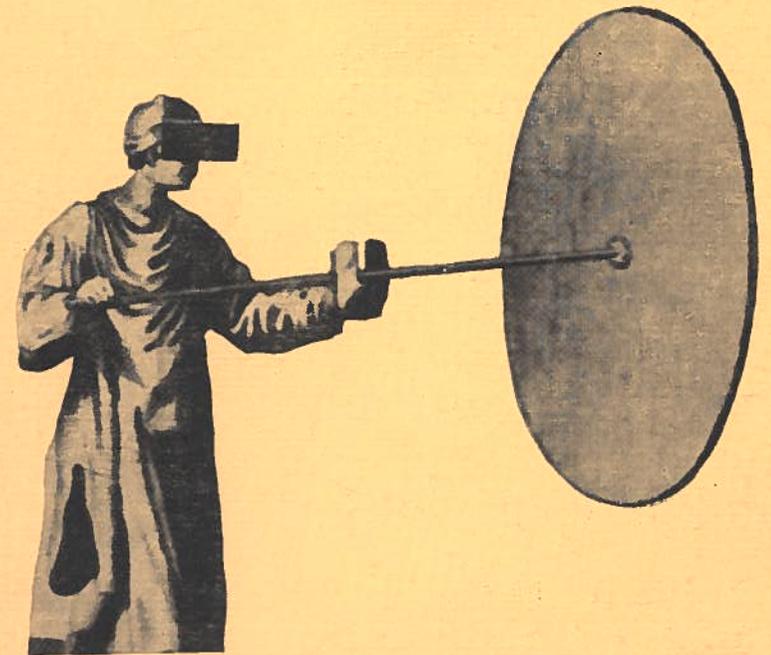


CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS
Département des Sciences de l'homme au travail dans l'entreprise

INTRODUCTION A L'HISTOIRE DE L'ERGONOMIE

par le Docteur Valentin



IX^e CONGRES DE LA SOCIETE D'ERGONOMIE DE LANGUE FRANÇAISE

**INTRODUCTION A L'HISTOIRE
DE L'ERGONOMIE**

**Par le Docteur Michel VALENTIN
Médecin du travail à la R.N.U.R.**

**Chef de Travaux Pratiques de la Chaire de Sécurité du Travail
Au Conservatoire National des Arts et Métiers**

**Préface de Monsieur le Professeur DAUMAS
Conservateur du Musée National des Techniques**

**Professeur d'Histoire des Techniques
au Conservatoire National des Arts et Métiers**

**IXème Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française
SELF**

PARIS 1972

A l'occasion du IX^e Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française organisé à Paris les 28 et 29 septembre 1972 au Conservatoire National des Arts et Métiers, au sein du Département des Sciences de l'Homme au Travail dans l'Entreprise, par A. WISNER, Professeur de Physiologie du Travail et d'Ergonomie, une exposition relative à l'Histoire de l'Ergonomie a été préparée par le Docteur M. VALENTIN sous la haute direction de

Monsieur le Professeur DAUMAS

avec l'aide de Monsieur PAYEN

Chief de Travaux à l'Ecole Pratique des Hautes Etudes (VI^e section)

et grâce à la grande obligeance de Madame MICHEL
Bibliothécaire en Chef du C.N.A.M.

Pour aider à la visite de cette exposition et garder son souvenir, le Docteur VALENTIN a bien voulu rédiger la présente Introduction à l'Histoire de l'Ergonomie, qui résume certains des nombreux travaux réalisés par l'auteur dans ce domaine

A.W.

PREFACE

Depuis le démarrage de la civilisation industrielle un grand nombre de disciplines de tous ordres ont vu le jour, se sont développées et parfois ont été submergées par le flot sans cesse croissant de nouvelles activités. Ce sont d'abord, par ordre chronologique, les moyens d'extraction, de traitement et de transformation des matières premières, d'élaboration et de production des produits finis. A cela sont venues s'ajouter les techniques de transports et de communications indispensables au nouveau rythme d'expansion industrielle ; et naturellement l'appareil d'organisation commerciale, financière et bancaire qui constitue l'autre face de l'activité économique ; la face la plus connue et la plus souvent commentée.

Pendant presque tout le XIX^e siècle, dans ce mouvement l'homme a été oublié. D'abord matière première, comme le coton des filatures, les minerais ou le coke des hauts fourneaux, le système ne lui abandonnait strictement que les moyens de subsistance nécessaires pour maintenir une disponibilité suffisante de main-d'oeuvre pour sa propre expansion. Les premières améliorations du sort des ouvriers de manufactures n'ont été concédées que sous la pression de plus en plus agressive de la lutte revendicative de la classe ouvrière. Ce n'est que plus tard, au début du XX^e siècle, que la science de l'homme au travail a trouvé ses premiers fondements, encore longtemps fragiles et fragmentaires, par l'étude physiologique et médicale des répercussions des différentes activités professionnelles sur l'organisme humain ; ceci à l'époque où le démarrage rapide des méthodes d'organisation faisait peser une nouvelle menace sur la valeur du facteur humain.

Ainsi est arrivé un temps où les deux grandes assises du rythme moderne d'évolution industrielle, les techniques de production d'une part, les méthodes d'exploitation économique de l'autre, n'étaient plus en mesure d'assurer seules la pérennité de l'expansion. Les autres disciplines, qui appurent d'abord en filigrane, acquièrent vers le milieu du XX^e siècle une importance primordiale ; parmi elles toutes les sciences pour lesquelles l'homme au travail est l'objet principal d'étude, dont l'ergonomie qui se présente aujourd'hui comme une science complexe et fortement structurée.

Chacune d'entre elles s'est développée sous la pression des besoins engendrés par la croissance de l'économie industrielle. Mais aucune n'est née spontanément. Leurs origines sont plus ou moins lointaines. Il a fallu en général plusieurs siècles pour que soit amassé le corps de connaissances constituant une plate-forme de départ solide.

Le patient travail de recherche effectué par le Docteur Valentin, à l'occasion du IXe Congrès de la Société d'Ergonomie de langue française, lui a permis de reconstituer la façon dont s'est formée cette trame d'un savoir nouveau. On verra que la démarche a été longue, tatonnante, pour devenir peu à peu rigoureuse et prendre en France avec Jules Amar le caractère d'une spécialisation d'intérêt primordial. Grâce au Docteur Valentin, les ergonomistes connaissent aujourd'hui les premières étapes de cette genèse et un nouveau chapitre de l'histoire des techniques est ouvert.

Maurice DAUMAS

NAISSANCE DE L'ERGONOMIE

L'ergonomie, l'adaptation du travail à l'homme, paraît au premier abord un terme trop récent pour qu'on puisse en écrire l'histoire. "Fille des nécessités guerrières", comme l'a écrit le médecin général QUERO (1), elle naquit aux Etats-Unis en 1943 sous le terme "d'Human Engineering" pour recevoir en Angleterre peu après son nom de baptême.

Mais l'ensemble des connaissances, des éthiques et des attitudes que recouvre ce néologisme n'est-il pas vieux comme le monde ? Après tout, le repos du septième jour, prescrit dans le Deutéronome, en est le plus ancien exemple. Dans la Cyropédie, XENOPHON, décrivant la multitude des emplois créés dans les cuisines du grand CYRUS, montre que les problèmes liés à la division du travail en tâches parcellaires dans les ateliers des grandes villes ne lui étaient pas étrangers (2).

A une époque plus récente, les règles minutieuses des statuts des corporations, déjà bien fixées au XIIIème siècle, fourniraient matière à des réflexions bien souvent contradictoires sur l'acceptation ou le refus de cette même division du travail. Mais dans l'ensemble, aucun effort n'apparaît pour apprécier les forces de l'homme et les limites de ses possibilités, et les seules motivations restent économiques.

(1) Revue des Corps de Santé. 6-1-1965, page 18.

(2) Cyropédie. Livre VIII. Chapitre II.

LOINTAINS



VAUBAN



M. et Mme LAVOISIER
(par DAVID)



VILLERME

PRECURSEURS

DE L'ERGONOMIE



D'ARCET



HALES



RAMAZZINI

ETUDE DU TRAVAIL

Léonard de VINCI -

Il faut arriver à la Renaissance pour que soient esquissées les premières réflexions objectives sur les mouvements et les attitudes du corps humain, et l'on ne s'étonnera pas de trouver à leur origine le nom de Léonard de VINCI (1452-1519), dont les observations mériteraient une étude approfondie (3). Quant à la phrase de MONTAIGNE : "Je me remue et trouble moi-même par l'instabilité de ma posture", on peut douter qu'elle se réfère réellement à un problème physiologique.

Ce fut seulement au cours du XVII^{ème} siècle que l'étude de mécanique du travail humain fut ébauchée. Le grand et malheureux GALILEE (1564-1642), qui avait établi les principes des machines simples, tenta d'expliquer les phénomènes de la fatigue par l'action de la gravité et du déplacement des masses corporelles (4). Cinquante ans plus tard, en France, plusieurs physiciens renommés, protégés par COLBERT et par LOUVOIS, firent de multiples communications que l'on retrouve dans les "Mémoires de l'Académie Royale des Sciences" entre 1699 et 1702 : Guillaume AMONTONS s'était rendu célèbre très jeune en inventant de multiples appareils de précision ; s'intéressant spécialement à l'évaluation de la puissance maximale de travail de l'homme, il faisait exécuter des travaux rapides, dans un temps très court "jusqu'à perdre haleine", à des scieurs de bois dont il mesurait le déplacement manuel tout en appréciant leurs efforts musculaires grâce à des pesons ; il étudia également le travail journalier des polisseurs ; il mourut à 42 ans en 1705. Philippe de LA HIRE, né en 1640, fils d'un peintre connu, élève de DESCARTES, fut professeur au Collège de France, et publia un nombre considérable de livres et de mémoires dans les domaines les plus variés, en particulier des tables d'astronomie qui furent traduites dans toutes les langues ; il étudia dans de multiples

(3) Trattato della pittura. Edition de 1804 - Milan - pages 121 et suivantes.

(4) GALILEE. Opere. Edition de Milan 1811, Vol. XI, page 558.

expériences l'influence du poids de l'ouvrier sur les performances qu'il peut accomplir, et fit "l'examen de la force des hommes pour mouvoir des fardeaux" tant horizontalement que sur un plan incliné ; il fixa les limites supérieures des charges à porter, à soulever, ou à tirer à l'aide d'une poulie, en position assise ou debout ; ses deux fils Gabriel-Philippe et Jean-Nicolas étaient comme lui membres de l'Académie des Sciences, lorsqu'il mourut en 1718.

Il est juste de joindre à ces deux noms celui du mathématicien Joseph SAUVEUR (1653-1716). Sourd de naissance, il resta muet jusqu'à l'âge de six ans. Mais il parvint grâce à une volonté exemplaire à recouvrer l'usage de la parole, et à utiliser même ses faibles facultés auditives au point que, devenu professeur lui aussi au Collège Royal de France, il se voua particulièrement à l'étude de l'acoustique et de l'harmonique. Ami de Madame de la SABLIERE, de MARIOTTE et de CONDE, il s'intéressa également aux problèmes du travail humain, et il étudia la force moyenne d'un travailleur appliqué à une manivelle, exécutant une tâche soutenue pendant plusieurs heures consécutives et non pas seulement pendant une période courte.

VAUBAN et BELIDOR -

Quelques années auparavant, le Maréchal de VAUBAN (1633-1707), cet illustre homme de guerre qui se consacra avec passion aux problèmes de la paix et au sort des petites gens, avait écrit des "Instructions" (5) dans lesquelles il évaluait avec précision le travail journalier d'un homme qui transportait de la terre dans une brouette. Il observait d'autre part qu'on pouvait améliorer le rendement du travail des hommes et l'augmenter même d'environ un tiers en l'organisant rationnellement.

Quelques dizaines d'années plus tard, en 1729, Bernard Forest de BELIDOR, (1697-1749), disciple et continuateur de VAUBAN, reprenait dans "l'Architecture Hydraulique" et dans "La Science de l'Ingénieur" les calculs de VAUBAN, de LA HIRE, d'AMONTONS et de SAUVEUR sur le travail journalier que l'on peut obtenir des hommes. Il faisait remarquer que "les pousser plus loin, c'est les outrer et les exposer à devenir malades et ne pouvoir tenir longtemps", - et encore qu'il fallait des conditions de vie plus facile pour les ouvriers "vu la cherté des vivres". VAUBAN déjà s'était efforcé d'obtenir le respect

(5) Instructions ou le Directeur Général des Fortifications - vers 1680 - la 2^{ème} édition parut à la Haye en 1689.

du repos dominical pour les ouvriers des fortifications (6). Comme l'écrira plus tard AMAR, en écho à ces premiers balbutiements de "Contrat Social", "le courage scientifique sonnait le réveil des consciences" (7).

Ainsi, dès la fin du règne de Louis XIV, puis dans la première moitié du XVIII^{ème} siècle, mathématiciens et ingénieurs militaires avaient jeté les premières bases objectives et expérimentales de la physiologie du travail.

BERNOULLI et EULER -

Quelques années plus tard, Daniel BERNOULLI (1700-1782) et EULER (1707-1783) cherchaient à découvrir une formule mathématique permettant de définir la force maxima de l'homme au travail.

Enfin, dans la deuxième moitié du "siècle des lumières" le travail humain allait faire l'objet d'expériences fondamentales de la part de deux savants de génie, LAVOISIER (1743-1794) et COULOMB (1736-1806).

LAVOISIER -

Les découvertes d'Antoine-Laurent de LAVOISIER n'ont pas seulement permis l'avènement de la chimie moderne. BERTHELOT a écrit que le mémoire de LAVOISIER et de LAPLACE de 1783 sur la chaleur animale "a ouvert une ère physiologique nouvelle". Et il répétait dans un autre passage que "les découvertes de LAVOISIER sur la respiration et la chaleur animale ont commencé en physiologie une révolution presque aussi importante que celle qu'il a accomplie en chimie". On avait osé "assimiler un être vivant à un composé chimique, en étudier l'oxydation par la même méthode, et le soumettre à des mesures semblables, au point de vue de l'évaluation des gaz et de la calorimétrie" (8).

Les travaux de LAVOISIER sur les problèmes physiologiques de la respiration et de la chaleur s'étagèrent tout le long de sa vie

(6) Lettre à LOUVOIS - de Strasbourg - 18 novembre 1681.

(7) Organisation physiologique du Travail, page 4.

(8) M. BERTHELOT - La Révolution chimique. LAVOISIER. PARIS 1902, pages 107, 171 et 181.

scientifique ; dès qu'il les abandonnait pour d'autres recherches, il y revenait rapidement. Dans ses dernières années, à partir de 1789, il reprit entièrement la question avec son collaborateur SEGUIN. Ils construisirent des appareils tels que l'acide carbonique expiré fut absorbé et l'oxygène restitué pour rendre invariable la composition de l'air ; ils suivirent les températures ; ils étudièrent les incidences de la transpiration et de la perte de vapeur d'eau par les poumons, l'influence de la digestion, et enfin celle du travail mécanique.

C'était la première tentative d'évaluation d'un effort par la consommation d'oxygène : "Monsieur SEGUIN étant à jeun et ayant élevé pendant un quart d'heure un poids de 15 livres d'une hauteur de 613 pieds, sa consommation d'air pendant ce temps a été de 800 pouces".

C'est dans le compte-rendu publié seulement en 1793 que l'on trouve énoncée la tentative d'assimilation entre les effets physiques et mécaniques produits par les travaux d'un homme de peine et ceux fournis par un travailleur intellectuel. "Ce n'est pas sans quelque justesse que la langue française a confondu sous la dénomination commune de travail les efforts de l'esprit comme ceux du corps", assimilation qui ne rencontre pas l'accord des physiologistes modernes, mais qui traduit chez LAVOISIER l'espérance que l'on pourra remédier à l'inégalité des conditions humaines, si l'on en croit BERTHELOT (9).

Deux dessins émouvants nous conservent l'image du laboratoire de LAVOISIER lors des expériences sur la respiration de l'homme au travail et au repos. Tandis que l'expérimentateur et ses aides manipulent diverses vanes, le sujet respire à travers un masque en circuit fermé relié à un réseau d'appareils de prélèvement. Une jeune femme assise à une simple table note les comptes rendus. C'est Madame LAVOISIER, l'auteur des dessins, celle, qui pendant plus de quarante ans, gardera fidèlement la mémoire de son mari tragiquement disparu, préparant l'édition de ses oeuvres, et défendant sa mémoire. Une tentative de remariage avec l'étrange, savant et acariâtre THOMPSON, Comte de RUMFORD, ne réussira pas, et elle se séparera du physicien anglo-américain, pour revenir à ses souvenirs.

Peut-être regardait-elle parfois le tableau de DAVID qui la représentait avec son mari, et les masques de protection de cuir vert que conserve maintenant le Musée National des Techniques au Conservatoire des Arts et Métiers.

(9) Op. cité, p. 187.

Peut-être relisait-elle les programmes des prix qu'il avait rédigés à l'Académie des Sciences, pour récompenser entre 1782 et 1784, les savants qui sauraient remédier aux dangers des arts insalubres, ou trouver la prévention des maladies des chapeliers victimes du secrétage au mercure : "Souvent la nature des travaux occasionne des morts violentes ou des accidents funestes. Tel est le sort des gens de peine ... Quel triste résultat de l'industrie ! Nos bâtiments sont cimentés avec du sang ..." (10).

COULOMB -

Charles-Augustin COULOMB, officier du génie, servit à la Martinique de 1764 à 1772, et il s'y fit remarquer déjà par d'importants travaux techniques et scientifiques. Atteint par le climat, il dut rentrer en France et se consacra aux recherches scientifiques ; concourant pour un prix de l'Académie sur la meilleure manière de fabriquer les aiguilles aimantées, il allait en faire découler d'admirables travaux sur les forces de torsion, les frottements, les résistances, qui aboutirent à la création de la balance de torsion, et à l'expression mathématique quantitative de nouvelles lois physiques. Chevalier de Saint-Louis, membre de l'Académie des Sciences, il découvrit les bases essentielles de l'électrostatique et du magnétisme. Mais dès 1775, à la suite d'expériences faites à la Martinique, il s'était intéressé à l'étude du rendement du travail humain, et il avait lu à l'Académie des Sciences un "mémoire sur la force des hommes et les quantités d'action qu'ils peuvent fournir par leur travail journalier" qui ne sera publié par l'Institut qu'en 1799, et édité en 1821.

Dès les premières lignes, COULOMB distinguait dans le travail des hommes "l'effet que peut produire l'emploi de leurs forces appliquées à une machine, et la fatigue qu'ils éprouvent en produisant cet effet. Pour tirer tout le parti possible de la force des hommes, il faut augmenter l'effet sans augmenter la fatigue". En précisant qu'il fallait que l'effet divisé par la fatigue soit un maximum, il ajoutait une réserve essentielle "J'observerai que la plupart des expériences citées par les auteurs n'ont duré que quelques minutes, et que des hommes

(10) Nouveau prix extraordinaire proposé par l'Académie Royale des Sciences pour l'année 1783. (Des archives de Michel ADANSON - Document personnel).

peuvent, pendant quelques minutes, fournir une quantité d'action à laquelle ils ne résisteraient pas une heure par jour".

Dans un autre texte d'ailleurs, il amplifie encore cette mise en garde : "Ce ne sera qu'en faisant travailler les hommes pendant plusieurs mois que l'on pourra espérer d'avoir une estimation approchée de leur travail journalier, et tous les résultats fondés sur des expériences particulières qui ont duré quelques heures ne peuvent absolument rien nous apprendre" (11).

Aussi c'est avec une extrême prudence et une méthode expérimentale éprouvée que COULOMB allait tenter son approche.

"La fatigue est une fonction de la pression que les hommes exercent, de la vitesse du point de pression, et du temps de travail. Il doit y avoir une combinaison de ces trois quantités telle qu'à fatigue égale on ait le maximum d'action. Lorsque celle-ci sera connue, on pourra faire varier la vitesse, la pression et le temps sans augmenter sensiblement la fatigue".

Successivement il allait étudier tous les facteurs en cause dans différentes sortes de tâches : la montée d'une rampe ou d'un escalier, l'escalade d'une montagne comme il l'avait fait avec son ami BORDA, à vide ou avec une charge. Il calcula alors l'effet utile du travail qui correspondait au transport du fardeau. A côté de la valeur maxima d'action possible, il chercha par une formule simple à déterminer une valeur intermédiaire optimale fournie par l'expérience, et insista encore sur le fait que lorsque le travail effectif devait durer une longue partie de la journée, le calcul comme l'expérience devait nécessairement aboutir à faire diminuer les charges et augmenter le nombre des voyages. Il étudia ensuite les parcours horizontaux avec ou sans charge, qu'il compara avec les montées précédemment évaluées, et reprit les essais de VAUBAN et de BELIDOR sur le port des fardeaux sur des brouettes. Il étudia enfin les travaux de traction sur les sonnettes des moutons, et la manoeuvre des balanciers de la monnaie, ainsi que celle des manivelles, puis le travail à la bêche des laboureurs. Il aboutit ainsi à évaluer une valeur moyenne du travail journalier d'un homme de 70 kilogrammes, en se basant rigoureusement sur de multiples expériences corroborant ses calculs. Il montra que les travailleurs prennent par instinct la vitesse la plus économique, et compensent par des intervalles de repos les surcharges.

(11) Observations sur les moulins à vent et sur la figure de leurs ailes.

Il aboutit enfin à observer toute l'importance de l'utilisation du poids de l'homme pour produire un effet de travail, et l'intérêt qu'auraient les mécaniciens à en tenir compte dans la construction des machines destinées à être mues par des hommes.

Et il conclut en attirant l'attention sur la nécessité d'observer les ouvriers tout au long de la journée sans qu'ils se sentent observés, le plus longtemps de suite qu'il est possible, et sur l'influence du choix des hommes pour les expériences, de la nourriture et du climat, qui fait varier la quantité moyenne d'action, comme il l'avait éprouvé à la Martinique.

Dans le cours de sa vie d'ingénieur et de savant, il se livra à bien d'autres recherches sur les problèmes du travail et de la sécurité. C'est ainsi qu'il fit avec PRONY et MONGE en 1798 un "Rapport sur les moyens de sauver les personnes enfermées dans des maisons incendiées" où il préconisait l'emploi d'une grande échelle qui préfigure les engins modernes. Il publia également des "Recherches sur les moyens d'exécuter sous l'eau des travaux" où il donnait les plans d'une grande cloche presque semblable à celles qui sont en usage actuellement.

Il fut ainsi à la fois un homme de science de génie, un technicien de premier plan, et un admirable précurseur de l'étude des problèmes humains du travail.



L'AGE D'OR DE LA PHYSIOLOGIE

CHAUVEAU -

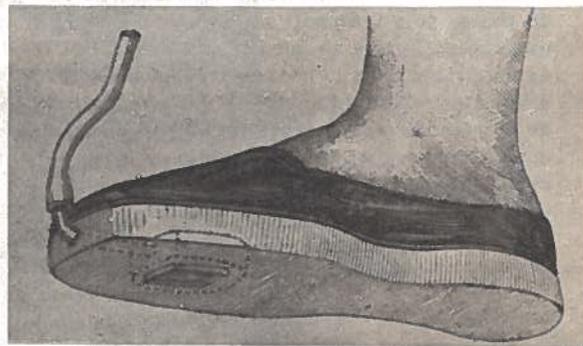
Le milieu du XIX^{ème} siècle restera, avec Claude BERNARD, BROWN-SEQUARD, Paul BERT, l'âge d'or de la physiologie. A côté de ces noms prestigieux ne doivent pas être oubliés ceux de deux grands savants qui travaillèrent d'ailleurs longtemps ensemble et furent à l'origine de recherches et de méthodes toujours en honneur en physiologie du travail, MAREY et CHAUVEAU. Les lois de la dépense énergétique et du fonctionnement musculaire sont redevables à CHAUVEAU, dont l'activité scientifique considérable eut d'ailleurs bien d'autres objets d'étude. Mais il vint aussi de Lyon à Paris offrir à MAREY sa collaboration quand tous deux recherchaient à introduire une méthode d'enregistrement direct dans l'étude des mouvements du coeur et plus généralement des sciences expérimentales.

MAREY -

Etienne-Jules MAREY (1830-1904) qui avait passé sa thèse de médecine à Paris en 1860, avait entrepris à l'Ecole Pratique toute une série d'expériences sur la circulation. Prenant l'idée d'un enregistrement direct dans certaines études de PONCELET et du Général MORIN, il avait imaginé un sphygmographe enregistrant les mouvements du pouls, puis il étendit sa méthode à l'exploration du coeur, d'abord expérimentalement en introduisant avec CHAUVEAU de petites ampoules exploratrices dans le coeur d'un cheval : "Dès lors le coeur a une plume à la main". Cette image d'ARLOING traduit bien l'intérêt exceptionnel de la méthode graphique de MAREY qui comporte d'une façon générale une capsule enregistreuse à membrane transmettant par un tube de caoutchouc les impulsions reçues à un tambour tournant enregistreur où peuvent s'inscrire aussi les références temporelles, les vibrations d'un diapason, le tracé d'un chronographe ou d'un compte-tours, et bien d'autres paramètres.



Coureur
équipé
par
MAREY
(1878)



Chaussure
exploratrice
de
MAREY
(1878)

Dès lors MAREY étudia grâce à cette méthode de multiples phénomènes physiologiques chez l'homme et les animaux. Il déploya une ingéniosité remarquable dans la construction de ses appareils, appliquant la réflexion humoristique de CHAUVEAU citée par Léon BINET : "Pour être physiologiste, il faut savoir limer avec une scie et scier avec une lime ...". Le cardiographe, le pneumographe suivirent le sphygmographe. L'étude des mouvements, des contractions musculaires, de la marche et de la locomotion de l'homme et des animaux, et même du vol des oiseaux fut entreprise avec des appareils issus du principe de la méthode graphique, et MAREY obtint des courbes et des tracés remarquablement évocateurs.

Mais les techniques photographiques progressaient et MAREY eut connaissance des travaux de l'astronome français JANSSEN qui se servait à Meudon d'une plaque photographique circulaire tournant dans un revolver photographique ; il entra aussi en relations avec l'américain MUYBRIDGE qui réalisait des séries de clichés instantanés très rapprochés de chevaux à différentes allures.

Alors, il imagina à son tour un fusil photographique donnant douze images à la seconde avec un temps de pose d'1/720ème de seconde, sur une plaque spéciale octogonale ; puis en 1887 un chronographe à pellicule mobile qui est pratiquement l'ancêtre de la caméra cinématographique.

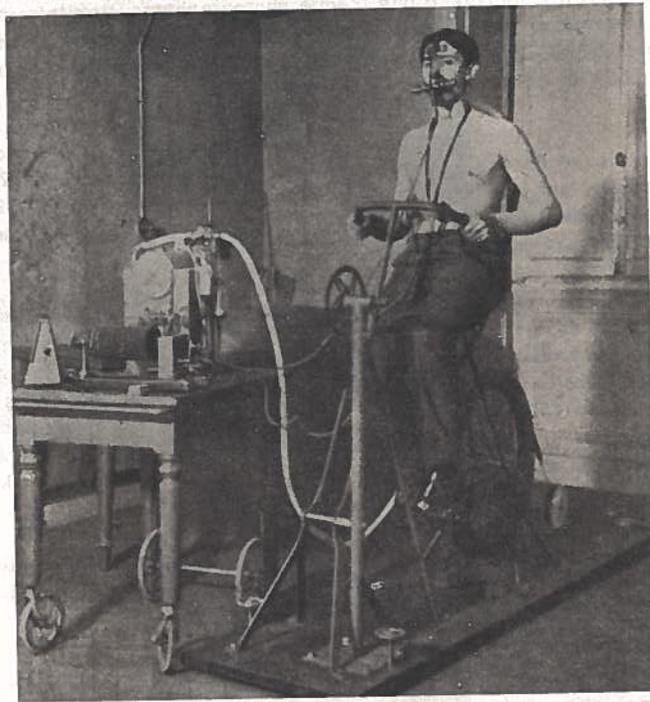
Avec ces merveilleux appareils, MAREY étudia le vol des oiseaux et des insectes dont il donna d'étonnantes images, et il reprit ses recherches sur les mouvements de l'homme et des animaux, en particulier sur la marche, les trajectoires des articulations et les inclinaisons successives des os, les phases d'appui et de dépose des membres inférieurs, effectuant de remarquables séries de clichés physiologiques dont les originaux se trouvent au Conservatoire des Arts et Métiers avec quelques uns de ses appareils.

Savant bon, généreux et désintéressé, il ne voulut pas entrer en polémique avec les inventeurs du cinéma, car, disait-il, "moi je fais de l'analyse du mouvement, et eux font de la synthèse".

Jules LEFEVRE -

Dans ses recherches sur la circulation du sang, il s'était intéressé au problème de la chaleur animale, et sans doute se tenait-il au courant des expériences de mesure de la dépense énergétique au cours d'un travail donné, tentées après HIRN (1855), par RUBNER

(1894), CHAUVEAU (1899) et les américains BENEDICT et ATWATER. De telles recherches, dont l'origine est le calorimètre à glace pour expérimentation animale de LAVOISIER et LAPLACE, ont été reprises à la fin du dernier siècle et pendant le premier quart du XXème siècle par le biologiste français Jules LEFEVRE dont le nom est trop oublié. La chambre calorimétrique qu'il avait pu faire construire au Laboratoire de Bio-énergétique grâce au soutien de d'ARSONVAL avait permis toute une série d'expériences qui ont été les prémices de recherches importantes en physiologie du travail, à propos en particulier des conditions d'ambiance.



L'appareillage d'AMAR pour l'étude respiratoire
(1910)

JULES AMAR

Les recherches et les publications de Jules AMAR ont un caractère tellement accompli que l'on peut se scandaliser de l'oubli dans lequel est tombé ce grand savant, véritable précurseur de l'ergonomie, fondateur de la physiologie du travail moderne, dont il sut définir les aspects les plus divers au Laboratoire de Recherches sur le Travail Professionnel qu'il avait créé au Conservatoire National des Arts et Métiers.

Disciple de CHAUVEAU, il utilisa et confirma les méthodes du créateur de l'énergétique animale. Ami d'Henry LE CHATELIER il étudia avec intérêt les principes d'observation ordonnée et méthodique des grands organisateurs du travail comme TAYLOR et GILBRETH, tout en critiquant objectivement le caractère rigide et insensible, l'indifférence aux données psychologiques et physiologiques de ces précurseurs incomplets.

La thèse -

Sa thèse de doctorat es sciences passée à Paris en 1909 et publiée en 1910 porte déjà un titre caractéristique : "Le rendement de la machine humaine. Recherches sur le travail". C'est le résultat d'une longue mission officielle en Afrique du Nord qui l'occupa de 1907 à 1909 et dont le but était l'étude des conditions de travail, de la force et des capacités productives des travailleurs indigènes. Et les rapports de conclusion avaient été adressés le 3 avril 1909 à VIVIANI, Ministre du Travail, et le 4 juin 1909 à Georges CLEMENCEAU, Président du Conseil. Mais la raison profonde de cette mission était qu'en Afrique du Nord, AMAR avait plus de liberté qu'en Métropole pour réunir des sujets d'expérience dont le nombre et la bonne volonté ne fussent pas limités. Et l'appui du Ministère de l'Instruction Publique montrait l'intérêt qu'on prenait à ces recherches dans les milieux scientifiques officiels. Comme dans chacun de ses ouvrages, il commençait par un rappel des données historiques et théoriques, et s'appuyait en particulier sur les expériences de CHAUVEAU pour définir le caractère

variable du rendement de la machine humaine suivant les conditions mécaniques du travail, le temps, la vitesse, l'entrée en jeu de tel ou tel groupe musculaire et le degré de leur raccourcissement. Et cette caractéristique de la machine humaine, disait CHAUVEAU, ne se retrouve pas dans les moteurs inanimés.

Et les expériences qu'il fit furent essentiellement un travail sur monocycle ergométrique, tandis que le calcul de la dépense fut fait par l'évaluation de la ration d'entretien et de la consommation d'oxygène, pendant cinq jours au moins. Tous les facteurs agissant sur le rendement furent analysés, en particulier la température, la vitesse d'action, les conditions mécaniques, et bien entendu, l'alimentation. Et dans sa conclusion reviennent sans cesse les notions de limites de charge et de vitesse à ne pas dépasser, de repos minimum à exiger; l'importance des petites surcharges est signalée. C'est surtout sur la vitesse et la durée du travail que devaient, pour AMAR, se porter essentiellement les recherches.

Le moteur humain -

Le succès officiel de la mission d'AMAR fut important et c'est alors qu'il put créer son laboratoire du Conservatoire. Le travail qu'il y accomplit dans les quelques années qui précédèrent la guerre fut considérable, et la parution de son livre "Le moteur humain" au début de 1914 en apporte le témoignage. Tous les problèmes théoriques sur la mécanique générale et l'énergétique de la machine humaine sont repris.

Les effets physiologiques du travail, la fatigue, les données alimentaires, les problèmes de température et d'aération, de pression et de surpression, l'influence des vêtements, l'éclairage, l'incidence des radiations, et du bruit, tout est passé en revue. Mais près de la moitié du livre est réservée aux techniques expérimentales et au travail professionnel, et là se retrouvent toutes les techniques modernes de l'ergonomie.

Faisant usage du cycle ergométrique, il pratique en effet, avec la prise en continu de la tension artérielle, l'enregistrement de la fréquence cardiaque par le sphygmographe et le cardiographe de MAREY, et signale l'intérêt de la notation des intervalles de repos et des temps de récupération. Il enregistre les tracés respiratoires grâce au pneumographe double, et les tonogrammes à l'aide d'une soupape de dérivation permettant la mesure des variations de pression dans les poumons, obtenant ainsi une courbe de la ventilation pulmonaire. Il effectue de telles mesures aussi bien pour les travaux statiques que pour

les travaux dynamiques. Et la table à roulettes de l'échantillonneur respiratoire qu'il utilisa est toujours au laboratoire de physiologie du travail du Conservatoire.

Il tente de rechercher des critères biochimiques sanguins de la fatigue. Il invente de multiples appareils pour mesurer l'action de différents segments musculaires dans des postes de travail variés: modifiant l'ergographe de MOSSO, il crée un chirographe pour suivre l'activité musculaire des doigts et de la main. Il utilise également une poire dynamographique, une lime et une varlope enregistreuses. Enfin, il fait exécuter des clichés photographiques en série et même des films cinématographiques pour mettre en évidence les bonnes et les mauvaises postures, et faciliter les consignes d'apprentissage pour les apprentis, dont il enregistre conjointement de multiples paramètres physiologiques.

La réadaptation des mutilés -

Mais la guerre de 1914 va orienter son activité inlassable vers de nouveaux buts. Il étudie d'abord la valeur énergétique de l'alimentation des troupes en campagne, puis devant les problèmes énormes que posaient le traitement et la rééducation des blessés, il va se consacrer entièrement à la réadaptation physiologique des mutilés et des amputés: il transforme son service en conséquence et l'intitule jusqu'à la fin de la guerre: "Le Laboratoire de Prothèse Militaire du Conservatoire des Arts et Métiers".

Il donne une conférence aux Oeuvres pour les Mutilés le 12 janvier 1916, sous la présidence de PAINLEVE alors ministre de l'Instruction Publique, où il développe son programme basé sur la nécessité matérielle et morale de réadapter les blessés. Il insiste sur l'importance d'une rééducation fonctionnelle précoce, d'une prothèse intelligente et supportable, et d'un réapprentissage professionnel méthodique. Et il utilise tout son arsenal de physiologiste, le cycle, le chirographe, la poire dynamographique, les techniques cardiographiques et sphygmographiques "d'étude de la fatigue", la lime et la varlope enregistreuses, ainsi qu'un trottoir roulant dynamographique et une gouttière dynamométrique. Il étudie enfin et il améliore les modèles les plus variés de prothèse, conseillant l'emploi du duralumin, s'appuyant sur des recherches techniques, physiologiques, chronophotographiques et cinématographiques, n'oubliant pas les vieux enseignements de DUCHENE de BOULOGNE sur les paralysies musculaires et les atteintes nerveuses.

Il reprend enfin le problème de l'organisation en France au profit des mutilés de la rééducation professionnelle, de l'éducation des mouvements, de l'adaptation de l'outillage, et s'intéresse spécialement à la réadaptation physiologique et professionnelle des aveugles pour lequel encore il invente des appareils utilisant des moyens de communication de remplacement.

Tout l'essentiel de son oeuvre pendant cette dure période est écrit dans l'admirable livre qu'il publia en 1917, "L'organisation physiologique du travail", préfacée par Henry LE CHATELIER.

La fin -

Et il continue par ailleurs bien d'autres recherches sur la cicatrisation des plaies, sur le travail féminin, sur l'orientation professionnelle à laquelle il consacra en 1920 un ouvrage important, enfin sur les lois de l'éducation respiratoire.

Après la guerre, les années passent, et il commence à s'intéresser à des problèmes de physiologie cellulaire, aux colloïdes, au cancer. Il publie en 1927 un gros livre, où les considérations morales et sociales sont étrangement mêlées aux problèmes physiologiques, et qu'il intitule curieusement : "Organisation et hygiène sociale, essai d'hominiculture". Il étudie toujours la physiologie respiratoire, il entreprend des recherches sur la diurèse.

Il a fait depuis 1911 plus de 73 communications à l'Académie des Sciences. La dernière que l'on retrouve pour l'année 1935 a comme thème "la régénération des ongles". Et puis, dans les comptes rendus, son nom disparaît. Dans la grande assemblée savante, si fertile en éloges funèbres, rien n'a été dit, semble-t-il, lors de son décès, car, aussi incroyable que cela fut, il n'était pas membre de l'Académie. Dans les encyclopédies et les dictionnaires du XXème siècle, on ne trouve mention, à son nom, que d'un certain Jean-Baptiste AMAR, conventionnel régicide, et des quatre frères de la ménagerie.

MEDECINS ET "PHILOSOPHES"

RAMAZZINI -

La vie et l'oeuvre émouvantes de Bernardino RAMAZZINI (1633-1714), qui fut le véritable créateur de la médecine du Travail constituent un chapitre essentiel de l'histoire de l'Ergonomie. Né à Carpi près de Modène, il devint professeur à l'Université de cette ville et médecin de l'illustre maison ducale d'Este.

Correspondant avec LEIBNITZ et les plus grands hommes de science, rompu à toutes les disciplines scientifiques de son époque, il publia de multiples ouvrages sur la pression barométrique, étudia les puits artésiens et les rapports entre la météorologie et l'épidémiologie, soutint la doctrine de HARVEY, et fit même plusieurs recherches d'histoire de la médecine à laquelle il attachait beaucoup d'intérêt.

Mais à côté de cette activité intellectuelle considérable, parallèlement aux innombrables devoirs de ses charges et de son enseignement, il n'hésitait pas à répondre aux appels des malades les moins fortunés qu'il soignait avec la même conscience que les familles patriciennes. Et sa bonté naturelle, comme le souci qui l'accablait à la vue des misères des travailleurs, l'entraînait invinciblement à s'intéresser aux maladies dues aux métiers et aux conditions de travail de ceux qu'on appelait encore du nom très général d'artisans. On s'étonnait pourtant à Modène qu'un homme de son importance osât s'aventurer, bien qu'il fut lié à la Cour et au monde savant de toute l'Europe, dans les ateliers de forge, les caves des tisserands, les antres des verriers, et même les puits de pétrole d'où l'on retirait déjà les matières premières destinées à la parfumerie et aux apothicaires. Et l'on se moquait de lui. Mais sa célébrité était telle que le Sénat de Venise lui offrit en 1700 une chaire à la célèbre université de Padoue dont il devint le Recteur, au moment même où allait paraître à Modène son "Traité des Maladies des Artisans".

Ce livre, c'est le résultat d'une expérience vécue : "Je n'ai pas dédaigné de visiter les ateliers les plus vils pour y obser-

ver avec soins tous les moyens utilisés dans les arts mécaniques". C'est donc une véritable série de monographies professionnelles où les aspects les plus divers des conditions de travail des hommes sont envisagés. La ventilation des mines par des cheminées au tirage forcé est signalée aussi bien que la protection des voies respiratoires par des vessies et des masques de verre, ou celle des mains et des jambes par des gants et des bottes. Les troubles dus aux mauvaises postures des ouvriers qui travaillent debout et "des gentilshommes de la Cour d'Espagne, où il n'y a aucun siège" sont attribués "au mouvement tonique des muscles en perpétuelle contraction", tandis que pour le port des lourdes charges RAMAZZINI remarque "que le centre de gravité doit rester dans l'axe de la direction du corps". La description des souffrances oculaires "de ceux qui fabriquent de petits objets" s'accompagne d'une comparaison du mécanisme de l'oeil avec celui de la chambre obscure que RAMAZZINI connaissait déjà. Enfin la surdité professionnelle que les chaudronniers en cuivre de Venise tentaient d'éviter avec des bouchons d'oreille, est évoquée en termes particulièrement émouvants. Pendant près de quinze ans, à Padoue, le vieux maître allait enseigner à ses étudiants les bases indispensables de ce qu'on appellera deux siècles plus tard l'hygiène industrielle et la prévention des maladies professionnelles : "je me suis efforcé en parcourant les boutiques des ouvriers (qui sont à cet égard la seule école où l'on peut s'instruire) à fournir les moyens de prévenir et de guérir les maladies qui les attaquent ...".

Le 9 novembre 1714, en allant faire son cours, il fut foudroyé par une attaque et mourut dans les bras de son élève préféré MORGAGNI qui devait devenir l'illustre fondateur de l'anatomie pathologique moderne. Pour rendre hommage à la mémoire de RAMAZZINI une phrase de la préface de sa "Diatriba" doit être citée, car elle permet d'évoquer parfaitement cet homme de bien : "Je conseille au médecin qui visite un ouvrier de s'asseoir sur le simple banc qu'on lui présente comme sur un fauteuil doré, et d'interroger le malade consciencieusement et avec coeur. Aux questions que l'on pose d'habitude, qu'il soit permis d'ajouter la suivante : Quel est le métier du malade ?"

BUCHAN -

Dans les années qui suivirent la mort de RAMAZZINI, le rayonnement de son oeuvre ne fit que s'amplifier. Et le "Traité" édité d'abord en latin fut traduit en allemand, en italien, en anglais et en hollandais. Il fut aussi souvent plagié et pillé, en particulier par les auteurs de dictionnaires médicaux du XVIIIème siècle. D'autres par contre se réclamèrent loyalement et ouvertement de son influence. Il en fut ainsi de BUCHAN (1729-1805) médecin écossais célèbre par sa

"Médecine domestique" qui vulgarisa beaucoup d'idées nouvelles et fut traduite en Français par DUPLANIL, médecin du Comte d'ARTOIS. BUCHAN classait les travailleurs en "gens de fatigue, sédentaires, et gens de lettres", il préconisait l'usage des bains, le culte de la propreté corporelle, l'aération et la ventilation des locaux, l'attribution de jardins ouvriers aux travailleurs obligés de rester longtemps immobiles dans une atmosphère confinée. Enfin, il s'intéressait particulièrement à la prévention des troubles dus aux mauvaises postures. C'est ainsi qu'il créa pour les ouvriers tailleurs une table d'atelier spécialement entaillée et munie de marchepied de telle sorte qu'ils puissent travailler assis, les jambes peu fléchies et bien appuyées, au lieu d'adopter la traditionnelle et néfaste position à l'orientale et les jambes croisées.

POTT -

A la même époque, en 1775, le chirurgien anglais Percival POTT (1713-1788) décrit le premier le cancer des ramoneurs et démontra clairement son étiologie.

TISSOT -

De même, en 1766, le médecin suisse Auguste TISSOT (1728-1798), élève du grand physiologiste Albert de HALLER, avait pris pour sujet de son enseignement à la chaire de médecine de l'Université de Lausanne la prévention des troubles qui atteignent les intellectuels et les dirigeants. Le succès de son cours fut tel qu'il fit paraître en 1768 un petit volume intitulé "De la santé des gens de lettres" qui fut le premier ouvrage consacré à une adaptation judicieuse des travaux intellectuels aux possibilités humaines. "Penser est un vrai travail qui ne fatigue pas moins que celui du laboureur et de l'artisan". Il décrivait les symptômes liés aux travaux sédentaires, les moyens de remédier à leur apparition, en particulier chez les médecins et les chirurgiens, les chimistes exposés à des risques d'intoxication, les chanteurs, les acteurs et les prédicateurs usant leur voix, les gouvernants, les ministres, les administrateurs et les juristes accablés par des responsabilités trop lourdes. Il prônait l'obligation de savoir dételer de temps en temps, le délasser de l'esprit, la nécessité des loisirs et des activités de plein air. "Il faut les arracher à leur cabinet", les faire jouer "aux ballons ou aux barres" comme le faisait le Père MALLEBRANCHE, leur faire pratiquer la marche, l'équitation, la pêche et la navigation à voile. Et il voulait aussi que dans les collèges et les universités "la gymnastique redevint comme autrefois un objet des soins

des directeurs". Il reprenait aussi la phrase de BOERHAAVE sur les régimes alimentaires trop riches. "Ils doivent ou renoncer à l'étude ou changer leur régime". Les problèmes de nutrition faisaient de plus l'objet de très importants et très précis commentaires.

Enfin l'aération et l'ambiance des pièces où l'on se livre à un travail intellectuel devaient être particulièrement contrôlées, et c'est ainsi que TISSOT prônait la présence de cheminées préférables aux poêles qui accentuent le confinement, et demandait que "le thermomètre de M. de REAUMUR ne monte jamais plus haut que 12 degrés" soit 16 degrés centigrades, à l'extrémité de la chambre la plus éloignée du foyer !

Il est intéressant de signaler que TISSOT, membre de la Société Royale de Paris, publia un "Essai sur les études de médecine" et participa à l'élaboration du plan présenté le 19 septembre 1790 à l'Assemblée Nationale prévoyant de grands hôpitaux d'instruction : une note jointe, probablement de sa main, préconisait que l'une des divisions de médecine interne de ces établissements serait consacrée "aux maladies des artisans : il est essentiel de réunir une suite d'observations à leur sujet : une autre manière d'y parvenir serait d'établir des infirmeries bien situées auprès des grandes manufactures. On acquerrait ainsi des connaissances sur la manière de prévenir les maux qui affectent une classe utile de citoyens".

Là aussi l'esprit précurseur de TISSOT est digne d'admiration, et les ergonomes peuvent être d'accord avec les termes de l'éloge que prononça à sa mort en 1797 le président de la Société de Santé de Lyon : "Les regrets causés par sa perte seront à jamais ressentis par les âmes sensibles".

FOURCROY -

Chose curieuse, trois quarts de siècle après sa disparition, l'oeuvre de RAMAZZINI n'avait pas encore été traduite en Français. Ce fut un jeune étudiant en médecine de 20 ans qui devait devenir plus tard un illustre chimiste, Antoine-François de FOURCROY, qui eut l'occasion de le faire en 1777, épaulé par la nouvelle rivale de l'Antique Faculté, la jeune et contestatrice Société Royale de Médecine dont il était le bibliothécaire.

Fils d'un noble ruiné qui avait dû déroger en acceptant de diriger une officine d'apothicaire, vivant dans un grenier, FOURCROY fut le protégé de LASSONE et de VICQ D'AZIR, qui avaient reconnu son talent exceptionnel. Non seulement, il traduisit remarquablement

"L'essai sur les Maladies des Artisans", mais il l'accompagna d'une série considérable de notes qui complétaient l'ouvrage primitif en donnant l'état des recherches contemporaines sur les problèmes traités par le vieux maître de Padoue. C'est ainsi, par exemple, qu'il donna toute leur importance aux travaux de SUTTON, de HALES, du médecin de marine hollandais ROUPPE et de DUHAMEL du MONCEAU sur la ventilation et l'aération des vaisseaux, des mines et des ateliers. Enfin, il rédigea une sorte de synthèse générale en reprenant dans une introduction les thèmes qu'il avait déjà développés en 1776 dans une communication à la Société.

Les hasards de sa carrière allaient l'éloigner de la médecine professionnelle vers laquelle il s'était tourné d'abord en précurseur. Professeur de chimie au Jardin du Roi, créateur de la chimie organique, il joua un rôle politique pendant la Révolution : conventionnel, il n'osa rien tenter pour sauver LAVOISIER dont il avait été le disciple, le collaborateur et l'ami. Membre de l'Institut, il fut l'un des fondateurs de l'Ecole Polytechnique, de l'Ecole Centrale et des Ecoles Normales, et mourut en 1809 Directeur Général de l'Instruction Publique, Conseiller d'Etat, et Comte de l'Empire.

LES ANNEES 1800 -

Dans le nouveau monde industriel en pleine croissance au début de ce XIXème siècle, l'intérêt porté à la pathologie et aux problèmes humains du travail paraît encore bien limité.

Cependant une thèse de BERTRAND en 1804 se réfère aux rapports entre les maladies et les métiers, tandis que MERAT publie en 1812 un ouvrage sur les troubles pathologiques dus aux métaux (12). De même CADET de GASSICOURT, fils du pharmacien en chef des Armées et lui-même premier pharmacien de l'Empereur, commence à établir les premières statistiques qui relient "la moralité des ouvriers, leur santé et la profession qu'ils exercent", et il crée les premiers essais d'orientation professionnelle pour "diriger dans le choix d'une profession les enfans (sic) des artisans en consultant leur constitution physique, leur tempérament et leurs dispositions morales".

(12) Traité sur les Coliques Métalliques. Paris 1812. Il avait écrit en 1803 une "Dissertation" sur le même sujet.

PATISSIER -

Quelques années plus tard, une dernière fois, le nom du vieux maître de Padoue revint au premier plan de l'actualité : en 1822 en effet parut à la librairie J. B. BAILLIÈRE un "Traité des Maladies des Artisans d'après RAMAZZINI" sous la signature du Docteur Philibert PATISSIER. Né en 1781 à Saint-Amour près de Mâcon, ce médecin connu jusqu'alors par ses études sur le thermalisme ne fit que reprendre et résumer la traduction de FOURCROY, en y ajoutant cependant le résumé des travaux nouveaux parus depuis 1777.

C'est ainsi qu'il citait les recherches de POTT complétées par celles de DUPUYTREN sur les cancers professionnels, et recommandait la prévention de ces terribles maladies par le port éventuellement obligatoire de vêtements de protection dont il empruntait la description, le mode d'emploi et les procédés de nettoyage au grand chimiste Joseph d'ARCET. Il prescrivait ainsi l'emploi de nouvelles machines pour les manutentions lourdes, et signalait les chemins de roulement en fer grâce auxquels on diminuait les efforts des mineurs à Newcastle.

Il signalait l'utilité majeure des nouvelles lampes de sûreté de DAVY et demandait "à l'autorité" d'en rendre l'usage obligatoire.

Enfin, il revenait avec insistance sur les problèmes de ventilation, les différents modèles de masques de protection et les moyens nouveaux de neutralisation des vapeurs toxiques expérimentés en particulier par GOSSE de Genève, et par Joseph d'ARCET.

Transcrivant entièrement le décret impérial du 13 septembre 1810 sur les établissements insalubres, il demandait que soient entreprises "des recherches pour diminuer le danger de certaines professions en n'hésitant pas au besoin à modifier le travail : la sollicitude paternelle du gouvernement fera aux savants un appel et les engagera à découvrir une manipulation plus salubre".

Il s'appuyait d'ailleurs sur un personnage éminent à qui il dédiait son livre, le Duc de LA ROCHEFOUCAULD-LIANCOURT "citoyen éclairé qui a fait de l'industrie française un des principaux objets de ses longs et utiles travaux". L'ancien grand-maître de la garde-robe du Roi LOUIS XVI, membre de l'Académie des Sciences, inspi-
rateur de l'opposition libérale, créateur des Caisses d'Épargne et des écoles professionnelles, était inspecteur général du Conservatoire et des Ecoles d'Arts et Métiers avant que LOUIS XVIII ne lui retirât ses fonctions et son audience était considérable dans les milieux savants et intellectuels ; son enterrement en 1827 sous la surveillance

scandaleuse de la gendarmerie déclencherà une véritable émeute.

Mais une autre personnalité majeure commençait à apparaître : dans les premières pages de son livre, PATISSIER signalait en effet avec beaucoup d'intérêt les recherches statistiques nouvelles pratiquées dans les hôpitaux de Paris sur la mortalité et la morbidité par maladies et par accidents atteignant les ouvriers de différentes professions qui y sont hospitalisés. Admirant la méthode et la rigueur avec lesquelles ces études étaient conduites, PATISSIER ajoutait "qu'il serait utile de faire chaque année des tableaux semblables à ceux-ci dont l'auteur M. VILLERME est un médecin aussi instruit que zélé pour la science".

Ainsi voilà cité en 1822, par le dernier commentateur du cher Recteur de Padoue, le nom de celui qui joua avec RAMAZZINI le rôle le plus décisif parmi les grands précurseurs de la Médecine Industrielle, de la Sociologie, de la Sécurité du Travail et de l'Ergonomie.

La jeunesse de VILLERME -

Louis-René VILLERME, né à Paris en 1782, fut élevé à Lardy où son père procureur au Châtelet s'était retiré. Etudiant en médecine à la Faculté de Paris, arrivé en fin d'études en 1804, il fut enrôlé dans l'Armée avant d'avoir pu passer sa thèse. Aide-major au 75ème d'infanterie, puis au 17ème dragons, il eut la réputation d'un chirurgien remarquable, courageux et exemplaire et aussi celle d'un cavalier émérite, mais bien qu'il fut sans cesse en campagne, du camp de Boulogne en Prusse Orientale, de la Pologne à l'Espagne, et que PERCY l'eut pris sous sa protection, il ne fut nommé chirurgien-major qu'après 10 ans de service.

Licencié en juin 1814, avec une pension de 450 Francs, il passa aussitôt sa thèse et reprit la médecine civile. Il avait été profondément marqué par les spectacles impitoyables qu'il avait vus, en particulier en Espagne, et ne devait jamais oublier les misères de la guerre, et surtout les souffrances de la population civile et des prisonniers voués à la famine. Il s'insurgeait aussi contre l'hygiène déplorable de certains cantonnements, et l'on raconte qu'il avait fait casser les vitres d'un hôpital dont les salles lui paraissaient insuffisamment aérées.

Très vite, il abandonna la clientèle pour se consacrer à de multiples études à objectif social, et collabora à la rédaction du Dictionnaire de Médecine et à l'enseignement de l'Athénée Royal.

En 1820, il fit paraître une étude intitulée "Des prisons telles qu'elles sont et telles qu'elles devraient être", puis il commença méthodiquement les recherches statistiques sur la morbidité des ouvriers dont PATISSIER dès 1822 signalait l'importance et la nouveauté. Il avait acquis dans ce domaine une telle réputation qu'il fut en 1823 nommé membre de l'Académie de Médecine, et qu'il appartint dès sa reconstitution en 1832 à l'Académie des Sciences Morales et Politiques, d'abord dans la classe des Economistes. Il était en effet devenu le maître incontesté des études démographiques et des recherches sociologiques, à un moment où la mutation industrielle annonçait des problèmes graves, souvent minorisés par des autorités officielles indifférentes, timorées, sceptiques ou méfiantes.

La grande enquête -

Il allait commencer dès lors une tâche considérable : chargé par l'Académie de participer à une enquête sur les conditions de vie "des classes ouvrières", tandis que son collègue BENOISTON DE CHATEAUNEUF parcourait les régions de l'Ouest, il prit comme objectif les industries textiles qui étaient alors la plus grande industrie de France ; déjà en 1827 le Docteur Jean GERSPACH, de Thann, lui avait envoyé sa thèse "sur l'influence des filatures de coton et des tissages sur la santé des hommes".

Des années durant, VILLERME allait parcourir les usines et les fabriques de France et de Suisse, et noter avec une méthode précise d'innombrables observations qui seront regroupées dans les deux gros volumes de l'admirable "Tableau de l'état physique et moral des ouvriers ..." parus en 1840. Il visita Mulhouse et sa région, Roubaix et Lille, Saint-Quentin et Rouen, Sedan et Amiens, Lodève, Carcassonne, Lyon, Saint-Etienne, Avignon, Nîmes et Zurich. Il nota les dures conditions de travail des femmes, l'abominable utilisation de très jeunes enfants jusqu'à 16 heures par jour, la longueur des trajets de plus de deux lieux parcourues à pied, la pauvreté des vêtements, le loyer ruineux des taudis, les lits sans draps. Il chiffrà la misère et ses conséquences, l'immoralité et l'alcoolisme, par la proportion effrayante des naissances illégitimes. Il dressa de multiples tableaux détaillant les salaires par catégories d'emplois, les prix de détail des aliments et des menues dépenses quotidiennes, les taux de fréquentation scolaire, les résultats des conseils de révision. Puis, dans son deuxième volume, il fit une synthèse, une plaidoirie. La condition ouvrière, pour améliorée qu'elle fut par rapport au temps de VAUBAN où un dixième de la population mendiait son pain, subissait encore des charges harassantes. L'alimentation était insuffisante, surtout par carence de viande. L'alcoolisme se répandait, et des pressions indignes s'exerçaient encore sur les femmes. Mais surtout il était hanté par le travail forcé des enfants.

Le travail des Enfants -

Déjà dans la séance solennelle des Cinq Académies du 2 mai 1837, il en avait fait l'objet de son discours aux membres de l'Institut, citant des cas où les enfants travaillaient depuis l'âge de 5 ans jusqu'à 13 heures par jour ! C'est-à-dire plus que les forçats du bagne de Toulon ou les derniers esclaves des Antilles Françaises dont la journée de travail réglementaire ne devait pas dépasser 9 heures par jour.

Grâce à des amis parlementaires, le Comte de TASCHER, le Vicomte DUBOUCHAGE, il fit éclater le drame à la Chambre des Pairs le 31 mai 1839, et l'on entendit le marquis de LAPLACE, fils du grand astronome, déclarer qu'il était "impossible de laisser subsister plus longtemps un tel abus". Le 15 juin 1839, la Chambre des Députés discuta à son tour une pétition d'autres amis de VILLERME, membres de la Société Industrielle de Mulhouse. Les commissions furent enfin saisies, s'inspirant du Bill anglais de 1833. Et le 22 mars 1841, une loi fut votée, reportant timidement à 8 ans l'âge d'embauche des enfants, dont le travail ne sera limité à 10 heures par jour qu'en 1851. Mais il faudra attendre 1874 pour que le début du travail légal soit fixé à 12 ans, et que la création de l'Inspection du Travail ne rende enfin réellement effectives les réformes suscitées par VILLERME.



Femmes et enfants travaillant dans une mine
(1820)

Ambiances et travail à la chafne -

Si ce fut là son plus grand titre de gloire, bien d'autres jalons précurseurs furent posés grâce à son action : un des premiers, il décrivit objectivement les conditions d'ambiance et de travail : il mesurait attentivement les surfaces des ateliers, les volumes et les cubages d'air, la température et le degré hygrométrique, et s'inquiétait particulièrement des méfaits de l'air confiné et de la chaleur humide. Il dénonçait les dangers des poussières de toute sorte et préconisait des masques ne colmatant pas. Il demandait aux industriels de faire construire "des machines propres" ne produisant pas de poussières, et signalait que la mécanisation des appareils à aiguiser les cardes pouvait supprimer les risques de troubles respiratoires pour les aiguiseurs. Il attirait l'attention sur les dangers des trépidations et des percussions de certains métiers à balanciers.

Et bien plus énergiquement qu'ADAM SMITH ne l'avait fait en 1776, il s'interrogeait sur les conséquences psychologiques du travail répétitif, décrivant "l'ennui d'un travail borné à quelques mouvements qui se répètent avec une accablante uniformité dans l'enceinte étroite d'une même salle".

Rapport sur les accidents -

Enfin, il devait en 1850 publier dans "Le Journal des Economistes" un remarquable rapport sur "Les accidents produits dans les ateliers industriels par les appareils mécaniques" où l'on retrouvait déjà bien précisées la plupart des règles de la sécurité moderne. Les visites d'ateliers et l'établissement de statistiques d'accidents réalisés à Lille par une Commission Préfectorale et à Troyes par le Conseil de Salubrité avaient montré l'extrême danger des machines en mouvement, responsables à 80 % des accidents du travail.

VILLERME fixait toute une série de moyens préventifs à étudier successivement pour les différents organes en mouvements, les arbres principaux et secondaires, horizontaux et verticaux, les courroies, les engrenages. La disposition de toutes les pièces mouvantes susceptibles de saisir les vêtements devait être telle que tout contact fortuit fut rendu impossible, en particulier par des enveloppes de protection. Et les appareils préservateurs (butées, trappes, tambours, enveloppes, grillages) devaient être maintenus en place tant que les machines n'étaient pas arrêtées. Des mesures de protection spéciales seraient prises pour la mise en route et l'arrêt, pour le graissage et l'entretien. L'existence des appareils protecteurs devait

être rendue obligatoire et exigée en particulier sur les nouvelles machines, dans les établissements à créer, et pour tous les appareils "conduits par des moteurs inintelligents". L'environnement largement prévu exigeait des salles et des couloirs de circulation de grandes dimensions, des passages larges et un éclairage suffisant.

Enfin, une enquête générale et continue devait être mise en route sur les accidents du travail, avec un corps d'inspecteurs spécialement créé.

Et VILLERME concluait en rappelant aux Chefs d'Entreprise l'article 1383 du Code Pénal : "Chacun est responsable du dommage causé par son fait, par sa négligence, ou par son imprudence".

Malgré l'ampleur de ses vues prémonitoires, le rapport de VILLERME restera une fois de plus bien longtemps sans effet ; et il mourut le 16 novembre 1863 sans avoir vu la mise en oeuvre de projets qu'il avait fondés, dont la réalisation en France s'étalera par petites et timides étapes, entre 1874 et 1945 ...

La Société Industrielle de Mulhouse -

Seule la Société Industrielle de Mulhouse, à laquelle l'attachait de multiples liens d'amitiés, l'avait suivi dans ses efforts.

Fondée en 1826 grâce au dynamisme remarquable de "fabricants" du Haut-Rhin, les KOEHLIN, les SCHLUMBERGER, les DOLLFUS, dont certains étaient liés à l'opposition libérale et même aux complots carbonaris, elle aborda rapidement dans ses commissions d'études les problèmes humains du travail. Un chimiste, élève d'AMPERE et de THENARD, le Docteur Achille PENOT, en fut de 1827 à 1870, l'inlassable animateur.

Son action appuyée sur la confiance des DOLLFUS suscita la création d'appareils de sûreté pour les chaudières, l'installation de système de ventilation dans les ateliers, et le remplacement de multiples produits dangereux par des colorants moins toxiques. Mais surtout ce fut Frédéric ENGEL-DOLLFUS qui ouvrit une voie définitive à la prévention des accidents et à l'amélioration des conditions de travail, et son rapport de 1867 marqua une date essentielle : "le fabricant doit autre chose à ses ouvriers que le salaire ... Il faut avant tout et par tous les moyens connus et imaginables chercher à prévenir les accidents ..."

ENGEL-DOLLFUS -

Il fit accepter la présence dans des commissions d'Etude et d'Arbitrage d'ouvriers aussi bien que de contre-maîtres, d'ingénieurs et de patrons, il amena les industriels à agréer des inspections régulières par des spécialistes qu'il fit former à la prévention et à la sécurité.

Enfin, il fonda, en 1867 la première "Association pour prévenir les accidents de fabrique". Son apparition suscita bientôt dans toute la France la création de multiples associations semblables, dont certaines, toujours existantes, ont eu un rôle essentiel dans l'amélioration des conditions de travail depuis un siècle.

Homme d'un dévouement inlassable, Frédéric ENGEL-DOLLFUS s'intéressait à tous les problèmes posés par le travail industriel, et le catalogue de sa bibliothèque, tout autant que les multiples rapports qu'il a écrits, montre qu'il fut lui aussi hanté avant l'heure par les impératifs de l'adaptation du travail à l'homme.

LA RELEVÉ PAR LES AUTOMATESVAUCANSON -

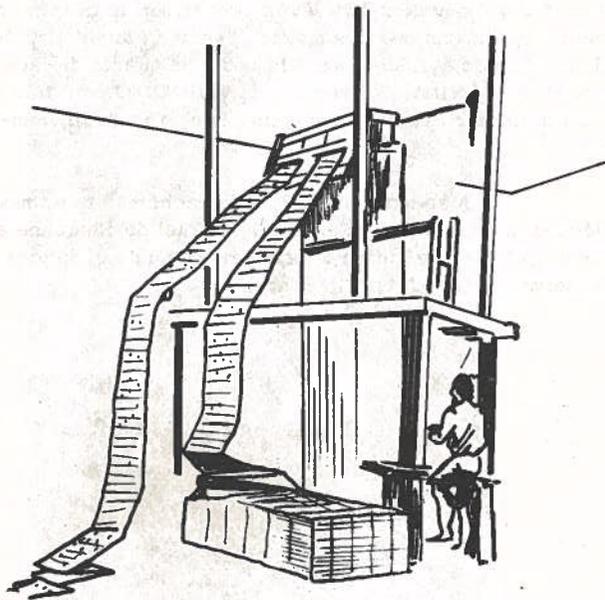
Les problèmes de conditions de travail ont eu parfois plus d'influence qu'on ne le croit sur le déclenchement de transformations techniques aux conséquences décisives. Lorsqu'en 1741 le Cardinal de FLEURY donna la charge d'inspecteur des manufactures de soie à l'ingénieur VAUCANCON, alors âgé de 32 ans, celui-ci s'était déjà rendu célèbre par la construction de merveilleux automates et d'une machine hydraulique. Il mit au point de multiples appareils non seulement pour améliorer la qualité du tissage, mais aussi pour supprimer nombre d'emplois manuels extrêmement pénibles dont certains étaient confiés à des enfants. C'est ainsi qu'il construisit un métier à tisser entièrement automatique dont la pièce la plus intéressante était un cylindre percé de trous programmant à chaque coup de navette les fils de la chaîne qui devaient être levés pour former le dessin choisi. Evidemment, les dimensions des motifs dessinés étaient limitées par la grandeur même du cylindre, mais le poste de tireurs de lacs sous les métiers était supprimé. L'invention de VAUCANSON fut très mal reçue dans les milieux corporatifs lyonnais, et elle n'eut finalement aucun succès.

A sa mort en 1782, ses machines et ses modèles furent légués au Roi, et la collection de l'Hôtel de Charonne aboutit finalement après la Révolution à former le noyau du dépôt des modèles du Conservatoire des Arts et Métiers.

JACQUARD -

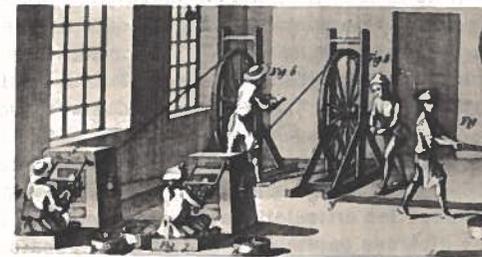
C'est là que JACQUARD (1752-1834), chargé par l'abbé GREGOIRE de remettre en état les machines démontées, vit le métier de VAUCANSON. Ayant lui-même exercé dans sa jeunesse le poste de tireur de lacs, il était déjà hanté par l'idée de construire un métier mécanique qui supprimerait cet emploi et avait mis au point une première machine. Le cylindre de VAUCANSON fut pour lui une révélation, et pour en élargir l'emploi il eut l'idée de le remplacer par une série de bandes de cartons à surface non limitée puisqu'ils étaient reliés les uns aux autres en nombre aussi grand qu'on le voulait. En réalité d'ailleurs JACQUARD s'inspirait du "papier percé" de passementerie inventé par BOUCHON, que FALCON avait remplacé par un chapelet de cartes rectangulaires préparées par un dispositif qu'il avait appelé du nom particulièrement évocateur de "machine à lire".

Là encore, le métier de JACQUARD, qui supprimait définitivement le poste de tireur de lacs, fut l'objet de manifestations hostiles de la part des canuts et des ouvriers de Lyon. Mais il finit par triompher. Et avec cette merveilleuse invention fut appliquée pour la première fois une programmation automatique, se substituant à un travail inhumain.

MOYENS TECHNIQUES DE PROTECTIONLes planches de l'Encyclopédie -

En réalité, dès le XVIIIème siècle, existaient déjà des moyens techniques de protection entre les variétés les plus fréquentes d'accidents ou de nuisances de certaines professions. Et les planches de l'Encyclopédie, qui ne font souvent que reprendre, de la plus élégante manière, des gravures techniques plus anciennes, nous en donnent une preuve certaine. C'est ainsi que déjà des "vessies", des masques, des lunettes et des écrans protégeaient les yeux contre les projections de particules : dans les admirables figures représentant des meuleurs et des aiguseurs, on voit de jeunes personnages à tricorne, assis devant une meule dont ils sont séparés par un écran de verre absolument semblable à ceux qui sont utilisés actuellement. De plus, on peut constater sur ces planches et sur celle plus technique qui représente en plus grand la machine et les outils eux-mêmes, que la meule est protégée par un carter la recouvrant efficacement, dont le texte de l'article confirme le rôle préventif contre les risques d'éclatement.

Dans le même merveilleux ouvrage, on voit les fondeurs munis de lourds et vastes tabliers et de blouses de protection contre les escarbilles chaudes.



Aiguseur à meule protégée par un écran (1770)

Enfin, les gentilshommes-verriers de Normandie et leurs aides se munissaient de tout un arsenal de vêtements et d'appareils de protection contre la chaleur particulièrement perfectionnés, et les planches qui les concernent représentent dans les détails des écrans frontaux de toile métallique, des boucliers, des maniques de cuir et de métal et des surtouts spécialement adaptés.

Cette protection contre la chaleur allait fait l'objet au début du XIX^{ème} siècle de travaux particulièrement prémonitoires ; PATISSIER signalait en effet les recommandations de Joseph d'ARCET fixant de façon très précise les normes des vêtements spéciaux que devaient porter les ramoneurs pour se protéger de la chaleur et de la suie, et la manière de les nettoyer ou de les préparer.

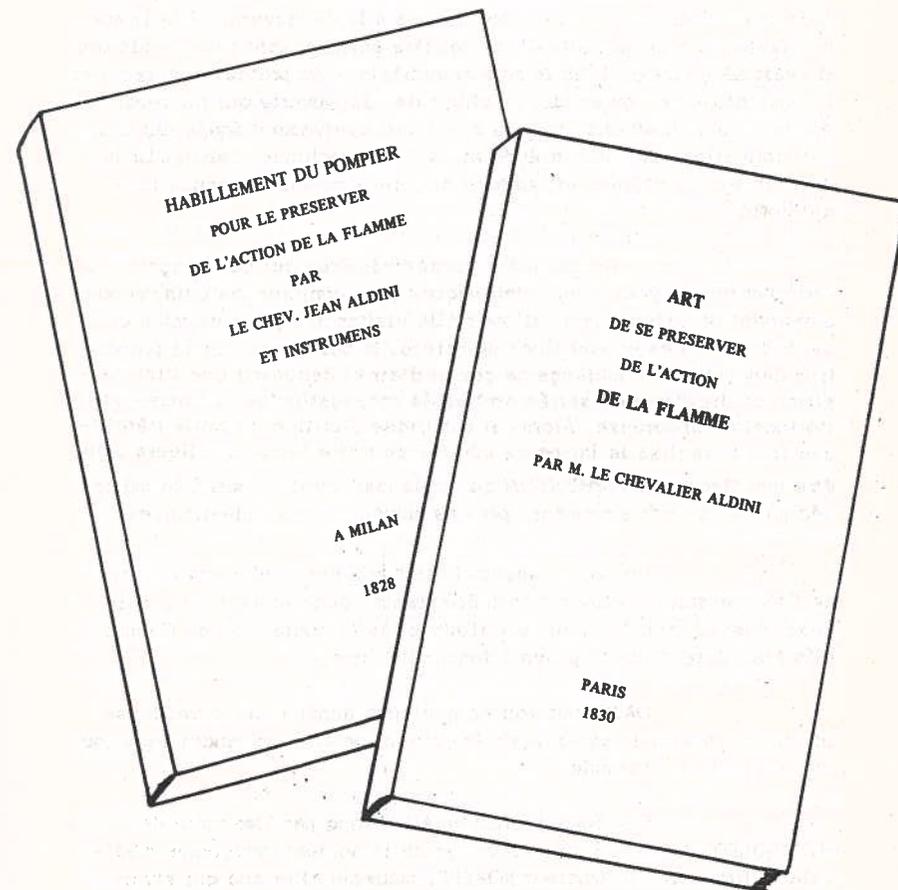
ALDINI -

Mais c'est surtout au chevalier Jean ALDINI (1762-1834) que revient le mérite d'avoir étudié scientifiquement et expérimenté des vêtements et un équipement complet de protection contre le feu et le rayonnement calorifique. Neveu de GALVANI, il avait été l'assistant de son oncle et l'avait suivi lors de sa mémorable polémique avec VOLTA. Puis il s'était livré à de multiples expériences sur les applications du galvanisme à la médecine et à la réanimation, en même temps que LARREY, BICHAT, HUMBOLDT et le trop fameux GUILLOTIN. Certaines de ces recherches étaient affreuses, atteignant un aspect granguignolesque, sur des condamnés qu'on venait de décapiter ou de pendre. Il dédia un livre à BONAPARTE, décrivant les premiers électro-chocs, puis se livra pendant des années à des recherches variées, sur les phares, les appareils de levage, et se consacrant à l'enseignement à Bologne.

A plus de 65 ans, il entama une nouvelle aventure, celle de la lutte contre le feu. Il étudia en laboratoire, grâce à des flammes calibrées et à des enceintes thermiques définies, les propriétés de différentes matières et la manière de les ignifuger, et reprit les essais de DAVY sur les toiles métalliques fines. Puis il réalisa, sur les bases qu'il avait précisées, "une armure" et des accessoires, gants, cothurnes, casque et masque, lunettes, etc ... Il utilisa d'une part l'amiante, d'autre part les tissus ignifugés et les doubla par de la toile métallique fine, réglant méthodiquement les méthodes de tissage, le sens des ouvertures, les articulations, les problèmes de poids. Il se livra alors dans diverses capitales à d'admirables essais à feu réel, à Milan devant le vice-roi et l'illustre anatomiste Antoine SCARPA recteur de l'Université, à Londres sous le patronage de FARADAY et

de la Royal Society, à Paris avec l'aide des Sapeurs-Pompiers du Colonel Baron de PLAZANET et sous le contrôle de l'Académie des Sciences représentées par FOURIER, DULONG, CHEVREUL et FLOURENS. A chaque expérience la fréquence du pouls des expérimentateurs était relevée et notée, et un examen médical était pratiqué pour chacun d'entre eux avant et après le passage à travers les flammes.

ALDINI écrit de multiples livres sur ces recherches contre le feu et s'intéressa particulièrement à l'utilisation de son équipement de protection par les ouvriers travaillant à la chaleur, dans les industries des métaux, les verreries et les faïenceries. "La tête et les mains des ouvriers pourraient être garanties par mes appareils. Le travail se ferait avec plus de sécurité ..."



LAMPE DES MINEURS ET VENTILATION

DAVY -

Lorsque Sir Humphrey DAVY (1778-1829) entreprit en 1816 les recherches qui devaient aboutir à la découverte de la lampe de sûreté, il était au faite d'une carrière éblouissante : non seulement il avait démontré en 1799 le rôle anesthésique du protoxyde d'azote et la possibilité de son emploi en chirurgie, découverte qui fut perdue pendant plus de 40 ans, mais il avait successivement fondé les bases des applications de l'électrolyse et de l'électrochimie, fait jaillir le premier arc électrique, et isolé de nombreux métaux inconnus jusqu'alors.

Alerté par les autorités minières qui commençaient à chercher des moyens plus scientifiques pour conjurer les catastrophes survenant périodiquement, il était allé visiter des puits de mine et avait prélevé des échantillons de grisou. Il put déterminer la proportion dangereuse du mélange de gaz et d'air et découvrit que l'interposition de diaphragmes serrés arrêtait la propagation de la flamme et l'étincelle dangereuse. Alors, il eut l'idée d'utiliser la boîlle métallique fine et réalisa la lampe de sûreté, en même temps d'ailleurs peut-être que Georges STEPHENSON qui prétendait avoir abouti à la même découverte au même moment, par des moyens moins scientifiques.

Un point essentiel était que non seulement la lampe de DAVY restait absolument antidéflagrante, donc protectrice, mais aussi que par modification de l'allure et de la couleur de sa flamme, elle était détectrice et pouvait donner l'alarme.

DAVY put voir en quelques années sa merveilleuse invention devenir le symbole de la prévention et se répandre dans toutes les parties du monde.

Elle fut introduit en Allemagne par Alexandre de HUMBOLDT et un curieux personnage de la société parisienne médicale et littéraire, le Docteur KOREFF, médecin allemand qui vivait

dans la capitale et fut chargé d'en envoyer un modèle au chancelier de Prusse, le prince de HARDENBERG, dont il avait été le conseiller.

Masques à filtres -

Bien avant cette découverte, les problèmes relatifs à la protection contre les gaz méphitiques avaient fait l'objet de travaux et l'on connaissait de multiples modèles peu efficaces de masques à filtre en éponge, en étoffe ou en coton, en particulier ceux de MAC-QUART, de GOSSE, de BRIZE-FRADIN, de RIGAUD de L'ISLE. Mais dès le début du XVIIIème siècle des recherches extrêmement poussées avaient tenté d'améliorer l'atmosphère des locaux insalubres ou mal aérés par la ventilation.

HALES -

Le grand précurseur de cette méthode, qui semble d'ailleurs en avoir inventé le nom, est le révérend Stephen HALES (1677-1761), pasteur de Teddington près de Londres, qui était connu dans les milieux scientifiques par ses importantes recherches en chimie et en biologie, qui servirent à PRIESTLEY et à LAVOISIER.

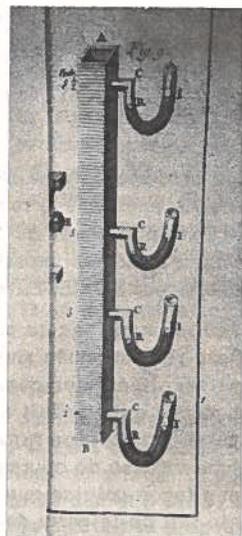
Dès 1740, il avait mis au point un système de ventilation utilisant des soufflets perfectionnés mus par des hommes, des chevaux ou des moulins, et reliés à des canalisations parcourant tout le secteur et toutes les pièces qu'il fallait aérer. Il connaissait les inconvénients de l'air pulsé projeté trop rapidement : obtenant à la sortie des ventilateurs une vitesse de courant d'air de 25 milles à l'heure, il calculait d'une façon précise que la vitesse de l'air, à l'arrivée dans les pièces, du fait de la perte de charge dans le circuit de canalisation, ne serait plus que d'1/4 de mille à l'heure, qui correspondait, écrivait-il "à un mouvement si peu sensible qu'on ne s'en aperçoit aucunement et qu'on peut se servir des ventilateurs en toute sûreté". Or, cette vitesse correspond très sensiblement au chiffre de 0 m, 1 par seconde adopté par l'ergonomie moderne pour les travailleurs immobiles.

Si l'on ajoute qu'il contrôlait les vitesses de l'air pulsé par des tubes en U renversés reliés aux colonnes d'arrivée d'air et remplis de liquides colorés, et par les rubans flottants chers aux ingénieurs modernes, on conviendra qu'il fut un réel précurseur.

D'ARCET et MORIN -

Moins d'un siècle plus tard, Joseph d'ARCET, membre de l'Institut dont le père était lui-même un chimiste célèbre, protégé de MONTESQUIEU, préconisa la ventilation des locaux collectifs et industriels par la construction de cheminées d'appel, et son procédé

fut perfectionné par le général MORIN, lui aussi membre de l'Académie des Sciences, qui l'appliqua à la ventilation des amphithéâtres du Conservatoire des Arts et Métiers qu'il dirigea pendant 30 ans. On peut signaler accessoirement que le général MORIN, peu accessible aux idées nouvelles malgré sa grande valeur scientifique, fit échouer au début du Second Empire le projet de cours d'hygiène industrielle au Conservatoire, proposé par ARAGO et Ambroise TARDIEU à la suite d'Ulysse TRELAT.



Contrôle de ventilation
Hales (1744)



Ventilation de la prison de Newgate
(1744)

DE L'OUTRE A L'AEROPHORE

La légende d'ALEXANDRE -

L'histoire des tentatives faites par les hommes pour travailler dans une atmosphère toxique ou en plongée sous les eaux remonte à la plus haute antiquité.

ARISTOTE repris par Roger BACON signale la cuve d'airain et la cloche de cristal dont se servait ALEXANDRE, et les machines avec lesquelles on marchait sous l'eau pour observer les secrets de la mer.

Les planches gravées sur bois qui illustrent l'édition de 1537 de VEGECE montrent des plongeurs munis d'outrés et de tubes, et des nageurs de combat, tandis que descendent sous les eaux d'étranges caissons suspendus.

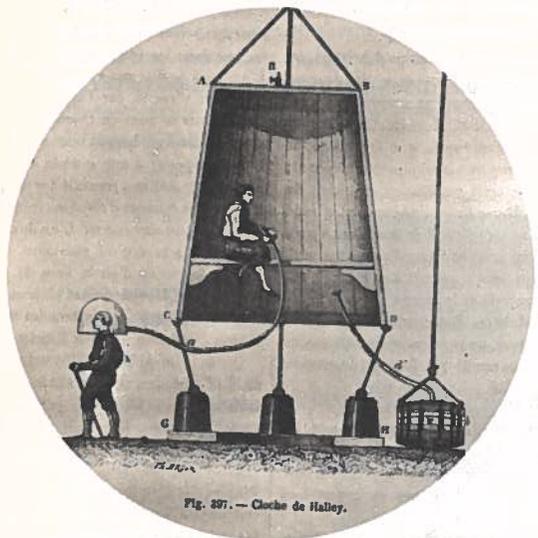
En 1538, en 1630 les annales signalent des travaux effectués en profondeur grâce à des cuves retournées.

En 1665, des canons de l'Armada sont repêchés grâce à un appareil semblable.

HALLEY et HALES -

C'est l'illustre astronome anglais HALLEY (1656-1742) qui créa le premier la véritable cloche de plongée munie de contrepoids et alimentée en air frais par une tuyauterie, des pompes, des coudes et des soupapes tels que l'eau ne pouvait pénétrer.

Après le capitaine suédois TRIEWALD, le révérend Stephen HALES, père de la ventilation, avait conçu un appareil à soupapes permettant la respiration sous l'eau.



Cloche de plongée
de Halley
(1690)

Fig. 337. — Cloche de Halley.

Scaphandrier
muni de l'aérophore
(1863)



Du Scaphandre au sous-marin -

Cinquante ans plus tard, en 1785, peu avant sa mort tragique, l'aéronaute PILATRE DE ROZIER construisit un "respirateur antiméphitique" à tubes longs d'une quinzaine de mètres reliés à un "nez creux à yeux de verre", c'est-à-dire un masque de cuivre à lunettes adapté au visage et fixé par des lanières, comparable au masque expérimental de SEGUIN et LAVOISIER. L'appareil de PILATRE fut perfectionné après sa mort par HUMBOLDT. Au même moment, COULOMB traçait les plans d'une cloche et GUYTON DE MORVEAU proposait à FULTON de régénérer l'air de son sous-marin (1803).

Le scaphandre de l'abbé de LA CHAPELLE n'était en 1776 qu'une ceinture de sauvetage de liège, mais celui de KLINGERT, de Breslau, en 1797, était déjà proche des appareils modernes, tout au moins quant à l'aspect de son dôme métallique à hublot.

L'aérophore de ROUQUAYROL et DENAYROUZE -

Mais jusqu'au milieu du XIX^{ème} siècle, la distribution de l'air provenant de pompes extérieures reliées à des tuyauteries, ou de réservoirs autonomes, n'était pas automatique, et devait être réglée à la demande par le plongeur ou le sauveteur, comme d'ailleurs dans la très simple outre de sauvetage de GALIBERT.

Ce fut l'immense mérite de ROUQUAYROL et des frères DENAYROUZE de concevoir en 1863 un mano-détendeur automatique, le régulateur, qui "donnait la quantité d'air nécessaire à la respiration, à la même pression que celle qui s'exerce sur le plongeur, avec mise en mouvement automatique par son propre poumon". L'ensemble de l'appareil fut appelé un "aérophore".

Le réservoir régulateur, intercalé entre l'arrivée d'air et le masque comprenait une paroi supérieure en tôle légère élastique formant limite d'une chambre étanche reliée à une soupape d'admission d'air. Si la pression extérieure augmentait, le couvercle en s'abaissant, déterminait une irruption d'air grâce à l'action d'une tige reliée à la soupape, jusqu'à égalisation des pressions.

Ce mécanisme très simple resta, à peu de choses près, celui des scaphandres et des appareils de plongée modernes.

En même temps, des améliorations multiples complétèrent les systèmes de pompes à haute et basse pression, et l'installation

d'une deuxième enveloppe permit au scaphandrier de compenser mieux la pression extérieure.

Des essais furent tentés à bord de la frégate "La Thémis" et lors des plongées, les fréquences respiratoire et cardiaque furent méthodiquement notées par le chirurgien de 1ère classe JUVENAL.

Et dix ans à peine séparaient cette expérience de la découverte par Paul BERT des lois de la décompression.

CONCLUSION

Ce trop rapide aperçu n'a pu donner qu'un faible reflet des recherches pratiquées pendant tant d'années, avec foi et obstination par les lointains précurseurs de l'Ergonomie.

Nous n'avons pu faire revivre un instant que certains d'entre eux. Ils nous montrent le long chemin qu'ils ont affronté, et par surcroît celui qui nous reste à parcourir.

Car, comme le disait Humphrey DAVY, "l'avenir n'est fait que d'images du passé".

TABLE DES MATIERES

	page
<u>PREFACE</u> par M. le Professeur DAUMAS	3
<u>NAISSANCE DE L'ERGONOMIE</u>	5
<u>L'ETUDE DU TRAVAIL :</u> La Renaissance : VINCI et MONTAIGNE - le XVII ^e siècle : GALILEE, AMONTONS, LA HIRE et SAUVEUR - les ingénieurs militaires : VAUBAN et BELIDOR - le XVIII ^e siècle : BERNOULLI et EULER, LAVOISIER et COULOMB	8
<u>L'AGE D'OR DE LA PHYSIOLOGIE</u> CHAUVEAU, MAREY, Jules LEFEVRE	15
<u>L'OEUVRE DE JULES AMAR :</u> La thèse - le moteur humain - l'organisation physiologique du travail - la réadaptation des mutilés - les dernières années	19
<u>MEDECINS et "PHILOSOPHES"</u> RAMAZZINI - BUCHAN, POTT et TISSOT - FOURCROY - les années 1800 - PATISSIER - VILLERME - le tableau des ouvriers - le travail des enfants - les ambiances et le travail répétitif - le rapport sur les accidents - la Société Industrielle de Mulhouse - ENGEL-DOLLFUS	23
<u>LA RELEVÉ PAR LES AUTOMATES :</u> VAUCANSON, JACQUARD	35
<u>LES MOYENS TECHNIQUES DE PROTECTION :</u> Les planches de l'Encyclopédie - ALDINI	37
<u>LA LAMPE DES MINEURS ET LA VENTILATION :</u> DAVY - les masques à filtre - HALES - D'ARCET et MORIN	40

DE L'OUTRE A L'AEROPHORE :

La cuve d'ALEXANDRE - les bois gravés de la Renaissance - la cloche de HALLEY et les respirateurs - PILATRE DE ROZIER et HUMBOLDT - encore COULOMB - GUYTON DE MORVEAU - DE LA CHAPELLE à KLINGERT - DE GALIBERT à ROUQUAYROL et aux frères DENAYROUZE - les lois de Paul BERT

43

CONCLUSION

46

Légende des illustrations de la couverture :

1^{re} page :

*Gentilhomme-verrier de Normandie avec sa manique
et son écran protecteur (XVIII^e siècle)*

Dernière page :

*Plongeur avec tube respiratoire
(gravure 1537)*