvement. Cette onde réflexe incessante est précisément celle qui, par l'activité ininterrompue dans laquelle elle maintient tous les éléments de l'organisme, accélère puissamment les

1. Belmondo. Contributo critico sperimentale allo studio dei rapporti tra le funzioni cerebrale e il recambio. *Riv. Speriment.*, 1896.

échanges chimiques dans les tissus. Elle manque ou est incomplète, lorsque manque une partie du système nerveux aussi importante que les hémisphères cérébraux, et l'on voit comment les échanges peuvent devenir pour ainsi dire torpides, et cela non pas tant pour les processus d'oxydation des substances non azotées qui servent surtout à maintenir la température nécessaire à la vie de l'animal, que pour ce qui a trait à la nutrition propre des éléments des tissus, dont le renouvellement plus ou moins rapide nous est indiqué par la quantité d'azote éliminé ». Et G. Dumas pense que l'arrêt fonctionnel du cerveau, sa mort physiologique produira sans doute des effets analogues à la décérébration, c'est-à-dire un ralentissement trophique et une diminution dans la combustion des matières azotées.

*
* *

De tout temps, dit Dide¹, la guerre a visé à déterminer *la panique* chez l'adversaire. Les peuples cherchent toujours à réaliser les moyens de destruction les plus propres à démoraliser l'adversaire tout en s'assurant le maximum de sécurité.

Depuis le livre de Mosso sur la *Peur*, nombreux sont les travaux qui étudient cette émotion.

La psychologie de la panique pendant la guerre fut l'objet d'une étude de A. Cygielstreich² de Varsovie. Il insiste sur la diminution du travail des centres inhibitoires lors des catastrophes en général; ce sont les réflexes qui deviennent tout-puissants. Dans ces conditions, les actes les plus irréfléchis et les plus contradictoires peuvent être accomplis. Ceci explique le règne fatal de la peur dans toutes les campagnes. Cette émotion a une importance capitale et décisive à la guerre, elle oriente les batailles et souvent elle décide de leur issue. Elle crée un conflit douloureux entre le sentiment du devoir, de l'honneur d'une part

1. M. Dide. *Les Émotions et la guerre*, vol. de 276 pages, Alcan, Paris, 1918.

2. A. Cygielstreich. La Psychologie de la panique pendant la guerre. *Annales médico-psychologiques*, 1915-1916, 10^e série, pp. 182-192.

et l'instinct de conservation, la passion irrésistible de la vie, la volonté de vivre, d'exister. Or, tous les auteurs qui ont écrit sur la guerre affirment que c'est la peur qui triomphe!

Seuls des hommes exceptionnels ignorent la peur. La masse frémit, car on ne peut supprimer la chair (Colonel Ardant du Picq, Lacombe, Le Prince de Ligne, Docteur Schoumkoff, etc.). Si un homme normal est très facilement sujet à cette émotion, un homme affaibli, fatigué l'est à un degré beaucoup plus élevé. « Dans un organisme affaibli, dit Ribot, la peur est toujours à l'état naissant ». En effet, Cygielstreich remarque que la fatigue atténue la puissance de l'activité mentale et rend le système nerveux irritable. L'homme fatigué est impuissant à maîtriser son activité réflexe. Toute dépression vitale produit les mêmes effets. Il suffit alors d'une cause occasionnelle de peu d'importance pour déclencher le sentiment de la peur. « Mais vous êtes affaibli, triste et malade, et voilà que vous sentez vos jambes qui commencent à fuir, votre cœur qui bat, votre visage qui se glace... ; c'est alors que vous sentez les angoisses de la peur et une frayeur invincible »¹.

On comprend que toute réunion d'hommes soit un terrain favorable pour la panique^{2 et 3}. L'activité des foules devient instinctive et automatique.

La discipline agit en sens inverse de la peur. Les notions du devoir, de l'honneur, la solidarité et l'amour-propre tendent la volonté, de telle sorte que la peur arrive à être vaincue, dit Cygielstreich. Cette victoire s'appelle le *courage*.

Dans leur belle monographie sur le courage, Louis

1. P. Janet, *L'automatisme psychologique*, p. 467.

2. Vigouroux et Juquelier. *La contagion mentale*, Paris, Doin, 1905.

3. Voir Gustave Le Bon. *Psychologie des foules*, p. 17. Flammarion, Paris.

Huot et Paul Voivenel¹ étudient aussi la peur.

L'homme évolue de l'égoïsme à l'altruisme. La chose la plus naturelle, la première apparue est la *Peur*. Le courage est une acquisition. *La peur est la manifestation immédiate de l'instinct de conservation individuel. Le courage est la manifestation acquise de l'instinct de conservation social.*

L'animal n'est pas courageux ; il obéit à l'instinct de conservation personnel. Pour être courageux il faut avoir l'idée de la mort. Les animaux n'ont pas le vrai courage, celui qui accepte le sacrifice de l'individu à l'idéal.

Les peuples sauvages manquent de même de courage.

La peur, disent les mêmes auteurs, est la première manifestation, par la tendance à la fuite, de l'instinct de conservation. Un léger degré de peur est chose excitante. La *surprise* exerce une action prépondérante dans les émotions et dans la peur en particulier. Le rôle de la surprise est formidable dans la guerre. Gustave Le Bon² a insisté sur le rôle moral de la surprise aux premières batailles de la guerre actuelle. « En dehors de ses transformations, dit-il (p. 211), cette guerre fut pleine d'imprévu. On enseignait, par exemple, dans les écoles d'officiers, que l'infanterie devait pour éviter des pertes formidables, avancer en ordre dispersé. Il se trouva au contraire que, dès le début, les Allemands attaquèrent par masses profondes en rangs serrés. L'effet moral produit à Charleroi par cette arrivée imprévue de masses torrentielles, fut formidable. Mais la méthode qui réussit à Charleroi, *parce qu'elle était imprévue*, échoua sur l'Yser. Français et Anglais considéraient simplement ces masses profondes comme une cible où tous les coups portaient ; 150.000 Allemands

1. L. Huot et P. Voivenel. *Le Courage*, vol. de 358 pages, Paris, Alcan, 1917.

2. Gustave Le Bon. *Enseignements psychologiques de la guerre européenne*. Paris, Flammarion, 1916.

furent ainsi tués en quelques jours. Cette opinion est partagée par le général Malleterre.

Huot et Voivenel ne peuvent donc admettre avec Mosso que la peur n'est qu'une maladie. Elle est la manifestation psychologique de l'instinct de conservation. Elle ne paralyse que dans la *terreur*. Ce n'est que dans ce cas que la peur est pathologique. Le maréchal Ney, le plus intrépide des chefs de Napoléon, disait : « Triple menteur est celui qui se vante de n'avoir jamais peur ». Le *poltron* n'est pas celui qui a peur, mais celui qui ne parvient pas à agir comme s'il n'avait pas peur (Lacombe). Le *lâche* n'est pas celui que la peur a anéanti, mais celui qui envisage le danger avec calme, et combine les moyens de l'éviter à tout prix (général Percin). Le *brave* est celui qui, quelque troublé qu'il soit par la crainte du danger, fait passer au second plan l'intérêt de sa conservation personnelle (général Percin),

Porot et Hesnard¹ décrivent les diverses *phobies* de guerre. Elles surviennent sous l'aspect de crises simples ou avec représentations mentales ; les sujets de ce dernier type offrent de véritables troubles idéatifs consistant en représentations mentales des fragments d'une scène antérieure réellement vécue par eux au moment des premières angoisses. Le sujet souffre de tachycardie, de crise sudorale et d'une évocation involontaire et obsédante d'événements angoissants.

« Puisqu'on a, dit Camille Mauclair², en plusieurs occasions récentes, prononcé le mot « miracle », il semble bien que le véritable miracle soit là, dans la maîtrise absolue de soi surgie en toutes les consciences d'un temps gris et uniforme où l'héroïsme ne s'affichait plus guère ».

1. A. Porot et A. Hesnard. *Psychiatrie de guerre*, vol. de 315 p., Paris, Alcan, 1919.

2. Camille Mauclair. Le Miracle du courage. *La Dépêche de Toulouse*, 9 juillet 1916.

Maurice Maeterlinck¹ se sent pénétré d'un profond optimisme en envisageant la splendide éclosion du courage chez des gens qui ne sont pas des professionnels, d'héroïsme inattendu mis en évidence chez les nations. « N'a-t-on pas le droit d'en conclure, dit l'écrivain belge, que la civilisation, au contraire de ce qu'on redoutait, loin d'énerver, de dépraver, d'affaiblir, de diminuer, d'abaisser l'homme, l'élève, le purifie, l'affermi, l'ennoblit, le rend capable de sacrifices, de générosités, d'actes de courage qu'il ne connaissait point? C'est que la civilisation, alors même qu'elle semble corrompue, apporte de l'intelligence, et que l'intelligence, aux jours d'épreuve, c'est de la fierté, de la noblesse et de l'héroïsme en puissance. Nous pouvons définitivement compter sur l'homme, avoir en lui pleine confiance et ne plus craindre qu'en s'éloignant de la brutalité primitive il ne perde ses vertus viriles ».

Le courage a aussi sa pathologie. Huot et Voivenel affirment que chez les déséquilibrés de tout genre on peut trouver des actes de courage resplendissant, ce qui peut être mis sur le compte de l'instabilité mentale. Les hystériques, les dégénérés ne comprennent parfois pas le danger et sont courageux par rétrécissement du champ de la conscience. Plus souvent ils sont sujets à la terreur et présentent quelquefois le phénomène de la *cataplexie*. Ils sont pétrifiés par la peur. Tous ces froussards présentent les phénomènes de la *constitution émotive* de Dupré, soit ceux de la *constitution anxieuse*².

C'est aux émotions violentes de la guerre, affirme Cygielstreich³ que doit incomber la responsabilité de très nombreux cas de psychoses aiguës qui y ont fait

1. Maeterlink. *Les Débris de la guerre*, 1916.

2. Devaux et Logre. *Les Anxieux*, Paris, Masson, 1916.

3. A. Cygielstreich. Les conséquences mentales des émotions de la guerre, *Annales médico-psychologiques*, février-mars 1912.

leur apparition. Ce qui était exact lors de la guerre balkanique l'a été aussi pour la guerre mondiale.

Elle a en outre fait éclore des troubles psychologiques, tels que *la crainte de souffrir*, qui accompagne presque constamment la *débilité mentale*, parfois aussi la *débilité motrice*. Suivant Dide, la guerre nous a fait connaître toute une série de sujets chez qui cette volonté de ne pas souffrir, coïncidant avec le secret désir de ne pas mourir, a constitué un véritable système égoïste très intéressant. Qu'un jour ces sujets soient atteints par un obus ou même croient subir un inconvénient quelconque d'une explosion à distance, ou qu'une grippe laisse à sa suite un état de courbature, aussitôt va rayonner un système psychopathique, qui laissera subsister intacte toute l'activité intellectuelle. On constatera alors la présence de paralysies par suggestion et des troubles psychologiques, tels que l'exagération de la personnalité : le soldat croit avoir fait plus que son devoir, on ne lui a pas rendu justice, il a mérité plus que d'autres, etc.

A côté de ces troubles, ces *débiles mentaux* montrent des inaptitudes fonctionnelles et opposent une grande résistance aux actions thérapeutiques. Il ne faudrait pas les prendre pour des simulateurs.

La crainte de la mort peut aller jusqu'à l'angoisse¹. Les obsessions hystériques se caractérisent surtout par la reviviscence parfois hallucinatoire de l'émotion première. Elles guérissent par suggestion².

La guerre actuelle, disent Roussy et Lhermitte³ n'a rien créé de nouveau en matière de psychonévroses; mais leur multiplicité a quelque peu surpris les neurologistes.

1. Rogues de Fursac. *Soc. de Neurol.*, 29 juin 1915.

2. Régis. *Manuel de Psychiâtrie*, p. 162.

3. G. Roussy et J. Lhermitte. *Psychonévroses de guerre*. Vol. de 187 pages, Paris. Masson, 1917. Cet ouvrage contient une bibliographie soignée.

L'émotion est à la base de ces manifestations. Sous le terme de « Sinistrose ». Brissaud avait décrit un état psychopathique spécial aux accidentés du travail et caractérisé par une inquiétude pathologique allée à un délire de revendication. Il y a lieu d'étendre cette dénomination à certains blessés de la guerre, disent Roussy et Lhermitte et de désigner sous le nom de *Sinistrose de guerre*¹ certains troubles qui peuvent apparaître au moment où la blessure est presque guérie. Le malade craint d'être renvoyé au front, de ne pouvoir faire son service comme par le passé. Déprimé, souffrant, il se demande s'il guérira jamais, si même dans un avenir lointain il sera capable de reprendre sa profession ou un métier quelconque.

Le facteur général des psychonévroses est la *pré-disposition*. Les facteurs déterminants sont : la *commotion*, le *traumatisme local*, l'*émotion*, la *suggestion*.

Claude, Dide et Lejonne² admettent une parenté très proche entre les différentes psychoses survenues après les émotions excessives au cours de la guerre. L'émotion est le point de départ de ces psychoses.

D'après Roussy et Boisseau³, les accidents nerveux déterminés par la déflagration des explosifs, sont de nature fonctionnelle, et doivent être rangés dans le groupe des accidents dits hystériques ou pithiatiques. Ils sont tous curables immédiatement par la psychothérapie appliquée dans de bonnes conditions.

D'après V. Demolle⁴, le nombre des aliénations de guerre n'est pas considérable, par contre, le nombre de névrosés dépasse les prévisions. Mais la grande

1. Voir : Laignel-Lavastine et P. Courbon. La sinistrose de guerre. *Revue neurologique*, mai-juin 1918, p. 322-327.

2. H. Claude. M. Dide et P. Lejonne. Psychoses hystéro-émotives de la guerre. *Paris médical*, XXI, 1916, pp. 181-185.

3. J. Roussy et J. Boisseau. Les accidents nerveux déterminés par la déflagration des explosifs. *Ibid*, pp. 185-191.

4. V. Demolle. Guerre et aliénation mentale. *Soc. du patronage des aliénés*, Genève, 1916.

majorité des cas est curable, la plupart des malades retournent au front. La guerre, en matière de troubles psychiques, n'a fait que révéler les prédispositions latentes; cet auteur pense que la dure expérience internationale est plutôt flatteuse pour l'équilibre de notre système nerveux. Morselli¹ trouve que les troubles psychiques de la guerre guérissent vite.

Pierre Vachet², Buscaino et Coppola³, Dumesnil⁴ etc., insistent sur le rôle énorme de la prédisposition. La description de ces psychoses est pour ainsi dire identique dans tous les pays (Davindenkoff, Mallet).

Il paraît certain que ceux qui conservent des traces durables de ces troubles présentent une tare constitutionnelle, dénommée par Dupré la *constitution émotive*⁵. Ce neurologue a proposé, depuis plusieurs années, d'individualiser sous ce nom, un mode particulier de déséquilibre du système nerveux se traduisant par l'éréthisme diffus de la sensibilité générale, sensorielle et psychique, par l'insuffisance de l'inhibition motrice, réflexe et volontaire. La constitution émotive se caractérise par :

1° L'exagération dans leur instantanéité et dans leur amplitude, plutôt que dans leur vitesse, des réflexes tendineux, pupillaires et cutanés;

2° L'hypéresthésie sensorielle diffuse et variée;

3° Le déséquilibre des réactions motrices et sécrétoires (alternatives de rougeur et de pâleur, poussées

1. A. Morselli. Psychiatrie de guerre. *Quaderni di Psichiatria*, vol. III, 1916.

2. Pierre Vachet. Les troubles mentaux consécutifs au shock. *Thèse de Paris*, 1915, Jouve.

3. Buscaino et Coppola. Troubles mentaux en temps de guerre. *Riv. di Patologia nervosa e mentale*, janv., févr. et mars 1916.

4. Dumesnil. Délires de guerre. *Thèse de Paris*, Jouve, 1916.

5. Dupré. La constitution émotive. *Revue neurologique*, 1908, 2^o sem., p. 165; La constitution émotive. *Bull. de l'Ac. de médecine*, 2 avril 1918, p. 286.

sudorales, crises lacrymales, diarrhéiques, etc.);

4° La tendance aux spasmes, notamment des muscles lisses (œsophage, estomac, vessie);

5° Le tremblement;

6° L'intensité et la diffusion anormales des effets physiques et psychiques des émotions.

M. de Fleury¹ a pu confirmer la constitution émotive de Dupré. Quelques heures après le traumatisme mental, il a constaté une phase brève ou prolongée de confusion mentale asthénique simple ou onirique. Il propose d'appeler l'affection, *maladie de Dupré*.

Déjerine² a restreint le syndrome de la constitution émotive aux phénomènes vaso-moteurs, Régis³ admet que le tempérament arthritico-nerveux est celui qui prédomine chez les sujets.

Alquier⁴ a étudié les émotions au moyen de procédés de laboratoire et a trouvé que l'hypotension artérielle relative produit non la constitution émotive, mais bien des phases de dépression physique et morale. Crouzon⁵ est arrivé aux mêmes conclusions. Ballet et Rogues de Fursac⁶ pensent que, eu égard au nombre très considérable des émotionnés de la guerre, seuls les déséquilibres effectifs pourront créer le syndrome émotif. Ils admettent la prédisposition comme un fait démontré.

Camus et Nepper⁷ ont appliqué à l'étude de l'émotivité les méthodes graphiques. Le temps de la réaction nerveuse, qui est en moyenne de 19 centièmes de

1. M. de Fleury. Deux cas de psychonévrose émotive. *Bull. de l'Ac. de médecine*, 26 février 1918, p. 137.

2. Déjerine. *Revue neurologique*, 1908, p. 1661.

3. Régis. *Ibid.*, p. 1663.

4. Alquier. *Id.*, p. 1661.

5. Crouzon. *Soc. Méd. des Hôpitaux*, 26 mars 1915, pp. 234-237.

6. G. Ballet et Rogues de Fursac. *Paris Médical*, 1^{er} janv. 1916.

7. *Paris médical*, 18 mars 1916.

seconde pour la vision, de 15 centièmes pour l'audition et le toucher, s'augmente sous l'influence de l'émotivité et tend à devenir très irrégulier d'une expérience à l'autre. Ces auteurs ont enregistré aussi l'angoisse respiratoire, les modifications d'amplitude et de rythme des pulsations cardiaques, la pression artérielle et capillaire, le tremblement. Ils ont pu ainsi déceler des inaptitudes latentes à l'aviation chez des candidats dont l'émotivité s'était déclanchée sous l'influence d'une émotion provoquée.

Saffiotti et S. Sergi¹ ont mis en évidence l'irrégularité du temps de réaction dans la névrose traumatique et l'épuisement facile de la faculté de l'attention chez ces malades. R. Oppenheimer² a étudié l'amnésie traumatique chez les blessés de l'encéphale.

L'amnésie, dans ces cas obéit à des lois qui sont l'inverse de la loi de régression de la mémoire de Ribot dans les démences. D'après Ribot, la lacune se comblerait à partir des événements les plus anciens. Ici l'amnésie a paru presque toujours très marquée pour ce qui se rapporte aux souvenirs d'enfance et d'adolescence.

La psychose des batailles a donné lieu à plusieurs théories.

La théorie *commotionnelle* s'oppose à la théorie *émotionnelle*.

Mairet, Piéron et M^{me} Bouzansky³ ont établi dans plusieurs travaux le « syndrome commotionnel de

1. Saffiotti et S. Sergi. Sur le temps de réactions dans la névrose traumatique, *Riv. Sperim. di Freniatria*, décembre 1913.

2. R. Oppenheim. L'amnésie traumatique chez les blessés de guerre. *Progrès médical*, 9 et 16 juin 1917.

3. Mairet, H. Piéron et M^{me} Bouzansky. De l'existence d'un « syndrome commotionnel » dans les traumatismes de guerre. *Bull. de l'Acad. de Médecine*, 1915, LXXIII, p. 654-661 (1917) et Mairet et Piéron. Le syndrome émotionnel. *Annales médico-psychol.*, 1917; p. 183.

guerre » ; ils distinguent le commotionné de l'émotionné.

L'émotionné se caractérise par :

L'hyperémotivité avec peur ;

La conservation des souvenirs anciens et amnésie de fixation ;

L'hyperalgésie avec points douloureux névropathiques ;

Effets entraînant la fatigue et la confusion.

Le commotionné se caractérise par :

L'indifférence affective et réactions coléreuses faciles ;

Amnésie rétrograde considérable ;

Troubles étendus des diverses sensibilités par diminution ;

Inertie mentale et incapacité d'effort.

Ces auteurs apportent des faits qui se dégagent de 48 observations qu'il leur a été possible de poursuivre à la clinique des Maladies nerveuses à Montpellier. Il existe, affirment-ils, un syndrome commotionnel ayant son unité propre.

Dans une seconde communication, ces auteurs étudient le « syndrome commotionnel » au point de vue du mécanisme pathogénique et de l'évolution¹. En certains cas il y a un traumatisme direct, dans d'autres le choc est indirect par suite d'un ébranlement sensoriel ou d'une émotion. Il y a aussi la commotion par « vent d'obus », la commotion aérienne, qui agit peut-être par choc mental à cause de ses effets terrifiants. Après ces atteintes le métabolisme cérébral est touché. L'ébranlement a créé une prédisposition, une vraie anaphylaxie.

1. Mairet, Piéron et M^{me} Bouzansky. Le « syndrome commotionnel » au point de vue du mécanisme pathogénique et de l'évolution. *Bul. de l'Ac. de Méd. de Paris*, vol. LXXIII, 1915, pp. 710-716.

Dupré et Logre¹ distinguent l'émotion de la commotion. Par leur fréquence, la variété et la gravité possible de leurs suites, elles dominent la neuropsychiatrie de guerre.

La commotion est due à l'ébranlement massif et diffus du névrosé par la transmission vibratoire d'un choc, généralement violent et intense, résultant d'une explosion proche, d'un ensevelissement, etc.

L'émotion au contraire, est un traumatisme d'origine interne, de source autogène, de nature psychique, consécutif à un choc moral ou à une série d'impressions affectives intenses, dont l'irradiation centrifuge ébranle indirectement l'ensemble du système nerveux sympathique et cérébro-spinal.

Au point de vue anatomique, même contraste. La commotion est un syndrome organique. L'émotion est un syndrome psychopathique, dépourvu d'organicité. Dupré et Logre formulent les plus grandes réserves quant à la nature des lésions corticales de l'émotion décrites par Crile (voir p. 325). Lorsque l'émotion provoque des désordres et des lésions dans différents organes, c'est par le mécanisme indirect des troubles inhibitoires des sécrétions humorales, intestinales, biliaires, urinaires. Elle détermine alors des processus autoxiques ou auto-infectieux secondaires. En dehors de ces cas, relativement rares, l'émotion reste, en elle-même, un processus anorganique.

G. Dumas² rappelle que l'émotion s'accompagne de modifications profondes dans toutes les fonctions organiques, respiratoires, circulatoires, nutritives;

1. Dupré et Logre. Emotion et commotion. *Bull. de l'Ac. de méd.*, 30 juillet 1918, pp. 124-134. Voir aussi : A. Léri. *Commotions et émotions de guerre*, vol. de 196 pages. Masson, Paris, 1918.

2. G. Dumas. Les troubles mentaux de la guerre, *Rev. de Paris*, 15 juin-15 juillet 1916.

elle fait varier la pression du liquide céphalo-rachidien, comme Dumas l'a montré avec Malloizel¹; elle exerce une action énergique sur les sécrétions des glandes externes ou internes, comme il l'a montré avec Laignel-Lavastine²; elle peut provoquer par là des phénomènes généralisés d'auto-intoxication, en même temps qu'elle provoque vraisemblablement une intoxication spéciale des centres nerveux par l'épuisement et les troubles nutritifs qu'elle y détermine. Son action et ses conséquences seraient dans ces cas très analogues à l'action et aux conséquences de tous les surmenages cérébraux. Le choc nerveux, l'ébranlement organique, poursuit G. Dumas, agit dans le même sens et sans doute par un mécanisme très analogue si on admet, conformément aux récentes expériences de Crile³ que l'épuisement qui résulte d'un ébranlement physique comme l'épuisement émotionnel, se traduit en définitive par l'acidité du sang.

La *théorie toxique* est approuvée également par Dupré⁴, qui admet la possibilité d'une psychose confusionnelle aiguë sous l'influence du choc émotionnel; par Hesnard⁵ dans son étude sur les accidents survenus après les catastrophes de l'*Iéna* et de la *Liberté*, accidents permettant l'hypothèse de la libération de cytotoxines par le mécanisme d'inhibitions émotives; par Leroy⁶, Féré⁷ et le général Percin qui assimile les effets de la peur à ceux de l'intoxication alcoolique. Capgras, Juquelier et Bonhomme⁸, après com-

1. Dumas et Malloizel. *Soc. de Biol.*, 19 février 1915.

2. Dumas et Laignel-Lavastine. *L'Encéphale*, 1914, p. 19.

3. Crile. *Soc. de Biol.*, février 1915.

4. Dupré. *Rev. Neurologique*, 1909, 2^e sem., p. 1570.

5. Hesnard. *Rev. de psychiâtrie et de psychologie expérimentale*, avril 1914, pp. 130-132.

6. Leroy. *Rev. Neurologique*, 1916, n^o 465, p. 596.

7. Ch. Féré. *Pathologie des émotions*, vol. 1892.

8. Capgras, Juquelier et Bonhomme. *Rapport à la Soc. clinique de Méd. mentale*, 7 juillet 1917.

paraison de toutes les théories émises, arrivent à admettre que la confusion mentale de guerre de nature toxique se rattache à la commotion ou à des troubles organiques post-émotionnels.

Dans une leçon sur le choc émotif, H. Roger ¹ conclut de la façon suivante: « Chez les êtres soumis à un violent ébranlement du système nerveux, vous pouvez observer l'inhibition cardiaque, c'est la syncope, l'inhibition respiratoire, c'est-à-dire un arrêt brusque des mouvements respiratoires, enfin il peut se produire une inhibition plus étendue atteignant le fonctionnement de toutes ou presque toutes les cellules de l'économie ». D'après ce clinicien, les accidents du choc nerveux sont attribués par conséquent à l'inhibition.

La cause prochaine de cette inhibition serait due à des modifications de la pression du liquide céphalo-rachidien (Duret), les grandes émotions étant susceptibles de déterminer ces variations (Dumas et Malloizel). On a même décrit des modifications histologiques des cellules nerveuses (Austin). Mestrezat, Bouttier et Logre ² ont essayé de déterminer la formule cyto-chimique du liquide céphalo-rachidien des commotions nerveuses. En se basant sur l'observation d'une trentaine de commotions pures, sans plaie extérieure, ils ont noté: 1 le pourcentage élevé de liquides manifestement anormaux (plus de 80 p. 100); 2° l'existence habituelle, en cas d'anomalie, d'une *formule commotionnelle*, caractérisée essentiellement par l'*hyperalbuminose*, isolée de toute autre modification importante. Les auteurs proposent de cette formule l'interprétation suivante: *désintégration nerveuse* (dont témoigne l'albuminose) *sans participation méningée* (comme le démontrent les chiffres normaux des chlorures et de la perméabilité méningée), *sans infection* (comme l'indiquent l'absence de fibrine et la persistance du sucre), enfin, une tendance notable à l'*hypersécrétion* (attestée par l'hypertension du liquide et l'hyperglycosie et peut-être aussi par l'hypoleucocytose « de dilution »).

Ces résultats, disent les auteurs, sont conformes à la notion d'*organicité* du syndrome établie par Ravaut, Guillain, P. Marie et Chatelin, Sicard, André Léri, Leriche et Baumel, etc., et aux constatations nécropsiques et aux données expérimentales qui,

1. H. Roger. Le choc émotif. *Presse médicale*, 20 novembre 1916, pp. 513-516.

2. Mestrezat, Bouttier et Logre. La formule céphalo-rachidienne des commotions nerveuses. *Bul. de l'Ac. de médecine*, 14 mai 1918.

notamment d'après les travaux de Claude et Lhermitte, Mairet et Piéron, montrent dans les commotions, la fréquence de petits foyers de désintégration nerveuse, sans lésions méningées.

L'albuminose disparaît au bout de quelques semaines ou quelques mois avec retour de la formule à l'état normal.

Sans même chercher des exemples d'émotions massives, rappelons ce qui se passe dans la vie journalière de certains émotifs. Chez eux, le choc émotif (chagrin, surprise, peur, et même les émotions gaies, telle qu'une bonne nouvelle, la rencontre avec une personne chère, etc.), laisse à sa suite une forte dépression, caractérisée par une vraie courbature, la fatigabilité extrême et des sédiments uratiques. Ce phénomène est surtout apparent chez les prédisposés, les nerveux. C'est ainsi que l'activité de certains nerveux est entrecoupée des périodes de dépression. Toute excitation triste ou gaie un peu vive, toute fatigue est suivie d'abattement physique, d'insomnie, de nervosité, de palpitations, qui durent plusieurs jours et beaucoup plus longtemps, si les causes en reviennent périodiquement. Le chimisme de l'individu est complètement modifié lors de ces crises.

S'il n'y a aucun doute quant au fond même du phénomène, c'est-à-dire quant à l'influence exercée par les émotions sur le métabolisme général, il serait téméraire d'affirmer qu'il s'agit d'une modification du chimisme cérébral. Il suffit d'admettre un acte d'inhibition, d'arrêt, de l'influx nerveux, un dérèglement de la fonction trophique du cerveau. Dans le même ordre d'idées, la température de la fièvre n'est pas attribuée à un accroissement des échanges cérébraux, ni à une hyperactivité musculaire, mais bien à une déviation de la fonction régulatrice cérébrale. Cet exemple est significatif.

Quant à la *théorie psychologique* du choc émotion-

nel, elle admet que les psychoses aiguës qui ont fait leur apparition lors des guerres, sont imputables aux émotions violentes de la guerre¹.

Enfin, la *théorie de l'hypnose des batailles*, sans se préoccuper de la nature de l'hypnose, assimile les symptômes mentaux observés au cours des combats avec ceux de l'hypnotisme, du somnambulisme, de magnétisme et d'extase. D'après Roussy et Lhermitte² ils'agirait de *psychoses hystéro-émotives*, et cette définition semble se vérifier, grâce aux travaux de Claude, Feiling et Spillmann, Roussy et Boisseau, Mairet, Chavigny, etc. Milian a montré nettement la forme cataleptique avec stupeur et la forme délirante de l'hypnose des batailles, leur étiologie purement émotionnelle, l'influence accessoire de la fatigue. Ces états mentaux relèveraient pour Lhermitte de la narcolepsie hystérique.

Dide³ a cherché une explication de ces états en se basant sur la conception finaliste défensive, mise déjà en avant par Ch. Richet, Mosso, Ioteyko pour les phénomènes de fatigue ou de douleur.

D'après Dide, le sens-biologique du sommeil serait une préservation contre la fatigue. C'est une action préventive et prophylactique contre l'épuisement, et c'est seulement lorsque cette première barrière contre l'intégrité de la vie cellulaire noble est rompue que se resserre le réseau des cellules moins différenciées, des leucocytes, lesquels vont tenter d'organiser encore la défense d'une position fort compromise. Le tableau du sommeil normal est donc très analogue à celui du sommeil toxique. Dans le sommeil normal, le phénomène naît suivant la volonté du sujet qui recherche le sommeil pour éviter la fatigue et cesse sous l'influence des incitations vives de l'extérieur.

1. Cygielstreich. *Annales médico-psychologiques*, 1912, 1^{er} sem., 128-148 et 256-277.

2. Roussy et Lhermitte. *Psychonévroses de guerre*, 1 vol., Masson, Paris, 1917, p. 130.

3. M. Dide. *Les émotions et la guerre*, 1 vol., Alcan, Paris, 276 pages, 1918, voir pp. 73-82.

CHAPITRE XIX

Les psychonévroses émotives de guerre (suite). Les principales formes de névroses.

Les psychonévroses émotives de guerre furent l'objet de nombreuses observations; citons les noms de Régis, Gilbert Ballet, Georges Dumas, Dupré, Lainel-Lavastine, Grasset, Déjérine, Charon, Rogues de Fursac, Devaux et Logre, Merklen, Souques, Renon, Abadie, Paris, Milian, Fortineau, Babinski, Roger, Pitres, Piéron, Marchand, Sollier, Spillmann, Chartier, Léry, Lépine, Chavigny, Vincent en France et beaucoup d'autres; en Italie: Gemelli, Morselli, Gorla, Pastine, Dragotti, Saffiotti; en Angleterre: Mac Dougall, Mott, Brown, Collier, Jessop, Grant, Fearnside, Guthrie, Mac Carthy, Smith, Harwood, Botlen, Myers, etc.; en Russie: Bechterew, Felzmann, Soukhanoff, Davidenkoff, Wyroubow, Rosenbach, Wedensky, etc. A New-York, une revue bibliographique internationale consacrée à la neuropsychiatrie de guerre ¹ a vu le jour.

Charon² affirme, avec tous les aliénistes, que le traumatisme et le surmenage de guerre ne donnent pas lieu à des formes psychopathiques nouvelles.

1. *Neuropsychiatry and the War*. Prepared by Mabel Webster Brown. Edited by Frankwood E. Williams. War Work Committee, 50. Union Square, New-York City.

2. René Charon. Psychopathologie de guerre, *Progrès médical*, 1915, p. 425.

Comme en temps de paix, mais dans une proportion beaucoup plus forte encore, c'est la *psychopathie confusionnelle*, la confusion mentale, avec ses diverses variétés, qui est chez les militaires combattants la plus fréquente des maladies psychiques. En dehors des causes telles que le traumatisme, le surmenage, la syphilis et la constitution, c'est l'alcoolisme aigu qui est la cause principale et immédiate des maladies psychiques chez les militaires combattants.

En ce qui est des troubles neuro-psychiques de guerre, l'épilepsie est rare, suivant Régis¹, la neurasthénie est plus fréquente, surtout chez les officiers. L'épuisement nerveux peut éliminer quelques-uns de ceux qu'un long service ou des maladies ont fatigués; d'autres fournissent tout ce qu'ils peuvent; après s'être signalés par quelque action d'éclat, il arrive qu'ils tombent dans l'incapacité, comme vidés; dans certains cas, il s'agit de formes mixtes, faites de neurasthénie et de mélancolie. C'est l'hystérie, associée ou non à la neurasthénie, qui domine la scène. Les cas les plus variés peuvent s'observer; presque toujours ces manifestations s'observent chez des névropathes, dont certains ont déjà eu antérieurement des accidents nerveux.

J. Lépine² a observé plus de 15.000 commotionnés graves. La distension subite du système vasculaire paraît fournir une explication suffisante des accidents. Les victimes de la commotion ne sont donc pas de simples névropathes.

Maurice Dide³ a étudié l'hystérie de guerre. D'après

1. E. Régis. Les troubles psychiques et neuro-psychiques de la guerre. *Presse médicale*, 25 mai 1915, p. 177.

2. Jean Lépine. La commotion des centres nerveux par explosion. *Bul. de l'Acad. de médecine*, 1916, vol. LXXVI, pp. 9-11.

3. M. Dide. Les idéalistes passionnés. Paris, Alcan, 1913, et *Journal de psychologie*, juillet-août 1913. Voir aussi du même auteur: *Les émotions et la guerre*, Paris, Alcan, 1918.

cet auteur, la psychologie de l'hystérie se résume en un mot : instabilité inconsciente de l'affectivité : le passage de la joie à la tristesse, les poussées sentimentales alternant avec le négativisme affectif absolu, l'égoïsme coïncidant avec l'altruisme. Mais à côté de cette incohérence affective, ces êtres inadaptés à la vie sociale normale sont plus dangereux que de véritables aliénés, car ils sont à l'abri de l'internement. On conçoit l'action puissante qu'exercera l'émotion-choc sur un pareil terrain. Chez un individu normal, les accidents se dissiperont, la synthèse mentale, un moment troublée, se reconstituera. Chez l'hystérique intervient ce que Janet a décrit sous le nom d'*idées fixes subconscientes*, et ce que Dide voudrait appeler *émotions fixes subconscientes*. Elles représentent la perpétuation d'une abasie, d'une contracture, d'un mutisme qui furent d'abord les manifestations de la peur.

Kurt Mendel¹ affirme qu'on ne peut parler de l'existence comme unité nosologiques de « psychoses de guerre ». Cependant, la guerre peut donner aux psychoses une allure un peu spéciale : les idées délirantes, les hallucinations se rapportant à la guerre. Beaucoup de démences précoces latentes se sont extériorisées par la guerre. Cet auteur a vu un grand nombre de neurasthéniques, plus souvent parmi les officiers que parmi les hommes, qui présentaient un état d'épuisement nerveux aigu.

Les psychoses de guerre guérissent en général, rapidement ; elles ne nécessitent pas l'internement. Au total, il ne semble pas que la guerre provoque des psychoses graves de caractère chronique.

Tous les auteurs ont signalé chez les « shockés » l'abaissement de la tension artérielle, et l'ont mise

1. Kurt Mendel. Psychiatrie et Neurologie en campagne. *Neurol. Centralblatt*, 1915, p. 2.

sur le compte de la paralysie vaso-motrice. Brechot et Claret¹ ont pu vérifier cet abaissement de la pression. Ils ont vu en outre que la paralysie vaso-motrice avait pour effet non seulement une chute de tension artérielle, mais en outre, une diminution de l'écart maxima et minima, — si cet écart reste au-dessus de 2 1/2, le pronostic est favorable.

Parmi les symptômes observés chez les malades affectés de psycho-névrose, il n'y en a pas qui se prête mieux que le *tremblement* à la démonstration des relations de ces symptômes avec les états émotionnels, dit Gilbert Ballet². Voici un malade qui a été commotionné sans blessure, par la déflagration d'un obus. Ses deux membres supérieurs dirigés en avant du corps sont animés comme tout le corps, d'un tremblement intense. C'est l'image vivante de l'épouvante. Et pourtant le malade n'éprouve plus le sentiment de la peur, *il garde l'expression mimique de la peur*. L'ensemble des observations montre donc qu'un très grand nombre de cas de tremblement dit nerveux ou hystérique sont en relation avec un état émotionnel de frayeur, en constituent l'expression mimique.

Babinski et Jean Dagnan-Bouveret³ soutiennent que l'émotion-choc ne peut par elle-même provoquer l'apparition d'accidents hystériques; ces accidents, pour apparaître, ont besoin de l'intervention d'une idée suggérée, soutenue, il est vrai, par des états affectifs systématisés, idée dont ils ne sont que l'expression. La question avait d'ailleurs été discutée à la séance commune des *Sociétés de psychiatrie et de neurologie* de Paris (*L'Encéphale*, 1^{er} janvier 1910).

1. Brechot et Claret. A propos du « shock » traumatique. *Bul. de l'Acad. de médecine*, 28 mai 1918.

2. Gilbert Ballet. Note sur la relation des tremblements et des états émotionnels. *Revue neurologique*, 1914-1915, pp. 934-936.

3. Babinski et Jean Dagnan-Bouveret. Émotion et Hystérie, *Journal de psychologie*, 1912, pp. 97-146.

Babinski définit l'hystérie de la façon suivante:

L'hystérie est un état psychopathique se manifestant par des troubles qu'il est possible de reproduire par suggestion, chez certains sujets, avec une exactitude parfaite et qui sont susceptibles de disparaître sous l'influence de la persuasion (contre-suggestion) seule. Ces phénomènes que modifie la suggestion sont les phénomènes hystériques ou *pithiatiques* (du mot grec persuasion). Mais si la possibilité d'être reproduits parla suggestion seule, constitue un des attributs des accidents hystériques, cela ne veut pas dire encore que la suggestion doive nécessairement intervenir dans leur genèse. D'autres agents, l'émotion en particulier, peuvent-ils, conformément à l'opinion unanimement admise autrefois, engendrer des accidents hystériques? Les auteurs ayant observé de nombreux cas d'hystérie émotive, trouvent que la fréquence de ces accidents est en relation étroite avec l'interprétation qu'en donnent les personnes qui entourent le malade ou avec l'idée qu'il s'en est lui-même formé. C'est ainsi qu'une hystérique, persuadée qu'elle est atteinte de paraplégie, maintient ses jambes immobiles dans l'attitude qu'elle croit être celle des paralytiques. Les accidents pithiatiques ne sont que la reproduction exacte des représentations mentales qui leur ont donné naissance. Et comme les idées, comme les représentations que chacun se fait des choses, et les jugements qu'il porte sur elles varient profondément suivant les époques, on voit les accidents hystériques semodifier comme les idées sur lesquelles ils se modèlent.

H. Claude et R. Porak¹ ont repris la question des troubles moteurs chez les hystériques. Ils ont employé l'ergographe qui leur a décelé le degré d'amplitude des mouvements et les caractères des troubles de la motilité particuliers aux hystériques. Le procédé est en outre excellent pour différencier l'hystérie, la simulation et la commotion.

Le rythme cardiaque chez le soldat combattant fut l'objet de recherches de la part de Léon Binet². Le ralentissement du pouls a été observé 56 fois sur 100

1. Henri Claude et René Porak. Les troubles de la motilité de nature hystérique chez les blessés de guerre. *L'Encéphale*, mai 1916. Voir aussi *Soc. de biologie*, 1915.

2. Léon Binet. Le rythme cardiaque chez le soldat combattant. *La Presse médicale*, 10 août 1916.

chez les soldats soumis à une suite prolongée de fatigues et de combats. C'est la *bradycardie de fatigue* (53 à 63 pulsations par minute). Un rythme cardiaque de 60 peut se voir, avec une température de 38,5°, chez les surmenés non blessés. Les émotions de guerre ont plusieurs modes de répercussion sur le pouls. Le plus souvent le cœur marque un ralentissement plus ou moins accentué (excitation du système vaso-bulbaire); dans d'autres cas, à une émotion correspond une accélération du cœur (excitation du sympathique). Cette *tachycardie émotive* a surtout été enregistrée chez les sujets arrivés depuis peu sur le front ou chez les soldats d'un courage modéré. Le choc émotionnel, l'hémorragie, la douleur, concourent à provoquer de la tachycardie. Le rythme cardiaque varie aussi dans les voyages mouvementés en avion, lors d'une excursion rapide et surtout lors d'une descente brusque; le pouls se ralentit très manifestement. Il y a dans ces cas excitation du système vague, entraînant un *syndrome* (bradycardie, hypotension, tendance syncopale) dit *vago-bulbaire* et expliquant la pathogénie du mal des aviateurs. Cette question de la résistance cardiaque des militaires est de la plus haute importance. La tachycardie émotive a été aussi étudiée par Déjerine.

Jean Camus et Nepper¹ ont étudié les réactions psychomotrices et émotives des trépanés, au moyen de la méthode graphique. Ils constatèrent l'allongement du temps de réaction et l'exagération de leur émotivité.

J. W. Mott², dans une communication présentée à la *Société Royale de Médecine de Londres*, admet que

1. Jean Camus et Nepper. Les réactions psycho-motrices et émotives des trépanés. *Paris médical*, pp. 503-509, 1916.

2. F.-W. Mott. Les accidents nerveux provoqués par le shock d'obus sans signes visibles de blessure. *Royal Society of Medicine of London*, 25 et 27 janvier 1917.

les shokés sont à présumer des névropathes. Une minorité est sans antécédents, mais alors ce sont des surmenés, des épuisés par une période ininterrompue de fatigues de guerre ; ils ne succombent d'ailleurs qu'après une série d'explosions, d'ensevelissements ; c'est comme si la répétition du choc créait la disposition nerveuse inexistante jusque-là. Mac Dougall observe qu'un shocké même guéri reste sensible aux effets shockants des explosifs ; il sera psychiquement moins résistant au nouvel obus éclatant à distance.

Certains observateurs ont prétendu que le chiffre des cas de névrose au cours de la guerre était énorme. Or, il résulte de l'examen de l'ensemble des statistiques provenant des centres neurologiques qu'il est loin d'en être ainsi. On peut même s'étonner, dit Sollier ¹, que le nombre de cas soit si petit comparativement avec celui des blessés de tous genres soit même des seuls blessés du système nerveux.

Dans le traitement des troubles névrologiques de guerre, il ne faut pas oublier que les neuropathes sont des malades de l'affectivité ; il est donc nécessaire d'exercer une action forte sur leur *être subliminal* sans se préoccuper des arguments à leur fournir (Dide). Il faut surtout donner la certitude de la puissance et inspirer la foi. La valeur curative du neuropathologiste vient beaucoup de la certitude qu'il peut et doit guérir toutes les affections sans lésions organiques (Fiessinger). Un milieu spécial est très important (Dide). On obtient de vrais succès dans les chambres d'isolement, aussi bien chez les hystériques, que chez les neurasthéniques. Les grands asthéniques bénéficient du repos qu'on peut leur donner. S'il s'agit de neurasthénie post-traumatique, quelques semaines de repos suffisent.

1. P. Sollier. Statistique des cas de névrose dus à la guerre. *Bull. Acad. de Méd.*, LXXIII, 1915, p. 682-684.

La psychothérapie est indiquée dans le traitement.

La *névrose d'angoisse* a été tout d'abord décrite par Freud ¹, de Vienne et par Hecker, et en France par Séglas ², Pitres et Régis ³, Brissaud ⁴, Lalanne ⁵ Gilbert Ballet, Hartenberg ⁶, Francis Heckel ⁷ Dupré, Devaux et Logre ⁸, Londe ⁹, Renon ¹⁰, Bonnier ¹¹, etc.

Une neurasthénie liée aux troubles de la nutrition est connue depuis fort longtemps. Elle est classée dans le neuroarthritisme, comme une manifestation fréquente, chez les goutteux, les diabétiques, les obèses, les asthmatiques, les migraineux, les calculieux. La *névrose d'angoisse*, bien que liée aux troubles de la nutrition, ne paraît pas d'après le Dr Heckel, rentrer dans le domaine habituel de la neurasthénie ou de la psychasthénie.

Le terme « *névrose d'angoisse* » a été introduit dans la médecine par Freud, de Vienne, en 1895, mais d'une part, cette affection est restée mal séparée de la neurasthénie, de la cyclothymie, de l'hystérie, de la phobie et de l'obsession et, d'autre part, le clinicien viennois en tire une théorie qu'il place à la base du subconscient, théorie connue sous le nom de *psychoanalyse* et dont il exagère l'étendue.

1. Freud. *Neurolog. Centralblatt*, 15 janvier 1895.
2. Séglas. *Leçons cliniques sur les maladies mentales et nerveuses*. Paris, 1895, p. 77.
3. Pitres et Régis. *Obsessions et Impulsions*, Doin, Paris, 1902.
4. Brissaud. De l'anxiété paroxystique, *Sem. méd.*, 1890, *Rev. de Neurologie*, 1902, etc.
5. Lalanne. Congrès de Neurologie de Grenoble, 1908.
6. Hartenberg. *La névrose d'angoisse*, Paris, Alcan, 1902, et dans *Rev. de Médecine*, 1901 et *Arch. de Neurol.*, 1903.
7. Heckel. *La névrose d'angoisse*, Masson, Paris, 1917, 535 p.
8. Devaux et Logre. *Les anxieux*, Paris, Masson, 1917.
9. Londe. L'angoisse, *Rev. de Médecine*, 1902, pp. 704 et 868.
10. Renon. L'angoisse de guerre, *Bul. de la Soc. de thérapeutique*, fév. 1916.
11. Bonnier. *Anxiété*, Paris, Alcan, 1913.

D'après Heckel, qui a individualisé cette névrose, les *troubles psychiques* sont presque entièrement du ressort de l'*émotion* ; le malade est sans délire et souffre de ses anomalies émotives.

Chez les anxieux les anomalies de l'émotivité se produisent par excès ou *hyperémotivité*, par diminution ou par défaut, *hypoémotivité*, par déviation, *paraémotivité*. Ainsi, lors de la crise d'angoisse, le patient est soudain réveillé au milieu de la nuit par une anxiété violente. Cette angoisse est le plus souvent une oppression respiratoire très marquée. Il semble au malade que l'air va manquer à sa poitrine et qu'une main étrangère pèse au creux sternal. En même temps son cœur frappe à coups redoublés. Le sentiment d'une menace immédiate pour sa vie s'impose aussitôt à lui ; le refroidissement périphérique qui accompagne cet état lui fait croire que la mort est proche et inévitable. Parfois l'agitation est si soudaine que les malades se précipitent en une course folle pour demander secours. L'accès anxieux se prolonge quelques minutes à une heure. Les formes paroxysmiques sont nombreuses.

Passons maintenant à l'*étiologie* c'est-à-dire aux causes de la névrose d'angoisse. C'est l'*hérédité morbide* et plus particulièrement l'hérédité arthritique, l'influence de l'*éducation* ou culture de l'émotion morbide (*émotivation*) d'après le Dr Heckel, le *terrain psychique* de l'individu, *toutes les causes de l'émotion*, telles que la peur, les émotions sentimentales (amour contrarié, etc.), le surmenage, la fatigue, influence du traumatisme et du choc nerveux, les intoxications, les autointoxications, l'influence de l'alimentation, l'influence des maladies, influence des causes déprimantes, etc.. lorsqu'il s'agit des conditions étiologiques générales. Quant aux causes particulières à l'angoisse systématique, ce sont les *affections du système nerveux*, du bulbe, de la moelle, du cerveau, ainsi que les

névroses, les *affections respiratoires, circulatoires, les affections rénales, du tube digestif et du sympathique.*

Parmi les causes générales, nous avons nommé la *fatigue* et le *surmenage*. D'après Déjerine, ces facteurs n'agiraient qu'à la condition d'être accompagnés d'inquiétude. D'après Heckel, l'action directe du surmenage apparaît dans de nombreuses observations où il n'est pas possible de trouver une autre cause explicative, bien que l'alliance de la fatigue et de l'inquiétude produise des effets plus marqués. Mais le surmenage s'accompagne le plus souvent d'une réaction affective, amenant à sa suite la mauvaise humeur, l'ennui, l'irritabilité, l'état fiévreux, même la colère. L'abus des exercices sportifs rentre dans la même catégorie de causes. D'ailleurs, un certain nombre de *ludomanes* se recrutent parmi les émotifs constitutionnels ou héréditaires (Tissié).

La cause essentielle de ces maladies est *le grand choc émotionnel ou la succession de petits chocs.*

Suivant Georges Dumas ¹ on peut sérier les troubles commotionnels d'après leur ordre d'apparition de la façon suivante.

1° Emotion et commotion, avec leurs conséquences organiques et mentales;

2° Confusion (avec ses caractéristiques intellectuelles et affectives);

3° Auto-suggestion;

4° Prolongation;

5° Simulation.

C'est, dans ses grandes lignes, l'évolution indiquée par Dupré et qui se retrouve aussi bien chez les accidentés de guerre que chez les accidentés du travail. Mais seul un petit nombre de commotionnés, dit Dumas, en parcourt tous les stades et le nombre de simulations est faible.

1. G. Dumas. *Troubles mentaux et troubles nerveux de guerre.* Vol. de 227 p., Alcan, Paris, 1919.

Georges Dumas et Henri Aimé¹ ont pu prendre connaissance des trois rapports publiés par le Dr Birnbaum, de Berlin, en mars 1915, en décembre 1915 et en mars 1916, dans la *Zeitschrift für die gesamte Neurologie und Psychiatrie* et intitulés *Kriegsneurosen und Kriegspsychosen auf Grund der gegenwärtigen Kriegsbeobachtungen*. Ces rapports contiennent le résumé des principaux articles parus en Autriche et en Allemagne sur les Névroses et les Psychoses de guerre et ils sont suivis d'une bibliographie qui ne comprenait pas moins de 360 publications déjà à cette époque. A travers ces rapports, Dumas et Aimé ont voulu donner à leurs compatriotes une idée claire de ce qui a été vu et décrit par les médecins austro-allemands, en fait d'accidents nerveux ou mentaux directement provoqués par la guerre.

La lâcheté a été beaucoup plus étudiée que le courage à cause de la forme morbide qu'elle revêt souvent chez les débiles et les psychopathes. Tandis que l'homme sain surmonte rapidement son angoisse et sa peur en se portant en avant dans la bataille, le psychopathe et le débile éprouvent, de par la faiblesse de leur volonté, des angoisses irrésistibles. On a constaté aussi des faits de peur épidémique. Une épidémie d'un autre genre a été observé après des marches fatigantes. Il a suffi, au cours d'une retraite, qu'un soldat épuisé et découragé s'abattit sur le bord de la route avec une crise de nerfs pour que, dans l'espace de quelques heures, des centaines d'hommes tombassent de même.

De l'avis de beaucoup de médecins, il semble que les troubles mentaux et nerveux aient été plus rares chez les militaires qu'on ne s'y attendait. Même aucun chiffre précis n'est donné. La population civile, comme la population militaire, aurait supporté beaucoup mieux qu'on ne pouvait s'y attendre, les ébranlements psychiques que la guerre comporte. Néanmoins, un certain nombre d'affections mentales paraissent s'être produites du fait même de la guerre. Il s'agit d'individus appartenant aux classes cultivées et qui avaient été affaiblis dans leur force de résistance par de la neurasthénie et qui furent dominés par la crainte d'une invasion possible et ses suites. On vit survenir ainsi des états d'angoisse avec excitation, inquiétude, dépression, tendance à pleurer, dégoût du travail, insomnies. Chez les réfugiés, on a constaté de la dépression, des angoisses, de la mélancolie, des accidents hystériques. Dans l'immense

1. G. Dumas et H. Aimé. *Névroses et Psychoses de guerre chez les Austro-Allemands*. Vol. de 242 p., Paris, Félix Alcan, 1918.

majorité des cas, il convient de faire une large part à la prédisposition des sujets qui ont été atteints.

Les troubles d'origine psychique comprennent les névroses émotives et plus spécialement les névroses de peur, les névropsychoses qui succèdent à un traumatisme moral et les états hystériques. Oppenheim affirme que les cas d'hystérie pure sont rares parmi les névroses traumatiques de la guerre, par contre la neurasthénie est fréquente et surtout associée à l'hystérie.

CHAPITRE XX

La neurasthénie de guerre

La neurasthénie de guerre a aussi vivement préoccupé les neurologistes, pourtant à un degré moins élevé semble-t-il, que les névroses émotives; à en juger d'après leurs écrits, la fatigue prise dans le sens ordinaire du mot, c'est-à-dire comme conséquence d'un excès d'activité physique, est un facteur d'importance mineure, si on le compare aux effets pernicioeux de l'émotion. Et pourtant son rôle est considérable et complexe, si l'on songe aux fatigues excessives des marches prolongées, aux fatigues des combats, au manque de sommeil, à l'action neurasthénisante de la faim qui entre en jeu lors des longues batailles, même aux fatigues des exercices imposés aux troupes lors du repos, sans compter toutes les péripéties de la vie des tranchées : insuffisance de ventilation, froid et humidité, manque de confort, bruits assourdissants, impossibilité de se concentrer, de s'isoler, à cause de la vie en commun, etc.

Le surmenage psycho-sensoriel est également à retenir, disent Porot et Hesnard¹.

1. A. Porot et A. Hesnard. *Psychiatrie de guerre*, vol. de 315 pages, Paris, Alcan, 1919.

A ces causes déprimantes vient encore se joindre *l'ennui*, le *cafard*, la *nostalgie*, etc.

La fatigue produit un état d'énerverment qui se traduit fréquemment par des fausses alertes, des batteries ouvrant des feux de barrage contre des attaques imaginaires. C'est là une vraie asthénie des tranchées.

Le D^r Estève¹ ramène l'attention sur une vieille thèse parue en 1844 devant la Faculté de Paris. Elle est du D^r Pilet, de Valognes, et a pour titre : De la nostalgie considérée chez l'homme de guerre. Elle n'a guère vieilli. L'auteur fait de l'attachement au milieu natal une loi biologique générale; chez les êtres conscients cet attachement est tel que leur transplantation dans un milieu évidemment plus riche, donc plus favorable, semblerait-il, même à leurs propres yeux, ne conjure nullement la disposition nostalgique. Le secours du médecin est sollicité lorsque apparaissent des troubles mentaux, relevant de ce surmenant et incessant voyage de l'esprit, de ces étapes forcées de la pensée en des lieux où le corps n'est plus, ainsi que le dit le D^r Coustan. Suivant Estève, certaines phrases des marches militaires, les plus entraînantes, surtout quand elles se font entendre sous un ciel étranger, se transforment en une suggestion de langueur.

Le mal du pays ou *cafard* fut étudié par Huot et Voivenel. Il est surtout fréquent chez les jeunes soldats; ils présentent alors une diminution de résistance.

Le pronostic des maladies est chez eux très grave. Le remède, ce sont des périodes de permission. Le *cafard* est proche voisin de la neurasthénie.

C'est ainsi que naît la *neurasthénie de guerre*. La

1. Estève. La nostalgie des militaires. *Gaz. Méd. de Paris*, 20 septembre 1916, p. 122.

dépression psychique, consécutive aux accidents commotionnels ou émotionnels se caractérise surtout par une modification de la vie active, c'est-à-dire par de l'inertie, de l'indifférence pour les plaisirs et les distractions qui tentaient jadis, par l'amointrissement de tout effort physique ou intellectuel, par la recherche de la solitude. La vie intellectuelle est peu touchée, de même que les sensations, l'association des idées et l'attention automatique; en revanche, l'attention volontaire est en défaut, ainsi que l'imagination et la faculté créatrice, la capacité d'observation et de généralisation. La mémoire est conservée lorsqu'on arrive à la solliciter de façon énergique, le jugement est sain, sauf en ce qui concerne les phénomènes subjectifs, le malade croyant ne jamais pouvoir se relever d'un pareil état de déchéance.

Quant à la vie affective, elle est diversement modifiée. On rencontre chez les neurasthéniques de guerre des craintes obsédantes, des conceptions mélancoliques, des idées de culpabilité imaginaire. Toutefois ces manifestations descendent au second plan, et sont nettement subordonnées à l'asthénie générale.

Les effets cardiaques de l'épuisement ont été étudiés par nombre de médecins militaires. Les recherches de Léon Binet¹, poursuivies dans les tranchées prouvent que sous l'influence des bombardements on observe assez fréquemment des modifications du rythme cardiaque. Loeper² a tenté de classer les modifications suivant qu'elles sont dues à l'excitation du bulbe et du pneumo-gastrique ou à l'excitation du sympathique. Les travaux de Binet prouvent que chez des hommes surmenés, affaiblis moralement ou physiquement, la névrose du cœur peut se perpétuer

1. Léon Binet. *Presse médicale*, 10 août 1916.

2. Loeper, *Progrès médical*, 1915, p. 493.

très longtemps après la cessation de toute émotion. Oppenheim¹ a fourni de nombreuses observations à ce sujet. Dide a examiné plusieurs tachycardiaques post-émotifs et tous présentent une dépression psychique, une incapacité d'agir, un découragement, une timidité, qui confirme leur état neurasthénique. D'après cet auteur, tous les syndromes cardiaques notés chez ces blessés dépendent d'une neurasthénie post-traumatique. Et, chose intéressante, les émotions expansives nées d'un désir de gloire, deviennent capables de dissiper des syndromes neurasthéniques constitués en temps de paix. La tranchée dans ce cas, devient suivant Dide un élément thérapeutique puissant en déterminant une réadaptation dans un milieu nouveau.

Toutes ces causes existent. Mais une bonne partie des neurasthénies de guerre sont dues aux émotions de façon que les états asthéniques de guerre reconnaissent une étiologie double : les unes sont dues à l'action épuisante de l'émotion, les autres sont tributaires des fatigues excessives qui sont imposées aux militaires.

Ces questions furent débattues à la *Réunion de la Société de Neurologie de Paris avec les chefs des Centres Neurologiques et psychiatriques militaires*². La question à l'ordre du jour concernait la réforme, les incapacités et les gratifications dans les névroses et psychoses de guerre.

Dupré trace un tableau de la neurasthénie de guerre. La guerre peut directement ou indirectement, dit-il, créer ou déclencher des troubles mentaux par le *traumatisme*, le *surmenage*, les *infections* et les *intoxications*.

1. Oppenheim. *Progrès médical*, 17 février 1917.

2. Réunion de la Société de Neurologie de Paris avec les chefs de centres neurologiques et psychiatriques militaires. *Revue Neurologique*, 1916, 2^e sem., pp. 750-809.

Le *surmenage* détermine l'apparition des troubles psychiques par épuisement, dénutrition, auto-intoxication des centres nerveux. On constate souvent l'association des facteurs étiologiques. Ce trio peut créer de toutes pièces les psychoses, s'il agit de façon violente. S'il agit de façon modérée et produit des troubles très graves, c'est qu'il y a *prédisposition personnelle*. Cette prédisposition psychopathique se rapporte à un état antérieur, qui joue, dans l'étiologie des maladies mentales, un rôle plus important que dans tout autre domaine de la pathologie. Lorsque cet état antérieur existe, la détermination des troubles psychiques relève d'une étiologie double : d'une cause prédisposante et d'une cause occasionnelle, d'importance réciproque inversement proportionnelle.

Prenons un quadrilatère divisé par une diagonale en deux triangles rectangles à base commune.

Cas AB, prédisposition au maximum.

Occasion au minimum.

CD, l'inverse.

A' B', cas intermédiaire, intervention égale.

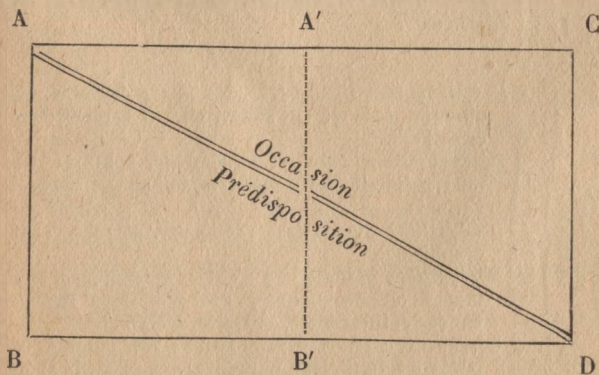


Schéma de Dupré.

Tableau de Dupré

Psychonévroses de fatigue et psychonévroses d'émotion.

Psychoneurasthénie (constitutionnelle ou acquise).	Signes subjectifs.	<p><i>Céphalée.</i> Rachialgie, malaises. <i>Vertiges.</i> Hyperesthésie sensorielle. Asthénopie accommodative. <i>Ralentissement et affaiblissement des opérations intellectuelles</i> : incapacité d'effort mental et physique. <i>Amyosthénie.</i> <i>Sentiment pénible de fatigue</i>, d'impuissance, d'énervement. Alternatives d'excitation et de dépression : <i>troubles de l'humeur</i> et du caractère.</p>
	Signes objectifs.	<p><i>Insomnie.</i> <i>Troubles digestifs avec amaigrissement</i>, dénutrition. <i>Tachycardie</i>, hypotension, tendance à l'hypothermie. <i>Fatigabilité</i> (ergographie, temps de réaction, épreuves d'attitude, etc).</p>
Psychonévrose émotive (constitutionnelle ou acquise).	Signes subjectifs.	<p><i>Impressionnabilité</i>, par hyperréflexivité, dans le sens de l'excitation ou de l'inhibition. <i>Craintivité</i>, timidité ; <i>Anxiété continue et paroxystique</i>, diffuse ou localisée ; obsessions, phobies, doutes, scrupules, etc. <i>Irascibilité.</i> <i>Troubles variés de la psychosexualité.</i></p>
	Signes objectifs.	<p><i>Erêthisme sensitivo-moteur</i>, par hyperréflexivité tendineuse, cutanée et sensorielle, à caractère non organique. <i>Déséquilibre moteur</i> : tremblements, spasmes viscéraux, palpitations : tachycardie, souvent permanente, variable. <i>Déséquilibre vaso-moteur</i> : rougeurs, pâleurs, dermatisme. <i>Déséquilibre glandulaire</i> : Crises épisodiques, spontanées ou provoquées, des sécrétions urinaire, sudorale, intestinale, salivaire, lacrymale. <i>Déséquilibre pharmacodynamique</i> : Sensibilité, exagérée ou diminuée, paradoxale, aux médicaments nerveux (ataxie thérapeutique).</p>

Ces deux états peuvent, par leur exagération, dit Dupré, aboutir à des syndromes psychopathiques délirants ; la psychoneurasthénie, aux différentes formes de la confusion mentale ; l'émotivité morbide, aux psychopathies anxieuses. L'association fréquente de ces deux états primitifs mène à la confusion avec anxiété.

Nous ne nous occuperons pas de l'épilepsie. Dupré conclut qu'il n'existe pas, à proprement parler, de psychoses de guerre. La guerre a seulement multiplié certaines formes névropathiques ou révélé des prédispositions latentes.

Les neurasthénies de guerre furent l'objet de recherches de Henri Damaye ¹.

Cet état est très fréquent et le nombre des cas n'a fait que s'accroître avec la durée de la guerre.

En somme, lorsqu'à l'ambulance, le malade exhibe le classique petit papier ou le grand mémoire où sont consignées les sensations qu'il éprouve, il est permis de supposer que la maladie n'a pas été occasionnée de toutes pièces par la vie de campagne, mais qu'elle préexistait à la mobilisation.

La neurasthénie de guerre affecte toutes les classes de la société, car les causes de surmenage existent pour tous.

Le Dr Cheyrou ² s'est occupé des états asthéniques au front. Ce qui frappe le plus le médecin militaire, dit-il, c'est le rôle prépondérant de la fatigue à la base de nombreux faits pathologiques constatés. Parmi toutes les manifestations de la fatigue, la courbature classique ou lumbago apparaît le plus fréquemment. C'est le degré le plus simple de surmenage, dit Cheyrou. On l'observe quotidiennement,

1. Henri Damaye. Les neurasthénies de la guerre. *Le Progrès médical*, 25 mai 1918, pp. 182-184.

2. Cheyrou. États asthéniques à l'extrême-avant. *Le Progrès médical*, 1917, pp. 378-380.

depuis surtout que les soldats sont devenus terrassiers. Il se traduit par des douleurs dans les reins, le long du rachis, paralysant presque ses mouvements de flexion sur le tronc, s'exagérant lorsqu'on les provoque et occasionnant des myalgies aux cuisses et aux mollets. Cette première manifestation de l'asthénie disparaît au bout de vingt-quatre heures de position horizontale.

Il existe en outre des cas plus graves, tels que les troubles digestifs, conséquence d'une accumulation de toxines, soit ptomaines, soit leucomaines, déchets de toute sorte, qui ont enrayé l'action des sucs, le rôle des glandes et créé une auto-intoxication.

Il s'agit parfois d'entérite, comme on en a vu aux attaques de Verdun. Dans d'autres cas, on assiste à des états rénaux de la fatigue, c'est le rein qui se trouve directement lésé, le liquide rénal est diminué, il contient de l'albumine et des toxines. Parfois ce sont des états cardio-pulmonaires de la fatigue qui prennent le dessus ; on constate alors des palpitations, de l'arythmie, l'irrégularité et la faiblesse du pouls, une diminution de la tension sanguine bien mise en évidence par l'oscillomètre de Pachon. Quelquefois survient la cyanose et un état syncopal. Au cours de longues marches, le troupier est pris de vertiges, d'éblouissements, de bourdonnements d'oreilles, il tombe subitement. Cet état alarmant est vite calmé, mais la sensation d'épuisement persiste assez longtemps. On constate aussi de l'emphysème, de l'essoufflement, une tendance aux hémoptysies chez les tuberculeux.

Dans d'autres cas, la fatigue se localise exclusivement sur l'appareil musculaire. L'analyse des muscles surmenés montre les déchets accumulés (Cheyrou). La toxicité se manifeste par des myalgies, par une adynamie, une asthénie musculaire très prononcée.

Enfin, les états nerveux de la fatigue, qui consti-

tuent la fatigue proprement dite, s'expriment par la rupture complète de l'équilibre organique, la désagrégation mentale. Cette forme de fatigue est due soit à une décharge de potentiel nerveux longtemps emmagasinée, soit à un abattement causé par une trop grande dépense d'énergie. Cheyrou divise ces névroses en état d'angoisse, état neurasthénique, état hallucinatoire, état convulsif, état commotionnel, état psychique proprement dit.

L'état d'angoisse a pris une extension très grande au point de constituer une nouvelle mentalité de guerre créant la catégorie des alertés, des excités et la névrose d'angoisse.

L'état neurasthénique se manifeste par des crises de tristesse, de dépression, en un mot, le *cafard* des combattants.

Suivant Benon¹, au point de vue purement clinique le choc traumatique doit être considéré comme étant essentiellement de l'asthénie. Le syndrome asthénie a été isolé récemment par J. Tastevin²; ce syndrome est constitué par la réunion de deux symptômes fondamentaux : l'amyosthénie et l'anidéation. L'amyosthénie est caractérisée par un état de faiblesse généralisée avec fatigue très rapide; l'anidéation par un ralentissement dans la succession des idées avec une évocation difficile des souvenirs. Ce syndrome ne se confond pas avec la neurasthénie, qui est une maladie, non un syndrome et se développe dans des conditions spéciales de surmenage.

L'asthénie à la suite de traumatismes a été étudiée par Brachet déjà en 1829 et fut signalée par de nombreux auteurs.

1. R. Benon. Traité clinique et médico-légal des troubles psychiques post-traumatiques, Paris, 1913.

2. Tastevin. Thèse de Paris, 1910-11 et *Ann. Méd. psychol.*, 1911.

D'après la description qu'en donne Benon¹, le choc ou l'asthénie traumatique apparaît après n'importe quel traumatisme. Elle est due soit à la douleur physique, soit à la commotion cérébrale, soit à la douleur émotionnelle qui peut précéder ou suivre le traumatisme, soit enfin à l'ensemble de ces facteurs d'épuisement.

Dans sa thèse de médecine, Cordier² affirme que la guerre n'a ni augmenté le nombre des psychasthéniques, ni créé de formes nouvelles de la maladie; elle n'a fait que donner des couleurs spéciales en particulier aux états frustes.

Chez les civils, également, l'apparition de divers troubles mentaux pendant la guerre est régie par le même déterminisme. Comme l'a montré Percy Smith³, en se basant sur 35 observations de troubles mentaux chez les civils apparaissant dans des circonstances en connexion avec la guerre, la guerre n'a été qu'une cause occasionnelle, rien de plus. L'étiologie se résume en ceci : hérédité, attaques antérieures, surmenage.

La guerre est pour les femmes, dit Maria del Rio⁴, une source intarissable d'anxiétés, de douleurs, de regrets et de larmes. Ne tombent pourtant dans l'aliénation mentale que celles qui déjà penchent vers elle.

Wedensky⁵ a décrit un cas de psychose chez un

1. R. Benon. Le choc traumatique ou anesthésie traumatique. *Rev. de Médecine*, 1914-15, pp. 504-514.

2. Ch. A. Cordier. Les états psychasthéniques frustes de la guerre. *Thèse de Lyon*, 1916, Rey édit.

3. R. Percy Smith. Troubles mentaux chez les civils. *Royal Society of Medicine*, 31 octobre 1916.

4. Maria del Rio. Les maladies mentales chez la femme en rapport avec la guerre. *Rivista sperimentale di Freniatria*, 1916, pp. 87-108.

5. J. Wedensky. Contrib. à l'étude des psychoses du temps de guerre chez les enfants. *Psychiatrie contemporaine*, 1916.

enfant ayant quelques tares héréditaires. La maladie survint à la suite de l'éclatement, à proximité, d'un engin explosif.

Laignel-Lavastine et Courbon¹ décrivent un symptôme consécutif aux émotions de guerre et qui a deux caractéristiques de la psychasthénie : l'obsession et le sentiment de la dépersonnalisation. Le trouble psychique de l'émotion passé, l'angoisse déclancha les troubles psychiques de cette émotion passée : peur de l'ensevelissement, peur de l'explosion, peur du jugement de Dieu. L'état de doute succéda à la phase obsédante. Un autre malade observé par les mêmes auteurs se rapporte à un sujet qui était indemne de toute manifestation neuro ou psychopathique et qui, après quelques mois de campagne tomba dans un état psychasthénique dont il n'est pas encore sorti depuis bientôt deux ans. Les auteurs emploient ici le terme de psychasthénie acquise.

Parmi les auteurs qui ont étudié les réactions des neurasthéniques en temps de guerre, citons Williamson² qui recommande le traitement par le sommeil et une influence morale tendant à calmer les appréhensions des malades au sujet de la possibilité d'être à nouveau soufflés par le vent des explosions ; Henri Dufour et Zivy³, Cheyrou⁴. Raymond Mallet⁵ décrivent les états confusionnels et anxieux chez le combattant. Parfois le début est brusque et d'emblée le malade

1. Laignel-Lavastine et Courbon. *Ann. méd. psych.*, p. 391 et 582, 1917.

2. R. I. Williamson. Remarques sur le traitement de la neurasthénie et de la psychasthénie consécutives au shock d'obus. *British méd. Journ.*, 1^{er} décembre 1917.

3. Henri Dufour et Zivi. Neurasthénie avec troubles de la nutrition. *Soc. méd. des Hôpitaux*, 18 mai 1917.

4. Cheyrou. Etats asthéniques à l'extrême-avant. *Le Progrès médical*, p. 378, 1917.

5. R. Mallet. Etats confusionnels et anxieux chez le combattant. *Ann. méd. psychol.*, 1917, pp. 25-35.

tombe dans un état d'automatisme qui rappelle l'état second de l'épilepsie ou du somnambulisme dont il se rapproche encore par l'amnésie consécutive. En outre certains états anxieux ont aussi attiré l'attention de l'auteur. Sans cause apparente un état anxieux se déclenche subitement. Sur ce fond morbide vient quelquefois se greffer le doute ou l'idée délirante de culpabilité, de persécution. Comme les états confusionnels, ces états anxieux paraissent être consécutifs aux fatigues de la vie du front; il s'agit bien là de malades épuisés; l'anxieux est surtout un ralenti, il présente une profonde asthénie musculaire, une grave hypotension artérielle, tous symptômes rappelant ceux de l'insuffisance surrénale, mais transitoires.

Consiglio¹ a étudié les anomalies du caractère chez les militaires en guerre.

André Gilles² a analysé un état de dépression, voisin de la neurasthénie, qui se manifeste sur la ligne de feu chez ceux, surtout, qui pendant de longs mois ont subi la vie néfaste des tranchées. Cet état psychique est caractérisé par de nombreux symptômes qui par leur fixité et leur constance, arrivent à créer un véritable malaise, capable de diminuer sérieusement la résistance du sujet qui en est atteint. Il s'agit d'une dépression physique et morale où domine l'excitabilité nerveuse et émotive. Cet état est proche de la mélancolie. Lorsque ces troubles se développent dans un terrain nerveux, ils peuvent prendre une allure critique.

F. W. Mott³ dans deux conférences sur les

1. Consiglio. Les anomalies du caractère chez les militaires en guerre. *Riv. sperim. di Fren.*, 1916, pp. 131-177.

2. André Gilles. Etude sur certains cas de neurasthénie et sur certains états psychologiques observés sur la ligne de feu. *Ann. méd. psychol.*, avril et juillet 1916.

3. F. W. Mott. Deux conférences sur les psychonévroses de guerre. I. La neurasthénie, *Lancet*, 26 janv. 1918. II. La psychologie des rêves des soldats. *Ibid.*, 2 fév. 1918.

psychonévroses de guerre, s'occupe de neurasthénie qu'il met sur le compte d'un état continu d'émotivité et de préoccupation qui épuisent le système nerveux. Une commotion, le surmenage de la guerre, peuvent engendrer l'émotivité chez un homme normal, mais ces facteurs agissant sur un cerveau émotif d'avant-guerre, déterminent les névroses de guerre.

Ramsay Hunt¹ publia quatre observations où au cours de l'entraînement militaire intensif on constata des troubles simulant la paralysie générale. En réalité il s'agissait de neurasthénie.

Rivers (Conférence sur la répression des souvenirs des faits de guerre, *Lancet*, 2 février 1918) montre comment la guerre et les souvenirs des dangers courus exercent sur certains sujets une fascination obsédante. Dans d'autres cas, le sujet s'évertue et s'épuise à chasser ses souvenirs terrifiants. Cette lutte interne favorise fréquemment le développement des psychonévroses.

Dumolard, Courjon, Armantaire et Regnard² ont communiqué à la *Société de Neurologie de Paris* une observation d'une asthénie prolongée due vraisemblablement à l'épuisement de la vie militaire après dix-huit mois de campagne. Burton-Fanning³ signale de nombreux cas de neurasthénie chez les jeunes soldats; un grand nombre de recrues à peine soldats, vont encombrer les hôpitaux. Ces sujets sont aptes, après traitement, à faire un service d'arrière suffisant.

Maurice Dide⁴, consacre une mention spéciale aux émotionnés présentant sans blessures et sans état constitutionnel avéré un syndrome neurasthénique. Il

1. *Journ. of the american medical Association*, 6 janv. 1918.

2. *Revue neurologique*, 1917, 2^e sem., p. 304.

3. F.-W. Burton-Fanning. Neurasthénie dans l'armée métropolitaine. *Lancet*, 16 juin 1917.

4. M. Dide. Travaux des centres neurologiques militaires. *Revue Neurologique*, 1917, 2^e sem., p. 459.

est hors de doute, affirme ce neurologue, que la guerre se prolongeant, au-dessous des états névropathiques jadis réputés purs, se développe avec une fréquence un peu inquiétante un état mental qui peut être rattaché à la neurasthénie, mais qui en réalité représente un fléchissement moral parfois avoué. La « peur pathologique » commence à produire ses effets chez quelques-uns, et le rôle du médecin est de reconstituer le moral défaillant.

La neurasthénie de guerre a été étudiée par A. F. Hurst¹. La neurasthénie simple, par épuisement à la suite de surmenage physique excessif et de fatigues prolongées, est relativement rare depuis la bataille de la Marne, dit cet auteur. Il y en a eu beaucoup au moment de la retraite de Mons.

Les symptômes de la neurasthénie chez les soldats ne sont pas différents de ceux qu'on observe chez le civil. Les symptômes dits « cœur de soldat » ou « cœur irritable » sont fréquents.

Dans leur livre déjà cité, G. Dumas et H. Aimé s'occupent aussi de la neurasthénie chez les Austro-Allemands. Cette affection aurait été de beaucoup la plus fréquente dans l'armée allemande. Riebeth a noté que, sur 2.526 soldats soignés dans un hôpital général, les troubles neurasthéniques étaient plus nombreux que les troubles hystériques et que la neurasthénie frappait toutes les classes de la population mais surtout les sujets qui appartenaient à des milieux intellectuels et les ouvriers des grandes villes. Tous les auteurs s'accordent à reconnaître que la plupart de ces neurasthéniques sont des prédisposés qui ont présenté avant la guerre des accidents nerveux. Mayer donne une proportion de 77 p. 100 de prédisposés. D'après Mendel, les affections neurasthéniques

1. Arthur F. Hurst. Etiologie et traitement des névroses de guerre, 1917, *British med. Journ.*, 29 septembre 1917.

ont été plus fréquentes chez les officiers que chez les soldats. Elles se traduisaient (voir Dumas, *loc. cit.*) par une dissolution générale de l'énergie, une incapacité de décision, le sentiment d'un complet effondrement physique et une tendance très marquée à verser des larmes, à tel point qu'on a vu souvent des officiers taillés en hercule et qui avaient pris part à maintes batailles, pleurer comme des enfants. Ces états d'épuisement nerveux ne s'accompagnaient d'aucun caractère d'hystérie, d'hypocondrie ou de mélancolie : c'étaient des neurasthénies au sens strict du mot.

M. de Fleury¹ décrit un procédé de délassement pour les troupes. Ce moyen, employé par le Dr Lucien Jacquet et préconisé par un journal anglais, consiste dans l'élévation forcée des membres inférieurs, le tronc étant étendu à terre et les jambes dressées contre un mur ou un arbre. La tête légèrement surélevée, les membres inférieurs dressés, formant avec le tronc un angle droit. Cette attitude étant prise, on fait exécuter aux soldats une série de mouvements rapides et à fond, des doigts de pieds, du cou-de-pied et, si possible, du genou. Cela prend 5, 10, 15 minutes. Si possible, faire déchausser les hommes. Le résultat est immédiat et tout à fait frappant.

Gouget² a constaté sur 133 soldats malades apyréliques 44 c'est-à-dire le tiers, offrant un pouls ralenti (bradycardie), par contre, 23 seulement présentent de la tachycardie (accélération du pouls), soit une proportion moitié moindre. Dans les cas de bradycardie le pouls battait entre 60 et 50, plus rarement entre 50 et 40 et au-dessous. Ces sujets, atteints d'affections diverses qui chez d'autres malades ne

1. M. de Fleury. Un moyen de délassement pour les troupes en marche. *Bull. de l'Acad. de méd.*, 1914, pp. 442-443.

2. A. Gouget. La bradycardie de fatigue, *Bull. de l'Acad. de méd.*, LXXIV, 1915, pp. 810-812.

provoquaient aucun retentissement du pouls, avaient ceci de particulier, qu'ils étaient tous très fatigués, avec ou sans anémie, amaigrissement prononcé, asthénie physique et psychique ; chez plusieurs d'entre eux, tout l'état pathologique se réduisait même à une extrême fatigue. Saurel¹ avait montré que la bradycardie des surmenés s'accompagne d'une diminution de la pression artérielle et il attribue cette bradycardie à une intoxication par les produits de la désagrégation musculaire. Elle est en tout cas d'origine nerveuse.

Sur une statistique de 3.977 malades d'une consultation oculistique du front, Weckers² signale 409 cas, soit 10 p. 100 présentant des troubles très marqués de cécité nocturne (héméralopie). Cette affection oculaire n'avait jamais été signalée au cours des guerres précédentes. Alors que le jour la vision de ces sujets est bonne, le soir et surtout la nuit, ils sont aveuglés au point d'être complètement désorientés.

Magitot³ a étudié aussi la cécité crépusculaire des tranchées.

Des troubles héméralopiques se rencontrent par suite d'une alimentation défectueuse chez certains ouvriers houilleurs travaillant au fond des puits et chez des ouvriers surmenés, par exemple au cours du percement du tunnel du Saint-Gothard.

Ménard⁴ a pris les tensions artérielles des soldats dans les tranchées suivant la méthode de Riva-Rocci.

1. Saurel. Du pouls lent dans le surmenage et l'anémie. Thèse de doct. Paris, 1898.

2. L. Weckers. La cécité nocturne chez les soldats. *Bull. de l'Acad. de méd. de Paris*, LXXV, 1916, pp. 361-364.

3. Magitot. Réunion médico-chirurgicale de la V^e armée, 1^{er} avril 1916.

4. P. Ménard. La pression artérielle et le pouls chez le soldat dans les tranchées. *Bull. de l'Acad. de méd.*, 1916, vol. LXXVI, pp. 301-304.

Il a constaté qu'en première ligne, le pouls est légèrement plus rapide chez un certain nombre de sujets qu'en deuxième et troisième lignes. La fatigue fait varier le pouls suivant diverses modalités. Parfois on constate de la bradycardie.

La fatigue abaisse la tension différentielle pour élever presque toujours la tension minimum. La pression différentielle est d'autant plus faible que le sujet est plus fatigué. Tissié trouve que cette méthode de mesure permet de se rendre compte objectivement de l'état de fatigue d'un bataillon et de sa résistance. Il a entrepris aussi des recherches sur la tension artérielle, au moyen de l'oscillomètre de Pachon. Chez les blessés la formule circulatoire est pathologique : la tension maximum est abaissée, la tension minimum est élevée, le pouls bat rapidement, l'amplitude de l'onde sanguine est diminuée, le pouvoir de contractilité des muscles du cœur et des vaisseaux est amoindri. La fatigue a frappé les muscles du cœur, des artères et des veines.

Les battements rapides du cœur avec l'hypertension circulatoire chez les combattants est due également, d'après Aubertin¹, à l'intoxication complexe et prolongée que créent la viande, le vin, l'alcool et le tabac.

Sous le nom *d'asthénie du cœur* Lamarcq² désigne la diminution du pouvoir et de la force de contractilité des fibres du cœur sous l'influence de l'exercice répété et forcé. Cette asthénie n'est en général pas diagnostiquée des médecins et pourtant elle est le point de départ de la déchéance de l'organe.

1. Aubertin. Tachycardie avec hypertension chez les combattants. *Paris médical*, 23 février 1918.

2. Le souffle d'asthénie cardiaque et les bruits du galop. *Gazette hebdomadaire des Sciences médicales de Bordeaux*, août-septembre 1906.

R. Mercier¹ a étudié aussi les modifications du pouls chez les soldats au combat.

Henri Claude et René Porak² ont appliqué l'ergographe de Mosso à l'étude des troubles nerveux dans les psycho-névroses de guerre du type hystérique. En ce qui concerne l'étude des mouvements volontaires isolés, on constate que chez le psychopathe le mouvement le plus simple, la flexion du médus, se fait mal, le poids maximal soulevé est très inférieur au poids soulevé par un sujet normal.

En revanche, la durée de l'effort est parfois assez prolongée chez l'hystérique (effort statique). Quant aux courbes de fatigue, le travail mécanique de la deuxième courbe a une valeur égale à la première courbe, après un repos de 5 minutes, tout comme à l'état normal.

Les courbes présentent les caractères suivants : deux courbes voisines sont très inégales en durée et en hauteur ; leur pente est très lente au point que la fatigue paraît presque absente ; le mouvement de flexion peut être répété un très grand nombre de fois, d'où valeur faible du quotient de fatigue $\frac{H}{N}$. Les

auteurs en déduisent l'existence de l'instabilité motrice, de la lente fatigabilité et de la continuité de l'effort faible. Cette constatation est à rapprocher du fait observé par Charcot, que l'effort prolongé ne détermine pas de réactions générales chez l'hystérique (pas de changement de rythme respiratoire). On constate enfin la rééducabilité rapide des courbes.

Les mêmes auteurs ont étudié la courbe de fatigue par excitation électrique³ chez les hystériques de guerre.

1. R. Mercier. Modification du pouls et de la pression artérielle chez le soldat. *Bull. de l'Acad. de méd.*, 1916, vol. LXXVI, p. 391.

2. H. Claude et R. Porak. *Soc. de Biologie*, 1915, p. 570.

3. H. Claude et R. Porak. *Soc. de Biologie*, 1915, p. 606.

Jean Camus¹ a fait construire par Boulitte un dynamo-ergographe général, ayant pour but l'étude des mouvements élémentaires des membres tels que la pression de la main, l'extension, la flexion du membre supérieur et du membre inférieur de manière à juger de la capacité ou de l'incapacité générale d'un membre malade.

Un autre appareil du même auteur², le dynamo-ergographe pour la main et le poignet, répond à des mouvements de moindre amplitude de la main et du poignet³. Les principes en sont les mêmes que ceux sur lesquels a été établi le premier appareil. Un métronome et un signal de Desprez mesurent comme toujours le temps. Un tambour inscrit les mouvements.

Crile³ a étudié tout d'abord le choc traumatique. Il a trouvé à la suite du choc traumatique des lésions histologiques marquées dans le cerveau, les capsules surrénales, le foie ; rien dans les autres organes. En second lieu, il a étudié les émotions. Il a trouvé également des lésions histologiques dans les mêmes organes, et aussi bien dans les premiers cas que dans le second, l'enrichissement du sang en ions-H. La réparation des lésions se produit principalement pendant le sommeil.

Les mêmes lésions ont été retrouvées dans les infections et aussi dans l'empoisonnement de l'organisme par le scatol, l'indol, dans les états anaphylactiques. A la suite de ces expériences, il a réuni tout un groupe d'organes en un système. Comme chaque organe dans ce système joue un rôle essentiel dans la transformation de l'énergie potentielle en énergie cinétique, sous forme de chaleur ou de mouvement, il a appelé ce système *système cinétique*. Le système cinétique comprend le cerveau, le corps thyroïde, le foie et les muscles.

L'épuisement est l'état dans lequel se trouve l'organisme lorsqu'il a complètement perdu son pouvoir de transformer

1. Jean Camus. Présentation d'un dynamo-ergographe spécial. *Soc. de Biol.*, 1915, pp. 520-523.

2. Jean Camus. Présentation d'un dynamo-ergographe pour la main et le poignet. *Soc. de Biol.*, 1915, pp. 742-745.

3. G. W. Crile. Recherches expérimentales sur l'épuisement. *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 1915. pp. 52-54.

l'énergie potentielle en énergie cinétique, dit cet auteur. Il résulte de l'altération d'un des organes du système cinétique, ou, comme c'est le plus souvent le cas, de lésions simultanées du cerveau, des glandes surrénales et du foie. L'épuisement aigu est hâté par une acidose aiguë (enrichissement du sang en ions-H), comme on en observe à la suite d'une dépense musculaire excessive, ou au cours d'émotions intenses (colère ou frayeur) ; ou encore à la suite d'un traumatisme considérable (choc traumatique) ; ou enfin, dans l'anesthésie par l'éther, le chloroforme, le peroxyde d'azote.

L'acidité du sang, dit Crile, inhibe la région motrice du cerveau : cette inhibition entraîne une augmentation de l'acidité du sang. Par contre, cette acidité excite la moelle, notamment le centre respiratoire, dont l'action croisée diminue l'acidité. Quand l'acidité du sang dépasse par trop les limites d'équilibre, la mort survient comme dans l'anesthésie prolongée, ou comme à la suite d'efforts physiques ou d'émotions excessives.

La réaction antithétique de l'écorce cérébrale et de la moelle à l'acidité du sang empêche les animaux de succomber par « suicide d'acide » lorsqu'ils courent ou se battent. Ceci explique aussi les symptômes ordinaires de l'épuisement (incapacité de produire de l'énergie musculaire, accélération de la respiration, tachycardie, soif, etc.).

L'auteur a enfin étudié les effets du sommeil sur les animaux épuisés par une veille continue (durant jusqu'à 109 heures). Les mêmes lésions dans les mêmes organes (cerveau, capsules surrénales, foie) ont été retrouvées, mais pas de modifications dans la teneur du sang en ions-H. Une séance de sommeil rétablissait l'état normal. Le sommeil artificiel produit par le peroxyde d'azote déterminait une réparation de lésions moitié moindre que le sommeil naturel.

L'auteur prend les soldats en campagne comme un exemple des effets que produit un grand effort physique, l'émotion, l'insomnie, l'auto-intoxication et parfois l'infection.

TABLE DES MATIERES

	Pages
CHAPITRE I. — Le rôle biologique de la fatigue	5
Définition biologique de la fatigue. — Rôle de l'intensité de l'excitation. — Généralité du phénomène de la fatigue. — Les degrés de la fatigabilité. — Le problème énergétique. — Rôle de la qualité de l'excitant. — Les excitations dites « inactives ». — La fatigue comme moyen de défense de l'organisme. — Son siège périphérique.	
CHAPITRE II. — Origine, siège, modes et degrés de la fatigue	21
Consommation des réserves. — Consommation anormale de l'énergie. — Théorie toxique de la fatigue. — Généralisation du phénomène de fatigue et son retentissement sur l'ensemble de l'organisme. — Comment expliquer ce phénomène? — Théorie psychologique. Théorie chimique. Théorie nerveuse. — Expériences de Mosso avec l'excitation volontaire et l'excitation électrique. — Critiques. — Les expériences ponométriques. — Le quotient de la fatigue et les types sensitivo-moteurs. — La loi de la décroissance du quotient de la fatigue. — Le premier degré de fatigue est périphérique. — La fatigue active et la fatigue passive. — Les quatre degrés de la fatigue physique (fissie). — Les trois stades de la fatigue intellectuelle (Meumann).	
CHAPITRE III. — La contraction musculaire	45
La secousse élémentaire. — Le tétanos physiologique. La contraction volontaire. — Rôle de la substance	

fibrillaire et du sarcoplasme dans la contraction. — L'excitabilité des muscles dégénérés. — La contraction économique. Elle est peu fatigable.	
CHAPITRE IV. — La fatigue du cœur et de la respiration.	56
Le cœur forcé. — Influence de la fatigue sur la circulation. — Le pouls capillaire. — L'accélération respiratoire et ses causes. — L'aptitude cardiaque à l'effort. — Cardiogrammes de fatigue. — Signes respiratoires de la fatigue. — Influence de la fatigue sur la pression du sang. — Les névroses cardiaques.	
CHAPITRE V. — Les concomitants physiologiques du travail intellectuel	66
Influence de la fatigue intellectuelle sur le cœur et les phénomènes circulatoires. — Influence de la fatigue intellectuelle sur l'augmentation de chaleur. — Relations entre l'activité cérébrale et les échanges nutritifs. — Influence de la fatigue intellectuelle sur la force musculaire.	
CHAPITRE VI. — L'énergétisme intellectuel.	77
Le problème de l'équivalence dynamique ou chimique du travail de la pensée. — Théorie moniste. — Le matérialisme. — La théorie énergétique des processus psychiques. — Peut-on admettre une forme particulière d'énergie? — Le parallélisme psycho-physique. — Le phénoménisme. — Le psychomnisme. — Le cerveau physiologique et le cerveau psychique.	
CHAPITRE VII. — Le sentiment de la fatigue.	92
Les rapports de la conscience avec les phénomènes moteurs. — Théories sur l'origine du sens de l'effort. — La dépression morale due à la fatigue. — Le sentiment de fatigue dans les états pathologiques. — Le mécanisme de la contracture. — Rôle défensif du sentiment de la fatigue. — L'aboulie des intellectuels. — Le paradoxe du travail. — Influence de la fatigue sur le temps de la réaction nerveuse.	
CHAPITRE VIII. — La courbe de la fatigue musculaire chez l'homme	105
La courbe de Kronecker. — La courbe de Mosso. — Caractères individuels des courbes. — Les trois types	

principaux. — Signification attribuée à la hauteur totale de soulèvements et à leur nombre (Hoch et Kraepelin). — Le quotient de la fatigue (J. Ioteyko). — Equation de la courbe de fatigue (Ch. Henry et J. Ioteyko). — Les trois constantes des courbes et leur signification. — Vérification expérimentale. — Alcool. — Sucre. — Anémie des bras. — Caféine.

CHAPITRE IX. — Les lois de l'entraînement. 125

Effets de l'entraînement sur le travail à l'ergographe. — Les causes de l'entraînement. — Le chimisme de l'organisme dans l'état d'entraînement. — La courbature de fatigue. — Définition énergétique de l'entraînement. — L'entraînement dans le sport vélocipédique. — Les coureurs. — Les tireurs. — Les effets de l'entraînement sur le temps de la réaction nerveuse. — La fatigue et l'entraînement.

CHAPITRE X. — L'hyperentraînement dans les exercices militaires et les sports. 136

Hypertrophie des muscles. — La neurasthénie par hyperentraînement. — Les effets de l'entraînement sur le système nerveux. — Au bout de combien de temps se perdent et se retrouvent les qualités de l'entraînement. — Le désarmement progressif basé sur les lois de l'entraînement militaire.

CHAPITRE XI. — La loi psycho-physique de l'épuisement. 150

La loi de l'épuisement de Mosso. — Expériences sur la fatigue rémanente (J. Ioteyko). — La loi de l'économie de l'effort (J. Ioteyko). — Travail optimum et travail pessimum. — Explication psycho-physiologique du mécanisme de la fatigue. — La fatigue croît plus vite que le travail. — C'est l'inverse de la loi de Weber. — Phénomènes identiques dans le domaine de la fatigue intellectuelle. — Conséquences pratiques.

CHAPITRE XII. — La loi psycho-physique de la douleur 166

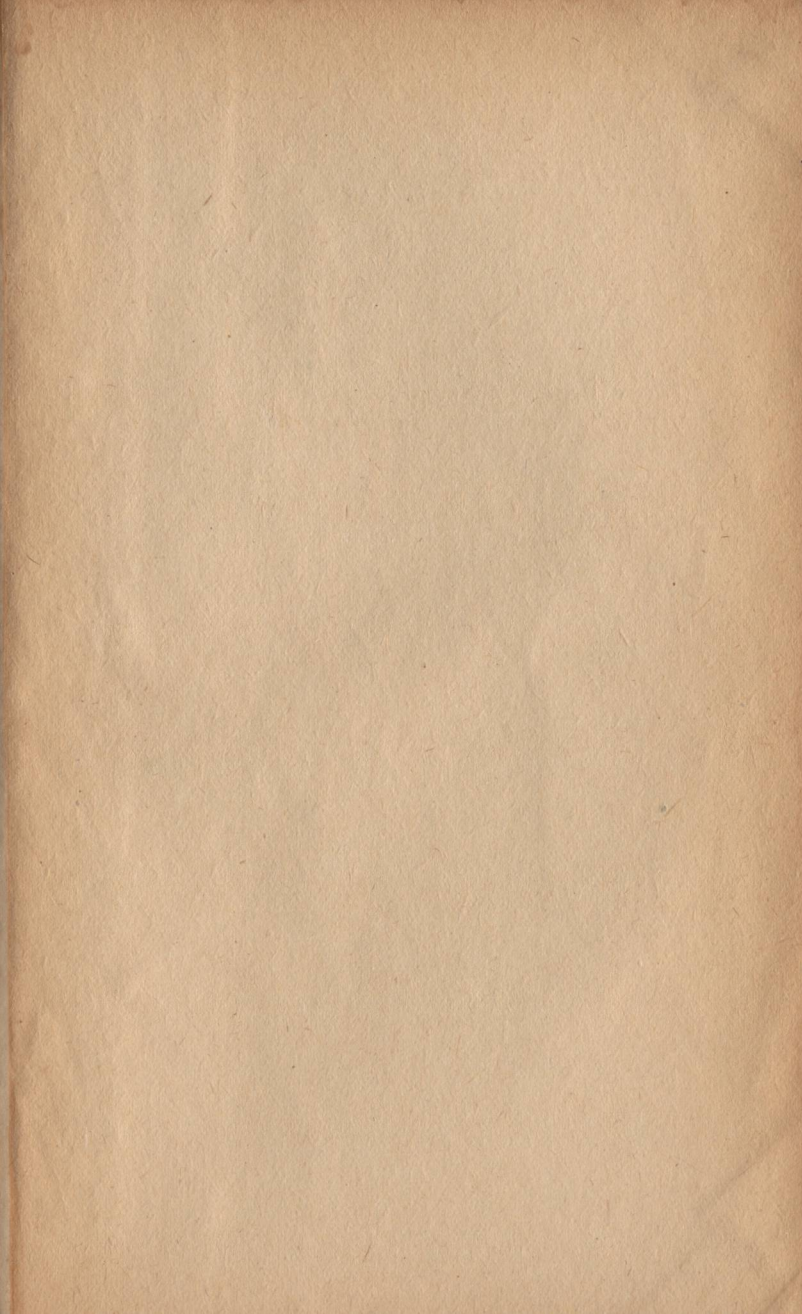
Le principe esthophylactique. — Immunité et anaphylaxie de la douleur. — La sensation de la douleur suit-elle la loi de Weber ?

CHAPITRE XIII. — Le problème de la fatigue intellectuelle. 183

Effets de la fatigue, de l'entraînement, de l'adaptation et de l'habitude. — Durée des leçons. — Rôle de l'attention. — Surmenage et malmenage. — La loi du minimum disponible. — Organisation du travail intellectuel. — Le fonctionnement économique du cerveau. — Taylorisation du travail intellectuel.	
CHAPITRE XIV. — La mesure de la fatigue intellectuelle.	198
Influence de la fatigue intellectuelle sur la mémoire, l'attention, l'association des idées, etc. — La méthode esthésiométrique. — La méthode algésimétrique. — La méthode du travail continu (analyse du travail mental). — La méthode des dictées. — La méthode des calculs. — La méthode de combinaison d'Ebbinghaus. — Critiques et résultats acquis.	
CHAPITRE XV. — La courbe de la fatigue intellectuelle. — Les types de travail.	222
La courbe de Kraepelin et les composantes de la courbe. — Les trois types quantitatifs de travail intellectuel. — Leur interprétation. — La science générale du travail intellectuel. — Les types qualitatifs de travail.	
CHAPITRE XVI. — La fatigue industrielle et professionnelle.	239
L'homme travaille comme un moteur psycho-physiologique. — Le fonctionnement économique de l'organisme. — Influence de l'intelligence générale. — La sélection des ouvriers. — Le système Taylor. — Détermination des aptitudes. — La fatigue dans les diverses professions. — Différences dans les réactions humaines. — La fatigue des estropiés. — La notion du facteur psycho-physiologique dans la détermination des salaires. — Economie individuelle et économie sociale. — Une place pour chaque homme et chaque homme à sa place.	
CHAPITRE XVII. — Le rôle pathogène de la fatigue . . .	262
Les maladies de fatigue (ponosés). — Les fièvres de surmenage. — La neurasthénie. — L'influence de la fatigue sur l'éclosion des maladies infectieuses. — Rôle des capsules surrénales. — La pathologie du surmenage intellectuel. — Arrêts de développement. —	

Augmentation de la myopie. — La fatigue chez les « débilés nerveux ».	
CHAPITRE XVIII. — Les psychonévroses émotives de guerre	275
Les émotions. — Leur influence épuisante. — La peur. — Le courage. — La constitution émotive. — Le syn- drome commotionnel et le syndrome émotionnel.	
CHAPITRE XIX. — Les psychonévroses émotives de guerre (suite). — Les principales formes de né- vroses	295
La psychopathie confusionnelle. — L'hystérie de guerre. — Phénomènes pithiatiques. — La bradycardie et la tachycardie de fatigue. — La névrose d'angoisse.	
CHAPITRE XX. — La neurasthénie de guerre.	307
La nostalgie des militaires (le cafard). — Les troubles psychiques par épuisement. — Rôle de la prédisposi- tion personnelle. — Signes des psychonévroses de fa- tigue. — Etats asthéniques. — Etats de dépression. — La cécité nocturne chez les soldats. — La pression artérielle et le pouls chez le soldat dans les tranchées. — Troubles moteurs dans les psycho-névroses de guerre.	









A
774

Biblioteka Gl. AWF w Krakowie



1800066349