

FRANÇOISE GUÉLAUD, MARIE-NOËL BEAUCHESNE
JACQUES GAUTRAT, GUY ROUSTANG

pour une analyse des conditions du travail ouvrier dans l'entreprise

4^e Edition

**Recherche du Laboratoire d'Économie et de Sociologie du Travail
C.N.R.S. Aix-en-Provence**

INSPQ - Montréal



3 5567 00007 6312

LIBRAIRIE ARMAND COLIN

INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC
CENTRE DE DOCUMENTATION
MONTRÉAL

**pour une analyse
des conditions
du travail ouvrier
dans l'entreprise**

MONTAGES AUDIO-VISUELS SUR L'ANALYSE DES CONDITIONS DE TRAVAIL

En vue de fournir des supports pédagogiques utilisables pour une sensibilisation ou une formation à l'analyse des conditions de travail, le L.E.S.T. a réalisé une série de montages audio-visuels. NEUF sont actuellement disponibles :

1) L'ANALYSE DES CONDITIONS DE TRAVAIL - PRESENTATION DE LA METHODE DU L.E.S.T. - Ce montage est une sensibilisation aux problèmes des conditions de travail. L'exposé rapide de la méthode d'analyse présente chacun des éléments pris en compte, ainsi que le principe et la signification de la cotation.

2) LA PLACE DE LA METHODE DU L.E.S.T. DANS LE DIAGNOSTIC DES CONDITIONS DE TRAVAIL - La méthode du L.E.S.T. permet de recenser les diverses contraintes au poste de travail, mais elle est insuffisante pour appréhender les situations de travail dans toute leur complexité. Elle doit donc être associée à d'autres méthodes d'analyse présentées dans ce montage.

3) LA CHARGE STATIQUE - Quelques rappels sur le fonctionnement du muscle permettent de différencier la charge statique, ou posturale, de la charge dynamique. Les différentes conséquences physiologiques des postures sont exposées, et les tableaux de cotation sont expliqués. Quelques exemples d'aménagement des postes de travail sont aussi présentés.

4) LA CHARGE MENTALE - Ce montage essaie de faire le point des connaissances actuelles relatives à la charge mentale. Après une définition de la charge mentale (références à la théorie de l'information, à l'hypothèse du canal unique, aux hypothèses relatives aux diverses structures de l'intelligence) sont abordées un certain nombre de méthodes actuellement utilisées pour mesurer ou évaluer divers aspects de la charge mentale.

5) LA COMPLEXITE VITESSE ET SES CONSEQUENCES SUR LA CHARGE MENTALE - Parmi les éléments entraînant une charge mentale élevée, il faut noter la combinaison de la complexité des tâches et de la vitesse de déroulement des opérations. Ce montage expose les principes adoptés dans la méthode d'analyse des conditions de travail en développant les raisons de ces choix et leur conséquence dans la cotation.

6) LE BRUIT - Ce montage étudie le bruit et ses conséquences en situation industrielle. Il se compose de plusieurs thèmes : instruments de mesure des bruits, grandeurs caractéristiques des sons, conséquences physiologiques, moyens de lutte et de protection. Ce montage est accompagné d'une brochure en vue de donner au formateur un dossier très documenté nécessaire à la préparation de son travail.

7) L'AMBIANCE THERMIQUE - Ce montage est consacré à l'un des facteurs de pénibilité pouvant exister au poste de travail : l'ambiance climatique. Les diverses parties du montage sont : Rappel des modalités physiques d'échanges thermiques entre plusieurs objets. Système de régulation thermique de l'organisme humain. Appareils de mesure des caractéristiques d'une ambiance thermique. Normes de confort. Lutte et protection contre le froid ou le chaud. Ce montage est accompagné d'une brochure.

8) L'ECLAIRAGE - Le rappel de données physiques sur la lumière et de données relatives au fonctionnement de l'œil permet de mettre en évidence les grandeurs caractéristiques des conditions d'éclairage. Les appareils et les méthodes de mesure de ces grandeurs sont présentés ainsi que les normes de confort. Ce montage est accompagné d'une brochure.

9) LE TRAVAIL ET LE TEMPS - Les diverses fonctions de l'organisme humain obéissent à certains rythmes, avec une succession de phases de grande et de faible activité. L'organisation actuelle du temps est basée sur des impératifs économiques qui ignorent ces biorythmes.

Quelles sont les conséquences sur la santé et l'équilibre du travailleur de la discordance entre ces rythmes biologiques et les rythmes imposés par certaines organisations du travail ? Quelles sont, en particulier, les conséquences du travail posté ? Telles sont les questions abordées dans ce montage.

*
* *

Pour tous renseignements s'adresser au LEST-CNRS - 35, avenue Jules-Ferry, 13626 Aix-en-Provence Cedex. Tél. (42) 26-59-60.

**FRANÇOISE GUÉLAUD
MARIE-NOËL BEAUCHESNE
JACQUES GAUTRAT
GUY ROUSTANG**

**pour une analyse
des conditions
du travail ouvrier
dans l'entreprise**

**Recherche du Laboratoire d'Économie et de Sociologie
du Travail. C.N.R.S. Aix-en-Provence**

Préface par YVES DELAMOTTE

**Ancien directeur de l'Agence nationale pour l'Amélioration des Conditions de Travail
Professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers**

**Ouvrage publié avec le concours du C.N.R.S.
2^e édition revue et modifiée**

**LIBRAIRIE ARMAND COLIN
103, boulevard St-Michel, Paris V^e**

© 1975 LIBRAIRIE ARMAND COLIN

PRÉFACE

La conjoncture présente fait de l'emploi un problème prioritaire sur lequel convergent les efforts des pouvoirs publics, des employeurs et des syndicats. Les conditions de travail n'ont plus l'actualité qu'elles avaient il y a trois ou quatre ans. Cependant la prise de conscience qui se produisit alors reste acquise. Nombreuses sont les entreprises qui, pour préparer l'avenir, se sont engagées discrètement et patiemment dans des actions d'amélioration des conditions de travail. Les confédérations syndicales, de leur côté, ont élaboré des plateformes revendicatives très précises, notamment à l'occasion de la négociation nationale qui vient de se conclure par un accord. Sans doute cet accord n'a été signé ni par la C.G.T. ni par la C.F.D.T., mais les fédérations affiliées à ces centrales s'engageront prochainement dans des négociations de branche, dont les résultats seront naturellement plus concrets que ceux de l'accord cadre. Le programme gouvernemental en la matière se précisera également dans les mois qui viennent. L'Agence nationale pour l'Amélioration des Conditions de Travail (A.N.A.C.T.) fonctionne depuis le début de 1975.

Toutes ces initiatives montrent bien que le problème des conditions de travail reste posé comme un des problèmes majeurs auxquels sont confrontées les sociétés industrielles avancées. Le progrès doit être recherché à la fois sur ce plan et sur celui de l'emploi, puisque aussi bien ces deux questions sont indissociablement liées dans la vie des hommes. La sécurité de l'emploi apparaît comme une garantie qui donne tout son sens à l'amélioration de la situation de travail (quel prix en effet attacher à cette amélioration si l'emploi reste précaire ?). L'amélioration des conditions de travail donne à la sécurité de l'emploi cette dimension dynamique que ne comporte pas le seul fait d'être prévenu contre un risque.

Si les deux actions sont donc complémentaires et doivent être prises en compte également dans une politique de progrès social, il est bien clair qu'elles relèvent de démarches différentes. Sans chercher ici à pousser la comparaison, j'indiquerai seulement que dans un cas (emploi) le centre d'impulsion de l'action à mener se situe dans les instances nationales et les pouvoirs publics, alors que dans l'autre cas il

se situe plutôt dans l'entreprise.

Ceci ne signifie évidemment pas que les pouvoirs publics n'aient pas un rôle important à jouer. Ils peuvent faire progresser la réglementation, et les confédérations syndicales ne manquent pas d'idées sur les changements qui pourraient être introduits dans les textes en vigueur. Ils peuvent aussi encourager la concertation, ou créer des instances, comme l'A.N.A.C.T., qui apportent une aide aux entreprises. Il est significatif que ce soit la même loi du 27 décembre 1973 qui ait prévu la création de l'Agence et, dans les établissements occupant plus de 300 salariés, la mise en place de commissions spécialisées du Comité d'Entreprise. Ceci montre de façon claire que les pouvoirs publics savent dans ce domaine les limites de leur action et qu'ils reconnaissent la place primordiale qui revient, dans une politique nationale pour l'amélioration des conditions de travail, aux recherches et aux initiatives nées dans l'entreprise. C'est dans ce cadre que les problèmes peuvent être définis et des solutions concrètes élaborées. C'est dire l'importance qui s'attache aux efforts qui peuvent être faits pour sensibiliser les hommes d'entreprise, leur donner des moyens d'analyse et les inciter à trouver des aménagements satisfaisants.

L'étude qui nous est présentée par Guy Roustang et son équipe du Laboratoire d'Économie et de Sociologie du Travail d'Aix-en-Provence, dirigé par le Professeur François Sellier, s'inscrit donc dans cette perspective. Ce qui est proposé là est une méthode pour l'analyse des conditions de travail, un moyen pour établir dans les ateliers un diagnostic, c'est-à-dire pour définir les problèmes prioritaires. C'est par là évidemment qu'il faut commencer, et on peut penser qu'une fois les priorités dégagées, les ressources humaines de l'entreprise (et financières) pourront être plus facilement mobilisées en vue de l'élaboration de solutions adaptées à chaque situation. La méthode proposée permet d'évaluer les postes de travail sous l'angle de l'environnement physique, la charge physique, la charge mentale, les aspects psychosociologiques et le temps de travail. En rapprochant les données relatives à une série de postes, la méthode permet aussi de caractériser la situation d'ensemble d'un atelier.

Ce guide d'observations suppose un observateur qui peut être le médecin du travail, un représentant du comité d'hygiène et de sécurité, ou de la commission spécialisée... Le guide est en lui-même un instrument de formation. Il devrait inculquer des connaissances d'ergonomie appliquée à ceux qui en sont dépourvus, et surtout, il devrait apprendre à voir, ce qui est bien l'action pédagogique fondamentale dans ce domaine.

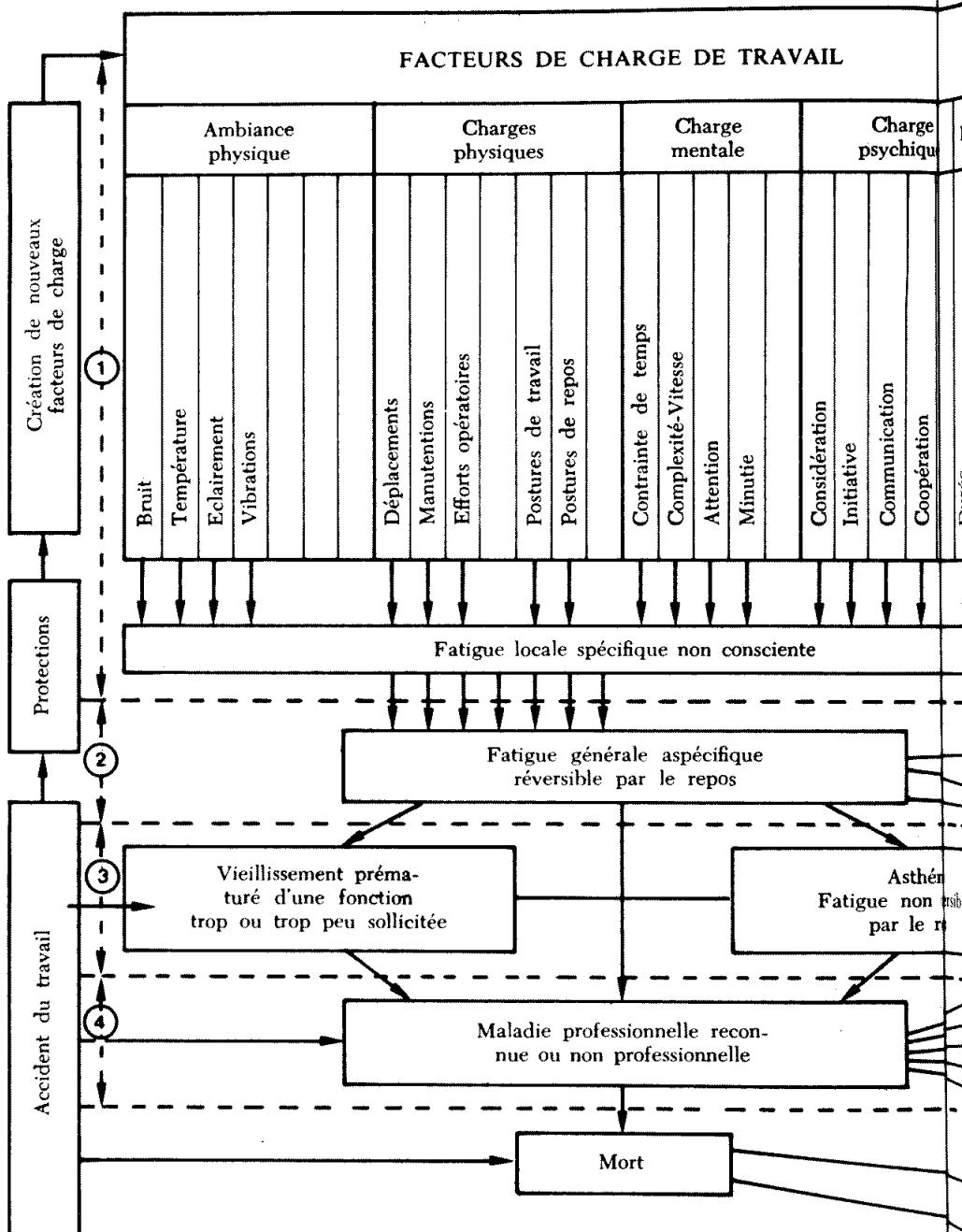
Ce guide est lui-même le fruit d'un grand travail d'observation, poursuivie dans diverses industries, et d'analyse. L'effort d'analyse s'est imposé particulièrement lorsqu'on avait à traiter de données qui ne tombent pas sous le coup des mesures habituelles, et on admirera, j'en suis sûr, la façon dont la « charge mentale » et les « aspects psychosociologiques » ont été décomposés en éléments observables dotés de tableaux de cotations. C'est donc un travail de chercheur qui nous est proposé ici, et ceci justifie qu'il figure dans la collection « Sciences sociales du Travail ».

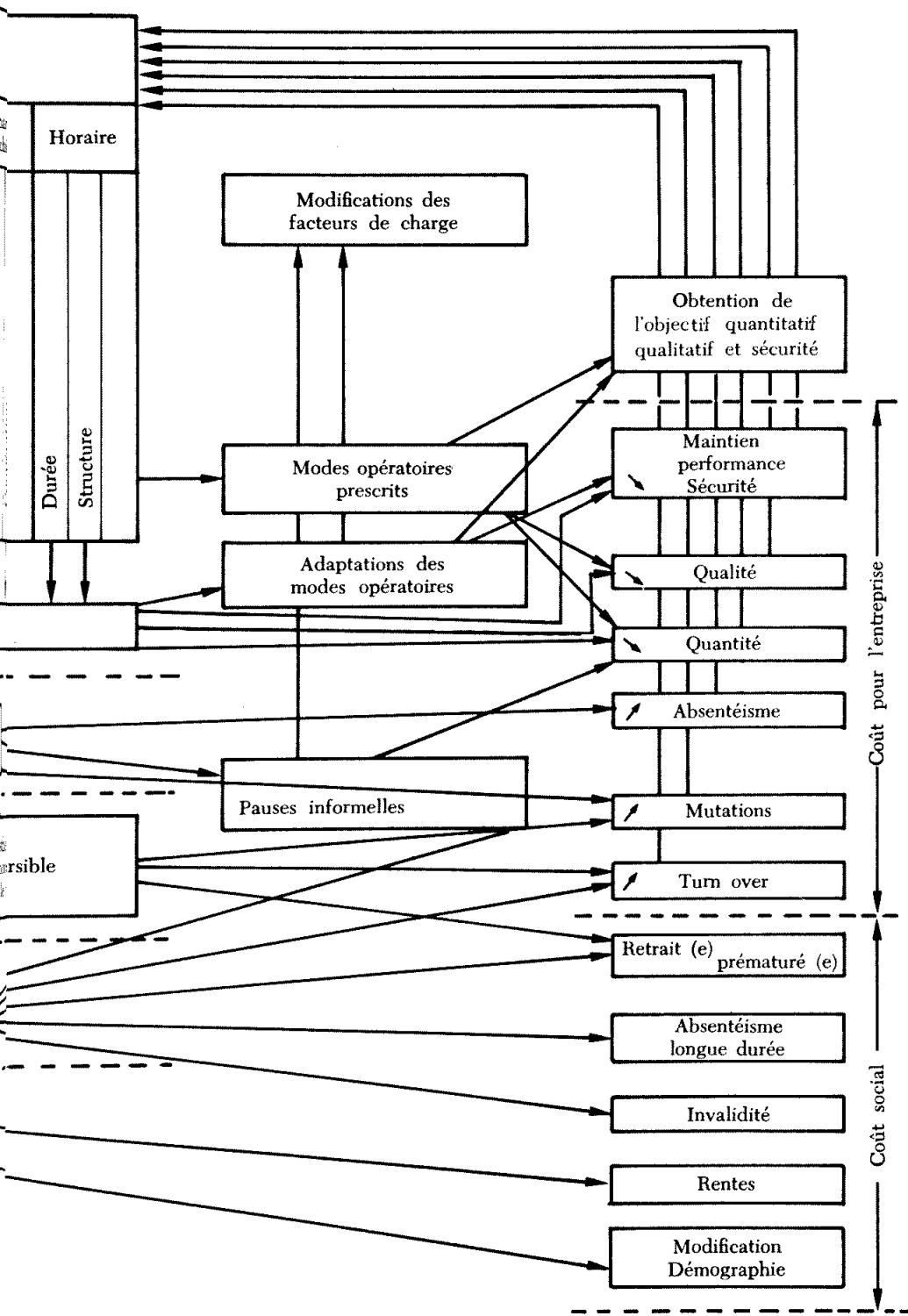
Cependant, à la différence des chercheurs qui destinent naturellement leurs travaux à la communauté scientifique, dont ils attendent approbation et encouragements, Guy Roustang et son équipe ont mis au point leur guide à l'intention des hommes d'entreprise. Le succès, pour eux, ne saurait se limiter à une critique élogieuse dans Sociologie du Travail. Il se concrétisera dans l'usage fait de leur guide et dans les discussions qu'il pourra susciter. Ce qui leur importe, disent-ils, c'est « de lancer le débat, non de le clore en se réclamant d'une certitude scientifique ». Ce qu'ils souhaitent c'est qu'on retienne le langage commun qu'ils proposent, au besoin pour le modifier, le perfectionner. Tout plutôt que l'indifférence. A aucun moment, les auteurs du guide ne laissent penser qu'ils proposent un instrument qui favorisera l'émergence d'un consensus sur telle priorité ou sur telle action. Ils savent qu'ils interviennent dans un domaine conflictuel où les points de vue s'opposent fréquemment. Rien n'est plus éloigné de leur démarche que l'orgueil intellectuel qui prétend faire l'unanimité sur des données scientifiques incontestables. Leur ambition est plus modeste et réaliste : alimenter le débat d'observations recueillies selon une méthode. Et tout ce qu'ils font est de proposer une méthode. C'est aux chefs d'entreprise, aux médecins du travail, aux représentants du personnel qu'il revient maintenant de l'éprouver, d'en chercher le meilleur mode d'emploi, de préparer éventuellement d'autres méthodes qui leur sembleraient mieux adaptées. Une seule réponse semble devoir être inacceptable : celle qui consisterait à affirmer que les actions d'amélioration des conditions de travail peuvent se passer de rationalité et se fonder sur un total empirisme. L'importance, déjà acquise, du guide qui nous est proposé, vient de ce qu'il manifeste que, dans cet aspect de la gestion des entreprises comme dans tous les autres, des démarches devront être définies et des instruments méthodologiques mis au point.

Avril 1975

YVES DELAMOTTE

CHARGE de TRAVAIL





PROPOS D'UN INTERVENANT

Améliorer les conditions de travail, c'est, à partir d'une situation jugée insatisfaisante, créer une situation nouvelle dans laquelle existe un meilleur équilibre entre les possibilités et les besoins des hommes, les contraintes imposées par la technique et l'organisation.

Pour parvenir à ce nouvel équilibre, il sera nécessaire de repérer les contraintes actuelles, afin de rechercher les solutions susceptibles de les réduire sans en créer de nouvelles, mais aussi, de contourner tous les obstacles qui s'opposent au changement.

La grille du LEST, pivot d'une démarche participative et concertative

La première fonction d'un intervenant, après avoir analysé la demande qui lui est faite, est d'articuler une démarche. Pour ce faire, il a à identifier tous ceux qui sont concernés : l'encadrement, la maîtrise et le personnel de l'atelier concerné, les services qui peuvent modifier l'état du système technique ou organisationnel (méthodes, travaux neufs, entretien, personnel), les institutions représentatives du personnel. L'amélioration des conditions de travail imposera des modifications dans l'atelier. Il n'y aura amélioration que s'il y a changement. Or, tout changement du système technique exigera un nouvel apprentissage, la découverte de nouvelles adaptations par les opérateurs concernés.

Le changement, même s'il aboutit à une situation globalement meilleure, imposera un coût transitoire important, d'autant plus important que l'état antérieur était plus pénible. Ce coût ne sera accepté que dans la mesure où ceux qui le subissent auront la certitude que la situation nouvelle sera meilleure que l'ancienne. Et cette certitude ne sera acquise que s'ils participent à l'élaboration de la nouvelle situation. Tout changement du système organisationnel est susceptible de modifier la répartition des pouvoirs. Les résistances s'élèveront chez ceux qui auront le sentiment de perdre. Le changement ne sera accepté qu'à travers des négociations qui permettront d'élaborer les

compromis nécessaires, d'inventer de nouvelles situations modifiant les enjeux.

Face au changement (« qu'est-ce que je peux espérer, qu'est-ce que ça me coûte ? ») la participation de tous les acteurs est nécessaire pour lire la situation ancienne, s'approprier les connaissances qui ont permis d'en faire le diagnostic, élaborer une situation nouvelle, avoir la garantie que le processus d'amélioration se poursuivra.

Cette participation de tous les acteurs concernés à la démarche de changement n'est pas toujours facile à obtenir. L'entreprise est un lieu de conflits. L'ajustement entre les parties, préalable à toute action, est pourtant nécessaire. Une règle du jeu acceptable par tous doit être définie. Que met-on sous le terme « Amélioration des conditions de travail » ? « Ne vais-je pas me faire piéger » ? « Ne va-t-on pas me démontrer que tout est bien ? Que tout est mal ? Jusqu'où ira-t-on ? J'ai besoin d'y voir clair. Il me faut un référent ». L'intervenant peut être suffisant. Ce n'est pas toujours le cas. Choisi par la direction, il est suspect pour les syndicats. Et inversement. S'il appartient à l'entreprise, son statut, au départ, risque d'être encore plus contesté. Si l'intervenant est une institution (Commission d'Amélioration des Conditions de Travail), les mêmes inquiétudes, la même incertitude, les mêmes procès d'intention risquent de se développer en son sein. Il est important de se mettre d'accord sur un outil acceptable par tous. La grille du LEST, élaborée à l'extérieur de l'entreprise, par un organisme de recherche indépendant du patronat et des syndicats, peut être cet outil, ce pivot autour duquel pourra s'articuler la démarche de recherche des contraintes et des situations.

La grille du LEST, outil d'observation de poste (Voir tableau pp. VIII et IX).

C'est l'ensemble de son unité psychosomatique qui est sollicitée chez l'homme au travail. La fatigue qu'il exprime est la conséquence des diverses contraintes qui s'exercent sur lui. Certaines résultent directement des choix techniques et organisationnels faits par l'entreprise. D'autres découlent des stratégies qu'il élabore pour contourner les contraintes initiales quand celles-ci rendent difficile, par leur intensité ou leur durée, l'usage des fonctions qu'elles sollicitaient (modification des postures pour diminuer la charge du cristallin...) (cf. Tableau charge de travail).

Chacun d'entre nous est le mieux placé pour témoigner de la fatigue qu'il ressent, de la pénibilité du poste qu'il occupe. Nul ne peut évaluer la fatigue à notre place. Nous seuls pouvons faire le bilan global de notre situation de travail. Nous savons faire le diagnostic symptomatique. Mais le symptôme ressenti résulte de multiples facteurs. La recherche de ces facteurs explicatifs, des causes de notre fatigue exige une observation attentive de notre situation de travail.

A priori, nous ne sommes pas bien placés pour le faire. A ce symptôme unique qu'est la fatigue, nous avons souvent tendance à attribuer une cause unique. Il n'est pas rare, lors d'entretiens menés au poste de travail, dans l'atelier, après les ajustements donnant toutes les garanties, d'entendre attribuer la fatigue affichée, uniquement à l'activité reconnue par l'entreprise (« Si je suis payé pour transporter des sacs, je suis fatigué parce que je transporte trop de sacs... »). Dans d'autres cas, la fatigue est rattachée à une cause longtemps dangereuse en un lieu et un milieu donnés alors que tout danger a disparu (la poussière même peu abondante et inoffensive dans des usines situées dans un ancien bassin minier). A l'opposé, des réalités audibles et visibles ne sont pas citées : elles sont si associées à l'activité même qu'elles ne sont plus mentionnées ; pour les supprimer, il faudrait supprimer le travail ; elles sont devenues le travail. Il en est ainsi pour le bruit. D'autres facteurs sont généralement ignorés. Il est rare d'entendre parler d'activité mentale... quand on est considéré par l'entreprise comme un manuel...

Cette approche unifactorielle ou paucifactorielle n'est pas uniquement le fait des opérateurs. Un modèle simplifié de l'homme au travail imprègne l'entreprise. Au niveau des services techniques, les facteurs de pénibilité envisageables se limitent parfois à l'activité musculaire dynamique (transport de charges, manutentions, efforts opératoires, déplacements) et aux éléments de l'ambiance physique (bruit, température...). Il n'y a pas de coût des postures, des prises et du traitement de l'information, des rapports avec les collègues et avec l'œuvre. L'homme n'a pas de système nerveux central ! Ailleurs, il ne s'agit que de « motiver ». L'homme n'est pas soumis aux contraintes de l'atelier : les conditions d'exécution de la tâche ne sont pas envisagées.

Il est important que chacun exprime, librement, comment il ressent son travail et à quoi il en attribue la pénibilité. Il est important que les services susceptibles d'intervenir dans l'atelier donnent leur avis sur la situation de travail. L'entretien individuel au poste de travail permet de recueillir le point de vue de l'opérateur sur son poste. Par le geste, aussi bien que par la parole, celui-ci signale les difficultés qu'il éprouve (la poussière, la manette rude, l'information acrobatique !...). L'entretien collectif dans l'atelier complète ce recueil d'informations : il renvoie souvent à des difficultés communes à tout le groupe (horaires, rapports avec d'autres ateliers...).

Cette approche subjective des conditions de travail est indispensable. Elle apporte des informations irremplaçables. Mais il serait dangereux d'en rester là. Si l'on veut associer les bénéficiaires de l'amélioration des conditions de travail à la recherche des solutions, il n'est pas suffisant de donner la parole aux acteurs concernés, il faut aussi leur donner les moyens de faire eux-mêmes leur diagnostic. La recher-

che de solutions sera d'autant plus pertinente que le diagnostic aura été plus riche. Il est donc nécessaire d'apporter des moyens complémentaires pour examiner systématiquement les principaux facteurs de contraintes.

En imposant, par le guide d'observation, l'examen attentif des divers facteurs de charge de travail, la méthode du LEST amène les utilisateurs à construire une représentation plus riche de l'homme au travail : un homme agit certes sur la machine avec ses muscles (charge dynamique), mais, pour ce faire, il a besoin de prendre des informations sur le champ de travail et de les traiter dans son cerveau grâce aux connaissances et aux consignes (charge mentale) ; pour saisir les informations pertinentes ou pour agir, il doit adopter certaines postures (charge statique). Cette boucle informative est rendue parfois difficile par les conditions de l'environnement physique ou psychosociologique dans laquelle elle s'exerce.

La grille du LEST, outil d'appropriation des connaissances

La traduction des résultats sur les histogrammes facilite la lecture des résultats obtenus au cours de l'observation et des mesures. Elle permet la comparaison entre les résultats obtenus grâce à la grille du LEST et l'expression spontanée des travailleurs à leur poste ou des fonctionnels dans leur service. C'est cette comparaison entre le « subjectif » et l'« objectif », faite avec le souci de rechercher les convergences et de comprendre les divergences, qui est le temps fort de l'appropriation-formation des connaissances véhiculées par l'ouvrage du LEST et le lieu de l'élaboration du diagnostic des facteurs de charge de travail.

Cette comparaison entre les résultats obtenus par l'application de la grille et ceux obtenus lors des entretiens renvoie, souvent, à une nouvelle observation ou à de nouvelles mesures dans l'atelier. Elle peut nécessiter de compléter cette double approche objectif-subjectif par des techniques plus lourdes à manier et plus difficiles à apprivoier (analyse du travail ou mesures physiologiques). Celles-ci sont parfois indispensables si l'écart entre l'observé et l'exprimé reste trop grand, ou si, dans le groupe, des expressions contradictoires persistent...

La comparaison, devant et avec les travailleurs, des données objectives et subjectives est le moment où l'appropriation des connaissances sur l'homme au travail est la plus favorable.

C'est, à ce moment, que peut s'acquérir, entre tous les acteurs associés à la recherche de solutions, un langage commun, que se relativisent les connaissances que chacun a sur une situation de travail toujours complexe.

La grille du LEST, support pour la recherche des solutions

Les conditions seront remplies pour tenter d'entreprendre cette recherche des solutions techniques et/ou organisationnelles aptes à réduire le coût humain du travail.

Les histogrammes structurent la recherche. Ils servent de support à la réflexion du groupe chargé de rechercher les solutions. Ils introduisent un langage quantifié. Cette quantification doit être relativisée comme toutes les quantifications. Mais elle facilite la recherche. Elle impose de réfléchir sur les conséquences, sur les autres paramètres, de l'amélioration de l'un d'eux. Elle développe la notion de compromis entre les divers facteurs de charge et permet aux opérateurs de faire valoir leurs souhaits : « Ne mettez pas un cadran de plus ; je vais en avoir cinq à surveiller ; je préfère me lever de temps en temps pour aller voir derrière la machine ; d'un coup d'œil, je repère si ça va ». Le compromis entre charge mentale, charge posturale, reconnaissance du « métier » est proposé par le travailleur concerné. On peut oublier la grille... Mais, si on peut oublier la grille du LEST c'est que la réflexion systématique sur les divers éléments de la charge de travail a été intériorisée. Il n'est plus possible de ne prendre en compte qu'un seul facteur sans se soucier des autres. Si je capote la presse, je m'interroge sur les conséquences sur la prise d'information et sur la posture, et sur le coût global des interventions du service entretien ; si j'élargis les tâches, je m'interroge sur l'accroissement éventuel de la charge mentale...

La grille du LEST, outil de formation

Si l'intervention est le lieu idéal de l'appropriation des connaissances grâce à la double démarche de diagnostic et à la recherche de solutions qui impose l'approfondissement de la réflexion, la méthode du LEST peut être utilisée comme support de formation de stages visant à l'amélioration des conditions de travail.

C'est ainsi qu'ont pu être formées des « Commissions Amélioration Conditions de Travail » ou des « Commissions Hygiène et Sécurité » qui ont ensuite, dans des démarches concertatives et paritaires, analysé les postes de travail de l'établissement.

De même, des groupes de techniciens ont pu mener une réflexion sur les conséquences des choix techniques qu'ils faisaient à partir de la cotisation de postes dont ils étaient les auteurs.

Ainsi, la méthode mise au point par le LEST a pu, sur le terrain, lors de chantiers d'amélioration des conditions de travail menés avec le concours d'intervenants extérieurs ou à partir de la formation de commissions ou de groupes développée en intra ou en inter-entre-

prises, faire la preuve de son utilité. Certes, elle n'évite pas dans des situations changeantes ou complexes le recours à des méthodes d'analyse plus fine. Mais elle a le grand mérite de permettre le développement de démarches susceptibles d'améliorer concrètement les postes de travail avec la participation du personnel concerné.

Février 1978

JACQUES CHRISTOL

AVANT-PROPOS

La mise au point de cette méthode d'analyse est le résultat d'un travail collectif qui a été mené pendant deux ans par l'équipe « Conditions de travail » du LEST. Cette équipe, dirigée par Guy ROUSTANG, était constituée de Marie-Noël BEAUCHESNE, Jacques GAUTRAT et Françoise GUELAUD.

La rédaction de cet ouvrage a été effectuée, dans sa quasi-totalité, par F. GUELAUD.

Nous remercions toutes les personnes qui, par leur accueil, leurs conseils ou leurs suggestions, nous ont permis de mener à bien cette entreprise.

Nous voulons ici exprimer plus particulièrement notre gratitude au Professeur A. WISNER, au Docteur A. LAVILLE, à MM. BERTHOZ, GUÉRIN et ROSTOLLAND, du Laboratoire de Physiologie du Travail et d'Ergonomie du Conservatoire national des Arts et Métiers ; au Docteur A. MATHIAS et au Docteur JOULARD, de l'Institut de Médecine légale et du Travail de l'Université de Marseille ; à M. J. LEPLAT, du Laboratoire de Psychologie du Travail ; à MM. HO, MAYER, AUBERTIN, DEMONGEOT et ROURE de l'Institut National de Recherche et de Sécurité pour la 2^e édition.

Nous sommes également reconnaissants aux entreprises des industries agricoles et alimentaires et des industries automobiles, qui, en nous ouvrant leurs portes, nous ont permis de tester notre méthode d'analyse.

Enfin, les échanges que nous avons eus avec M. Pierre TARRIÈRE, du Service des Conditions de Travail de la Régie nationale des Usines Renault, ont été pour nous enrichissants. La confrontation mutuelle de nos méthodes d'analyse nous a permis d'observer une grande similitude des deux approches, et il a été pour nous très encourageant de constater qu'une entreprise soucieuse d'améliorer concrètement les conditions de travail avait été amenée à mettre au point une méthode d'analyse très semblable à la nôtre.

INTRODUCTION

POUR UNE ANALYSE DES CONDITIONS DU TRAVAIL OUVRIER DANS L'ENTREPRISE

La préoccupation d'améliorer les conditions de travail est maintenant largement répandue. Du reste la loi du 27 décembre 1973 prévoit qu'une fois par an le chef d'entreprise présente au comité d'entreprise ou à une commission spéciale (obligatoire dans les entreprises qui occupent plus de 300 salariés) un rapport sur les actions menées et prévues à cet effet.

Or la définition d'une politique d'amélioration des conditions de travail dans l'entreprise suppose une analyse préalable, une connaissance des principales nuisances contre lesquelles il faut lutter. La méthode que nous proposons vise justement à décrire les conditions de travail de manière aussi objective que possible, à en prendre une vue d'ensemble qui permette d'aboutir à un bilan précis. Ce bilan devra alors servir de base à la discussion entre chefs d'entreprise, représentants des salariés et techniciens pour définir un programme d'amélioration des conditions de travail.

Par conditions de travail nous entendons le contenu du travail et les répercussions qu'il peut avoir sur la santé et sur la vie personnelle et sociale des salariés. Nous en excluons le niveau de rémunération, les avantages sociaux, la sécurité de l'emploi qui relèvent, nous semble-t-il, d'autres domaines d'étude. Plus précisément, l'analyse des conditions de travail que nous proposons concerne l'environnement physique du travail (ambiance thermique, bruit, éclairage, vibrations...), les postures de travail, la dépense énergétique, la charge mentale avec ses risques de fatigue nerveuse ; autant de thèmes que l'on peut mettre sous l'étiquette de l'ergonomie au sens classique, et qui concerne la charge de travail. Autrement dit, tout ce qui peut mettre en danger la santé du salarié, son équilibre physiologique et nerveux. De plus, nous cherchons aussi à appréhender dans quelle mesure le salarié a une certaine autonomie dans son travail, dans quelle mesure il a des

relations sociales à propos de son travail. C'est moins alors les dangers encourus par le salarié pour sa santé que nous cherchons à saisir, que les risques d'appauvrissement de ses capacités de création, de réflexion, de communication qui résultent d'un travail isolé, parcellaire et répétitif. Ces risques peuvent n'apparaître qu'à plus ou moins long terme, mais il serait dangereux de se limiter aux conséquences à court terme.

Cette intention d'étudier l'environnement physique, les charges physique et mentale, aussi bien que le degré d'autonomie dans le travail ou les relations sociales sur le lieu de travail, trouve une limitation importante dans la méthode de recueil des données que nous proposons. En effet nous voulons une méthode standardisable, donc pas trop lourde et qui laisse très peu de place aux interprétations de l'enquêteur ; ce dernier devant pouvoir être formé assez vite. Cela privilégie les éléments mesurables, les indices facilement repérables, aux dépens de ce qui supposerait une longue observation ou des méthodes d'enquête beaucoup plus raffinées.

Notre objectif a donc été de mettre au point un guide d'observation, d'utilisation relativement simple et rapide, permettant pour un poste de travail de *recueillir* un certain nombre de *renseignements* aussi *objectifs* que possible sur les divers éléments des conditions de travail, en vue d'établir un *diagnostic*. Précisons chacun de ces termes.

1. UNE MÉTHODE OBJECTIVE.

Initialement, nous nous étions fixé de ne retenir que les aspects mesurables des conditions de travail. C'est effectivement ce que nous avons fait en majeure partie pour les facteurs d'environnement et de charge physique : on peut mesurer la température, le degré hygrométrique, le nombre de décibels et le nombre de lux à un poste de travail, par exemple. Ces mesures demandent bien entendu quelques précautions pour éviter des erreurs, mais sont relativement simples à effectuer et donnent des valeurs objectives caractéristiques de certains éléments des conditions de travail.

Des mesures ou des évaluations sont également possibles pour estimer la charge physique, statique et dynamique, d'un poste de travail. Les mesures directes étant assez longues, complexes, et difficilement généralisables en atelier, nous avons établi une série d'observations permettant de décomposer au maximum les efforts statiques et dynamiques que doit faire le travailleur pour accomplir sa tâche. A partir des estimations, qui ont été faites par des spécialistes, de la dépense énergétique correspondant à chacun de ces gestes ou postures élémentaires, il est ensuite possible d'évaluer la charge physique d'un poste de travail.

Malheureusement, en ce qui concerne la charge mentale correspondant à une tâche, les mesures objectives ne sont plus possibles,

car il n'existe pas, actuellement, de méthode pour mesurer directement ou indirectement la charge mentale d'une façon globale et objective. Certaines théories, telles la théorie des communications ou de l'information et la théorie du canal unique, proposent des méthodes d'évaluation de certains types de charge mentale. Mais, d'une part, ces théories sont basées sur une ou plusieurs hypothèses qui sont discutables, d'autre part elles ne sont pas d'utilisation simple pour la majorité des tâches ouvrières. Enfin ces méthodes permettent d'évaluer la « charge de travail » plutôt que ce que les ergonomes appellent le « niveau d'exigence de la tâche ». Le niveau d'exigence de la tâche dépend des caractéristiques propres de la tâche, tandis que la charge de travail est la charge supportée par le travailleur, qui dépend à la fois des caractéristiques de la tâche, mais aussi des capacités individuelles du travailleur, de sa formation et de son expérience antérieures ; ainsi en cours d'apprentissage, en particulier, la charge de travail diminue, tandis que le niveau d'exigence de la tâche demeure le même.

Fallait-il donc, pour conserver le même souci d'objectivité, écarter de notre analyse tout ce qui concerne la charge mentale et certains facteurs d'ordre psycho-sociologique, tels que les relations de travail, (avec les autres travailleurs ou avec la hiérarchie), la plus ou moins grande possibilité laissée au travailleur de développer ses facultés d'initiative, de créativité, etc. L'analyse que nous aurions proposée aurait alors été bien partielle, d'autant plus que, pour de nombreux postes de travail, la diminution de la charge physique s'est accompagnée d'un accroissement de la charge mentale. Nous avons préféré abandonner un peu d'objectivité plutôt que de passer totalement sous silence les facteurs de charge mentale et les facteurs psycho-sociologiques.

Mais ne pouvant proposer une mesure globale de la charge mentale, nous avons décomposé celle-ci en un certain nombre d'éléments — contrainte de temps, complexité-rapidité, attention, minutie — pour lesquels nous avons retenu quelques critères qui nous semblent pouvoir donner une idée de l'importance de chacun de ces éléments dans les exigences de la tâche.

De même, pour les facteurs psycho-sociologiques nous avons retenu un certain nombre d'éléments ; mais compte tenu de notre méthode nous nous sommes limités à des éléments susceptibles d'être appréciés par des critères qu'une bonne connaissance du poste de travail, de l'organisation du travail et quelques questions très limitées posées au travailleur ou à la maîtrise suffisent à connaître. Les éléments retenus sont : l'initiative, le statut social, les possibilités de communication entre travailleurs, la coopération dans le travail, l'identification du produit.

Bien entendu cette méthode d'approche des facteurs psychosociologiques reste très limitée et nous sommes conscients de négliger ainsi

certaines questions très importantes, telle que par exemple la qualité des relations du travailleur avec la maîtrise ou avec les autres travailleurs.

La méthode que nous proposons ici consiste donc d'abord à rassembler grâce à un guide d'observation toutes les mesures et les différents éléments qui semblent importants pour caractériser les conditions de travail d'un poste. Ce guide d'observation devra être rempli par un observateur autre que le travailleur ; ce pourrait être le médecin du travail, un représentant du comité d'Hygiène et de Sécurité, un syndicaliste, etc. Une formation assez brève serait nécessaire pour expliciter certaines questions et savoir faire les mesures.

2. EN VUE D'ÉTABLIR UN DIAGNOSTIC

Mais cette méthode ne se veut pas seulement descriptive, elle se propose d'établir un diagnostic des conditions de travail. C'est-à-dire qu'elle se propose de dire si les conditions de travail d'un poste de travail sont « bonnes » ou « mauvaises », « satisfaisantes » ou « nocives ». Pour cela nous nous sommes basés sur les normes existantes, c'est-à-dire que nous avons été tributaires des connaissances acquises sur l'homme au travail, en particulier des conséquences pour la santé des travailleurs de tel ou tel facteur d'environnement ou de charge physique. Ceci veut dire que ces normes sont susceptibles d'évoluer au fur et à mesure que les études sur ce sujet se développeront ; cette évolution pouvant être d'autant plus importante que les études élargiront leur champ, en particulier si elles se soucient de l'effet de certaines conditions de travail non seulement sur la santé du travailleur, mais aussi sur le développement de l'ensemble de sa personnalité, sur sa vie hors-travail (loisirs, rapports sociaux, etc.).

A partir de ces normes et des observations faites par les spécialistes, nous avons établi pour chaque élément retenu une cotation de 0 à 10 correspondant, en gros, au diagnostic suivant :

{	0, 1, 2	Situation satisfaisante.
	3, 4, 5	Faible gêne pour le travailleur ; quelques améliorations pourraient réduire cette gêne.
	6, 7	Nuisance moyenne, risques de fatigue pour le travailleur.
	8, 9	Nuisance importante. Fatigue importante pour le travailleur.
	10	Nocivité.

En fait, la cotation et, par conséquent, le diagnostic ne sont pas aussi rigoureux pour tous les éléments analysés. Pour certains d'entre eux, il existe des études qui ont permis de dégager des normes :

ambiances thermique, sonore et lumineuse, charge physique. Précisons d'ailleurs que ces normes sont valables pour une forte proportion des travailleurs mais non pour la totalité, certains individus pouvant se situer en deçà ou au-delà de ces normes ; ainsi, par exemple, nous disons qu'une dépense de travail de 1 700 kilocalories par jour (cotation 8) est excessive et entraîne une fatigue anormale du travailleur. Ceci peut ne plus être exact pour un individu très entraîné ou très développé musculairement. A l'inverse, un individu malingre aurait déjà depuis long-temps atteint les limites de l'épuisement. Ici se pose donc le problème de l'adaptation du travailleur au poste de travail, problème que nous n'avons volontairement pas abordé. En effet, ce souci d'adaptation de l'homme au poste de travail est une solution qui ne doit être que provisoire, car elle équivaut trop souvent à rechercher l'individu qui s'adaptera le moins mal à de mauvaises conditions de travail, plutôt qu'à essayer de changer les conditions de travail.

En ce qui concerne les facteurs de charge mentale, et les éléments psychosociologiques, les normes n'existent pas, puisque les mesures n'existent pratiquement pas non plus.

Nous avons donc renoncé à proposer une cotation globale de la charge mentale ou des aspects psychosociologiques. En revanche, nous avons pensé que le croisement, la somme ou la moyenne de plusieurs critères pouvaient permettre de proposer une cotation pour un élément de charge mentale (contrainte de temps, complexité, rapidité, attention, minutie) ou un élément de type psychosociologique (initiative, statut social, isolement, coopération, identification du produit). Il y a donc finalement quatre cotations pour caractériser le niveau de charge mentale et cinq pour les facteurs psychosociologiques.

L'établissement d'une échelle de cotation pour ces divers éléments a posé certaines difficultés : d'une part il n'existe pas de normes, nous l'avons déjà dit, pour affirmer qu'à partir de tel niveau d'attention ou de tel effort de mémorisation il y a un risque faible, moyen ou important de fatigue mentale. Mais, d'autre part, l'utilisation des fonctions d'attention, de mémorisation, d'abstraction, de décision faisant appel aux diverses structures de la pensée est tout à fait normale et même absolument indispensable au développement de l'intelligence et de la personnalité. C'est, au contraire, l'absence de sollicitation de certaines structures supérieures de la pensée (structures hypothético-déductives ou pensée abstraite) qui conduit assez rapidement à une sclérose de ces structures et aboutit à une régression des fonctions intellectuelles et créatrices du sujet. Or la plupart des tâches industrielles peu qualifiées ne font appel qu'aux structures sensori-motrices, c'est-à-dire aux structures les plus élémentaires de la pensée.

Ne pouvant pas évaluer de la même façon la charge mentale pour des tâches faisant appel aux structures de la pensée concrète et pour des tâches faisant appel aux structures de la pensée abstraite, nous

nous sommes limités ici aux travaux simples, peu ou pas qualifiés, et nous avons proposé une cotation qui fait apparaître surtout les facteurs négatifs des exigences mentales d'une tâche, soit qu'il y ait surcharge, soit qu'il y ait sous-charge dans l'utilisation de certaines structures de la pensée.

On pourrait dire que, pour les travaux répétitifs, la surcharge conduit à une fatigue purement négative, en ce sens que la saturation provoquée par l'utilisation excessive des mécanismes sensori-moteurs rend impossible l'utilisation des structures supérieures de la pensée et conduit, à plus ou moins brève échéance, à une sclérose de celles-ci et à une diminution de la valeur intellectuelle du sujet ; tandis que, dans le cas de travaux très qualifiés, la surcharge aboutit à une fatigue qui peut avoir certains aspects positifs, puisqu'il y a simultanément une augmentation de la potentialité intellectuelle du sujet, par le développement des mécanismes de la pensée abstraite.

En ce qui concerne la sous-charge correspondant à certains travaux très monotones et non soumis à une cadence, il ne nous a pas été possible d'établir une cotation satisfaisante. Nous n'avons donc pris en compte, finalement, dans la cotation de la charge mentale, que des phénomènes de surcharge.

C'est pour l'étude des aspects psychosociologiques que notre méthode d'observation rapide d'un poste de travail entraîne le plus grand appauvrissement. L'analyse des aspects psychosociologiques suppose normalement des méthodes d'observation beaucoup plus raffinées ; il faudrait notamment étudier le poste de travail, non pas isolément, mais en relation avec son environnement technique et humain.

Nous avons considéré qu'avec notre méthode il était cependant nécessaire — et possible — d'attirer l'attention sur un aspect trop négligé : l'effet du travail sur la personnalité, sur les modèles de comportement du salarié, sur sa vie sociale. En effet, nous l'avons déjà dit, nous ne voulions pas nous limiter à déceler les dangers que les conditions de travail font courir à la santé du travailleur, nous voulions aussi insister sur les risques qu'elles peuvent faire courir à son développement personnel et social, même s'il n'éprouve jamais le besoin d'aller consulter un médecin.

Malgré les affirmations encore nombreuses sur le fait que beaucoup de salariés aiment un travail simple et sans aucun intérêt, il existe maintenant un large consensus en faveur de l'enrichissement des tâches. Bien que les drogués recherchent la drogue, on n'en considère pas moins la drogue comme un fléau social ; de même, nous semble-t-il, le travail qui assimile l'homme à une machine est un fléau social. Trois types d'études nous semblent justifier notre choix contre le travail répétitif et asocial :

— les études de motivation qui montrent la préférence (toutes choses égales par ailleurs) pour un travail « enrichi » ; ces études étant

corroborees par la desaffection de la main-d'oeuvre française à l'égard des tâches de pure exécution ;

- les recherches montrant comment un travail d'O.S. entraîne un appauvrissement des modèles de comportement ;
- les études montrant comment un travail dépendant rend plus difficile, sinon impossible, une vie hors-travail autonome.

Ajoutons aussi, en ce qui concerne l'ensemble de ces cotations, que la plupart d'entre elles ont été testées sur environ 150 postes de travail (moitié dans les industries agricoles et alimentaires, moitié dans les industries automobiles). Compte tenu du champ relativement limité de notre expérimentation, il est donc possible que certaines cotations, dont nous n'avons pas pu nous assurer la cohérence sur des exemples plus concrets, soient contestables. Nous pensons ici, plus particulièrement, aux cotations de charge mentale et à celles de la charge statique.

3. QUELS SONT LES POSTES SUSCEPTIBLES D'ÊTRE ANALYSÉS PAR CETTE MÉTHODE ?

D'une façon plus générale, tout ce qui vient d'être dit sur les choix que nous avons faits pour élaborer cette méthode d'analyse explique qu'elle ne puisse être adaptée à tous les postes de travail sans distinction. Très schématiquement, nous pouvons dire que la méthode est applicable aux postes ouvriers, peu ou pas qualifiés, de l'industrie. Mais il est nécessaire d'apporter certaines nuances à cette affirmation générale :

— Certaines parties du guide d'observation, telles que celles relatives à l'environnement, à la posture et à la dépense physique, sont valables pour un nombre beaucoup plus large de travailleurs ; elles sont, en particulier, valables pour tous les postes ouvriers qualifiés ; elles le sont aussi pour beaucoup de postes subalternes du secteur tertiaire : caissières, vendeuses des grands magasins, employés de divers services, etc.

— Par contre, ne peuvent être appréhendés par ce guide d'observation tous les travaux pour lesquels les conditions d'environnement physique varient, soit parce que le travailleur doit se déplacer de façon irrégulière d'un atelier à l'autre, soit parce qu'il travaille à l'extérieur et est soumis aux conditions atmosphériques ; ceci est, en particulier, le cas de la plupart des travaux d'entretien et du Bâtiment et des Travaux publics, de certains conducteurs d'engins de manutention ou de levage, des travaux de nettoyage des locaux. Pour la plupart de ces travaux, non seulement il serait impossible de répondre aux questions relatives à l'environnement, mais également à la plupart des questions relatives à la charge physique et à la charge mentale, puisque, pour ces travaux, le contenu même de la tâche peut varier selon les jours, les semaines, etc.

— Pour d'autres postes de travail, les questions relatives à la charge physique et à la charge mentale peuvent présenter des difficultés : ce sont les postes non répétitifs, qui n'ont pas un cycle de travail bien déterminé. Nous pensons ici en particulier à tous les postes de travail de type « surveillance » ou « contrôle ». Il s'agit de postes de travail où les interventions manuelles sont le plus souvent aléatoires et où il faut avant tout assurer la surveillance d'opérations effectuées par des machines semi-automatiques ou vérifier la bonne réalisation d'un produit, provenant soit d'une machine soit d'autres travailleurs situés en amont. Ces travaux, requérant surtout une attention visuelle, peuvent comporter des risques de monotonie qu'il n'est pas facile d'apprécier. Les caractéristiques et la fréquence des « signaux » ou « informations » que le travailleur doit détecter sont très importants à analyser pour juger de la charge de tels postes de travail. Il ne nous a pas semblé possible actuellement de proposer une exploitation satisfaisante de ces données. Nous nous sommes donc limités, pour ces postes de travail, à une exploitation de quelques données sur la nature et la continuité de l'attention. Par contre le guide d'observation permet de recueillir des renseignements beaucoup plus nombreux et précis que ceux qui ont donné lieu à exploitation, sur la nature, la fréquence, etc., des signaux.

En effet, et cette remarque est valable pour d'autres parties du guide d'observation, certains renseignements sont recueillis qui ne donnent pas lieu à une exploitation, tout au moins dans l'état actuel du document. Nous pensons ici, principalement, à certains renseignements figurant dans la partie préliminaire du guide, relative à la description de la tâche ; un certain nombre de ces données ne sont pas utilisées dans l'exploitation, car il nous a semblé que la diversité des situations, selon les secteurs industriels ou selon les entreprises, et par conséquent, la diversité des réponses possibles ne permettait pas d'envisager une exploitation simple et valable pour tous les cas. Par contre, il est certain que, au niveau d'une entreprise, par exemple, où la diversité des cas est moindre, une exploitation pourrait être envisagée par les utilisateurs de cette méthode.

Nous voudrions mentionner ici, plus particulièrement, la question relative aux divers produits utilisés au poste de travail. Ces renseignements, bien que ne donnant lieu ici à aucune exploitation, nous paraissent extrêmement importants. En effet, ils se proposent de remplacer un chapitre qui figurait primitivement dans le guide d'observation et qui était relatif aux produits irritants, toxiques et dangereux. Nous avons été amenés à supprimer ce chapitre, non parce que nous considérons ces problèmes comme secondaires — comment le seraient-ils puisqu'il s'agit de la santé même du travailleur — mais parce qu'une analyse rapide ne peut les aborder de façon satisfaisante. En effet, il s'agit d'un domaine extrêmement complexe, qui nécessite des

mesures et des analyses nombreuses et compliquées et qui, par conséquent, nous semble être du ressort de spécialistes, tels que les médecins du travail ou les inspecteurs de la Sécurité sociale, par exemple.

Sur les conseils de spécialistes de ces problèmes, nous nous sommes limités à poser des questions permettant de connaître, d'une part, la liste complète des produits ou matières utilisés par le travailleur (qu'ils soient ou non considérés comme toxiques), et d'autre part les conditions d'utilisation de ces produits (à froid, à chaud, avec contact direct ou non), les quantités utilisées et la fréquence d'utilisation. Tous ces renseignements doivent permettre aux spécialistes, compte tenu également des données relatives aux autres postes de l'atelier, de connaître les risques probables auxquels peut être soumis le travailleur. Ceci pourrait permettre également d'effectuer des études plus globales et systématiques, au niveau d'un secteur industriel par exemple, sur la nature, l'importance et la fréquence des risques que fait subir au travailleur l'utilisation de tel ou tel produit dans telle et telle condition. Enfin une analyse de nature clinique pourrait être faite par les médecins du travail, à partir des symptômes observés sur les travailleurs, ce qui permettrait finalement de déceler les effets toxiques de l'utilisation des divers produits industriels. Certains de ces effets sont sans aucun doute déjà connus, mais d'autres sont certainement encore ignorés.

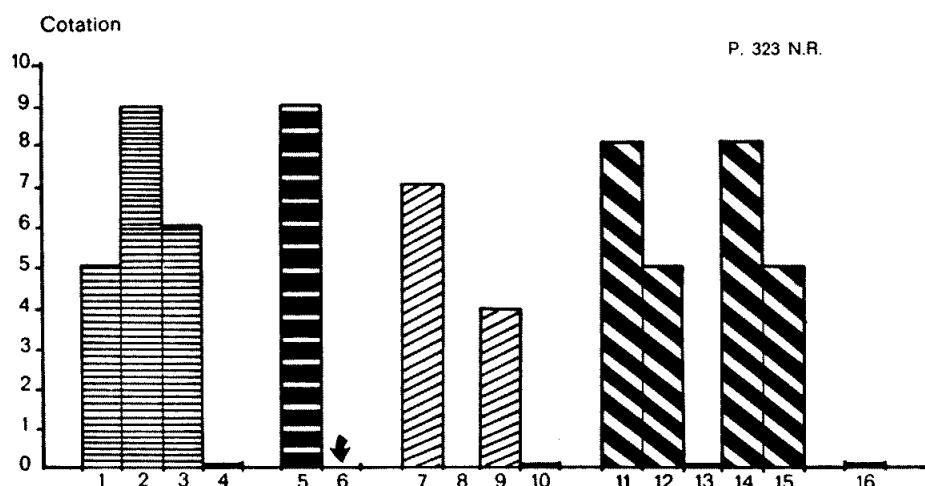
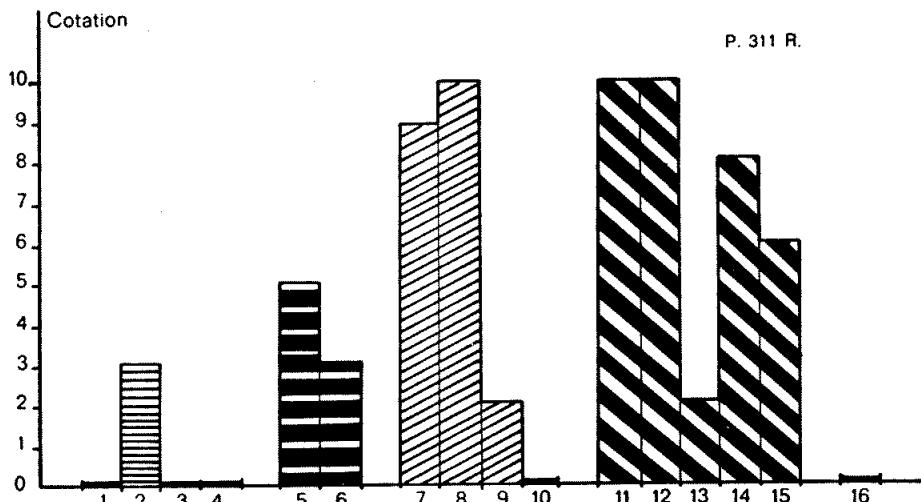
4. LES HISTOGRAMMES.

L'ensemble des données recueillies par le guide d'observation doit donner lieu à une série de cotations, chacune d'elles caractérisant un élément des conditions de travail :

- quatre cotations pour les éléments d'environnement physique ;
- deux cotations pour les éléments de charge physique ;
- quatre cotations pour les éléments de charge mentale ;
- cinq cotations pour les éléments psychosociologiques ;
- une cotation pour le temps de travail.

L'ensemble de ces cotations peut être représenté graphiquement par un histogramme permettant d'avoir une vue rapide des aspects les plus favorables ou les plus défavorables d'un poste de travail.

Il nous semble important de ne pas considérer chaque élément isolément des autres, mais de les observer simultanément. Ainsi, par exemple, en ce qui concerne la charge mentale une cotation élevée (9) pour l'un des facteurs et nulle pour les autres peut être moins nocive que des cotations un peu moins élevées (7 ou 8) pour tous les facteurs. L'état actuel des connaissances ne permet malheureusement pas de connaître l'effet cumulé pour le travailleur de plusieurs nuisances différentes, il ne nous a donc pas été possible de proposer une cotation unique pour plusieurs nuisances ; il est, par contre, possible qu'après discussion entre les intéressés, il apparaisse que telle nui-



Graphique I. EXEMPLE D'HISTOGRAMMES DE DEUX POSTES DE TRAVAIL

Environnement physique	Charge physique	Charge mentale	Aspects psycho-sociologiques	Temps de travail
1. Ambiance thermique	5. Charge statique	7. Contrainte de temps	11. Initiative	16. Temps de travail
2. Bruit	6. Dépense énergétique	8. Complexité-vitesse	12. Statut social	
3. Eclairage		9. Attention	13. Communications	
4. Vibrations		10. Minutie	14. Coopération	
			15. Identification du produit	

sance ajoutée à telle autre soit plus mal supportée que la coexistence de deux autres nuisances.

Voici, à la page précédente, deux exemples d'histogrammes correspondant à deux postes de travail des Industries agricoles et alimentaires. Les deux postes étudiés sont des postes d'O.S. travaillant sur chaîne. Le premier poste est un poste de conditionnement : le travail est répétitif avec cycle court ; le deuxième poste est un poste de surveillance d'une machine à laver des bouteilles : le travail n'est pas de type répétitif.

Il apparaît sur le premier histogramme, relatif au poste de conditionnement, que l'environnement physique est satisfaisant, la charge physique peu importante, avec cependant une charge posturale plus élevée que la charge dynamique. Par contre un certain nombre d'éléments de la charge mentale et des aspects psychosociologiques ont des cotations très élevées caractérisant une nuisance grave. Le rythme de travail est très élevé et la dépendance à la chaîne très lourde. Le travailleur ne peut avoir aucune initiative et ne peut se sentir valorisé par son travail.

Pour le deuxième poste de travail, qui est un travail de surveillance d'une machine effectuant automatiquement le lavage de bouteilles, l'environnement physique est peu satisfaisant : la température est assez élevée et le bruit tout à fait nocif ; de plus l'éclairage est insuffisant. En ce qui concerne la charge physique, on retrouve là une figure assez caractéristique d'un grand nombre de postes de surveillance : une charge posturale élevée et une sous-charge dynamique (la flèche orientée vers le bas dans la colonne 6 indique une sous-charge ; nous n'avons pas voulu donner une cotation à cette sous-charge, ne sachant sur quelle échelle nous baser).

En ce qui concerne la charge mentale et les aspects psychosociologiques, la dépendance est élevée ; le travail ne demande aucune initiative ni aucun échange coopératif.

Mais il est bien évident que de tels histogrammes, même s'ils sont satisfaisants pour avoir une vue assez rapide des conditions de travail et permettre d'établir un diagnostic, ne peuvent être considérés comme une fin en soi. Au niveau de l'entreprise, le « diagnostic » doit avoir pour conséquence logique et nécessaire le « traitement », c'est-à-dire le souci d'améliorer les conditions de travail. Avant de rechercher des solutions, il sera nécessaire de rechercher les causes de l'existence de tel ou tel élément défavorable des conditions de travail. On ne pourra plus alors isoler le poste de travail de l'ensemble de l'atelier dans lequel il se trouve, ni de l'ensemble de l'organisation de l'entreprise. Le présent guide d'observation devra alors être enrichi dans le but de dépasser le simple diagnostic et de remonter aux causes explicatives des situations constatées, afin d'aboutir à une première recherche de solutions.

Nous citerons ici, comme exemple de cette évolution possible et même nécessaire du guide actuel, de nouveaux guides d'observation que nous avons mis au point pour quelques métiers des industries textiles. Ceux-ci sont plus riches en renseignements sur l'organisation de l'atelier, sur le type de machine et le type de production et permettent donc une réflexion plus globale au niveau de l'atelier ou de l'entreprise et, par conséquent, une recherche plus efficace des solutions. Mais des guides de ce type supposent une bonne connaissance des divers types d'organisation, des diverses caractéristiques du matériel et ne peuvent être réalisés qu'au niveau d'une entreprise ou d'une branche industrielle.

Ajoutons que l'histogramme peut être d'un grand intérêt lorsque l'on veut modifier certains postes de travail ou en créer de nouveaux. Il permet de voir très rapidement si l'amélioration de tel ou tel élément des conditions de travail ne s'accompagne pas de la détérioration de tel ou tel autre élément. Nous pouvons citer ici l'exemple d'une expérience d'élargissement des tâches qui a conduit en fait à un accroissement de la charge de travail de l'opérateur.

Il s'agit de deux ateliers A et B d'une usine automobile où est assemblée la tôlerie du véhicule ; le travailleur doit fixer plusieurs pièces de tôle grâce à un certain nombre de soudures effectuées avec des pinces ou des pistolets automatiques. Dans les deux ateliers le travail est à la chaîne ; dans l'atelier A, la durée du cycle est de cinq minutes ; dans l'atelier B, il est de vingt-cinq minutes.

En analysant les divers éléments des conditions de travail, on a pu remarquer que l'environnement physique et la charge physique étaient pratiquement les mêmes dans les deux ateliers ; en revanche, on a observé une détérioration, dans l'atelier B, de certains éléments de charge mentale et de certains éléments de type psychosociologique : ainsi dans l'atelier B, la durée du cycle est plus élevée que dans l'atelier A, mais le nombre d'opérations par cycle est plus que multiplié par cinq, ce qui conduit à une aggravation du facteur complexité-vitesse.

L'attention est aussi davantage sollicitée dans le travail B : en effet il faut que l'opérateur mémorise l'ordre et l'emplacement de soudage de dix pièces (au lieu de trois dans l'atelier A), son attention doit donc être plus vigilante et plus continue.

On aurait pu penser aussi, a priori, que l'allongement du cycle opératoire donnait au travailleur davantage de possibilité d'organiser son temps et son travail. Or ici il n'en est rien, car l'allongement des cycles ne correspond pas à une nouvelle organisation, mais simplement au découpage de la chaîne en un nombre plus réduit de postes : c'est-à-dire que chaque opérateur doit assurer plusieurs postes de l'ancienne chaîne en se déplaçant le long de la chaîne. Ainsi il ne s'agit pas en fait d'un nouveau temps opératoire de vingt-cinq minutes, mais

de la somme de plusieurs temps opératoires différents qui doivent s'ajuster rigoureusement en fonction de la vitesse de la chaîne : tout retard sur l'un des postes devenant irratractable, la contrainte et l'anxiété se trouvent donc accrues.

Enfin, dernier élément plus défavorable dans l'atelier B que dans l'atelier A, les possibilités de communications entre travailleurs sont nettement plus réduites par suite de leur plus grand éloignement les uns des autres.

L'analyse de cette expérience n'est pas une condamnation de l'élargissement des tâches, mais une illustration du fait que cela ne peut se faire sans une étude préalable méthodique et précise pour que les solutions correspondent réellement à une amélioration des conditions de travail.

Au niveau d'un atelier ou d'une entreprise, il peut être utile, pour avoir une vue plus globale des conditions de travail, de pouvoir considérer simultanément les différents éléments pour un certain nombre de postes de travail. Le tableau I suivant permet de faire un premier bilan des conditions de travail au niveau d'un atelier ou d'une entreprise.

Dans ce tableau, les seize cotations relatives à un poste de travail (ou éventuellement à plusieurs postes de travail strictement identiques, c'est-à-dire ayant exactement la même cotation pour chacun des éléments) sont récapitulées en une seule ligne. En fin de tableau, la situation est récapitulée pour l'ensemble des postes ; c'est-à-dire que, pour chacun des seize éléments caractéristiques des conditions de travail, on totalise le nombre de postes qui ont la cotation 10, puis les cotations 9-8, 7-6, 5-4-3, 2-1-0.

On peut ainsi avoir 16 graphiques pour résumer la situation de l'ensemble des postes, eu égard à chacun des éléments des conditions de travail. Ceci peut donc permettre de voir rapidement quels sont les éléments les plus défavorables des conditions de travail dans tel atelier ou de discuter de la plus ou moins grande urgence d'intervention pour améliorer tel ou tel facteur (cf. graphique I bis).

USINE :

ATELIER :

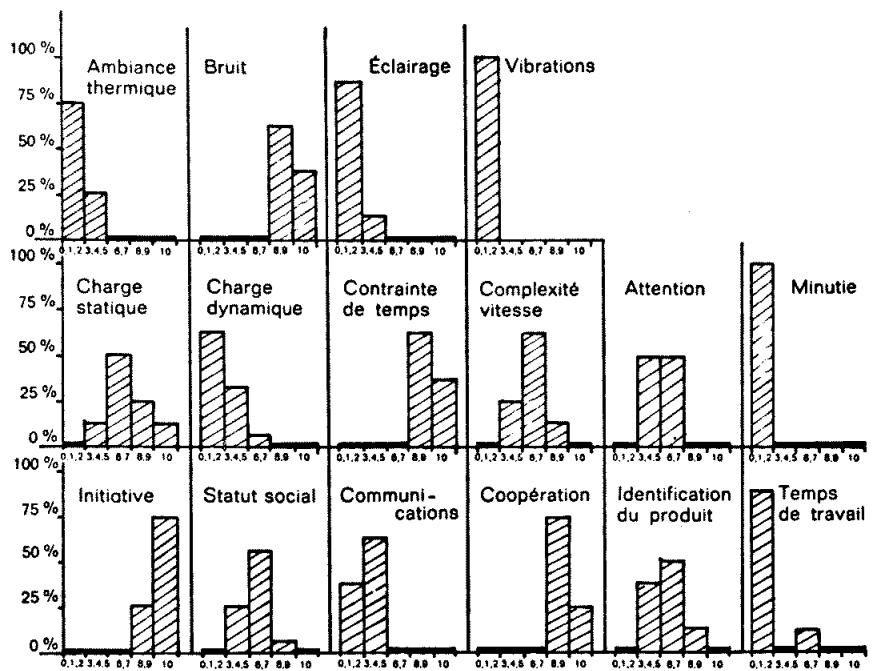
EFFECTIFS :

BILAN CONDITIONS DE TRAVAIL

DATE :

Poste de travail	Effectifs	Environnement physique			Charge physique		Charge mentale		Aspects psycho-sociologiques					Temps de travail		
		Température	Bruit	Éclairage	Vibrations	Posture	Charge dynamique	Contrainte de temps	Complexité-Vitesse	Attention	Minutie	Initiative	Statut social	Communications	Coopération	Identification du produit
Récapitulation pour l'atelier																
Effectifs ayant la cotation	0-1-2 3-4-5 6-7 8-9 10															

Tableau I. *FICHE RECAPITULATIVE DES CONDITIONS DE TRAVAIL DES DIVERS POSTES D'UN ATELIER*



Graphique I bis. *REPARTITION (en %) DES POSTES DE TRAVAIL D'UN ATELIER SELON LA COTATION DE CHACUN DES ELEMENTS DES CONDITIONS DE TRAVAIL*

La méthode d'analyse des conditions de travail expliquée dans ce document présente finalement les avantages suivants :

1. DIFFUSION DES CONNAISSANCES NÉCESSAIRES A L'ÉTUDE DES CONDITIONS DE TRAVAIL.

Pour chaque élément des conditions de travail étudié ce document fait le point des connaissances actuelles en la matière, explique pourquoi telles questions sont posées et comment il faut exploiter les réponses pour aboutir à une cotation de 0 à 10. Par exemple, pour le bruit (qui est sans doute l'un des sujets les plus difficiles et les plus techniques), des notions physiques d'acoustique, des notions de physiologie, sont exposées avec une analyse des effets du bruit sur l'homme.

Le texte explique ensuite les questions posées sur le bruit, les mesures qu'il convient de faire et comment il faut les exploiter pour aboutir à la cotation du bruit d'un poste de travail déterminé.

2. SERVIR DE BASE A DES PROGRAMMES DE FORMATION SUR LES CONDITIONS DE TRAVAIL.

La relation étroite entre l'acquisition de connaissances sur le travail et leur application immédiate est une incitation à l'étude des problèmes du travail. Participer à une session sur l'environnement physique, ou sur la charge statique, prend immédiatement un sens si l'on sait que cela va permettre d'utiliser une méthode d'étude des postes qui servira à des discussions dans l'entreprise pour définir une politique d'amélioration dans ces domaines.

La loi du 27 décembre 1973, pour ne pas rester lettre morte, suppose que du haut en bas de l'échelle hiérarchique les connaissances sur l'homme au travail soient mieux diffusées. La méthode que nous proposons, en même temps qu'elle peut faciliter la diffusion de ces connaissances, ne pourra être appliquée et servir de base à des discussions dans l'entreprise que si les parties intéressées ont acquis ces connaissances.

Il nous semble que, si l'on s'en tient provisoirement à des catégories grossières, les conditions de travail pourraient constituer un troisième grand thème pour la *formation permanente*, à côté de la formation professionnelle et de la formation générale. Il n'est pas exclu que la formation sur les conditions de travail soit même, pour les salariés les moins qualifiés, le moyen préalable de susciter une demande de formation professionnelle ou de formation générale. Cela suppose évidemment pour ces salariés l'utilisation d'instruments pédagogiques plus accessibles que le document ci-joint¹.

3. DONNER UN LANGAGE COMMUN A CEUX QU'INTÉRESSE L'AMÉLIORATION DES CONDITIONS DE TRAVAIL.

L'amélioration des conditions de travail suppose l'action conjointe de la direction de l'entreprise — qui doit en faire un des éléments de sa politique générale au même titre que la politique financière ou commerciale — des salariés et de leurs représentants, des cadres techniques ou administratifs, de divers services intérieurs ou extérieurs à l'entreprise : notamment Médecine du Travail, Comités d'Hygiène et de Sécurité, Inspection du Travail.

La méthode que nous proposons permettra précisément à toutes les parties d'avoir un système de référence commun pour établir un

1. Cf. au début de cet ouvrage la liste des montages audio-visuels actuellement disponibles permettant une approche plus simple de certains éléments des conditions de travail.

diagnostic des conditions de travail dans l'entreprise, pour définir des priorités dans les objectifs d'amélioration à atteindre.

Le parti pris d'« objectivité » de la méthode, sa possibilité de standardisation ont pour but de faciliter le recueil des données. Tout le monde ne peut pas devenir spécialiste en ergonomie, mais tout le monde peut, au prix d'un certain effort, acquérir les connaissances requises pour appliquer la méthode que nous proposons ou au minimum être à même de critiquer, d'apprécier la validité des données recueillies. Si l'on aboutit à une cotation de 3 (favorable) ou de 10 (très défavorable) de la charge statique ou de la « complexité-vitesse » chacun pourra comprendre — ou contester — la façon dont tel résultat a été obtenu. Paradoxalement donc, mais réellement, le parti pris d'objectivité est la meilleure manière de permettre à chacun de prendre la parole, d'engager le débat. Il ne s'agit nullement d'une « objectivité » qui aurait la prétention de clore le débat en se réclamant d'une certitude scientifique, il s'agit plutôt d'un point de départ nécessaire à une discussion fructueuse.

En l'effet, l'étude d'un poste de travail est trop complexe pour que nous prétendions en une analyse rapide ne rien laisser échapper. Bien des recherches prouvent que la difficulté d'une tâche ne peut être appréciée qu'après de très longues observations minutieuses, et que les opérateurs sont souvent les seuls à pouvoir juger, grâce à leur expérience, de la difficulté relative de divers postes.

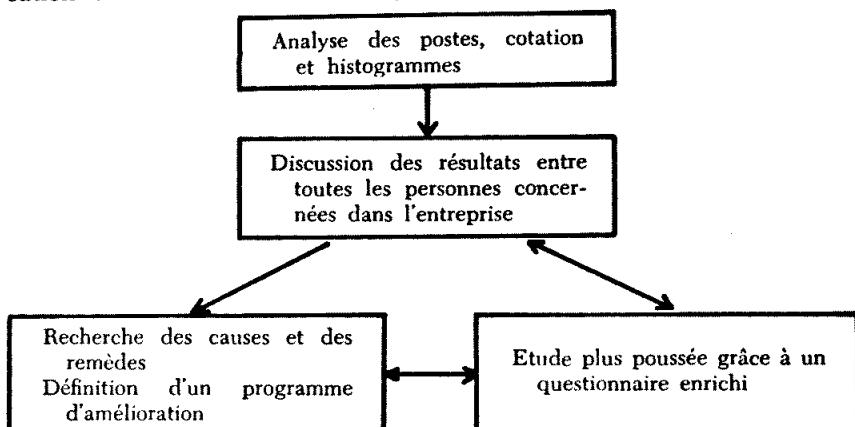
De plus, les normes sont établies pour chacun des éléments des conditions de travail pris isolément et l'on manque de travaux sur l'effet conjoint de plusieurs nuisances. Enfin, nous l'avons déjà dit et nous y insisterons tout au long de ce document, certains éléments des conditions de travail (la charge mentale par exemple) sont très difficiles à appréhender.

Malgré toutes ces réserves, nous croyons que la méthode proposée est susceptible d'éviter les généralités dans le débat sur les conditions de travail, de faire le partage entre ce qui est relativement sûr et ce qui ne l'est pas, de ne pas laisser aux « spécialistes » le soin de discuter de ces questions. Pour que les salariés retrouvent un certain contrôle de leur travail, il faut que les études sur les conditions de travail soient menées avec eux ou par eux. *La méthode actuelle doit être considérée comme un outil mis à la disposition de tous ceux qui sont intéressés ou concernés par ces problèmes, mais un outil susceptible d'être modifié, discuté, perfectionné.*

Par sa simplicité, cette méthode nous semble également être le meilleur tremplin pour des études beaucoup plus fouillées, plus adaptées aux particularités de chaque travail. En effet, l'application de la méthode permettra de manifester plus clairement les problèmes qui méritent d'être approfondis, elle suscitera l'intérêt pour de nouvelles études.

Selon les entreprises, ou selon les secteurs industriels, cet outil pourra être modifié, amélioré : certaines questions seront ajoutées, d'autres supprimées, une autre exploitation pourra être proposée et des questions actuellement non exploitées pourront l'être, etc.

Le schéma suivant pourrait résumer les diverses étapes de l'utilisation de cette méthode d'analyse :



4. ETABLIR DES INDICATEURS DES CONDITIONS DE TRAVAIL DANS L'ENTREPRISE.

De même que le bilan comptable permet d'apprécier les résultats financiers d'une entreprise, le bilan des conditions de travail que nous suggérons devrait permettre d'établir un diagnostic, de mesurer les progrès par rapport aux objectifs qui auraient été fixés, ou plus généralement d'apprécier une évolution d'année en année.

La méthode proposée permet donc d'introduire dans l'entreprise, au-delà des objectifs classiques d'accroissement des performances techniques ou d'amélioration du bilan financier, de nouveaux buts : diminuer la pénibilité physique, réduire les contraintes du travail répétitif, augmenter l'autonomie des ouvriers, améliorer l'environnement physique des ateliers...

L'effort de quantification doit permettre d'améliorer la visibilité de ces problèmes pour tous, de souligner les domaines à améliorer, d'apprécier les progrès.

La comparaison des bilans des conditions de travail qui pourrait être réalisée entre entreprises ou établissements ayant les mêmes productions serait très fructueuse. En effet, il serait alors possible d'analyser les causes des différences, de voir comment et à quel prix les situations les plus favorables pourraient être généralisées.

5. TENIR COMPTE DES DIVERS ÉLÉMENTS DES CONDITIONS DE TRAVAIL.

La reconnaissance des limites du taylorisme, l'intérêt suscité par l'élargissement ou l'enrichissement des tâches, la volonté affirmée d'en

finir bientôt avec le travail à la chaîne, ouvrent de nouvelles perspectives pour l'organisation du travail. Cette évolution, qui semble nécessaire aux entreprises pour lutter contre la désaffection des Français à l'égard de nombreux travaux industriels, suscite à la fois intérêt et réserve de la part des syndicats. Ceux-ci ne veulent pas qu'élargissement ou enrichissement des tâches fassent oublier des problèmes plus traditionnels des conditions de travail : bruit, chaleur, postures de travail pénibles, rythmes de travail excessifs, etc. Il y a des exemples où un certain progrès dans l'allongement des cycles de travail ou une plus grande autonomie des salariés sont allés de pair avec une charge de travail plus grande. Il est donc nécessaire que le bilan des conditions de travail comprenne bien l'étude à la fois des aspects psychosociologiques et de la charge de travail (physique et mentale). Il faut absolument éviter en effet qu'une amélioration dans un domaine s'accompagne d'une détérioration dans un autre. A cet égard la méthode que nous proposons s'efforce d'analyser l'ensemble des conditions de travail et offre donc des garanties.

6. MODIFIER LA DÉFINITION DES POSTES DE TRAVAIL DANS L'ENTREPRISE.

La méthode peut non seulement servir à décrire les conditions de travail existantes, mais aussi à prévoir quelles pourraient être les conditions de travail de nouveaux ateliers, et à changer en définitive le système de définition des postes de travail.

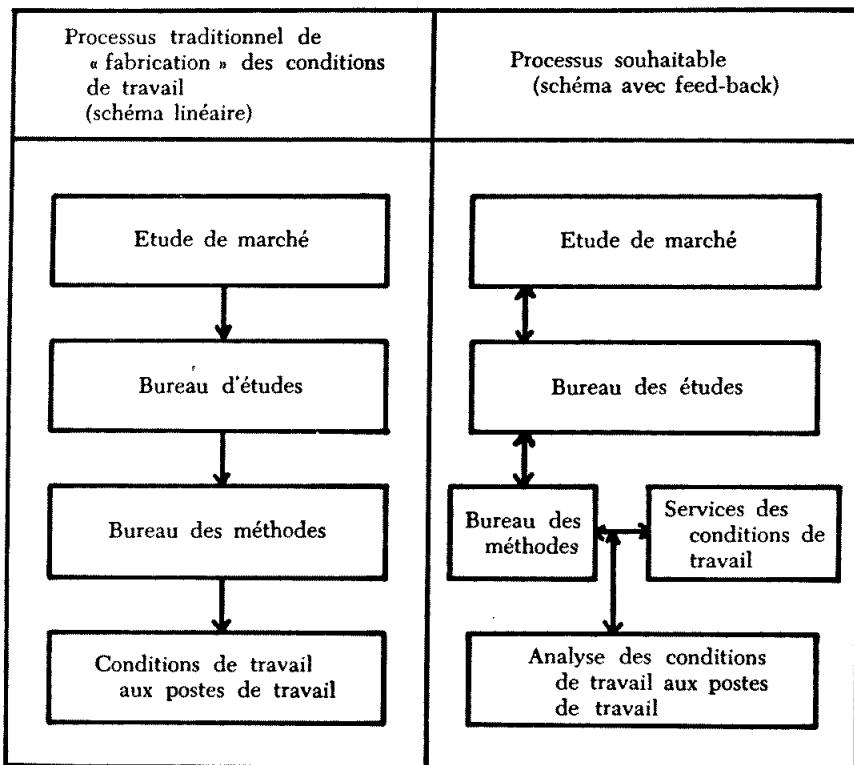
A l'heure actuelle, les conditions de travail sont dépendantes de toute une série de décisions prises en amont tenant compte des impératifs du marché, de la technologie, des locaux... L'objectif de bonnes conditions de travail n'est à peu près jamais pris en compte en tant que tel, tout au plus cherche-t-on à respecter certains règlements d'hygiène et de sécurité. Ainsi, le processus de décision actuel peut être schématisé en distinguant trois phases¹ :

- étude du marché réalisée par des commerciaux et des techniciens ; premières options sur les caractéristiques du produit (bon marché ou de luxe), sur le type de production (grande série ou non) ;
- étude et développement du produit par le bureau d'études ;
- étude et réalisation des moyens de production, découpage des postes de travail par le bureau des méthodes.

A chaque phase, des options sont prises, dont on mesure les performances techniques et financières, mais sans que soient appréciés leurs effets sur le travailleur. Quant à ceux qui sont plus spécialement chargés du découpage des postes de travail, ils ont en tête des schémas de pensée tayloriens. Il est aujourd'hui nécessaire que les objectifs d'amélioration des conditions de travail soient pris en compte au même

1. Voir la revue *Responsables*, n° 57, mai 1974, p. 7 : « Qui pense le travail de l'O.S. ? »

titre que les impératifs techniques ou financiers dans la mise au point de nouvelles productions. A cet égard il serait certainement très important que la méthode d'analyse que nous proposons soit systématiquement appliquée aux projets industriels.



CHAPITRE PRELIMINAIRE

DESCRIPTION DE LA TACHE

Avant d'aborder chapitre par chapitre chacun des éléments des conditions de travail, un chapitre préliminaire du guide d'observation permet de donner une description aussi précise que possible de la tâche effectuée par le travailleur au poste de travail. Les renseignements recueillis ont pour but de connaître quel est le type de travail effectué, quel est le contenu exact de la tâche, c'est-à-dire quelles sont les diverses opérations à effectuer, quels sont les outils ou les machines employés, quels sont les produits utilisés, etc. (Cf. Annexe II).

Précisons que le guide d'observation s'attache à décrire un poste de travail, que celui-ci soit tenu par un ou plusieurs travailleurs pendant la durée normale de travail (8 heures environ) ; l'exploitation et la cotation sont également établies pour une durée normale de travail.

Dans le cas où, compte tenu de l'organisation, un travailleur occupe dans la journée plusieurs postes de travail successifs, on pourra convenir de placer sur l'histogramme, pour chacun des 16 éléments, les cotations correspondant aux divers postes occupés. Cela aura l'avantage de faire apparaître quels sont les éléments améliorés par cette rotation, tout en laissant visible ce qui est insatisfaisant ou nocif à chaque poste de travail, et qu'il faudrait modifier, plutôt que d'effectuer une rotation du personnel, ce qui n'est jamais une solution très satisfaisante.

Les questions 0.1 à 0.1.2. permettent de savoir si le poste de travail analysé est occupé par un seul ou plusieurs travailleurs successifs dans l'horaire normal.

Les questions 0.2. à 0.6.3.2. (incluses) décrivent de façon assez détaillée quelle est la tâche effectuée au poste de travail observé : type de travail (question 0.2.), puis diverses questions spécifiques selon que le travail est manuel (questions 0.3. à 0.3.2. et 0.5.1. à 0.5.2.), sur machine (questions 0.4. et 0.4.1. et 0.5.1. à 0.5.2.), de surveillance (questions 0.6.1. à 0.6.3.2.).

Précisons d'abord la définition des différents types de travaux :

- *travail manuel sans machine* : il s'agit d'un travail où l'ouvrier effectue un certain nombre d'opérations manuelles bien déterminées avec ou sans l'aide d'outils ;
- *travail manuel sur machine* : l'opérateur doit aussi effectuer un certain nombre d'opérations manuelles régulières et bien définies, mais il doit les effectuer sur une machine universelle ou spécialisée ;
- *travail de surveillance de machines ou d'appareils semi-automatiques* : il s'agit de postes de travail où les opérations manuelles régulières sont très limitées et où il faut avant tout assurer la surveillance d'opérations effectuées par des machines ou appareils automatiques. Les interventions que le travailleur doit effectuer sur ces machines sont :
- soit fixées d'avance et bien déterminées : il s'agit, par exemple, de réapprovisionner la machine en matière première, d'évacuer un produit, de surveiller un certain nombre d'instruments de mesure et éventuellement de rectifier en conséquence certains réglages en vue d'assurer la permanence de certaines données, etc. ;
- soit aléatoires et dépendant d'incidents aléatoires qui peuvent intervenir sur la machine. Ces interventions sont donc irrégulières et imprévisibles, aussi bien en ce qui concerne le lieu, que le moment et la nature de leur apparition. Les questions posées pour chacun de ces types de travaux sont nombreuses et toutes ne donneront pas lieu à une exploitation. Comme nous avons déjà eu l'occasion de le dire en introduction, la très grande diversité des postes ne nous a pas permis de proposer une exploitation satisfaisante pour tous les cas possibles. Mais nous avons cependant jugé utile de conserver un grand nombre de renseignements décrivant la tâche, car il semble qu'un certain nombre d'entre eux pourraient être exploités dans le cadre d'une étude plus spécifique au niveau d'une entreprise, ou d'une branche industrielle, par exemple.

En plus des renseignements décrivant la nature de la tâche effectuée, une partie de ce chapitre préliminaire est consacrée aux divers produits ou matières utilisées au poste de travail, ainsi qu'à leur condition d'utilisation.

Bien que ces renseignements n'aient pas donné lieu ici à une exploitation, pour les raisons énoncées dans l'introduction, ils nous semblent de première importance et pouvoir donner lieu à une exploitation par des spécialistes (médecins du travail, en particulier) pour déceler les risques de toxicité d'une ambiance de travail.

CHAPITRE I

AMBIANCE THERMIQUE *

1. RAPPEL DE DONNEES PHYSIOLOGIQUES

La température centrale du corps humain est pratiquement constante (37°C), alors que la température des autres parties de l'organisme peut varier de façon notable (en particulier la température des muscles et de la peau). Pour maintenir la température centrale constante, quelles que soient les conditions ambiantes et quel que soit le niveau de production de chaleur de l'organisme, le corps humain dispose d'un système de thermorégulation.

Avant de préciser quels sont les processus physiologiques de régulation thermique qui permettent au corps humain de maintenir une température centrale quasi constante, même pour des conditions extérieures variables, il est nécessaire de préciser comment s'effectuent les échanges thermiques entre le corps et le milieu ambiant.

1.1. MODALITES PHYSIQUES DES ECHANGES THERMIQUES ENTRE LE CORPS HUMAIN ET LE MILIEU AMBIANT.

Les échanges thermiques entre le corps et le milieu ambiant s'effectuent selon quatre modalités : par conduction, par convection, par évaporation et par rayonnement.

1.1.1. Echanges par conduction.

Ils se produisent entre deux milieux en contact et immobiles : les échanges par conduction sont donc évidents lorsqu'il y a une partie du corps en contact avec un milieu solide : sol pour un homme debout, siège pour une personne assise, bras en appui sur une table, mains manipulant des objets, etc. Ces échanges par conduction sont d'autant

* Pour compléter ou approfondir certains points de ce chapitre, on pourra consulter la brochure rédigée depuis et signalée en page de garde : F. Guelaud. *Eléments d'analyse des conditions de travail*.

L'ambiance thermique. Editions du CNRS.

plus importants que la différence de température entre les deux milieux en contact est plus importante et que le coefficient de conductibilité thermique est plus élevé. Les métaux, la pierre ont un coefficient de conductibilité élevé, tandis que le bois, le liège, le feutre, par exemple, ont des coefficients de conductibilité faibles, c'est-à-dire qu'avec ces matériaux, les échanges par conduction sont moins importants.

1.1.2. Les échanges par convection.

Ils se produisent entre le corps et un fluide en mouvement : ils sont donc importants entre le corps humain et l'air, et d'autant plus que la différence entre la température de l'air et celle du corps est importante et que l'agitation de l'air est plus élevée.

1.1.3. Les échanges par rayonnement

Ils existent lorsqu'il y a plusieurs corps en présence. L'importance des échanges par rayonnement dépend de la différence entre la température de la peau et la température des objets ou surfaces voisines, mais nullement de la température de l'air. Ainsi, lorsqu'en hiver on est placé non loin d'une surface vitrée, on éprouve une sensation de froid, même si la pièce est bien chauffée : en effet les échanges par rayonnement entre la peau et la vitre sont alors importants.

1.1.4. Les échanges par évaporation.

Ils se produisent lorsque la sueur émise par le corps humain se transforme en vapeur, ce qui entraîne une perte de chaleur du corps humain. Une certaine quantité d'eau s'évapore normalement, et de façon pratiquement insensible, du corps humain (par respiration et transpiration insensible). Mais lorsque la température du milieu ambiant augmente, le corps humain accroît le mécanisme de compensation que constitue l'évaporation de la sueur. Celle-ci est d'autant plus importante que la différence des tensions de vapeur d'eau dans l'air ambiant et dans la couche-limite entre l'air et la peau est plus importante. C'est-à-dire que les échanges par évaporation dépendent de la température de l'air, de la pression partielle d'eau dans l'air (degré d'humidité) et de la vitesse de l'air.

1.2. LE BILAN THERMIQUE.

L'ensemble des données précédentes peut être résumé par la formule suivante :

$$B = M + P + C + R + E$$

où B est le bilan des échanges thermiques ;
 M le métabolisme, c'est-à-dire l'énergie calorique produite par l'organisme humain au niveau de chaque cellule ;
 P le flux d'énergie calorique par conduction ;
 C le flux d'énergie calorique par convection ;
 R le flux d'énergie calorique par rayonnement ;
 E le flux d'énergie calorique par évaporation.

Ajoutons que l'on convient de considérer comme positifs les flux constituant un apport d'énergie thermique à l'organisme, et comme négatifs les flux constituant une perte d'énergie thermique pour l'organisme.

Pour que la température centrale du corps reste stable, il faut que le bilan thermique soit nul, c'est-à-dire que la perte d'énergie calorique par conduction, convection, radiation ou évaporation équilibre l'énergie calorique produite par l'organisme. Si le bilan est positif, il y a augmentation de la température du corps humain. Si le bilan est négatif, il y a diminution de la température centrale et, dans les deux cas, des risques graves, voire mortels, pour l'organisme. Il apparaît finalement dès maintenant que les facteurs physiques qui déterminent l'ampleur des échanges thermiques entre le corps humain et le milieu ambiant sont les suivants :

- la température de l'air : pour les échanges par convection et par évaporation ;
- l'humidité relative de l'air : pour les échanges par évaporation ;
- le mouvement de l'air : pour les échanges par convection et par évaporation ;
- la température des surfaces en contact avec le corps (sol, table, siège, machines, outils...) pour les échanges par conduction, ou à proximité du corps (parois, plafonds, machines...) pour les échanges par rayonnement.

Le calcul des divers éléments du bilan thermique est assez complexe et nécessite des mesures multiples et précises ; il n'est donc pas possible de le calculer pour chaque travailleur dans les conditions concrètes de son poste de travail. Mais la connaissance des grandeurs physiques que nous venons d'énumérer permet d'en déduire la *température équivalente* (cf. page 29) et d'apprécier si les caractéristiques de l'ambiance sont ou non satisfaisantes, compte tenu du travail que doit effectuer l'opérateur. Du travail effectué dépend, en effet, la valeur de l'énergie calorique (M) produite par l'organisme. Cette valeur doit équilibrer les valeurs des échanges par convection, conduction, rayonnement et évaporation qui, elles, dépendent des

valeurs physiques caractéristiques de l'ambiance thermique d'un lieu de travail.

Les études effectuées en laboratoire, par des spécialistes, permettent de déterminer à partir de quels seuils de température, d'humidité, etc. l'équilibre thermique ne peut plus se faire, ou se fait difficilement, le système de thermorégulation humain n'étant pas sans limite. Il est donc possible de savoir si pour un travail donné une ambiance peut être tolérée plusieurs heures ou si au contraire il est nécessaire de limiter la durée d'exposition.

1.3. LES PROCESSUS PHYSIOLOGIQUES DE REGULATION THERMIQUE DU CORPS HUMAIN.

Au niveau de chaque cellule s'effectuent des transformations analogues à une combustion : l'énergie chimique des aliments, brûlés dans les cellules au contact de l'oxygène véhiculé par le sang, se transforme en énergie calorique et éventuellement en énergie mécanique.

Pour assurer la permanence de la température centrale, il faut que le corps puisse céder au milieu ambiant une certaine quantité de chaleur ainsi produite. Pour cela le corps humain dispose de trois mécanismes :

- la circulation sanguine, plus particulièrement l'irrigation cutanée puisque c'est la peau qui est en contact direct avec le milieu ambiant. Le sang, en circulant dans l'ensemble de l'organisme, transporte la chaleur produite au niveau des diverses cellules jusqu'à la peau d'où elle est cédée au milieu ambiant selon un des mécanismes physiques précédemment décrits (convection, conduction, rayonnement, évaporation) ;
- la sécrétion de la sueur : pour accroître le phénomène d'évaporation lorsque cela est nécessaire en ambiance chaude, le corps humain peut accroître la sécrétion de la sueur ;
- l'accroissement de la thermogénèse : le corps a la possibilité d'accroître la production interne de chaleur, en augmentant les réactions de combustion au niveau des muscles (cela se traduit par des frissons).

Précisons un peu l'importance de chacun de ces processus, selon que le corps humain est placé dans une ambiance froide, modérée ou chaude, sans prendre en compte tout d'abord le facteur travail. C'est-à-dire que nous supposons d'abord que l'homme est au repos.

1.3.1. Dans une ambiance froide.

Dans un milieu dont la température est nettement inférieure à celle du corps, il est nécessaire de limiter les pertes de chaleur de l'organisme ; pour cela l'organisme met en jeu les moyens suivants :

- la quantité de chaleur transportée du centre du corps vers la peau par le sang est diminuée par une vaso-constriction des vaisseaux cutanés ;
- les échanges entre la peau et le milieu extérieur, qui, nous l'avons vu, dépendent principalement de la différence entre la température de la peau et la température extérieure, sont diminués par une réduction de la température de la peau, résultant de la vaso-constriction des vaisseaux cutanés ; mais cette baisse de température doit cependant rester limitée sous peine de gelures ;
- la production de chaleur est augmentée par le frisson thermique, mais ce mécanisme reste limité.

A ces mécanismes physiologiques destinés à limiter les pertes de chaleur de l'organisme s'ajoute, bien sûr, la possibilité de réduire davantage ces pertes par des vêtements chauds.

1.3.2. Dans une ambiance chaude.

La production calorique de l'organisme peut être diminuée et les processus physiologiques mis en jeu pour accroître les pertes de chaleur au niveau de la peau sont les suivants :

— Les échanges de chaleur entre le centre du corps et la peau sont augmentés grâce à une vaso-dilatation des vaisseaux cutanés ; c'est-à-dire que le sang circule plus vite pour transporter une quantité de chaleur supérieure vers la peau. Cette augmentation de l'irrigation cutanée a pour conséquence un accroissement du rythme cardiaque, mais également une diminution de l'irrigation sanguine des muscles, du cerveau et des organes de digestion, et une augmentation de la température de la peau.

— Les pertes de chaleur au niveau de la peau ne peuvent plus se faire ni par convection ni par rayonnement, puisque la température extérieure est voisine ou supérieure à celle de la peau ; le seul mécanisme d'échange disponible est l'évaporation ; pour que l'évaporation soit plus importante, le corps humain a la possibilité d'accroître la formation de la sueur. L'humidité et l'agitation de l'air ambiant ont un effet sur l'évaporation de la sueur : celle-ci est favorisée par un air sec et agité et ralentie par un air calme ou saturé d'humidité.

1.3.3. Dans une ambiance agréable.

La régulation de l'irrigation cutanée suffit à assurer l'équilibre des échanges thermiques ; la chaleur produite au niveau des diverses cellules est véhiculée par le sang jusqu'à la peau qui cède cette chaleur au milieu extérieur par rayonnement, convection et évaporation.

1.3.4. Situation de travail.

Nous n'avons considéré jusqu'ici que le cas de l'homme au repos ; pour l'homme au travail, la formule du bilan thermique et les processus de régulation restent les mêmes, mais la valeur de M est augmentée. En effet, plus l'effort physique est important, plus la valeur de M est grande et plus les échanges avec le milieu doivent donc être importants ; mais ceux-ci sont d'autant plus difficiles que la température ambiante est plus élevée et l'humidité de l'air plus importante.

D'après les processus décrits précédemment, pour que le transport de chaleur de l'organisme vers le milieu extérieur soit plus important, il y a d'abord un accroissement du débit sanguin, ce qui peut se faire grâce à un accroissement du rythme cardiaque ; mais ce processus reste limité car l'effort physique de travail demande une plus grande irrigation des muscles ou du cerveau, ce qui contribue également à accroître le rythme cardiaque ; or il est bien évident que la fréquence cardiaque ne peut s'accroître au-delà d'un certain seuil.

Le seul processus de régulation thermique est alors l'évaporation de la sueur. Mais une sudation trop importante peut avoir des conséquences graves sur la santé, soit par déshydratation, soit par pertes trop importantes de sels minéraux (une perte importante de sodium peut entraîner des perturbations sérieuses). Il arrive donc un moment où la thermorégulation est insuffisante pour assurer le maintien de la température centrale : il y a élévation de la température interne, puis accumulation de chaleur dans l'organisme pouvant mettre la vie en danger (coup de chaleur).

S'il est heureusement rare d'aboutir à ces situations extrêmes, il n'en est pas moins certain que, souvent, de mauvaises conditions d'ambiance thermique entraînent une plus grande difficulté pour effectuer un travail, d'où une fatigue accrue, et éventuellement une détérioration de ce travail.

Ainsi une température élevée entraîne une détérioration des activités sensori-motrices et mentales. Il y a baisse de l'attention et de la vigilance, diminution de l'adresse manuelle et de la rapidité et baisse des performances d'effort physique.

Une température trop basse doit être compensée par une activité musculaire : besoin de mouvement pouvant entraîner une diminution de l'attention et de la concentration dans le travail.

Nous verrons plus loin que, dans de mauvaises conditions d'ambiance thermique, il est nécessaire que les temps de travail alternent avec des pauses, d'autant plus longues que la situation est plus mauvaise.

1.4. NORMES DE CONFORT.

Des études effectuées par des spécialistes, observant pour diverses ambiances thermiques (variation de la température, de l'humidité, de la vitesse de l'air, du rayonnement) les réactions de l'organisme (sudation, températures rectale et cutanée, fréquence cardiaque, etc.), ont permis de définir des normes de tolérance ou de confort d'ambiance thermique.

1.4.1. Température équivalente.

Le corps humain est sensible à la valeur globale des échanges thermiques avec le milieu ambiant. Or ceux-ci dépendent, nous l'avons vu, de plusieurs facteurs physiques : température, humidité, vitesse de l'air. C'est-à-dire que pour des valeurs différentes de ces facteurs, il est possible que l'être humain ressente une même sensation thermique. Cette observation a conduit certains chercheurs à introduire la notion de *température équivalente ou effective* (Yaglou, 1927). Deux ambiances différentes quant à leurs diverses caractéristiques physiques sont réputées équivalentes lorsque, passant sans transition de l'une à l'autre, on ne perçoit pas de modification des sensations thermiques¹. Ainsi, par exemple, en air agité, si la température sèche est de 32°, la température humide de 19°, ce qui correspond à un degré hygrométrique de 30 %, l'impression subjective (24°C) est la même qu'avec une température sèche de 28° et une température humide de 25°, ce qui correspond à un degré hygrométrique de 78 %.

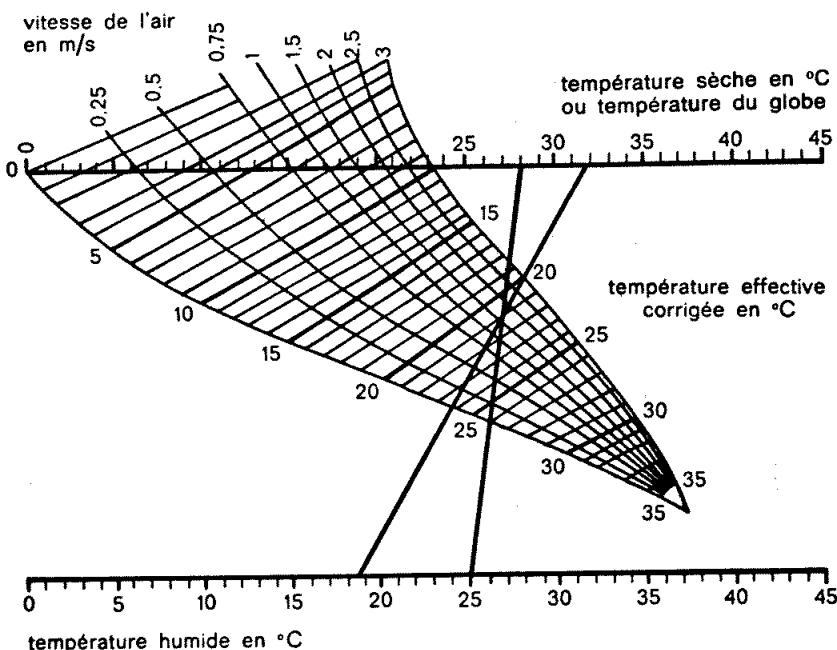
Il existe des tables psychrométriques² et des abaques (cf. graphique II) donnant les températures effectives selon la température sèche³, la température humide et l'agitation de l'air (cf. p. 34 la distinction entre température sèche et température humide). Il est important de noter que ces tables sont basées sur des données subjectives appréciant des ambiances également confortables ou inconfortables ; mais cela ne signifie pas que les contraintes physiologiques soient les mêmes, ni que les détériorations du point de vue de la vigilance ou des performances sensori-motrices soient identiques. Pour utiliser l'abaque du graph. II, on trace une droite reliant la valeur de la température sèche repérée sur l'échelle horizontale supérieure à la valeur de la température humide repérée sur l'échelle inférieure ; l'intersection de cette droite avec la courbe correspondant à la vitesse de l'air ambiant donne la température effective.

L'humidité de l'air a non seulement un effet sur la température subjective ressentie par le sujet, mais a aussi une importance médicale ; en effet, l'absence d'humidité entraîne le dessèchement des muqueuses.

1. Cf. SCHERRER, II, p. 241.

2. Table de Yaglou, cf. GRANDJEAN, p. 243.

3. Ou la température du globe noir, lorsqu'il y a du rayonnement.



Graphique II. ABAQUES DE TEMPERATURE EFFECTIVE CORRIGEE (T.E.C.) POUR DES HOMMES TORSE NU
(d'après F. Lavenne)

des voies respiratoires, ce qui facilite les processus inflammatoires qui accompagnent tous les types de refroidissement et la grippe.

En ce qui concerne les mouvements de l'air, les études précédemment citées montrent — mais nous avons tous pu aussi l'expérimenter personnellement — que la sensation subjective de chaleur ou de froid peut être modifiée selon la plus ou moins grande agitation de l'air. Ainsi, par exemple, une température de 20°C en air calme donne les mêmes sensations qu'une température de 22°C avec une vitesse de l'air de 1 m/seconde³. Ces correspondances n'ont sans doute qu'un intérêt théorique, car, sauf dans le cas d'un travail de force, les mouvements de l'air sont, au-delà d'une certaine valeur assez faible (0,2 m/s), considérés comme désagréables par les travailleurs.

1.4.2. Normes de l'ambiance thermique selon le type de travail effectué et la durée.

Finalement, d'après les résultats de diverses études, on peut adopter comme valeurs optimales des divers facteurs d'ambiance thermique les valeurs rassemblées dans le tableau II.

4. Cf. GRANDJEAN, p. 244.

Tableau II. VALEURS OPTIMALES ET LIMITES
DE LA TEMPERATURE ET DE L'HUMIDITE DE L'AIR
SELON LE TRAVAIL EFFECTUE

Type de travail effectué	Dépense de travail ° (kilocal/jour)	Temp. optimale (°C)	Degré hygrom. (%)	Vit. de l'air (m/s)	Températures limites selon le degré hygrom.			
					100 %	80 %	60 %	40 %
Travail intellectuel ou trav. physique léger en position assise ...	< 800	18° à 24°	40 % à 70 %	0,1	29°-31°	32°-34°	36°-38°	40°-42°
Travail moyen en position debout	800 à 1350	17° à 22°	40 % à 70 %	0,1 à 0,2	28°-30°	31°-33°	35°-37°	39°-41°
Travail dur	1350 à 1950	15° à 21°	30 % à 65 %	0,4 à 0,5	26°-28°	29°-31°	33°-35°	37°-39°
Travail très dur ..	> 1950	12° à 18°	20 % à 60 %	1,0 à 1,5	24°-26°	26°-28°	30°-32°	33°-35°

* Dépense de travail uniquement, à laquelle s'ajoute la dépense de métabolisme soit 560 kilocalories pour 8 heures de travail.

Il est possible de simplifier ce tableau en considérant les *températures équivalentes ou effectives* (T.E.C.).

Tableau III. Valeurs de confort et valeurs-limites de la température effective selon le travail effectué.

	Dépense de travail * (Kcal/jour)	T.E.C. de confort	T.E.C. limites
Travail léger	< 800	17° à 21°	30°-31°
Travail moyen	800 à 1 350	15° à 19°	28°-29°
Travail dur	1 350 à 1 950	12° à 17°	26°-27°
Travail très dur ..	> 1 950	7° à 12°	24°-25°

* Non compris le métabolisme de base = 560 Kilocalories pour 8 heures de travail.

Si les températures se situent en dehors des limites indiquées et qu'on ne puisse apporter une amélioration, il est nécessaire que la durée du travail soit réduite et coupée par des périodes de repos pendant lesquelles l'organisme puisse retrouver ses conditions normales.

Les méthodes de calcul de ces durées-limites d'exposition sont données dans la brochure déjà citée, consacrée à l'ambiance thermique. Ainsi, par exemple, pour une température effective de 33°, la durée d'exposition ne doit pas dépasser 6 h. 30 pour un effort physique assez léger, 3 heures pour un effort moyen et 1 h. 30 pour un effort lourd.

Nous reviendrons sur l'intérêt de ces normes lorsque nous parlerons de l'exploitation possible des renseignements recueillis par le guide d'observation.

2. GUIDE D'OBSERVATION

D'après tout ce qui vient d'être dit, les données qu'il est nécessaire de connaître pour juger, selon le type de travail, du caractère satisfaisant ou non de l'ambiance thermique d'un lieu de travail, sont les suivantes : température sèche ; température humide ; mouvements de l'air ; température du globe noir lorsqu'il y a du rayonnement.

L'objet du chapitre I du guide d'observation est précisément de rassembler ces données.

2.1. EXPLICATION DES QUESTIONS.

En ce qui concerne la température de l'air et le degré d'humidité, il est nécessaire de connaître leurs valeurs au poste de travail. Mais, si le travailleur doit se déplacer en divers endroits, il sera nécessaire de préciser également pour chacun de ces lieux la température, le degré d'humidité et la durée pendant laquelle le travailleur y demeure. On considérera alors comme « poste de travail » (pour répondre à la question 1.2.) le poste où se trouve le travailleur pendant la fraction de temps la plus importante. Les caractéristiques thermiques des autres lieux de travail seront données en réponse à la question 1.5.1.

Il est nécessaire de remarquer que, si les mesures sont faites à une date précise, alors que, selon les saisons ou les mois de l'année, des variations importantes de température peuvent être enregistrées à un même poste de travail, le diagnostic peut se trouver largement faussé, soit en bien, soit en mal. Les questions 1.2.1. et 1.2.2. ont pour but d'essayer d'éviter cette erreur. La réponse à la question 1.2.2. peut poser quelques problèmes ; il faudrait, pour bien faire, pouvoir effectuer des mesures à diverses époques de l'année, ce qui n'est pas toujours possible. Les estimations données par les travailleurs ou les chefs d'atelier peuvent cependant permettre de répondre à cette question d'une façon satisfaisante, même si la précision est moins bonne qu'avec des mesures. Il sera seulement nécessaire de préciser dans la marge comment ont été obtenues les réponses.

La question 1.2.3. fait référence à la température du globe noir, ainsi appelée parce qu'elle est mesurée avec un thermomètre dont le bulbe est situé au centre d'une sphère noire. Cette température du globe permet d'apprécier l'importance du rayonnement. En l'absence de rayonnement, la température du globe est égale à celle indiquée

par un thermomètre ordinaire mesurant la température de l'air.

En ce qui concerne les mouvements de l'air, les mesures sont, en général, délicates et peu précises ; cependant, il est utile de ne pas négliger complètement ce facteur qui, dans certaines conditions et pour certains types de travaux, peut intervenir de façon importante dans la sensation éprouvée par le travailleur. Des mesures, même peu précises, sont préférables à l'absence de toute estimation. Une autre difficulté peut provenir du fait que, selon les jours, l'air est plus ou moins agité à un même poste de travail (postes de travail dans les hangars, par exemple, ou situés près de portes souvent ouvertes, etc...). Une question posée au travailleur permettra alors de savoir si la situation varie selon les jours et on notera le renseignement en réponse à la question 1.4.

Précisons bien que ce qu'il est important de connaître, ce sont les contraintes subies par le travailleur à son poste de travail ; c'est-à-dire qu'il faut prendre les mesures le plus près possible de là où se trouve le travailleur et qu'il ne s'agit en aucun cas de mesurer la température des diverses sources de chaleur situées à proximité du travailleur.

Lorsque le travailleur dispose d'un moyen de protection individuel contre le chaud, le froid ou l'humidité, cela doit être précisé à la question 1.7.1. Il ne faudra pas tenir compte ici d'éventuelles autres protections que peut avoir le travailleur contre les chocs, les chutes, etc..., sauf si certaines de ces protections ont plusieurs effets et que l'un de ces effets, direct ou indirect, concerne un des facteurs d'ambiance thermique. Ainsi, par exemple, des gants peuvent avoir été prévus surtout pour se garantir contre les chocs, les coupures, la saleté, mais s'ils ont une doublure en amiante, qui est un isolant, ils devront être mentionnés à la question 1.7.1. comme protection contre la chaleur.

Lorsque le travailleur est en contact avec des matières chaudes ou froides, il ne faudra le préciser à la question 1.6. que lorsque le travailleur n'a pas de protection ou n'a qu'une protection insuffisante. Ainsi, par exemple, si le travailleur, pour une opération quelconque, doit plonger ses mains dans un liquide chaud ou froid, il ne sera utile de le préciser que s'il le fait sans gants ou avec des gants dont la protection est insuffisante, compte tenu de la durée du contact avec cette matière chaude ou froide.

2.2. APPAREILS DE MESURE.

La température de l'air se mesure avec des *thermomètres* qui peuvent être soit à dilatation de liquide, soit à résistance électrique.

Les thermomètres à dilatation de liquide sont les plus courants, le plus connu étant le thermomètre à mercure. Lorsque l'on prend

une température avec un tel thermomètre, il faut qu'il soit à l'abri du rayonnement éventuel de chaleur, mais il faut cependant que la convection entre l'air et le capteur soit maximale ; c'est-à-dire que l'air doit pouvoir circuler librement autour du bulbe capteur de température, si celui-ci est protégé du rayonnement par une lame ou un cylindre réflecteur.

Les thermomètres à résistance électrique (ou à thermistance) sont fabriqués soit avec des semi-conducteurs dont la résistance élevée diminue lorsque la température augmente (cette variation de forme exponentielle peut être mesurée grâce à un montage électrique approprié), soit avec des résistances métalliques dont la résistance augmente avec la température.

L'humidité de l'air peut être mesurée à l'aide d'un *psychromètre*, appareil constitué de deux thermomètres, dont l'un est entouré d'une mèche humide (thermomètre humide). Selon la nature des thermomètres (à mercure, ou à résistance) il existe plusieurs types de psychromètres.

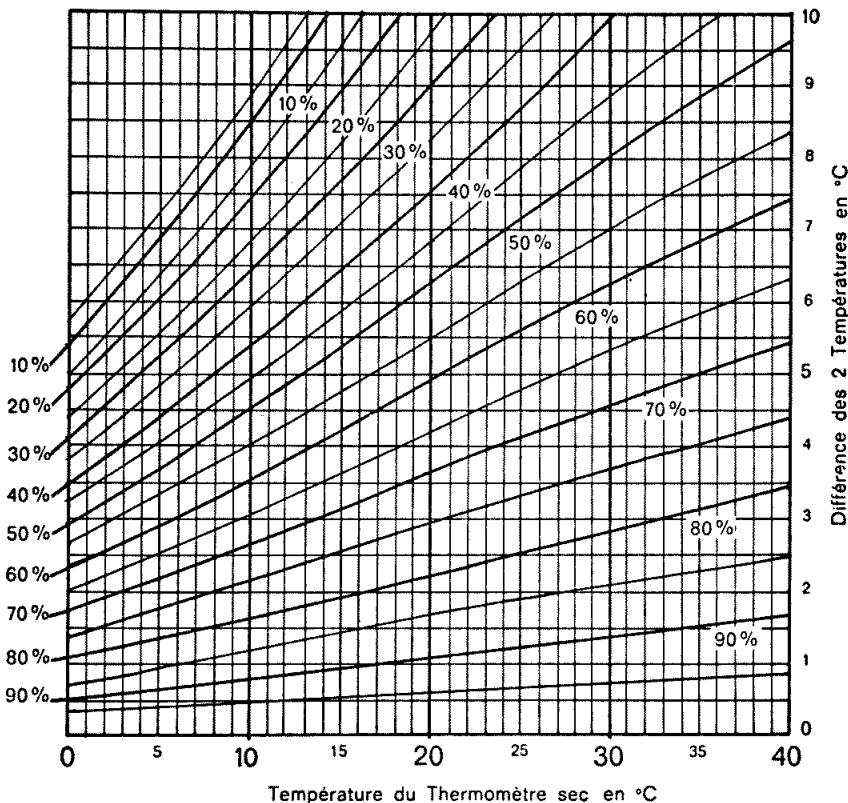
Les plus simples sont constitués de deux thermomètres à mercure, dont l'un est entouré d'une mèche de coton humide et indique la température humide tandis que l'autre indique la température sèche de l'air.

La température humide est toujours inférieure ou égale à la température sèche et plus l'écart entre les deux températures est élevé, plus l'air est sec. En effet l'évaporation de l'eau entourant le bulbe du thermomètre humide se fait en absorbant de la chaleur ce qui fait baisser la température de ce thermomètre et ceci d'autant plus que l'évaporation se fait plus facilement ; or, nous l'avons vu, l'importance de l'évaporation dépend de l'humidité de l'air. Plus l'air est sec, plus l'évaporation est importante ; lorsque l'air est saturé d'humidité (humidité relative : 100 %) l'évaporation ne peut plus se faire et la température humide est alors la même que la température sèche.

Pour que s'établisse l'équilibre thermique entre le thermomètre humide et l'air, il faut que l'air entourant le thermomètre humide se renouvelle constamment. Ceci est réalisé de diverses façons selon le type de psychromètre : soit par déplacement manuel rapide du thermomètre (psychromètre à fronde), soit par ventilation mécanique réalisée par un petit moteur mécanique ou électrique.

Dans les psychromètres constitués de thermomètres à résistance (semi-conducteurs par exemple), la lecture des températures sèche et humide peut être rapide ; alors que dans le cas de thermomètres à mercure, il faut quelques minutes pour que les températures d'équilibre s'établissent.

Lorsque l'on connaît la température sèche et la température humide, des graphiques permettent d'en déduire l'humidité relative (cf. graphique III, p. 35).



Graphique III. ABAQUES PSYCHROMETRIQUES

Lire exactement les indications des deux thermomètres, noter la différence des deux lectures.

Exemple : Thermomètre sec : 21°, Thermomètre humide : 17,5°, Différence $21 - 17,5 = 3,5$ °.

Lire sur l'horizontale inférieure du graphique la température 21°, suivre en montant la ligne verticale correspondante ; s'arrêter à l'intersection avec la ligne horizontale correspondant à la différence 3,5. Le point d'intersection ainsi obtenu se trouve entre les courbes 70 % et 75 %, la distance le séparant de la courbe 70 % étant sensiblement égale aux 4/10 de l'écartement entre les deux courbes 70 et 75 %. Ce point correspond donc à $70 + 0,4 (75 - 70) = 72$ %.

L'atmosphère contrôlée par le psychromètre présente donc, au moment de la lecture des thermomètres, un état hygrométrique relatif de 72 %. En d'autres termes, cette atmosphère contient une quantité de vapeur d'eau égale à 0,72 de la quantité maximum qui pourrait s'y trouver à l'état de saturation, à la température de 21°.

Pour évaluer *le rayonnement*, on utilise *un thermomètre à globe noir* constitué d'une sphère noire au centre de laquelle se trouve soit un thermomètre à mercure, soit un thermocouple, soit une thermistance.

Le principe de cet instrument est que sa température atteint son équilibre lorsque le bilan des échanges par rayonnement et convection est nul. Ainsi, en présence de sources chaudes le globe noir absorbe au maximum le rayonnement issu des diverses sources de chaleur et tend à s'échauffer, tandis qu'il tend à se refroidir par convection avec l'air ambiant. Le temps nécessaire pour que s'établisse l'équilibre entre le rayonnement et la convection est assez long et il faut donc attendre au moins 15 à 20 minutes avant de lire la température du thermomètre à globe. Cette grande inertie empêche cet appareil d'être un bon indicateur pour des situations rapidement variables telles que l'ouverture de la porte d'un four ou d'une chambre froide. Il faudra donc prendre les mesures avec précaution.

Les appareils permettant de mesurer *l'agitation de l'air* sont les *anémomètres*, dont il existe une grande variété selon l'ordre de grandeur de la vitesse de l'air et selon la précision que l'on recherche.

Les anémomètres à moulinet mesurent l'action de l'air sur des ailettes qui tournent d'autant plus vite que la vitesse de l'air est plus grande. Ces anémomètres sont donc simples, mais relativement peu précis, car ils nécessitent que l'axe soit bien orienté selon la direction d'écoulement de l'air, ce qui n'est pas toujours possible si cette direction varie.

Plus précis sont les anémomètres à fil chaud et le catathermomètre dont le principe est de mesurer soit la quantité de chaleur perdue par unité de temps par un fil ou un thermomètre préalablement chauffés, soit le temps nécessaire à la déperdition d'une certaine quantité de chaleur. En effet, cette déperdition par convection est fonction de la température de l'air (que l'on peut mesurer par ailleurs) et de la vitesse de l'air, si l'appareil est à l'abri du rayonnement, précaution nécessaire pour des mesures exactes.

3. EXPLOITATION DES QUESTIONS

Nous avons vu que, pour juger du caractère satisfaisant ou non d'une ambiance thermique, il est nécessaire de tenir compte non seulement des caractéristiques physiques de cette ambiance, mais également du niveau de dépense énergétique du travailleur et de la durée pendant laquelle il est soumis à cette ou à ces ambiances thermiques.

Par l'intermédiaire de la température équivalente ou effective, qui permet de résumer en une seule valeur la sensation résultant des divers paramètres caractéristiques de l'ambiance, nous avons établi un

tableau de cotation. Ce tableau prend en compte : le niveau de dépense énergétique, la température *effective* et la durée d'exposition⁵.

La température effective résulte, nous l'avons vu, de la température de l'air — ou de la température du globe lorsqu'il y a du rayonnement — de la température humide et de la vitesse de l'air. L'abaque, reproduite à la page 30, permet d'évaluer la température effective en fonction des valeurs mesurées de ces paramètres.

En ce qui concerne la dépense énergétique, caractérisant le niveau d'effort physique requis par le travail, il est calculé d'après les indications données dans le chapitre relatif à la dépense énergétique (Cf. chap. V).

Lorsque le travailleur est soumis à des ambiances différentes au cours de sa journée de travail (question 1.5.1.), on aboutira à plusieurs cotations, une pour chacune des situations. Comment évaluer alors la situation globale ? On pourrait penser à additionner ces diverses cotations. Ainsi par exemple, si un travailleur effectue un travail physique assez léger (500 Kcal/jour) pendant 5 heures, à une température effective comprise entre 22° et 25° (cotation 3) et pendant 2 h. 30 à une température effective comprise entre 28° et 30° (cotation 5), en additionnant ces deux cotations on obtient la cotation 8, correspondant à une situation très défavorable identique à celle consistant à effectuer un travail assez léger pendant plus de 4 heures à une température effective comprise entre 30° et 32°. La cotation 8 obtenue par addition est donc excessive.

On pourrait aussi imaginer de faire la moyenne des deux cotations ; mais cette solution risquerait de négliger des situations défavorables. Ainsi, par exemple, pour un travailleur effectuant un travail lourd (1 900 Kcal/jour) pendant 5 heures à une température effective de 29° (cotation 10) et un effort physique moyen (900 Kcal/jour) pendant 2 heures à 26° (cotation 2), la moyenne des cotations serait 6, correspondant à une situation un peu désagréable, mais non nocive ; alors que le fait d'effectuer un travail lourd pendant plus de 4 heures à 29° (température effective) doit être considéré comme nocif pour le travailleur.

Finalement, la solution la plus satisfaisante semble donc être de ne retenir que la cotation la plus élevée, correspondant à la situation la plus défavorable sur laquelle il faut agir en priorité.

Lorsqu'il y a de fortes variations de température selon les saisons (question 1.2.2.) il sera préférable d'établir plusieurs cotations, une pour chacune des époques.

Certains renseignements du guide d'observation ne sont pas pris en compte dans le tableau A de cotation. Ils peuvent cependant avoir une influence sur l'inconfort ou la pénibilité ressentie par le travailleur.

5. Ce tableau est donné dans l'annexe I, p. 202.

Ainsi, lorsque le travailleur doit se déplacer fréquemment en des lieux de températures nettement différentes, ces fréquentes variations de température sont un facteur d'inconfort. On conviendra donc d'ajouter deux points à la cotation lorsque les variations de température sont importantes ($> 10^\circ \text{ C}$) et fréquentes (> 25 par jour).

En ce qui concerne la manipulation de matières chaudes ou froides (question 1.6.), sans protection ou avec une protection insuffisante (questions 1.7 et 1.7.1.), la pénibilité dépend de la température de ces corps et aussi de la durée et de la fréquence des contacts avec ces surfaces chaudes ou froides. L'appréciation exacte de la pénibilité demanderait donc une analyse plus approfondie, mais pour attirer l'attention sur ce facteur particulier, nous avons convenu d'ajouter deux points à la cotation lorsque le contact est peu fréquent, et quatre points lorsque le contact est prolongé ($>$ un quart du temps de travail).

* * *

L'addition des points donnés par le tableau A et des points déterminés de la façon précédemment proposée aboutira à une cotation globale caractérisant l'ambiance thermique d'un poste de travail. Précisons que lorsque cette somme dépassera la valeur 10, on notera 10 + pour une valeur égale à 12 ou à 13 et 10 ++ pour une valeur égale ou supérieure à 14.

Rappelons que, selon les conventions établies en introduction, les diverses cotations correspondent aux situations suivantes :

0, 1 et 2	Situation normale
3 à 5	Faible nuisance
6, 7	Nuisance moyenne
8, 9	Nuisance importante
10	Nocivité

CHAPITRE II

LE BRUIT

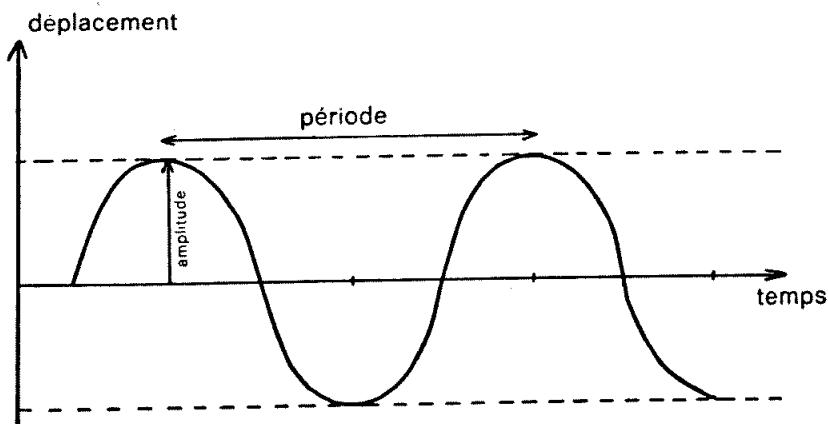
1. NOTIONS PHYSIQUES D'ACOUSTIQUE

1.1. NATURE DES SONS.

Un son a pour origine la vibration audible d'un corps : à la source le milieu est déformé par un choc ou une compression, entraînant un déplacement des particules voisines. Les déplacements de particules créent des variations de pression qui sont transmises de proche en proche dans le milieu où s'est produit le son par une oscillation des particules les unes après les autres. Ces oscillations s'effectuent selon un mouvement vibratoire caractérisé par *l'amplitude* et la *fréquence*.

L'amplitude est le déplacement maximum d'une particule par rapport à sa position d'équilibre.

La fréquence est le nombre de vibrations ou de cycles par unité de temps : la fréquence est l'inverse de la période (la période mesure la durée d'un cycle).



Graphique IV. *REPRÉSENTATION GRAPHIQUE D'UN MOUVEMENT SINUSOIDAL*

Pour déformer le fluide à l'origine du son, un certain travail a été nécessaire, qui représente donc une certaine dépense d'énergie. La quantité d'énergie rayonnée par la source sous forme d'ondes sonores est la *puissance acoustique* qui est proportionnelle au carré de la pression acoustique. Cette énergie est ensuite transmise par propagation d'onde, à la vitesse v , et se répartit sur une surface de plus en plus grande au fur et à mesure que l'onde progresse. On appelle *intensité sonore* la quantité d'énergie transmise par unité de temps et unité de surface : pour une surface donnée, l'intensité sonore est égale au quotient de la puissance par la surface ou au quotient du carré de la pression sonore par la surface. Ceci explique la diminution rapide du bruit au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la source sonore, puisque l'énergie doit se répartir sur une surface beaucoup plus grande. Cette surface étant proportionnelle au carré de la distance, la puissance acoustique baisse de façon inversement proportionnelle au carré de la distance à la source, et la pression acoustique baisse de façon inversement proportionnelle à la distance à la source. Ainsi un son qui produit une sensation douloureuse lorsque l'oreille est à quelques centimètres de sa source devient à peine audible lorsque l'oreille est à une centaine de mètres.

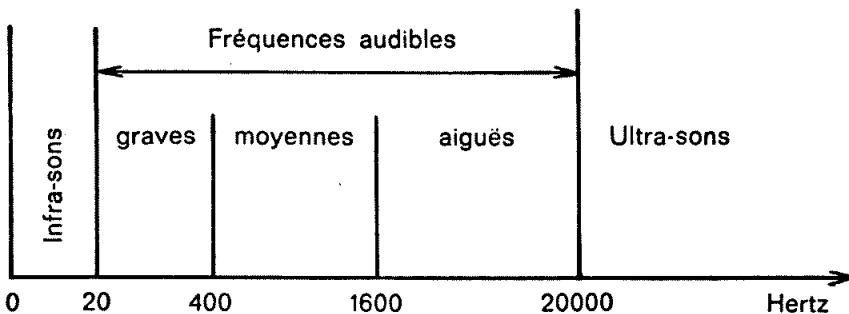
1.1.1. Sons purs et sons complexes.

La courbe sinusoïdale que nous avons donnée comme exemple de l'oscillation des particules correspond à un *son pur*, caractérisé par une seule fréquence. La plupart des *sons* habituels sont *complexes* : c'est-à-dire que la puissance acoustique est distribuée sur plusieurs fréquences.

1.2. GRANDEURS CARACTERISTIQUES DES SONS ET UNITES DE MESURE.

Un son peut finalement être caractérisé par les paramètres suivants :

— *La hauteur*, permettant de distinguer les sons graves et les sons aigus. La hauteur dépend de la *fréquence* du mouvement vibratoire, qui s'exprime en hertz (ou nombre de cycles/seconde). Les vibrations perceptibles à l'oreille humaine sont celles dont la fréquence est comprise entre 20 et 20 000 hertz. Les vibrations dont la fréquence est inférieure à 20 hertz sont les infra-sons perçus comme des vibrations mécaniques et les vibrations dont la fréquence est supérieure à 20 000 hertz constituent les ultra-sons. Infra-sons et ultra-sons ne provoquent aucune sensation sonore chez l'être humain.



Graphique V. ECHELLE DE FREQUENCES
DES MOUVEMENTS VIBRATOIRES

On dit que deux sons se trouvent à l'octave si le rapport de leurs fréquences est égal à 2, c'est-à-dire si la fréquence de l'un est le double de l'autre.

— *Le timbre.* La plupart des sons réels sont, en fait, la combinaison de plusieurs sons purs, c'est-à-dire que la plupart des fréquences audibles figurent avec des intensités plus ou moins élevées. On parle alors du timbre d'un son qui donne une sensation physiologique particulière, dépendant des fréquences prépondérantes dans le son perçu.

— *L'intensité* sonore est, nous l'avons vu, proportionnelle à la puissance, donc au carré de la pression ; elle permet de distinguer les sons forts et les sons faibles. L'intensité peut s'exprimer en watt/cm², mais on préfère utiliser, le plus souvent en acoustique, une autre unité de mesure, le bel ou le décibel (1/10^e partie du bel : dB).

Le décibel exprime, en relation logarithmique, un rapport entre deux puissances sonores (une puissance sonore effectivement mesurée P et une puissance de référence P₀), entre deux intensités ou entre deux pressions (une pression mesurée p et une pression de référence p₀)

$$\text{Niveau sonore (dB)} = 10 \log_{10} \frac{P}{P_0} = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0} = 20 \log_{10} \frac{p}{p_0}$$

Le décibel est donc une *unité relative*, qui n'a de sens que si l'on précise la grandeur de référence. La puissance de référence (P₀ = 10⁻¹² watt), l'intensité de référence (I₀ = 10⁻¹² watt/m²) et la pression de référence (p₀ = 2.10⁻⁴ microbar) correspondent pratiquement au seuil humain de perception auditive pour un son de fréquence égale à 1 000 hertz. L'utilisation de l'échelle logarithmique a été suggérée par la loi de Weber-Fechner, selon laquelle « la sensation croît comme le logarithme de l'excitation » ; c'est-à-dire qu'un écart de un décibel correspond à peu près à la plus petite variation d'intensité sonore perceptible par l'oreille.

1.2.1. Addition de plusieurs intensités sonores.

Lorsqu'on connaît le niveau d'intensité sonore d'un milieu et qu'on doit y ajouter une source sonore dont on connaît également le niveau d'intensité, si l'on veut connaître le niveau sonore résultant, on ne peut effectuer une simple addition de décibels. Plus clairement cela signifie que si l'on met dans un atelier 5 machines ayant chacune un niveau sonore de 85 décibels, le bruit résultant ne sera pas de 425 décibels. En effet, l'addition doit se faire sur les puissances ou les intensités sonores, mais non directement sur les décibels, qui caractérisent des niveaux sonores par rapport à un niveau de référence ; ainsi on a la formule :

$$dB_1 + dB_2 + \dots = 10 \log_{10} \frac{P_1 + P_2 + \dots}{P_0}$$

Il existe des tables et des abaques permettant de passer directement des niveaux d'intensité sonore exprimés en décibel aux intensités exprimées en watt/cm², et par conséquent d'additionner rapidement des intensités. L'intensité totale ainsi obtenue est ensuite traduite en décibels grâce à la même table de correspondance (cf. p. 43).

Ainsi par exemple, soit à additionner trois niveaux sonores :

$$L_1 = 90 \text{ dB} \quad L_2 = 87 \text{ dB} \quad L_3 = 81 \text{ dB}$$

Le tableau IV permet d'exprimer ces 3 valeurs en leurs équivalents en intensité sonore :

$$I_1 = 10^9 \times 10^{-16} \text{ watt/cm}^2$$

$$I_2 = 5,01 \times 10^8 \times 10^{-16} \text{ watt/cm}^2$$

$$I_3 = 1,26 \times 10^8 \times 10^{-16} \text{ watt/cm}^2$$

On peut additionner ces trois intensités pour obtenir l'intensité totale :

$$\begin{aligned} I_1 + I_2 + I_3 &= 10^9 \times 10^{-16} (10 + 5,01 + 1,26) \\ &= 10^9 \times 10^{-16} \times 16,2 \\ &= 1,62 \times 10^9 \times 10^{-16} \text{ watt/cm}^2 \end{aligned}$$

Et en convertissant en décibels :

$$\begin{aligned} 10 \log_{10} \frac{I}{I_0} &= 10 \log_{10} \left(\frac{1,62 \cdot 10^9 \cdot 10^{-16}}{10^{-16}} \right) = 10 \log_{10} (1,62 \cdot 10^9) \\ &= 10 \log_{10} 1,62 + 10 \log_{10} 10^9 = 10 (0,209 + 9) \\ &= 92 \text{ décibels environ.} \end{aligned}$$

On peut aussi utiliser l'abaque de la page 44. Pour cela, on additionne d'abord les deux premiers niveaux I_1 et I_2 , puis le niveau résultant et I_3 .

Ainsi la différence entre I_1 et I_2 est égale à 3 décibels : l'abaque permet de savoir qu'il faut ajouter 1,75 dB à I_1 pour obtenir le niveau

sonore résultant de la composition de I_1 et I_2 : soit 91,75 dB. La différence entre ce niveau résultant et le niveau I_3 est égale à 10,75 dB : on doit donc ajouter 0,4 dB à 91,75 dB pour obtenir le niveau final

$$I_1 + I_2 + I_3 \rightarrow 92,25 \simeq 92 \text{ décibels.}$$

Pour résumer ce qui vient d'être dit, si l'on multiplie par 2 l'intensité sonore, le niveau d'intensité est augmenté de 3 décibels, si l'on multiplie l'intensité sonore par 3, le niveau sonore est accru de 5 décibels et si l'on multiplie l'intensité sonore par 5, le niveau sonore est accru de 7 décibels.

Tableau IV. CONVERSION DE DECIBELS
EN UNITES D'INTENSITE SONORE

dB	10^{-16} watt/cm ²	dB	10^{-16} watt/cm ²
1	1,26	10	10^1
2	1,59	20	10^2
3	2,00	30	10^3
4	2,51	40	10^4
5	3,16	50	10^5
6	3,98	60	10^6
7	5,01	70	10^7
8	6,31	80	10^8
9	7,94	90	10^9
10	10	100	10^{10}
11	$1,26 \times 10$	110	10^{11}
12	$1,59 \times 10$	120	10^{12}
13	$2,00 \times 10$	130	10^{13}
14	$2,51 \times 10$	140	10^{14}
15	$3,16 \times 10$		
16	$3,98 \times 10$		
17	$5,01 \times 10$		
18	$6,31 \times 10$		
19	$7,94 \times 10$		
20	10^2		

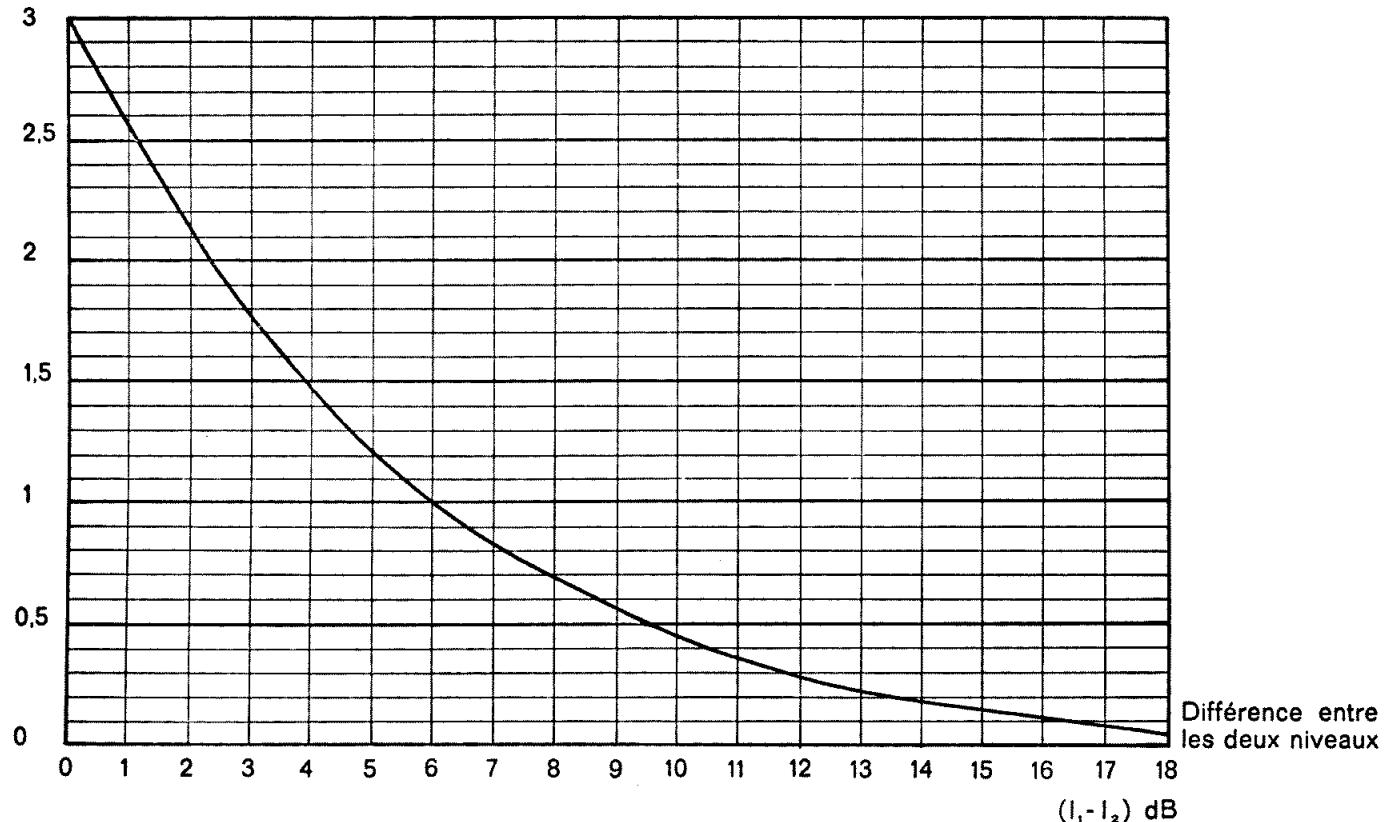
En effet, supposons que l'on juxtapose deux sources sonores de même intensité ($I_1 = I_2$), on aura comme niveau d'intensité résultant :

$$10 \log_{10} \left(\frac{I_1}{I_0} + \frac{I_2}{I_0} \right) = 10 \log \left(\frac{2I_1}{I_0} \right) = 10 \log \frac{I_1}{I_0} + 10 \log 2$$

$10 \log \frac{I_1}{I_0}$ est le niveau sonore en décibels pour une seule source sonore ; ajouter une seconde source revient donc à ajouter au niveau sonore :

$$10 \log_{10} 2 = 10 \times 0,30 = 3 \text{ décibels}$$

Nombre de dB
à ajouter au plus élevé des 2 niveaux



Par un calcul analogue, on voit aisément que multiplier par 3, 4, 5... les sources sonores (les machines dans un atelier par exemple), revient à ajouter au niveau sonore initial :

$$10 \log_{10} 3 = 10 \times 0,477 \simeq 5 \text{ décibels}$$

$$10 \log_{10} 4 = 10 \times 0,60 = 6 \text{ décibels}$$

$$10 \log_{10} 5 = 10 \times 0,699 \simeq 7 \text{ décibels}$$

A l'inverse, diviser par 2 l'intensité sonore revient à diminuer de 3 décibels le niveau sonore, et réduire de 90 % l'intensité sonore équivaut à une réduction de 10 décibels.

Le graphique VI bis peut également être utile pour évaluer quel est le bruit propre d'une machine placée dans l'ensemble d'un atelier. Pour cela on mesure en décibels :

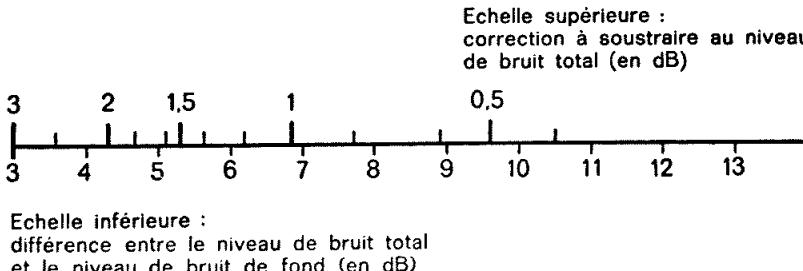
- d'une part le bruit de fond, machine à l'arrêt : I_1 .
- d'autre part le bruit total, machine en marche : I_2 .

Si la différence entre les deux mesures est supérieure à 10 décibels, on peut dire que le bruit propre de la machine en marche est égal à I_2 .

Si la différence est inférieure à 10 décibels, l'abaque permet de connaître le bruit de la machine en soustrayant à I_2 la valeur indiquée. Ainsi on a :

$$\begin{aligned} I_1 &= 75 \text{ dB} \\ I_2 &= 81 \text{ dB} \\ I_2 - I_1 &= 6 \text{ dB} \end{aligned}$$

Cette différence permet de dire que le niveau sonore de la machine seule est de : 81 dB — 1,2 \simeq 80 décibels.



Echelle inférieure :
différence entre le niveau de bruit total
et le niveau de bruit de fond (en dB)

Graphique VI bis. ABAQUE PERMETTANT DE DISTINGUER,
AU MILIEU D'UN BRUIT DE FOND,
LE NIVEAU SONORE SPECIFIQUE D'UNE SOURCE

2. QUELQUES DONNEES PHYSIOLOGIQUES

L'appareil auditif humain est extrêmement complexe et nous n'en donnerons ici qu'un aperçu très schématique. L'appareil auditif comporte :

- un appareil de réception constitué par l'oreille externe ;
- un appareil de transmission constitué par l'oreille moyenne et l'oreille interne ;
- un appareil de perception constitué par les voies nerveuses entre l'oreille et les centres nerveux du cerveau.

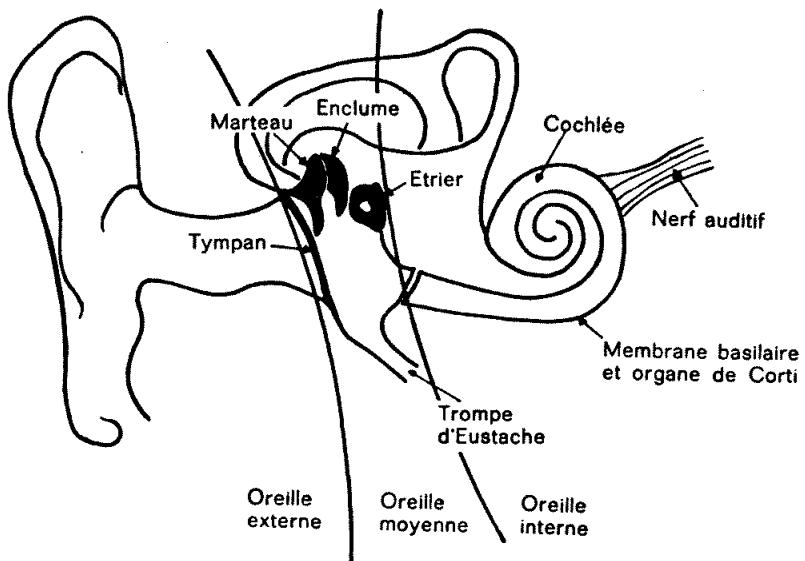
2.1. L'OREILLE.

Elle comporte trois parties :

— *L'oreille externe*, par où pénètrent les sons qui font vibrer le tympan, séparation entre l'oreille externe et l'oreille moyenne.

— *L'oreille moyenne* transmet les vibrations du tympan grâce à une série de petits os : le marteau, l'enclume et l'étrier. A ce rôle de transmission peut s'ajouter un rôle de protection. En effet, lorsque l'intensité des ondes sonores parvenant à l'oreille dépasse un certain niveau (80 dB environ) et risque d'entraîner des traumatismes pour l'oreille interne, les muscles de l'oreille moyenne peuvent modifier la position des osselets et atténuer ainsi la transmission des sons d'intensité trop élevée. Cette protection reste cependant assez limitée : réduction de 10 décibels environ pour les sons de faible fréquence et de 5 décibels environ pour les sons de fréquence élevée. D'autre part ce mécanisme n'a pas le temps de jouer pour les sons imprévus et brutaux et ne persiste pas indéfiniment pour un bruit continu : les muscles ont en effet alors tendance à se relâcher.

— *L'oreille interne*. Les sons transmis par les osselets de l'oreille moyenne se propagent dans la cochlée jusqu'à la membrane basilaire. La partie de la membrane basilaire qui entre alors en vibration dépend de la fréquence des sons reçus (cette localisation en fonction de la fréquence de l'excitation reçue étant liée à la variation de la largeur de la membrane basilaire). Ainsi pour un son grave, l'énergie sonore est dispersée sur toute la membrane, tandis que pour un son aigu l'énergie est concentrée sur une faible surface, il y a donc un nombre réduit de cellules mises en jeu et leur risque de détérioration est plus élevé. Cette vibration est alors transmise à l'organe de Corti qui constitue l'organe sensoriel proprement dit, puisqu'il contient les cellules auditives, capables de transformer les variations de pression en impulsions nerveuses.



Graphique VII. SCHEMA DE L'OREILLE

2.2. L'APPAREIL DE PERCEPTION.

Les voies nerveuses qui transforment les vibrations sonores en influx nerveux, puis les traduisent en sensation, ont leur origine dans l'organe de Corti, dans l'oreille interne. Les voies nerveuses de l'audition sont très complexes : il y a au moins cinq niveaux de relais des messages sonores. Les voies nerveuses parviennent finalement au cortex cérébral où les impulsions reçues sont intégrées et perçues comme un son. Les sensations auditives se produisent donc dans la sphère auditive comprenant le nerf auditif et le centre auditif cérébral proprement dit. On comprend dès lors que le bruit peut non seulement avoir des effets perturbateurs et nocifs pour l'oreille, mais peut également, par l'intermédiaire des ramifications nerveuses et du cortex cérébral, avoir des répercussions sur l'organisme entier.

2.3. EFFETS DU BRUIT SUR L'HOMME.

2.3.1. Effets sur l'oreille interne.

La sensation sonore dépend bien entendu des caractéristiques physiques des sons : intensité, fréquence, durée. Nous avons déjà eu l'occasion de dire que l'oreille ne percevait que les sons dont les fréquences étaient comprises entre 20 et 20 000 hertz. En dehors de cette zone, un son n'est pas perçu par l'oreille humaine. A l'intérieur de cette zone un son dont l'intensité est trop élevée peut avoir un effet traumatisant et nocif, car il risque d'entraîner une détérioration de l'appareil auditif par dégénérescence progressive des cellules auditives, puis destruction irréversible de celles-ci entraînant la surdité.

Mais, pour un même niveau d'intensité sonore, le risque de détérioration du système auditif n'est pas le même selon les *fréquences* des sons. Nous avons vu, en effet, que la contraction des muscles de l'oreille moyenne peut assurer une certaine protection, mais que celle-ci n'est pas identique pour toutes les fréquences : elle est notable pour les fréquences les plus basses (< 200 hertz), faible pour les fréquences de 200 à 700 hertz, et quasi nulle pour les fréquences supérieures à 700 hertz. C'est pour les fréquences entre 2 000 et 6 000 hertz que la fragilité de l'oreille est la plus grande.

La durée d'exposition au bruit joue également un rôle très important.

2.3.1.1. *La surdité.*

L'apparition de la surdité est rarement brutale, le plus souvent progressive :

- tout d'abord le sujet perd la sensibilité aux sons de fréquence 3 000 à 6 000 hertz ; comme ces fréquences ne sont pas indispensables pour obtenir une bonne intelligibilité de la parole, le sujet se rend peu compte de ce début de surdité ;
- le déficit auditif s'étend ensuite à une plus large bande de fréquences, et le sujet s'aperçoit qu'il n'est plus sensible aux sons aigus ;
- enfin, l'atteinte s'étend aux basses fréquences et le sujet perçoit difficilement une conversation ; il faut parler plus fort pour se faire comprendre.

Ce processus se rencontre relativement souvent dans la vie professionnelle, lorsque les travailleurs sont soumis à des bruits élevés pendant des années.

On peut donner les critères suivants comme caractéristiques des bruits les plus dangereux :

- intensité élevée : au-dessus d'un niveau de 80 décibels le risque de traumatisme s'accroît très rapidement ;
- pureté du son : à intensité et durée égales, un son est d'autant plus

- dangereux qu'il se rapproche davantage d'un son pur, c'est-à-dire qu'il correspond à une bande de fréquences plus étroite ;
- fréquence : à intensités égales, un bruit dont le spectre est riche en fréquences moyennes ou élevées est plus nocif que celui dont le spectre comporte des fréquences plus basses ; d'une part, la protection de l'oreille agit surtout pour les fréquences basses ; d'autre part, nous l'avons vu, l'énergie sonore d'un son aigu étant concentrée sur une faible surface de la membrane basilaire, le risque de destruction des cellules est alors plus grand ;
- durée : les effets traumatisants peuvent se cumuler dans le temps ;
- caractère soudain : les bruits soudains et inattendus sont plus nocifs que les bruits prévisibles, car les mécanismes de protection de l'oreille moyenne ne sont pas préparés pour intervenir.

2.3.2. Autres effets physiologiques du bruit.

Outre les détériorations de l'appareil auditif, le bruit peut avoir des répercussions sur l'organisme tout entier par l'intermédiaire du système nerveux végétatif. Lorsqu'il est d'un niveau élevé, le bruit peut avoir les effets suivants :

- augmentation de la fréquence cardiaque ;
- augmentation de la vaso-constriction des vaisseaux cutanés ;
- accélération du rythme respiratoire ;
- diminution de l'activité des organes de la digestion ;
- réduction de l'activité cérébrale entraînant une diminution de l'attention.

A ces facteurs physiologiques, peuvent s'ajouter des incidences psychologiques provoquant une modification du caractère ou du comportement : anxiété, agressivité.

2.3.3. Effets du bruit sur le travail.

Outre les effets d'ordre physiologique, le bruit peut avoir un effet négatif sur la qualité et le rendement du travail. Le bruit provoque une diminution de l'attention, et par conséquent, une baisse de la performance pour tous les travaux qui requièrent une certaine concentration de l'esprit, de la rapidité ou de l'adresse. Pour continuer à effectuer son travail, le travailleur doit faire un effort supplémentaire pour s'isoler en quelque sorte du bruit ambiant perturbateur. Ceci se traduit finalement par une dépense nerveuse accrue et une plus grande fatigue.

Selon une expérience effectuée sur des tisserands pendant une assez longue durée par Weston et Adams (1935) et rapportée par E. Grandjean¹, l'effet du bruit sur le rendement a été nettement montré. La

1. Cf. GRANDJEAN, p. 214-215.

production de deux groupes de 10 tisserands était comparée. L'un de ces groupes ne disposait d'aucun appareil de protection contre le bruit, le bruit ambiant atteignant 96 dB. Dans l'autre groupe, des appareils de protection individuels permettaient de ramener le niveau de bruit perçu par l'oreille à un niveau de 80 à 85 dB : le rendement des ouvriers porteurs d'appareils de protection a été de 12 % supérieur à celui des ouvriers sans protection.

Selon le Professeur A. Wisner², diverses observations ont pu être faites concernant la relation entre la production et une modification du niveau sonore :

- dans un atelier de mécanique, le nombre de pièces manquées a diminué de 50 % après abaissement du niveau sonore de 25 dB ;
- dans un atelier de dactylographie, le nombre des erreurs de frappe a baissé de 30 %, après une baisse du niveau sonore de 25 dB ;
- dans un atelier de montage, la production s'est accrue de 30 % lorsqu'on a pu faire baisser le niveau sonore de 20 dB.

Les effets du bruit sur le travail varient selon les caractéristiques du bruit et le type de travail exercé, mais on peut observer que :

- un bruit est toujours gênant pour le travail ;
- ce sont les activités demandant l'effort d'attention le plus élevé et le plus soutenu qui sont les plus sensibles au bruit ;
- pendant l'apprentissage, le travailleur est plus sensible au bruit que lorsqu'il a acquis un certain automatisme pour effectuer une partie de son travail.

2.3.4. Les normes.

Même si la sensibilité de l'oreille au bruit peut varier quelque peu selon des données individuelles et interindividuelles (l'âge, en particulier), il n'en demeure pas moins que l'on peut fixer avec une bonne approximation les seuils à partir desquels il y a un risque moyen ou élevé de détérioration de l'appareil auditif et également les seuils à partir desquels le travailleur éprouve de la gêne et un surcroît de fatigue pour effectuer son travail.

Les principales caractéristiques dont il faut tenir compte pour juger du caractère plus ou moins satisfaisant, ou même nocif, d'une ambiance sonore sont, d'après ce qui vient d'être dit : le niveau d'intensité (en décibels), la fréquence (en hertz) et les durées d'exposition.

En fait, nous avons vu que la plupart des bruits étaient des sons complexes pour lesquels l'énergie acoustique n'est pas concentrée sur une seule fréquence, mais est distribuée plus ou moins régulièrement sur une grande partie de l'intervalle des fréquences audibles. Nous avons vu également que, à niveau d'intensité égal, la sensibilité de

2. Cf. SCHERRER, II, p. 54.

l'oreille n'est pas identique selon les fréquences dominantes. Il est donc fort utile, pour juger du caractère nocif d'un bruit, de pouvoir l'analyser en recherchant dans quelle partie du spectre de fréquences se situent les intensités les plus élevées.

On appelle *spectre sonore d'un bruit* la mesure des intensités sonores pour les diverses bandes de fréquence. Pour cela, l'intervalle des fréquences audibles peut être découpé en bandes de diverses largeurs. Les découpages les plus souvent utilisés en pratique sont les découpages par bandes de fréquences dont la largeur correspond à un octave ou à un tiers d'octave.

2.3.4.1. *Risques de surdité.*

L'ensemble des études effectuées ne sont pas toutes absolument concordantes pour définir le seuil à partir duquel un bruit est dangereux. Cependant la plupart des auteurs s'accordent pour définir une zone-seuil au-dessous de laquelle il n'y aurait aucun risque de détérioration de l'audition, et ceci quelle que soit la durée d'exposition et la composition spectrale du bruit. *Cette zone serait voisine de 80 décibels.* Au-dessus de ce seuil, des risques apparaissent et sont d'autant plus grands que les fréquences aiguës dominent (entre 2 000 et 4 000 hertz). A ces niveaux-là, en effet, la protection spontanée de l'oreille est presque nulle et l'énergie acoustique se concentre sur une faible fraction de la membrane basilaire, augmentant les risques de détérioration des cellules auditives.

Les docteurs Wisner et Laville proposent les quatre courbes reproduites dans le graphique VIII pour évaluer, selon l'intensité et la fréquence des sons représentés, l'importance des risques de traumatisme sonore.

Au-dessous de la courbe I, l'ambiance sonore est considérée comme calme et non gênante, même pour un travail de bureau.

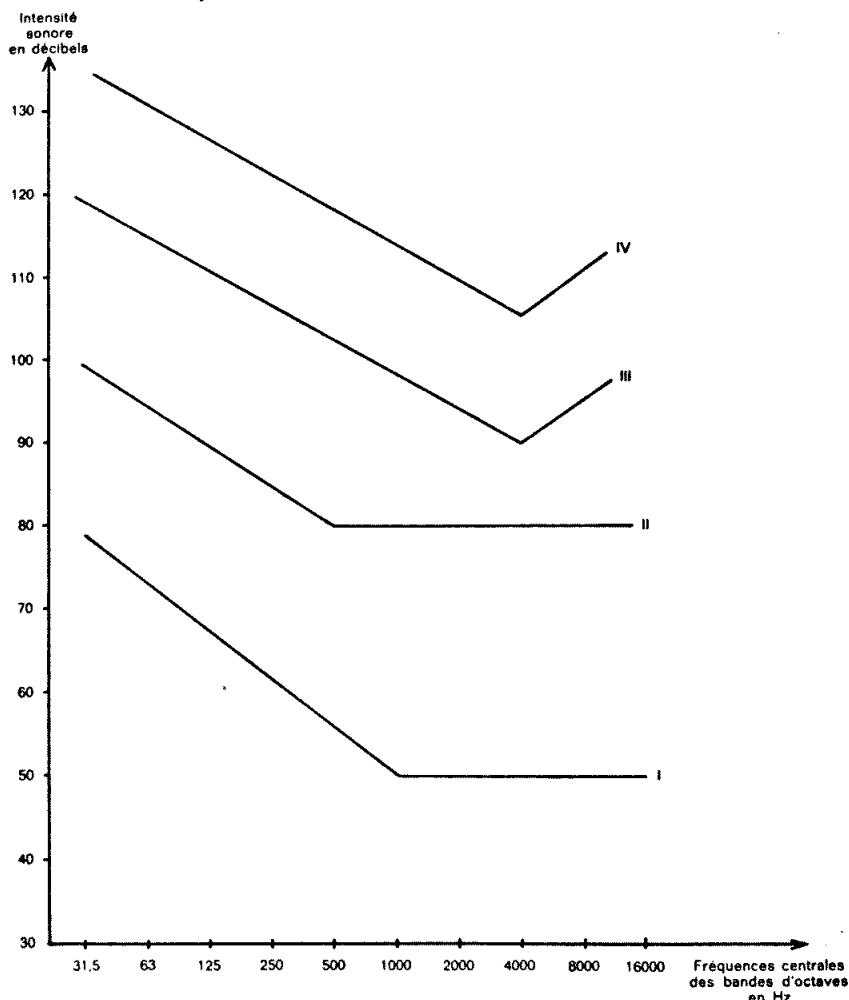
Entre les courbes I et II, l'ambiance est considérée comme bruyante, mais non dangereuse. Précisons ici que la courbe II est celle qui est adoptée par le Ministère de la Santé³, cette courbe « donnant les valeurs qu'il conviendrait de ne pas dépasser pour une exposition à un bruit complexe pendant une durée de 8 heures » ;

Entre les courbes II et III, le risque de déficit auditif en cas d'exposition prolongée varie de 0 % (courbe II) à 100 % (courbe III) ;

Entre les courbes III et IV, le danger de déficit auditif en cas d'exposition temporaire (1 h/jour) varie de 25 % (courbe III), à 100 % (courbe IV) ;

Au-dessus de la courbe IV, le danger de surdité est appréciable, même en cas d'exposition accidentelle.

3. Recommandations de la Commission technique d'Etude du Bruit du Ministère de la Santé publique, 17 mars 1961.



Source : A. WISNER et A. LAVILLE.

Graphique VIII. *IMPORTANCE DES RISQUES DE TRAUMATISME AUDITIF SELON L'INTENSITE ET LA FREQUENCE DES SONS*
(Cf. légende pages 51 et 53)

Un bruit est caractérisé par la zone la plus élevée atteinte dans une bande quelconque du spectre. Ainsi par exemple, si pour un bruit donné, la courbe d'intensité par bande d'octave se situe toujours dans la zone comprise entre les courbes I et II sauf pour une bande de fréquences où il dépasse la courbe II, il devra être considéré comme présentant un risque de surdité, si le travailleur est soumis à ce bruit en permanence.

Tableau V. INDICES PARTIELS D'EXPOSITION AU BRUIT
en fonction du niveau sonore et de la durée d'exposition

Durée par semaine	Heures	Niveau sonore en dB (A) °										
		78 à 82	83 à 87	88 à 92	93 à 97	98 à 102	103 à 107	108 à 112	113 à 117	118 à 122		
	10				5	15	40	130	415			
	12				5	15	50	160	500			
	14				5	20	60	185	585			
	16				5	20	65	210	665			
	18				10	25	75	235	750			
	20				10	25	85	265	835			
	25				5	10	105	330	1 040			
	30				5	15	125	395	1 250			
	40				5	15	165	525	1 670			
	50				5	20	210	660	2 080			
	60				5	10	250	790	2 500			
	70				5	10	90	290	920	2 920		
	80				5	10	105	330	1 050	3 330		
	90				5	10	120	375	1 190	3 750		
	100				5	15	130	415	1 320	4 170		
2					5	15	160	500	1 580	5 000		
2,5					5	20	65	200	625	1 980	6 250	
3					10	25	75	235	750	2 370	7 500	
3,5					5	10	90	275	875	2 770	8 750	
4					5	10	100	315	1 000	3 160	10 000	
5					5	15	125	395	1 250	3 960	12 500	
6					5	15	150	475	1 500	4 740	15 000	
7					5	20	175	555	1 750	5 530	17 500	
8					5	20	200	630	2 000	6 320	20 000	
9					5	25	70	225	710	2 250	7 110	22 500
10					5	10	25	80	250	2 500	7 910	25 000
12					5	10	30	95	300	3 000	9 490	30 000
14					5	10	35	110	350	1 110	3 500	11 100
16					5	15	40	125	400	1 260	4 000	12 600
18					5	15	45	140	450	1 420	4 500	14 200
20					5	15	50	160	500	1 580	5 000	15 800
25					5	20	65	200	625	1 980	6 250	19 800
30					10	25	75	235	750	2 370	7 500	23 700
35					10	30	90	275	875	2 770	8 750	27 700
40					10	30	100	315	1 000	3 160	10 000	31 600

* La signification de la mesure en dB (A) est donnée p. 60.

Lorsque l'exposition est intermittente, il est possible de calculer un niveau de bruit équivalent selon le processus indiqué par l'AFNOR⁴. Selon cette méthode, il faut noter, pour les divers niveaux sonores auxquels est soumis le travailleur durant son travail, niveaux regroupés par classes de 5 décibels, les durées totales d'exposition hebdomadaire.

A partir du tableau V, donnant les indices partiels d'exposition, on obtient, par sommation, « l'indice composite d'exposition ». Le tableau VI permet ensuite de repasser de cet indice composite d'exposition au « niveau acoustique équivalent » exprimé en décibels. Ce niveau acoustique équivalent permet d'établir un diagnostic comme précédemment : 80 à 85 dB constituant une cote d'alerte, à partir de laquelle il y a présomption de danger. Au-dessus de 90 décibels, il y a un risque certain de surdité professionnelle, risque augmentant avec le nombre d'années d'exposition et, bien entendu, avec le niveau d'intensité sonore.

Tableau VI. RELATION ENTRE L'INDICE COMPOSITE ET LE NIVEAU ACOUSTIQUE CONTINU ÉQUIVALENT

Indice composite d'exposition	Niveau acoustique continu équivalent décibels (A)	Indice composite d'exposition	Niveau acoustique continu équivalent décibels (A)
10	80	400	96
15	82	500	97
20	83	630	98
25	84	800	99
30	85	1 000	100
40	86	1 250	101
50	87	1 600	102
60	88	2 000	103
80	89	2 500	104
100	90	3 150	105
125	91	4 000	106
160	92	5 000	107
200	93	6 300	108
250	94	8 000	109
315	95	10 000	110

Ainsi, par exemple, si un travailleur est soumis pendant 40 heures de travail hebdomadaire aux niveaux sonores suivants :

$$\begin{array}{rcl}
 4 \text{ heures à } 108 \text{ dB} & \rightarrow & 1000 \\
 10 \text{ heures à } 96 \text{ dB} & \rightarrow & 80 \\
 26 \text{ heures à } 82 \text{ dB} & \rightarrow & 5
 \end{array}
 \quad \left. \begin{array}{l} \text{indices partiels} \\ \hline 1085 = \text{indice composite} \\ \text{d'exposition} \end{array} \right.$$

4. AFNOR, Norme S. 31.013, avril 1969. Ceci est conforme aux normes de l'Organisation internationale de Normalisation (I.S.O.). Ces normes ont été adop-

le niveau acoustique continu équivalent serait de 100 décibels (cf. Tab. VI) ce qui est un niveau dangereux.

Les tableaux VII et VII bis donnent le risque d'apparition de la surdité⁵ résultant de l'âge et des bruits professionnels. Ils présentent :

- d'une part la proportion des personnes qui à 20, 25, 30 ans... ont un déficit moyen d'audition de 25 dB ;
- d'autre part, la proportion supplémentaire de ceux qui présentent un déficit d'audition analogue lorsqu'ils ont été soumis pendant 5, 10, 15 ans... à des niveaux sonores importants.

Ce tableau permet donc d'apprécier le risque supplémentaire de surdité dû aux bruits professionnels, qui s'ajoute au risque de surdité résultant de l'âge (presbyacousie).

Tableau VII. *Probabilité d'apparition d'un déficit auditif moyen de 25 dB en fonction de l'âge*

AGE :	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
Risque d'apparition d'un déficit de 25 dB (en %)	1	2	3	4	6	10	14	21	33	50

Source : AFNOR. Avril 1969. S. 31.013.

Tableau VII bis. *Risque supplémentaire (en %) selon le niveau acoustique équivalent et le nombre d'années d'exposition*

Niveau acoustique continu équivalent en dB (A)	Nombre d'années d'exposition									
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
85	0	1	3	5	6	7	8	9	10	7
90	0	4	10	14	16	16	18	20	21	15
95	0	7	17	24	28	29	31	32	29	23
100	0	12	29	37	42	43	44	44	41	33
105	0	18	42	53	58	60	62	61	54	41
110	0	26	55	71	78	78	77	72	62	45
115	0	36	71	83	87	84	81	75	64	47

Source : AFNOR. Avril 1969. S. 31.013, Annexe. « Evaluation de l'exposition au bruit au cours du travail en vue de la protection de l'ouïe ».

tées par la Commission technique d'Etude du Bruit au cours des séances du 24 sept. et 22 oct. 1971. Cf. circulaire du 26-11-71 ; « Protection contre les effets nuisibles du bruit ».

5. La définition de la surdité selon les normes AFNOR et ISO est la suivante : déficit moyen de 25 dB pour l'ensemble des 3 fréquences 500, 1 000 et 2 000 hertz, fréquences dominantes dans la conversation. Cette définition est plus stricte que celle qui est légale en France : pour qu'il y ait reconnaissance de maladie professionnelle, actuellement, le déficit moyen calculé sur les 3 fréquences conversationnelles (500, 1 000 et 2 000 hertz) doit être au minimum de 35 dB.

Ainsi par exemple, parmi les personnes de 50 ans, 14 % présentent un déficit auditif de 25 dB, déficit provenant uniquement du vieillissement. Mais parmi les personnes de 50 ans qui ont été soumises pendant 10 ans de leur vie professionnelle à un niveau acoustique équivalent à 90 décibels, 24 % présentent un déficit auditif de 25 dB, le risque supplémentaire étant de 10 %.

La plupart des auteurs pensent que, pour une même durée d'exposition journalière, les risques ne sont pas les mêmes, selon que l'exposition a lieu en une seule fois ou en plusieurs. Lorsque les durées d'exposition sont courtes, les périodes de non-exposition permettent en effet à l'appareil auditif de se reposer. Il existe des abaques⁶ permettant de voir, pour un niveau sonore donné, quel est, selon la durée de chaque exposition, le nombre journalier d'expositions admissibles et la durée minimum des périodes de non-exposition entre chacune de ces expositions. Ainsi par exemple pour un niveau sonore de 108 décibels, la durée maximum de chaque exposition ne doit pas dépasser 8 minutes. Pour des expositions de 4 minutes chacune, il ne doit pas y en avoir plus de 18 par jour et une durée minimum de 26 minutes doit séparer 2 expositions successives.

Tout ce que nous avons dit jusqu'alors n'est pas applicable aux bruits impulsifs, qui sont de très courte durée (< 1 seconde), isolés et de haut niveau (explosions, bruits de marteau, chocs, bruits d'échappement). Or il est bien évident que l'apparition de tels bruits peut rendre l'ambiance sonore encore plus dangereuse, d'autant que pour ces bruits soudains, la protection spontanée de l'oreille moyenne n'a pas le temps de jouer. Lorsque ces bruits se reproduisent avec une cadence assez rapide (intervalle entre deux bruits inférieur à 0,2 seconde), on a alors un bruit impulsif quasi stable. Mais les sonomètres ordinaires ne permettent pas une mesure valable des bruits impulsifs ou quasi stables ; seuls des sonomètres spéciaux, à impulsions, permettent une mesure plus satisfaisante de ces bruits.

La Commission d'Etude technique du Bruit propose, pour les bruits impulsifs, d'ajouter 5 décibels au niveau acoustique mesuré avec un sonomètre ordinaire pour obtenir l'indice partiel d'exposition qui intervient dans le calcul du niveau acoustique équivalent. L'AFNOR propose, elle, d'ajouter 10 décibels au niveau mesuré.

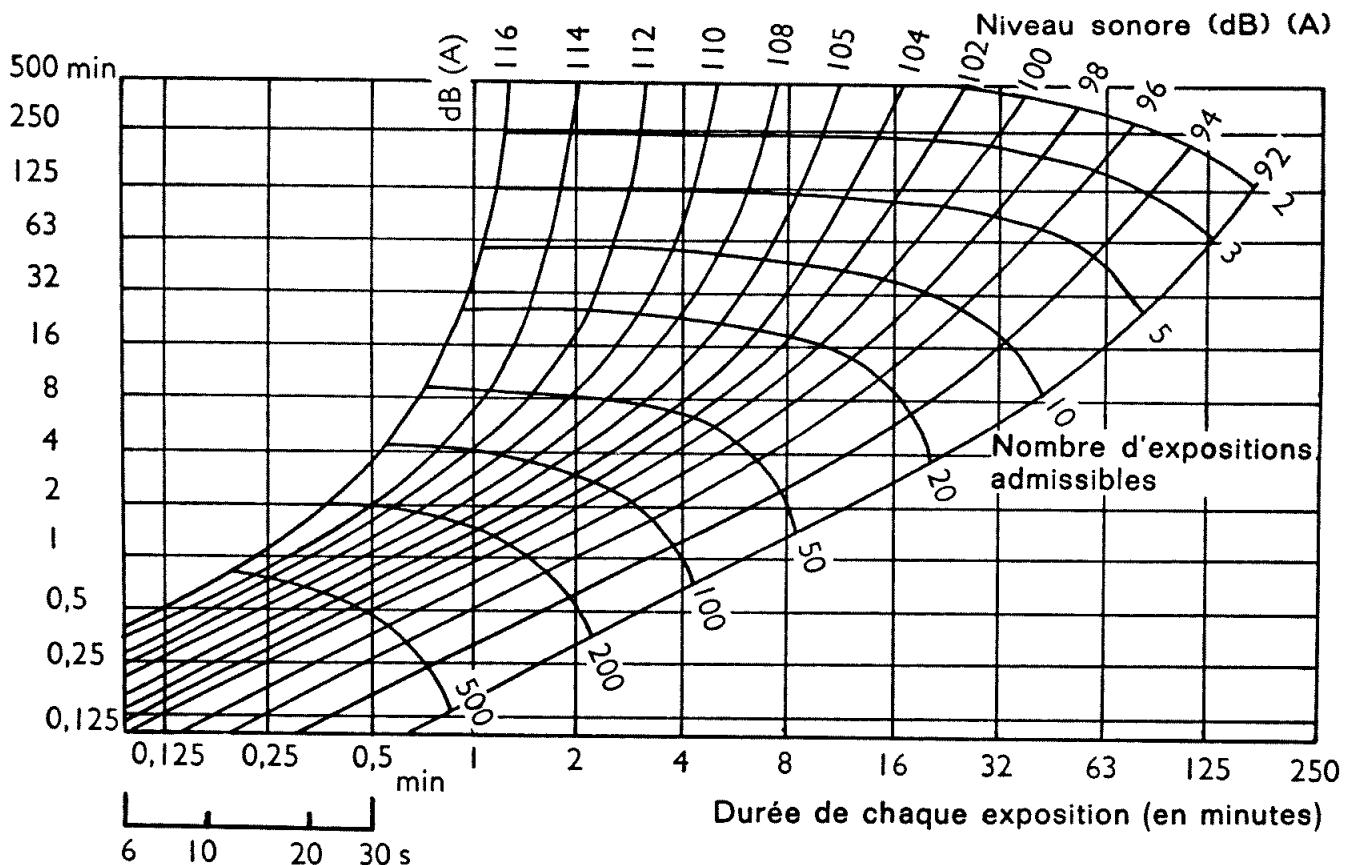
On voit donc que l'effet des bruits impulsifs est encore mal connu à l'heure actuelle et que l'estimation de leur nocivité en est encore au stade des recherches et des hypothèses.

2.3.4.2. Effets perturbateurs du bruit dans le travail.

En dehors des risques graves de détérioration de l'appareil auditif dont il vient d'être question, il peut exister, pour des niveaux

6. Nous avons reproduit, page 57, les courbes données dans la brochure déjà citée : *Menschengerechte Arbeitsgestaltung* (p. 30).

Durée de chaque période de non-exposition
(en minutes)



Source : *Menschengerechte Arbeitsgestaltung*, 1972.

Graphique IX. TEMPS D'EXPOSITION ET DE NON-EXPOSITION
ADMISSIBLES SELON LE NIVEAU SONORE

sonores plus faibles et pour certains types de travail, un effet perturbateur du bruit entraînant un risque d'erreurs supplémentaires et une plus grande fatigabilité du travailleur.

Mais les réactions individuelles peuvent être très variées. La gêne ressentie dépend de facteurs objectifs, certes, mais aussi de facteurs subjectifs et psychologiques. La nature et la signification des bruits jouent également un rôle dans la plus ou moins grande gêne éprouvée par le travailleur. Ainsi, à intensité sonore égale, la musique n'aura pas le même effet perturbateur sur le travail qu'un bruit de voix, par exemple.

C'est dire que les normes que nous proposons ci-après sont sujettes à discussion. Elles résultent des observations de divers auteurs.

Ainsi, 45 à 50 dB doit être considéré comme un maximum pour un travail de type intellectuel demandant de la réflexion ;

et 65 à 70 dB comme un maximum pour un travail demandant une attention soutenue ou de la précision.

Ajoutons que, à intensité sonore égale, un son est d'autant plus perturbateur qu'il est plus soudain et qu'il se situe dans la zone de meilleure sensibilité de l'audition, c'est-à-dire aux fréquences relativement élevées (2 000 à 6 000 Hz).

2.3.4.3. *Effet de masque.*

Un autre effet défavorable des bruits est de gêner l'audition des sons utiles. C'est ce que l'on appelle l'effet de masque. L'analyse de ce phénomène est assez complexe lorsque l'on est en présence de sons qui ne sont pas purs et de la parole en particulier⁷. Disons seulement ici que, pour qu'un signal sonore ou une parole soient audibles, il faut que leur niveau d'intensité soit de 10 à 20 décibels supérieur au niveau sonore ambiant. Lorsqu'il s'agit de la parole, dont le niveau d'intensité ne peut dépasser couramment 80 décibels à 50 cm de distance, il faut pour qu'elle soit intelligible que le niveau sonore ambiant ne dépasse pas 55 à 60 décibels.

3. LE GUIDE D'OBSERVATION

Comme nous venons de le voir, les normes proposées par les spécialistes, pour juger du caractère nocif ou plus ou moins satisfaisant d'une ambiance sonore, tiennent compte de 3 facteurs :

- le niveau d'intensité sonore exprimé en décibels,
- la durée d'exposition,

7. On pourra consulter sur ce sujet ce qu'en dit le Professeur Wisner, in SCHERRER, II, p. 35-47.

— les fréquences dominantes, ou les bandes de fréquences dominantes, exprimées en hertz.

Le chapitre du guide d'observation relatif à l'étude de l'ambiance sonore se propose donc de recueillir ces données.

3.1. NIVEAU D'INTENSITE.

Remarquons cependant que, pour être d'utilisation plus simple, un certain nombre de normes que nous avons données précédemment (normes de l'AFNOR) sont basées sur des mesures globales de niveau sonore et de durée d'exposition, sans nécessiter une analyse intensité-fréquence. C'est pourquoi nous nous sommes limités, dans la question 2.1., à recueillir des renseignements sur le niveau d'intensité, la durée de chaque exposition et la durée totale d'exposition par jour et par semaine.

Nous avons prévu dans ce tableau 4 lignes, correspondant à quatre niveaux sonores différents. Si le travailleur est soumis à davantage de niveaux sonores il faudra ajouter d'autres lignes. Devront être signalés dans ce tableau tous les bruits auxquels est soumis le travailleur. Il peut en effet dans certains cas être soumis à plusieurs niveaux sonores, soit parce que dans un même atelier l'ambiance sonore n'est pas toujours la même, par suite de l'existence de bruits transitoires, soit parce que le travailleur se déplace en divers endroits et qu'en chacun d'eux le niveau sonore est différent.

Dans le premier cas (poste fixe), on notera en 1 le niveau sonore permanent (bruit de fond); puis en 2 (3, etc.) les *bruits transitoires* éventuels, dont la durée peut être mesurée (c'est-à-dire supérieure à 1 seconde). Si cette durée est inférieure à 1 seconde, il s'agit de *bruits impulsifs*, tels que ceux provoqués par une explosion, un éclatement, un échappement de vapeur, un choc (marteau, etc.). Ces bruits impulsifs devront être mentionnés dans la question 2.2.

Lorsque le travailleur doit se déplacer pour son travail, il faudra noter les niveaux sonores habituels de ces divers endroits avec le temps de présence en chacun d'eux. Il faudra également noter l'intensité des bruits transitoires éventuels, auxquels est soumis en ces divers endroits le travailleur, ainsi que leur durée, sauf s'il s'agit de bruits impulsifs, comme il a été précisé précédemment.

Nous avons prévu, dans ce tableau, la possibilité d'effectuer deux mesures de niveau sonore, une mesure en décibels (A) et une mesure en décibels (C). Nous allons préciser maintenant à quoi correspond cette distinction en décrivant l'appareil utilisé pour mesurer le niveau d'intensité sonore.

3.1.1. Appareils de mesure.

Le niveau sonore se mesure à l'aide d'un sonomètre. Il en existe de différentes marques, mais le principe est toujours le même : les variations de pression sonore sont reçues par un microphone qui les transforme en courant électrique, l'intensité de ce courant étant mesurée par un dispositif, tel que le galvanomètre par exemple. Ce dispositif permet donc d'avoir une mesure physique des bruits. Mais nous avons vu que la sensibilité de l'appareil auditif variait selon la fréquence et l'intensité des sons, c'est-à-dire que le filtrage des sons de basse fréquence (< 500 hertz) ou de fréquence élevée (> 8000 hertz) effectué par l'oreille n'est pas identique selon le niveau de pression acoustique : plus ce niveau est élevé, moins la correction de l'oreille est grande. Ceci revient à dire que pour évaluer de façon satisfaisante le niveau sonore subjectif ressenti par l'oreille, il faudrait que les sonomètres donnent autant de systèmes de corrections (ou de filtres) que de niveaux sonores. En fait, il existe en général sur les sonomètres 3 filtres, désignés par les lettres A, B et C, ayant pour but de reproduire une courbe moyenne de la sensibilité de l'oreille pour divers niveaux de pression acoustique :

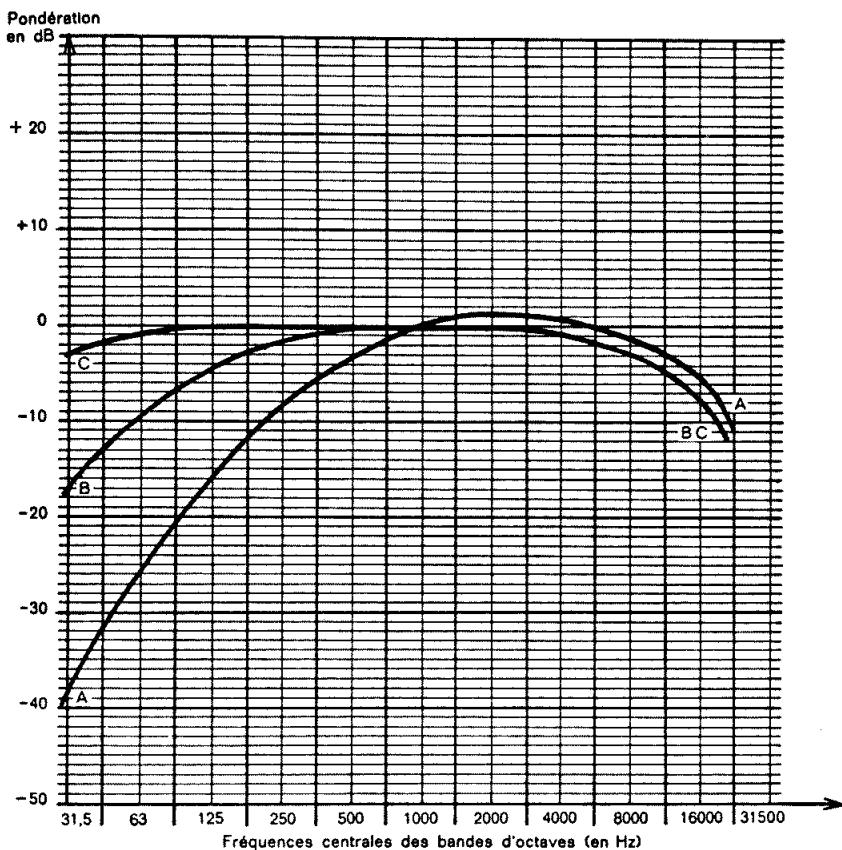
- la pondération A est utilisable pour les sons de faible niveau (< 55 dB) ;
- la pondération B pour les sons de niveau moyen (55 à 85 dB) ;
- la pondération C pour les sons de niveau élevé (> 85 dB).

Selon que la mesure est effectuée avec le filtre A, B, ou C, on donne le résultat en dB (A), dB (B) ou dB (C) (décibels A, B ou C).

Les courbes de pondération A, B, C ainsi que les corrections correspondantes par bande d'octave sont données dans le graphique X et le tableau VIII.

Tableau VIII. *PONDERATIONS NORMALISEES
POUR LES SONOMETRES*
(Correction en décibels par bande d'octave)

Fréquence centrale de la bande d'octave	(A)	(B)	(C)
31,5	— 39	— 17	— 3
63	— 26	— 9	— 1
125	— 16	— 4	0
250	— 9	— 1	0
500	— 3	0	0
1 000	0	0	0
2 000	+ 1	0	0
4 000	+ 1	— 1	— 1
8 000	— 1	— 3	— 3
16 000	— 6	— 8	— 8



Graphique X. COURBES DE PONDERATION A.B.C.

Il y a quelques années, il était recommandé de faire les mesures A, B ou C, selon le niveau de l'intensité sonore. Actuellement, il est admis de faire toutes les mesures en A quel que soit le niveau du bruit, puisque cette pondération minore les basses fréquences et que celles-ci sont moins dangereuses et moins gênantes pour l'oreille. Ainsi, toutes les normes données par l'AFNOR sont relatives à des mesures effectuées en décibels A : dB (A). On peut d'ailleurs se demander pourquoi ces normes ne tiennent compte que des mesures effectuées en dB (A), quel que soit le niveau sonore, alors que le filtrage de l'oreille pour les basses fréquences est moins important lorsque le niveau sonore global est plus élevé. Ceci ne revient-il pas à sous-estimer, dans certains cas, la nocivité d'un bruit ?

C'est pour cette raison qu'il nous a semblé intéressant d'effectuer, dans tous les cas, des mesures en (A) et en (C). En effet, le niveau (C)

correspondant à une mesure physique pratiquement sans correction pour les fréquences audibles, un écart important entre la mesure effectuée en (C) et la mesure effectuée en (A) (différence appelée « indice harmonique ») signifie que, dans ce bruit, prédominent des basses fréquences. Une analyse plus détaillée, par bandes de fréquences, serait alors utile pour mieux connaître les effets de ce bruit.

3.2. ANALYSE SPECTRALE DES BRUITS.

Lorsque le niveau sonore est élevé, ou lorsque la différence entre la mesure en décibels (A) et la mesure en décibels (C) est importante, ce qui caractérise une très inégale répartition des sons sur l'intervalle des fréquences, il est utile d'effectuer une analyse plus poussée des intensités en fonction des fréquences. Cela peut se faire par lecture directe sur certains sonomètres disposant de filtres permettant de faire une analyse par bandes de 2 octaves, 1 octave, 1/2 octave ou 1/3 d'octave. Il faut alors que la mesure se fasse en dB linéaires donnant le niveau physique de pression acoustique, sans aucune pondération.

Si l'analyse est possible par bande d'octaves, on devra donc noter dans la question 2.3. les intensités sonores mesurées pour les bandes caractérisées par leur fréquence centrale⁸ : 31,5, 63, 125, 250, 500, 1 000, 2 000, 4 000, 8 000, 16 000, 31 500 hertz.

3.3. PROTECTION CONTRE LE BRUIT.

La question 2.4. permet de savoir si le travailleur dispose d'une protection individuelle contre le bruit et de quel type de protection il s'agit.

En effet, ce que nous voulons appréhender par l'ensemble de notre méthode est l'effet sur le travailleur des facteurs d'ambiance. Il est bien évident que si le travailleur dispose de moyens de protection contre des facteurs d'ambiance défavorables, l'effet ressenti est différent, il faut donc en tenir compte dans le diagnostic. La réponse à la question 2.4. doit permettre de corriger les réponses aux questions précédentes, puisque, pour chaque type de protection, on sait quelle est la réduction des bruits selon les fréquences et par conséquent quel est le niveau équivalent perçu par le travailleur. Mais si la protection individuelle atténue les risques de surdité, elle entraîne d'autres nuisances pour le travailleur dont il faut tenir compte.

8. Il y a une infinité de possibilités de découpage des fréquences audibles en bandes d'octaves, mais celle-ci est internationalement normalisée.

La fréquence centrale f_c est la moyenne géométrique des fréquences-limites de la bande : $f_c = \sqrt{f_1 f_2}$. Dans le cas d'une bande d'octave, $f_2 = 2 f_1$, on a donc alors $f_c = f_1 \sqrt{2}$.

4. EXPLOITATION

4.1. EXPLOITATION A PARTIR DU NIVEAU D'INTENSITE GLOBALE.

D'après les diverses études citées précédemment et les normes proposées par certaines organisations (AFNOR principalement), nous avons établi le tableau de cotation B_i , qui tient compte de 2 paramètres : le niveau sonore mesuré en décibels (A), et le niveau d'attention ou de précision requis pour l'exécution du travail ⁹.

Ce tableau a été établi à partir des seuils de danger pour le travailleur, reconnus par la plupart des auteurs, selon le niveau d'intensité sonore et la durée d'exposition. Toutes les situations correspondant à un dépassement de ces seuils ont été cotées 10 ou 10⁺ (lorsque le dépassement est très important). Les autres cotations ont été établies en nous inspirant des études définissant des zones de très grande gêne ou de danger possible, et par interpolation.

Soulignons que les cotations des deux lignes de ce tableau n'ont pas la même signification. En effet, nous avons tenu compte pour les établir, d'une part, des risques de lésion de l'appareil auditif selon le niveau sonore (cotations de la ligne « faible niveau ou niveau moyen d'attention ») ; d'autre part de la gêne provoquée par le bruit dans le cas de travail requérant un effort important d'attention. Dans ce cas, il n'y a pas de risque de dommage pour l'oreille au-dessous de 85 dB, mais l'effort supplémentaire que doit faire le travailleur pour s'abstraire du bruit et maintenir son attention entraîne un grand risque de fatigue nerveuse, que veut prendre en compte la cotation de la 2^e ligne ; cette cotation est à rapprocher de celles relatives à la charge mentale.

Précisons l'utilisation de ces tableaux dans divers cas :

— *Lorsque le travailleur est soumis à un seul niveau sonore*, deux cas sont possibles :

si le niveau d'attention est faible pendant tout le travail (question 6.5.), il y a une seule cotation basée sur la 1^{re} ligne du tableau B_i ;

si le niveau d'attention est plus élevé à certains moments ou en permanence, il y aura deux cotations, l'une devant mettre en évidence les risques pour l'appareil auditif (1^{re} ligne du tableau B_i), l'autre pour tenir compte des risques de fatigue nerveuse, le bruit perturbant les efforts d'attention (2^e ligne du tableau).

— *Lorsque le travailleur est soumis à plusieurs niveaux sonores*, soit parce que le bruit de l'atelier n'est pas toujours le même (au bruit de fond s'ajoutent par moment des bruits transitoires provoqués par la mise en marche d'outils ou de machines supplémentaires), soit parce

9. Les tableaux de cotation sont donnés dans l'annexe I, p. 204-205.

que le travailleur doit se déplacer en plusieurs endroits où les niveaux sonores ne sont pas identiques ; on devra alors calculer, à partir des divers niveaux sonores et des temps d'exposition hebdomadaire, et selon la méthode proposée par l'AFNOR (cf. p. 53 et 54), *le niveau sonore équivalent*, auquel on pourra alors attribuer les cotations du tableau B₁ comme dans le cas d'un seul niveau sonore.

Ajoutons aussi que pour les bruits transitoires de niveau élevé (> 90 dB), il serait utile de tenir compte non seulement de la durée journalière ou hebdomadaire d'exposition pour calculer le niveau sonore équivalent, mais également de la durée de chaque exposition et de leur caractère plus ou moins rapproché. Ainsi il n'est pas équivalent d'être soumis à un bruit de 100 décibels 8 fois 15 minutes ou 4 fois 30 minutes, même si la durée journalière totale reste identique.

Les abaques commentés un peu plus haut (p. 57) permettent de connaître la correspondance entre les quatre paramètres suivants :

- niveau sonore ;
- durée maximum de chaque exposition ;
- durée minimum de non-exposition entre deux expositions ;
- nombre de périodes d'expositions admissibles par jour.

Ces abaques permettent de déterminer rapidement si la durée des expositions ou la fréquence des expositions est acceptable ou non, pour un bruit de niveau sonore donné.

Nous ne donnerons pas de cotation pour cette analyse particulière, mais disons seulement que lorsque la composition des 4 facteurs précédents n'est pas satisfaisante, le poste de travail sera automatiquement coté 10.

Par exemple, s'il y a un bruit transitoire de 104 décibels qui se reproduit plusieurs fois par jour avec chaque fois une durée de 8 minutes, le nombre total d'expositions ne doit pas dépasser 13 par jour et la durée minimum entre deux expositions doit être au moins égale à 35 minutes.

En cas de bruits impulsifs (question 2.2.), si leur *intensité est inférieure à 100 dB*, on ajoutera à la cotation 1 point si leur nombre est inférieur à 15 par jour et 3 points si leur nombre est supérieur à 15 par jour ; si *l'intensité est supérieure à 100 dB*, on ajoutera 3 points si le nombre est inférieur à 15 par jour et 5 points pour plus de 15 par jour.

On obtient donc ainsi une cotation susceptible de caractériser globalement l'ambiance sonore.

0, 1, 2	Correspond à une situation normale.
3, 4, 5	Pas de danger pour l'appareil auditif, mais faible gêne dans le travail.
6, 7	Gêne plus importante pour le travailleur.
8, 9	Gêne très importante pour le travailleur et (ou) risques très probables de surdité à long terme.

10	Nocivité : fatigue grave et (ou) détérioration de l'appareil auditif certaine à plus ou moins long terme.
----------	---

Ceci permet donc d'établir un diagnostic assez rapide. Mais il est évident que cette méthode reste assez grossière et qu'une analyse plus approfondie (cf. analyse intensité-fréquence § 4.2.) sera utile lorsqu'on se trouve dans des zones à présomption de danger (cotations 6 à 9) ou à danger élevé (cotation 10 ou 10⁺), ou encore lorsque l'écart entre les mesures en décibels (A) et les mesures en décibels (C) est assez important.

4.2. ANALYSE INTENSITE-FREQUENCE.

Une analyse spectrale du bruit doit permettre de préciser les risques de danger. Nous avons vu en effet que, pour un même niveau sonore, un bruit est d'autant plus dangereux que la plus grande partie de l'énergie sonore se situe sur les zones de fréquences moyennes ou élevées.

A partir de l'analyse spectrale, donnant la répartition des intensités par bande de fréquence, on peut donc construire une courbe du bruit que l'on peut comparer aux courbes proposées par les Dr. Wisner et Laville (cf. p. 52) ; un bruit étant caractérisé par la zone la plus élevée atteinte dans une bande quelconque du spectre. C'est-à-dire que d'après les tableaux B₂ qui ont été établis à partir de ces courbes, on prendra comme cotation pour caractériser un bruit la cotation la plus élevée atteinte dans une bande quelconque du spectre.

Cette cotation pourra être interprétée comme il a été indiqué ci-dessus. Précisons seulement qu'à un poste de travail ne devra être attribuée qu'une seule cotation, établie soit à partir du tableau B₁, soit, lorsqu'une analyse spectrale aura été possible, selon un des tableaux B₂.

CHAPITRE III

L'ECLAIRAGE

1. DONNEES PHYSIQUES

Il est tout d'abord utile de rappeler brièvement quelques données physiques sur la lumière, avant d'aborder des données plus physiologiques et de proposer quelques normes.

Une source lumineuse émet de l'énergie sous forme de rayonnement électromagnétique qui se propage dans l'espace selon un mouvement vibratoire caractérisé par une ou plusieurs fréquences ou longueur d'onde (la longueur d'onde étant inversement proportionnelle à la fréquence). Une partie seulement du spectre de ces longueurs d'onde est perceptible à l'œil : c'est ce que l'on appelle *la lumière*. Dans les fréquences plus basses ($< 4,10^4$ hertz) se situent les rayonnements Infra-rouges, et dans les fréquences plus élevées ($> 8,10^4$ hertz) les rayonnements Ultra-violets.

Chaque couleur simple est caractérisée par une seule fréquence (ou une seule longueur d'onde). La lumière blanche correspond à une répartition de l'énergie lumineuse sur l'ensemble du spectre visible.

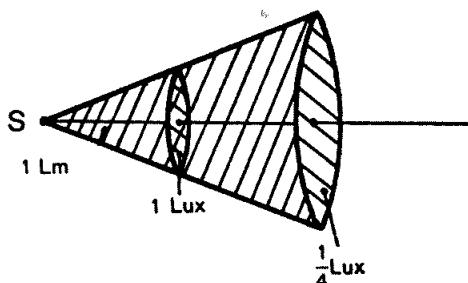
La quantité d'énergie émise par une source sous forme de rayonnement visible dans toutes les directions est le *flux lumineux* et s'exprime en *lumen* (lm) ; et la quantité d'énergie émise dans une direction donnée est *l'intensité lumineuse* exprimée en *candela* (cd).

L'éclairement est le flux lumineux reçu par une surface et s'exprime en lux

$$1 \text{ lux} = \frac{1 \text{ lumen}}{1 \text{ m}^2}$$

Il découle de ce qui vient d'être dit que l'éclairement dépend de :
— l'intensité de la source ;
— la distance de la source à la surface éclairée : l'éclairement diminue comme le carré de la distance ;

- l'obliquité de la surface par rapport aux rayons lumineux : plus la surface est grande, moins l'éclairement par unité de surface est important.



Graphique XI. *Flux lumineux et éclairement*

Enfin, *la luminance* est la mesure de la brillance d'une surface ; elle dépend du pouvoir de réflexion de la surface

$$\text{luminance} = \text{éclairement} \times \text{facteur de réflexion}$$

Ce qui revient à dire que, pour une même intensité lumineuse, la luminance d'une surface est d'autant plus importante que le pouvoir de réflexion de la surface est plus grand. Or le pouvoir de réflexion dépend de la couleur de la surface : une couleur claire réfléchit plus de lumière qu'une couleur foncée.

2. DONNEES PHYSIOLOGIQUES

2.1. MECANISME DE LA VISION.

Le mécanisme de la vision peut être schématisé de la façon suivante : les rayons lumineux, émis par l'objet observé, passent par la pupille, traversent tout le système optique de l'œil, puis atteignent la rétine où l'énergie lumineuse est transformée en excitation nerveuse, qui est transmise par le nerf optique jusqu'au cerveau. Dans une première zone du cerveau, l'influx nerveux met en action tout un système de commande permettant une adaptation de l'œil. Après ce premier relais, les impulsions nerveuses parviennent dans le cortex cérébral où naît la sensation lumineuse.

2.2. L'ŒIL.

L'œil est un appareil optique comparable à un appareil photographique ; le film sensible est constitué par la rétine qui tapisse le fond de l'œil : c'est là que l'énergie lumineuse est transformée en influx nerveux.

Les rayons lumineux pénétrant dans l'œil traversent la cornée puis le cristallin et parviennent à la rétine. Pour que l'image formée sur la rétine soit la plus nette possible, la courbure du cristallin, qui joue le rôle d'une lentille, a la possibilité d'être modifiée grâce à la contraction de muscles commandés par le cerveau. Par ailleurs, devant le cristallin se trouve un muscle annulaire, *l'iris*, qui joue le rôle de diaphragme, se dilatant ou se contractant selon l'intensité lumineuse.

Au repos, l'œil est au point pour des distances supérieures à 6 mètres environ. Pour distinguer des objets plus rapprochés, l'œil est obligé d'accommoder en modifiant la courbure du cristallin ; cette courbure doit être d'autant plus grande, et donc la sollicitation imposée aux muscles d'accommodation est d'autant plus grande, que la distance entre l'objet et l'œil est plus petite.

Sur la rétine se trouvent deux types de cellules photo-réceptrices :

- les cônes reliés chacun à une fibre nerveuse et permettant de distinguer la forme et la couleur des objets ;
- les bâtonnets qui sont plus sensibles à de faibles intensités lumineuses, mais qui donnent des images plus floues et sans couleur. Plusieurs bâtonnets sont reliés à une même fibre nerveuse.

Il existe une zone de la rétine, la *fovéa*, où ne se trouvent que des cônes et en très grande densité. Lorsque l'image se forme en cette zone, elle est perçue avec le maximum de netteté car le pouvoir séparateur¹ de l'œil est alors maximum. Au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la *fovéa*, la densité de cônes diminue et la concentration des bâtonnets augmente. Les images formées en dehors de la *fovéa* sont plus floues.

Pour que les cellules de la rétine soient sensibilisées, il faut que l'énergie lumineuse ait un niveau minimum, le niveau minimum requis étant plus élevé pour les cônes que pour les bâtonnets ; ainsi, lorsque l'éclairement est très faible, un plus grand faisceau de rayons lumineux est capté par l'œil, grâce à une plus grande ouverture de l'iris (pupille dilatée). Une plus grande partie de la surface rétinienne reçoit le flux lumineux et ce sont alors des bâtonnets, plus sensibles à de faibles intensités lumineuses, qui perçoivent l'énergie lumineuse ; mais, nous l'avons vu, ils ne peuvent donner qu'une image floue et sans couleur (vision nocturne, par exemple).

Par contre, lorsque l'éclairement est élevé, une plus faible partie du flux lumineux est suffisante et peut être concentrée sur la partie la plus sensible de la rétine (*fovéa*) : l'image sera donc plus nette et précise.

La rétine elle-même a la faculté de s'adapter à des variations d'éclairement, mais cela demande un certain temps d'adaptation, d'au-

1. Le pouvoir séparateur est la faculté de pouvoir distinguer 2 points très rapprochés l'un de l'autre.

tant plus important que les variations d'éclairement sont plus grandes. Lorsque que l'on passe d'un éclairement très fort, à un éclairement faible, il y a un temps d'éblouissement pendant lequel on ne distingue plus rien. Lorsque, dans le champ visuel, coexistent des éclairements très différents, la rétine doit s'adapter localement, mais cette adaptation locale peut avoir des répercussions sur l'ensemble de la sensibilité de la rétine, d'où une diminution de l'acuité visuelle.

2.3. LA CAPACITE VISUELLE.

La capacité visuelle se caractérise par :

- l'acuité visuelle ;
- la sensibilité aux contrastes ;
- la vitesse de perception.

L'acuité visuelle est la capacité de distinguer des objets très petits (sensibilité aux formes et faculté de séparer deux points très proches). L'acuité visuelle augmente avec la luminance du champ visuel et avec le contraste entre la luminance de l'objet à observer et la luminance du fond.

La sensibilité aux contrastes est la capacité de percevoir des différences de luminance très faibles. La sensibilité aux contrastes s'accroît lorsque la dimension des objets s'accroît, et lorsque les contours de l'objet sont plus nets. Elle augmente aussi avec la luminance de fond et lorsque les zones périphériques du champ visuel sont plus sombres que la zone centrale.

La vitesse de perception est en relation inverse avec le temps écoulé entre l'apparition d'un objet dans le champ visuel et la perception visuelle de cet objet. Cette vitesse est d'autant plus grande que la luminance de l'objet est plus élevée et que la différence entre cette luminance et celle du fond est plus grande.

Il apparaît donc, dès à présent, que les caractéristiques de la capacité visuelle dépendent toutes trois de la luminance des objets à observer et de la différence de luminance entre ces objets et le fond (contraste).

2.4. FATIGUE DE L'APPAREIL OCULAIRE.

Les remarquables possibilités de l'œil à s'adapter à des ambiances lumineuses très diverses n'excluent pas que ces adaptations puissent se faire au prix de dommages visuels ou de fatigue nerveuse.

La fatigue oculaire résulte d'une sollicitation trop intense de fonctions particulières de l'appareil de vision. Cela peut être soit une sollicitation trop fréquente des muscles de l'accommodation pour percevoir des objets très petits ou des détails très fins ; soit la nécessité pour

la rétine de s'accommoder à des contrastes trop fréquents dans le temps ou dans l'espace.

Cette fatigue oculaire se manifeste par :

- des irritations douloureuses des paupières et de la conjonctive ;
- de la diplopie (perception de 2 images au lieu d'une) ;
- une diminution de la capacité visuelle : acuité visuelle, sensibilité aux contrastes et vitesse de perception ;
- des céphalées ou maux de tête.

La fatigue nerveuse peut être provoquée par une sollicitation intense ou permanente de la perception visuelle. Il n'y a pas nécessairement d'efforts d'adaptation de l'appareil optique, mais l'attention visuelle soutenue, entraînant une mobilisation permanente des fibres nerveuses et de certaines zones du cerveau, peut entraîner un ralentissement de certaines fonctions psychiques, motrices ou végétatives : réduction de la vitesse de réaction, ralentissement des mouvements, sensation de malaise et d'inertie, vertiges, insomnie, inappétence. Sur le plan professionnel, cela se traduit par une baisse de la qualité du travail, une augmentation de la fréquence des incidents et des accidents, une baisse de la production.

3. LES NORMES D'ECLAIREMENT

D'après tout ce qui vient d'être dit, un éclairage satisfaisant doit, d'une part, avoir un niveau suffisant compte tenu du travail à effectuer ; d'autre part, assurer l'existence de bons contrastes et éviter l'éblouissement.

Il y a donc, dans les normes définissant de bonnes conditions d'éclairage : des facteurs quantitatifs (niveau minimum d'éclairage) et des facteurs qualitatifs.

3.1. NIVEAU D'ECLAIREMENT.

Les valeurs optimales de l'éclairage dépendent évidemment de la nature de la tâche à effectuer (précision des détails à percevoir, champ à observer) et de l'importance des contrastes (différence entre la luminance des objets à observer et le fond). Les contrastes sont généralement classés en trois catégories : élevé, moyen ou faible. Le contraste élevé correspondant à celui des caractères d'imprimerie noirs sur fond blanc ; le contraste faible correspondant au travail de stoppage d'une étoffe, par exemple ; le contraste moyen est intermédiaire entre ces deux extrêmes.

Selon le niveau de précision requis par la tâche et l'importance des

Tableau IX. *NORMES D'ECLAIREMENT SELON LA NATURE DE LA TACHE ET LE CONTRASTE*

Niveau de précision requis pour la tâche à effectuer	Exemples de travaux de ce type	Niveau d'éclairement requis (en lux) selon que le contraste entre l'objet et le fond est :		
		élevé	moyen	faible
Précision extrêmement poussée	Horlogerie			
	Fabrication de petits instruments	700	2 000	7 000
Précision très poussée	Montage et vérification de pièces de précision			
	Dessin			
Précision assez poussée	Tissage	350	900	3 000
	Raccommodeage			
Précision moyenne	Lecture d'instruments de mesure très précis			
	Montage et vérification de petites pièces			
Précision faible	Peinture et vernissage extra-fins	150	400	1 500
	Broderie. Couture à la main			
Précision très faible	Montage et vérification de pièces moyennes			
	Travaux courants de bureau	70	200	600
	Couture à la machine			
	Travail grossier sur machine ou établi			
	Montage de grosses machines	30	80	300
	Inspection de pièces en stock			
	Chafferries			
	Stockage de matériaux grossiers en vrac	15	40	150

Source : H.C. WESTON, 1949 (reproduit par E. GRANDJEAN, p. 172).

contrastes existants, divers auteurs ont proposé des normes d'éclairage. Le tableau IX est inspiré de celles proposées par Weston en 1949 (et reprises par Grandjean).

Les valeurs proposées par l'Association Française de l'Eclairage sont nettement plus élevées que les précédentes², mais il nous semble que celles proposées par Weston peuvent être considérées comme des minimum satisfaisants.

3.2. LA QUALITE DE L'ECLAIRAGE.

Outre le niveau minimum requis pour une tâche, l'éclairage doit avoir certaines qualités assurant une bonne perception des reliefs et des couleurs et évitant l'éblouissement.

L'éblouissement peut provenir de deux causes :

- soit d'une source lumineuse trop brillante et non masquée ;
- soit de réflexions sur des objets et des surfaces brillantes, ce qui crée autant de sources secondaires gênantes.

Pour éviter l'éblouissement par la source lumineuse, il faut que cette source soit éloignée de la direction du regard. On peut admettre pratiquement que l'angle formé par la direction œil-source et la direction horizontale du regard doit être supérieure à 30°. Il faut en outre que la source soit masquée ou protégée par un système diffusant.

Pour éliminer les réflexions gênantes, il faut que la lumière arrive de côté. Un éclairage diffus permet également de réduire ou d'annuler ce risque de réflexion.

Enfin, il est utile, pour le confort visuel du travailleur, que les éclairements des différentes zones du champ visuel ne soient pas trop différents. Ainsi on admet généralement que si le travailleur dispose d'un éclairage localisé complémentaire, le niveau d'éclairage général de l'atelier doit être au moins égal à $3\sqrt{E}$, E étant l'éclairage au poste de travail.

Enfin différentes couleurs de fond peuvent permettre d'obtenir de bons contrastes. Dans le cas d'une tâche requérant une bonne discrimination des teintes, il est nécessaire d'utiliser une lumière blanche de composition rigoureusement contrôlée : ainsi par exemple un éclairage par incandescence produit une lumière à dominante jaune-orangée, ce qui peut rendre difficile la perception de certaines couleurs : les bleus sont éteints au profit des rouges ; de même la composition spectrale dichroïque³ de certains tubes fluorescents donne un mauvais rendu des couleurs.

2. Cf. I.N.R.S., Recommandations relatives à l'éclairage des bâtiments et de leurs annexes.

3. C'est-à-dire possédant deux dominantes dans le spectre.

3.3. DIVERS TYPES D'ECLAIRAGE.

L'éclairage artificiel d'un local peut être réalisé de façons très divers, tant en ce qui concerne la nature des sources lumineuses, que la direction imposée à la lumière. On peut ainsi avoir un éclairage direct, semi-direct, diffus, semi-indirect ou totalement indirect.

Nous ne nous étendrons pas ici sur les avantages ou les inconvénients respectifs de ces divers types d'éclairage, on pourra pour cela se référer utilement à la brochure de l'Association française de l'Eclairage, déjà citée.

En ce qui concerne les avantages et les inconvénients des divers types de sources lumineuses, nous retiendrons seulement que

- l'éclairage par incandescence peut rendre difficile la perception correcte des couleurs ;
- l'éclairage par fluorescence peut entraîner une fatigue oculaire inconsciente et des maux de tête lorsqu'il y a papillotement. Pour remédier à ce défaut, il suffit que les tubes soient montés 2 par 2 ou 3 par 3 et déphasés les uns par rapport aux autres. L'émission d'ultra-violets par les tubes n'est pas négligeable et certains auteurs pensent que cela peut entraîner des risques de conjonctivite, risque qui disparaît si les tubes sont placés à plus de 80 cm des yeux. Il vaut donc mieux éviter les tubes fluorescents comme éclairage individuel.

4. GUIDE D'OBSERVATION

Pour juger du caractère satisfaisant ou non de l'ambiance lumineuse à un poste de travail, il est nécessaire de connaître : d'une part un certain nombre de caractéristiques de l'éclairage (niveau, contrastes, qualité de l'éclairage), d'autre part le niveau d'acuité visuelle requis par la tâche.

La partie du guide relative à l'éclairage comprend donc un certain nombre de questions relatives à ces données.

Les questions 3.1. à 3.3.2. sont relatives à la nature de l'éclairage : lumière du jour ou éclairage artificiel ou les deux. Le fait de travailler en permanence à la lumière artificielle, même si le niveau de l'éclairage est satisfaisant, est un facteur peu agréable pour le travailleur. On devra donc en tenir compte dans la cotation. Lorsque l'éclairage artificiel n'est pas permanent, il faudra alors essayer de préciser pour des périodes extrêmes de l'année, quelle est la durée du fonctionnement de l'éclairage artificiel. Ainsi, si en hiver on allume à partir de 16 h et que l'on éteint le matin à 10 h seulement, on répondra en hiver de 16 h à 10 h par exemple.

Lorsque le poste de travail est tenu par des équipes successives, la réponse restera valable, puisqu'on saura par exemple que, si l'équipe

du matin travaille de 5 h à 13 h, elle travaillera avec un éclairage artificiel de 5 h à 10 h en hiver. Pour l'équipe de l'après-midi, ce sera de 16 h à 21 h en hiver.

Les questions 3.4. et 3.5. concernent les niveaux d'éclairage, au poste de travail et pour l'ensemble de l'atelier. Ces mesures devront être faites avec un luxmètre, placé à 80 cm du sol pour l'éclairage général⁴ et le plus près possible de l'endroit où le travailleur effectue sa tâche pour l'éclairage au poste de travail. En ce qui concerne l'éclairage à la lumière du jour, il sera utile de préciser le jour et l'heure auxquels la mesure a été faite.

En ce qui concerne le niveau de contraste au poste de travail, il n'est pas toujours facile de l'apprécier, et l'explication donnée en note reste assez sommaire. Rappelons que le contraste se définit comme la différence entre la luminance des objets à observer et celle du fond. Selon que ce contraste est plus ou moins important, le niveau d'éclairage nécessaire varie notablement. Puisqu'un élément subjectif intervient nécessairement dans l'appréciation du contraste, nous avons essayé de le minimiser en ajoutant les questions 3.6.1. et 3.6.2., décrivant les couleurs des objets manipulés ou observés et la couleur du fond. Ceci permettra ensuite, en discutant entre enquêteurs et avec des spécialistes de rectifier ou tout au moins d'uniformiser les interprétations.

La question 3.8., enfin, se propose de définir le niveau de perception nécessaire pour effectuer la tâche. Précisons que l'on pourra déterminer dans quelle classe se situe la tâche de la façon suivante : on pourra calculer le rapport entre la distance de vision habituelle (D) et la dimension réelle du détail (d). Le tableau suivant donne la correspondance entre ce rapport et le niveau de perception nécessaire.

Tableau X. *Niveau de perception selon la dimension des détails (d) et la distance de vision D*

Perception des détails						
	générale	grossière	modérée	assez poussée	très poussée	extr. poussée
$\frac{D}{d}$	< 300	300 à < 600	600 à < 1 200	1 200 à < 1 600	1 600 à < 2 400	$\geq 2 400$

Ainsi, par exemple si un détail de 0,5 mm doit être distingué à 35 cm de distance, le rapport $\frac{D}{d}$ sera égal à 700, ce qui correspond à une perception modérée.

4. Pour l'éclairage général, on pourra faire la moyenne arithmétique des éclairages mesurés en différents points du local.

Ajoutons que, lorsque le travailleur a une tâche principale et quelques tâches annexes, on pourra cocher plusieurs cases selon les divers niveaux de précision visuelle requis pour chacune de ces tâches.

5. EXPLOITATION

Pour essayer d'établir une cotation caractérisant l'ambiance lumineuse d'un poste de travail, les facteurs qu'il est nécessaire d'analyser, compte tenu du travail à effectuer, sont principalement le niveau d'éclairage et l'importance des contrastes. D'autres données telles que la nature et la qualité de l'éclairage pourront également être prises en compte.

Le tableau C (cf. annexe I, p. 207), donne une cotation en fonction du niveau de perception requis (question 3.8), du niveau d'éclairage au poste de travail (question 3.5.), et du contraste entre les objets utilisés ou observés et le fond (questions 3.6. à 3.6.2.) ; ce tableau a été établi à partir des normes de la page 71. Si le travailleur doit, pour effectuer sa tâche, prendre des informations visuelles requérant des niveaux de précision divers et en des lieux d'éclairages différents, il sera nécessaire d'établir plusieurs cotations.

Un certain nombre d'autres données sont utiles pour apprécier le confort du poste de travail en ce qui concerne l'éclairage. On conviendra donc d'ajouter, à la cotation du tableau C, 2 points pour chacun des cas suivants :

— il n'y a jamais d'éclairage à la lumière du jour au poste de travail (question 3.1.) ;

— les tubes ne sont pas montés 2 par 2 : risque de gêne et de fatigue oculaire (question 3.3.1.) ;

— le niveau général d'éclairage de l'atelier est inférieur à $3\sqrt{E}$, E étant l'éclairage au poste de travail (questions 3.4. et 3.5.) ;

L'éblouissement au poste de travail (question 3.7.), qui peut être direct ou par réflexion sur une surface brillante, est un risque de nuisance importante, qui suppose une analyse plus complexe ; néanmoins, pour attirer l'attention sur ce facteur de pénibilité, nous proposons, lorsqu'il y a éblouissement au poste de travail d'ajouter 5 points à la cotation.

Nous n'avons pas mentionné ici les cas particuliers de travail sur binoculaire ou sur console de visualisation, qui comportent des risques de fatigue visuelle pour le travailleur. Ce n'est pas que nous négligions ces cas particuliers, mais leur étude déborde largement les questions de quantité et de qualité d'éclairage et nous sommes incapables d'en proposer une approche satisfaisante avec cette grille d'analyse.

A partir de la cotation générale⁵ ainsi obtenue pour le poste de travail, on pourra juger si l'ambiance lumineuse est satisfaisante ou non :

0, 1, 2	Situation satisfaisante.
3, 4, 5	Il serait souhaitable d'apporter quelques améliorations pour un plus grand confort du travailleur.
6, 7	L'éclairage peut entraîner de la fatigue.
8, 9	L'éclairage est défectueux et entraîne une fatigue certaine pour le travailleur.
10 et 10 +	L'éclairage est gravement défectueux et peut entraîner une fatigue importante pour le travailleur et des risques de détérioration de la vision.

5. On notera 10+ une cotation supérieure à 11.

CHAPITRE IV

LES VIBRATIONS

Nous avons déjà eu l'occasion de voir que le corps humain était sensible à certaines vibrations transmises par l'air : vibrations acoustiques et vibrations lumineuses. Il est également sensible aux vibrations de corps solides, lorsqu'il est en contact direct (par les pieds, les bras ou le tronc) avec ces surfaces en vibration. Des mouvements sont alors transmis à l'ensemble de l'organisme, mais de façon différente pour les diverses parties du corps. En effet chacun des divers récepteurs, que constituent les diverses parties du corps, est sensible aux vibrations d'une bande de fréquence donnée. De plus, les vibrations mécaniques subissent des transformations en traversant le corps ; on pourrait comparer le corps à un système de masses suspendues qui se transmettent le mouvement, mais avec des variations possibles d'amplitude (celle-ci peut être atténuée ou amplifiée) et avec des retards possibles de déplacement de certaines masses corporelles par rapport à d'autres (déphasage).

1. RAPPEL DES CARACTERISTIQUES DES MOUVEMENTS VIBRATOIRES

Un mouvement vibratoire peut être soit sinusoïdal, soit périodique, soit aléatoire (plus rarement).

S'il est sinusoïdal, il est entièrement déterminé par : l'amplitude du déplacement, l'amplitude maximum étant constante, et par la fréquence, qui est constante (cf. p. 39).

La vibration est périodique lorsqu'elle se reproduit identique à elle-même au bout d'un certain temps T , T étant la période qui est l'inverse de la fréquence. Un mouvement périodique est en fait la somme de plusieurs mouvements sinusoïdaux, caractérisés chacun par une fréquence.

2. ACTION DES VIBRATIONS SUR L'ORGANISME

Le corps humain peut être comparé à un système de trois masses : le bassin, le thorax, la tête, qui transmettent les mouvements vibratoires, mais avec des modifications d'amplitude et de phase. Ces mouvements diversifiés des diverses masses corporelles les unes par rapport aux autres permettent de prévoir les conséquences que peuvent avoir les vibrations : apparition de lésions liées à des compressions ou à des étirements excessifs. Ainsi, l'énergie mise en jeu dans les mouvements du thorax par rapport au bassin peut provoquer l'apparition de douleurs vertébrales et paravertébrales, ainsi que certains troubles digestifs.

La réponse des diverses parties du corps aux vibrations dépend des caractéristiques de celles-ci : fréquence et amplitude. Plutôt que de mesurer l'amplitude du déplacement, on mesure en général la vitesse (qui est en fait la dérivée du déplacement et s'exprime en m/sec.) ou l'accélération (qui est la dérivée de la vitesse et s'exprime en m/sec.²).

2.1. VIBRATIONS DE FREQUENCES INFÉRIEURES A 15 HERTZ.

Il s'agit des vibrations provoquées par les véhicules de transport comme le montre le tableau suivant :

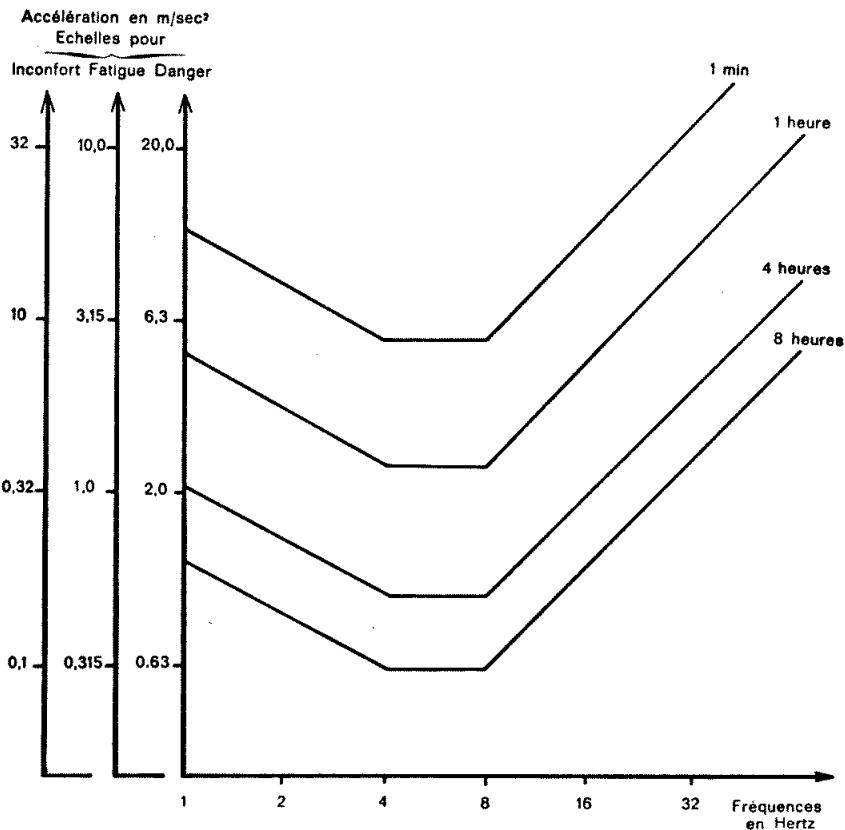
Tableau XI. *Fréquences dominantes de quelques véhicules*

Automobiles	1,5 à 2 Hz et de 9 à 12 Hz
Camions	2 à 4 Hz et de 8 à 10 Hz
Tracteurs agricoles	2 à 4 Hz
Engins de chantier ...	2 à 3 Hz
Trains	3 à 8 Hz

Source : J. SCHERRER, tome 2, p. 86.

Les travailleurs soumis à ces vibrations peuvent au bout d'un temps variable ressentir certains troubles caractéristiques. Ainsi chez certains conducteurs de camion, on peut observer des douleurs paravertébrales et des troubles de l'appareil digestif ou urinaire. Ceci est dû au fait que les camions sont conçus pour être confortables lorsqu'ils sont chargés, mais qu'ils ne le sont plus à vide : les vibrations sont alors plus nocives. De même les conducteurs de tracteurs ou d'engins de chantier souffrent fréquemment de troubles rachidiens ou abdominaux.

Des courbes ont été proposées qui donnent, suivant la fréquence des vibrations, les accélérations limites à ne pas dépasser, pour éviter des perturbations ou des lésions dans l'organisme. (Cf. courbes I.S.O., page 79).



Source : AFNOR (Association française de Normalisation).

Graphique XII. COURBES I.S.O.

Détermination des seuils d'inconfort, de fatigue et de danger, selon la fréquence des vibrations, l'accélération et la durée d'exposition

2.2. VIBRATIONS DE FREQUENCES SUPERIEURES A 15 HERTZ.

Le tableau XII donne une échelle des fréquences dominantes des divers outils vibrants :

Tableau XII. Fréquences dominantes de quelques outils

Tailleurs de haies électriques ...	12 à 15	Hz
Sableurs à main	15 à 30	Hz
Forets rotatifs	30 à 40	Hz
Outils pneumatiques	15 à 50	Hz
Instruments ménagers	30 à 60	Hz
Scies à main	50 à 200	Hz
Polisseuses et meules à main ...	200 à 800	Hz
Rasoirs électriques	200	Hz
Forets dentaires à air	1 500 à 2 000	Hz

Source : J. SCHERRER, tome 2, p. 108.

Les effets sur le corps de l'utilisation de ces outils varient selon la fréquence et il est utile de distinguer plusieurs intervalles de fréquences.

2.2.1. Vibrations de fréquence dominante comprise entre 15 et 40 hertz.

Ces vibrations sont le plus souvent caractérisées par des amplitudes importantes. Les outils ayant de telles fréquences sont ceux que l'on rencontre principalement dans le Bâtiment et les Travaux publics ; les outils les plus nocifs étant les marteaux-piqueurs lourds. Les lésions les plus fréquentes que ces outils peuvent entraîner se situent dans les os, les articulations, les tendons.

2.2.2. Vibrations de fréquence dominante comprise entre 40 et 300 hertz.

Se situent dans cette catégorie les outils utilisés dans les mines de fer et par les ouvriers burineurs de la sidérurgie et de la métallurgie.

Les troubles occasionnés sont des troubles vaso-moteurs, constitués par le phénomène du doigt-mort, c'est-à-dire par la perte passagère de la sensibilité du doigt, mais aussi par des douleurs et des sensations de brûlure, toujours au niveau des doigts. Le froid est un facteur aggravant de ces symptômes.

Enfin, il existe un lien certain entre la durée d'exposition aux vibrations et la proportion de travailleurs atteints par ces troubles.

2.2.3. Vibrations de fréquence dominante supérieure à 300 hertz.

L'amplitude des vibrations des outils atteignant de telles fréquences est très faible. Les outils les plus dangereux sont des polisseuses ou des ébarbeuses à grande vitesse. Les troubles qui peuvent être occasionnés sont des troubles trophiques et sensitifs de la main : douleur analogue à une brûlure, puis engourdissement. La douleur peut aussi atteindre le bras et parfois même l'épaule.

Ces troubles peuvent apparaître rapidement après le début d'exposition au risque (quelques semaines).

3. GUIDE D'OBSERVATION

D'après ce qui a été dit précédemment, il serait nécessaire pour juger du caractère plus ou moins désagréable ou nocif des vibrations auxquelles peut être soumis un travailleur de connaître la fréquence, l'amplitude ou l'accélération des vibrations et la durée pendant laquelle y est exposé le travailleur chaque jour. De telles mesures ne

sont pas faciles à réaliser dans la pratique et demandent un appareillage complexe et coûteux. C'est pourquoi nous nous sommes limités dans ce chapitre du guide à essayer de connaître l'importance des vibrations, soit de façon qualitative pour caractériser l'amplitude des vibrations (question 4.2.), soit à partir de l'origine des vibrations (question 4.3.) et des sensations éprouvées par les travailleurs qui peuvent permettre de situer, avec une bonne approximation, la fréquence du mouvement vibratoire.

Ainsi, le tableau suivant donne, en fonction des sensations éprouvées, l'ordre de grandeur des fréquences correspondantes.

Tableau XIII. *Ordre de grandeur des fréquences de vibration selon la sensation éprouvée*

<i>Sensation éprouvée</i>	<i>Bandes de fréquences des vibrations</i>
Picotements aux doigts	40 à 300 Hz
Brûlures aux doigts	300 Hz
Douleurs abdominales	4 à 9 Hz
Douleurs à la tête	4 à 6 Hz ou 10 Hz
Douleurs thoraciques	4 à 7 Hz
Troubles de la vision {	10 à 20 Hz
	détériorations plus graves 20 à 40 Hz

Enfin, les questions 4.6., 4.6.1. et 4.6.2. doivent permettre de connaître quelle est la durée d'exposition du travailleur aux vibrations.

4. EXPLOITATION

Les informations recueillies sur les caractéristiques des vibrations auxquelles est soumis un travailleur sont, nous l'avons vu, assez imprécises. Les appréciations que l'on pourra porter sur la plus ou moins grande pénibilité ou nocivité des vibrations pour le travailleur seront aussi nécessairement imprécises. Nous avons toutefois établi un tableau de cotation tenant compte de la fréquence estimée des vibrations, de leur importance (plus ou moins grande amplitude) et de la durée d'exposition¹. Nous l'avons fait pour que, dans l'histogramme schématisant les principales caractéristiques d'un poste de travail eu égard aux conditions de travail, le facteur « vibrations » ne soit pas absent et qu'on puisse tout de suite voir si à tel ou tel poste, il y a des vibrations et si celles-ci peuvent présenter un caractère de désagrément ou de nocivité pour le travailleur.

1. Ce tableau D figure en annexe I, p. 208.

Mais répétons que nous sommes tout à fait conscients du caractère approximatif de cette cotation et que son seul objet est, lorsque la cotation dépasse le niveau 5, d'attirer l'attention sur un facteur défavorable du poste de travail. Il faudrait alors qu'une étude plus approfondie et plus scientifique de ces vibrations soit faite par des spécialistes ou des médecins du travail pour juger de la gravité ou de l'éventuelle nocivité de ces vibrations.

CHAPITRE V

LA DÉPENSE PHYSIQUE

Avant d'aborder les problèmes de mesures ou d'évaluation de la charge physique, il est indispensable de rappeler quelques notions de physiologie.

1. LE TRAVAIL MUSCULAIRE

Le muscle est constitué d'un certain nombre de fibres musculaires élastiques qui ont la propriété, sous l'impulsion d'excitations nerveuses, de se contracter. Cette contraction qui peut aller jusqu'à réduire de moitié la longueur du muscle se traduit par la production d'un travail.

Le travail est qualifié de *statique* lorsque la contraction du muscle est continue et se maintient pendant une certaine durée. Ainsi, par exemple, lorsque le corps doit maintenir une certaine posture, ou encore lorsqu'une charge doit être tenue, un certain nombre de muscles sont sollicités d'une façon statique.

Le travail est qualifié de *dynamique* lorsqu'il y a une succession de tensions et de relâchements du ou des muscles actifs : marche à pied, actionnement d'une manivelle, d'un volant, etc.

L'énergie nécessaire à la contraction du muscle a pour origine une série de réactions chimiques qui sont principalement :

- une oxydation du glucose et des acides gras (réaction aérobie) ;
- une transformation sans oxygène du glycogène en réserve dans le muscle (glycolyse anaérobie). Cette dernière réaction est limitée puisque les réserves du muscle sont limitées.

1.1. Travail musculaire et circulation sanguine.

Les deux éléments indispensables à tout travail musculaire, le glucose et l'oxygène, sont apportés aux muscles par le sang. D'autre part les résidus de la réaction d'oxydation du glucose lors d'un travail musculaire doivent être évacués du muscle : c'est également le

sang qui joue ce rôle. En cas de travail musculaire, l'irrigation sanguine des muscles doit donc augmenter, ce qui se fait grâce à un accroissement de la fréquence cardiaque. C'est finalement la capacité d'irrigation sanguine des muscles qui fixe une limite à la production de travail musculaire.

Lorsque le muscle produit un travail dynamique, la succession de contractions et de relâchements agit à la manière d'une pompe sur la circulation sanguine, qui se trouve accélérée. Le muscle est bien irrigué, l'oxygène et le glucose sont apportés régulièrement au muscle et les déchets sont évacués au fur et à mesure.

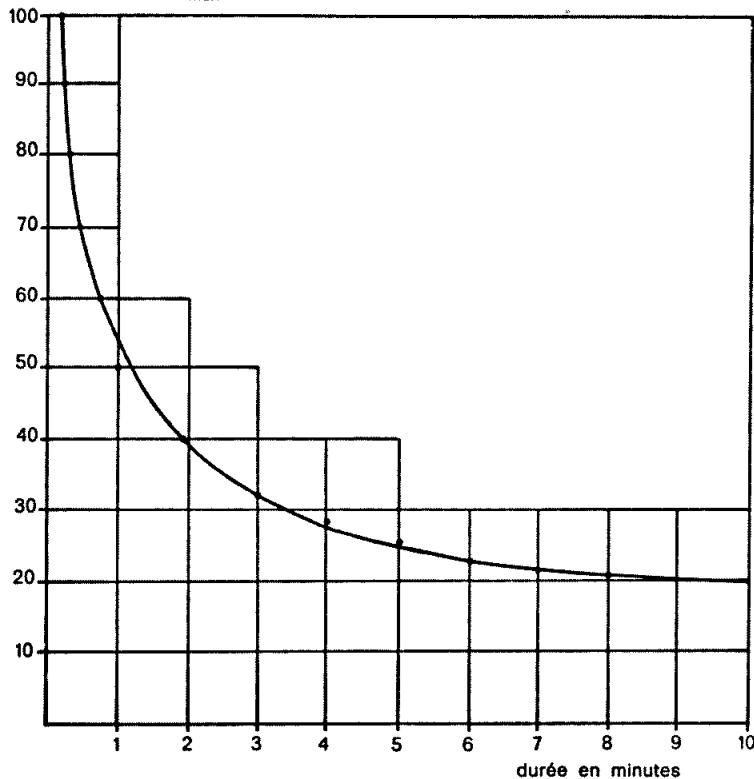
Par contre dans le travail statique, l'équilibre est rompu. En effet les vaisseaux sont comprimés par la contraction continue du muscle et l'apport de sang — et par conséquent de glucose et d'oxygène — est réduit, les résidus ne sont pas évacués. Si la contraction est relativement intense et doit être maintenue un temps assez long, le muscle doit puiser dans ses réserves et fait appel à des réactions auxiliaires : augmentation du rythme respiratoire et de la fréquence cardiaque pour accroître la pression artérielle et lutter contre la pression musculaire. Au bout d'un certain temps, apparaît la fatigue musculaire, qui se traduit par une diminution de la force musculaire maximum, puis par une douleur, enfin par un tremblement du muscle.

La compression des vaisseaux est d'autant plus importante que le travail demandé au muscle est plus important, c'est-à-dire que la contraction musculaire statique peut être maintenue d'autant moins longtemps que l'effort demandé est plus important. Ainsi par exemple, si un travailleur fournit un effort (poids à supporter par exemple) avec le bras en extension, il pourra maintenir cet effort d'autant moins longtemps que le poids à supporter sera plus lourd. On admet généralement que lorsque la force à exercer ne dépasse pas 20 % de la force maximale d'un muscle¹, la contraction peut être maintenue pendant un temps prolongé. Lorsque la force à exercer dépasse ces 20 %, le temps au bout duquel apparaît l'épuisement diminue très rapidement. Ainsi un muscle ne peut exercer une force égale à 30 % de sa force maximale plus de 4 minutes ; lorsque l'effort requis est voisin de 50 % de la force maximale, l'épuisement local apparaît au bout d'une minute (cf. graphique XIII).

Ceci signifie que, plus l'effort statique est important, plus les périodes de repos doivent être nombreuses et longues. En effet la période de récupération est d'autant plus longue que l'effort a été plus intense. Ces périodes de repos sont également nécessaires en cas d'effort dynamique important. Nous aurons l'occasion de revenir sur ce point plus loin en abordant le problème des normes.

1. On appelle force maximale d'un muscle la force maximale que l'on peut appliquer à ce muscle pendant 7 à 10 secondes.

Force en % de la
Force maximale (F_{\max})



Source : H. MONOD, *Contribution à l'étude du travail statique*.

Graphique XIII. DUREE MAXIMALE DE MAINTIEN
D'UN EFFORT STATIQUE
EN FONCTION DE LA FORCE RELATIVE MISE EN JEU

Ajoutons ici que, dans la pratique, la frontière entre travail statique et travail dynamique n'est pas toujours facile à percevoir ; ainsi le travail dynamique peut prendre un caractère statique lorsqu'il doit être effectué très lentement ou lorsque les intervalles de travail dynamique sont si courts qu'ils ne permettent pas aux capillaires de se remplir de sang.

2. CRITERES D'EVALUATION DU TRAVAIL MUSCULAIRE

2.1. METABOLISME ENERGETIQUE.

A l'intérieur du corps humain se produit continuellement une succession de transformations, de réactions chimiques à partir des aliments et de l'oxygène absorbés, réactions qui peuvent être comparées à une combustion lente et qui aboutissent, d'une part, à la régénération permanente de la structure cellulaire de l'organisme et au fonctionnement des organes de base nécessaires à la vie, et, d'autre part, à la production de chaleur et d'énergie.

On distingue habituellement trois types de dépense énergétique :

— *Le métabolisme de base*, ou *dépense de fond*. C'est la dépense minimum irréductible, absolument nécessaire au maintien de la vie, correspondant à l'entretien de la vie cellulaire et au fonctionnement des organes nécessaires à la vie végétative de l'organisme. Cette dépense de fond est proportionnelle à la surface corporelle ; la surface corporelle est donnée en fonction du poids et de la taille d'un individu par des abaques (cf. Graph. XIV) ou par la formule $S = P^{0,425} \times T^{0,725} \times 0,202$. Le métabolisme de base d'un adulte jeune est égal à 37 kcal./m²/heure.

Ainsi, pour un homme de 70 kg, la dépense de fond est égale à 1 700 kilocalories par jour, soit 1,1 kilocalorie par minute. Pour une femme de 60 kg, la dépense de fond est d'environ 1 400 kilocalories par jour, soit 1 kilocalorie par minute.

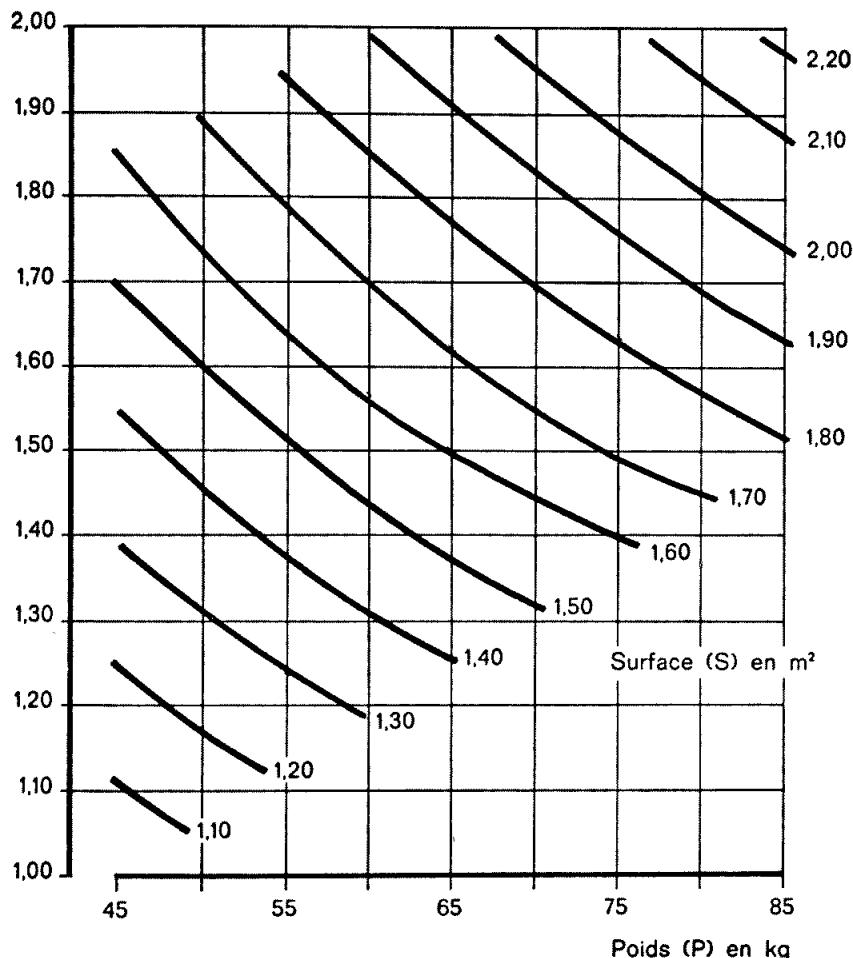
— *Le métabolisme de repos*. Il correspond au métabolisme de base augmenté de la dépense énergétique nécessaire à la digestion et à la thermorégulation. Ainsi, après un repas moyen, la dépense s'accroît de 0,1 à 0,2 Kcal/min. De même, en dehors de la zone de neutralité thermique, la dépense nécessaire pour maintenir constante la température du corps peut être importante².

— *Le métabolisme de travail*. Toute activité musculaire statique ou dynamique s'accompagne d'une augmentation de la dépense énergétique. Cette dépense dite « de travail » se rencontre dans toute activité professionnelle, bien sûr, mais aussi dans toute activité générale telle que faire sa toilette, exercer une tâche ménagère, se déplacer, etc. Seules nous intéressent ici les dépenses énergétiques dues aux activités professionnelles ; mais ces précisions sont nécessaires, car nous verrons que si l'on veut définir des normes d'activité physique maximale, il est nécessaire de raisonner à partir du bilan énergétique global journalier qui comprend, outre la dépense de fond et la dépense de repos, l'ensemble des activités journalières, professionnelles ou non.

2. Nous avons déjà parlé, dans le chapitre relatif à l'ambiance thermique, des échanges thermiques entre le corps et le milieu ambiant nécessaires pour assurer la constance de la température centrale du corps.

Taille (T) en m

$$S = P^{0,425} \times T^{0,725} \times 0,202$$



Source : H. MONOD in J. SCHERRER, tome I, p. 169.

Graphique XIV. EVALUATION DE LA SURFACE CORPORELLE EN FONCTION DE LA TAILLE ET DU POIDS

2.1.1. Méthodes de mesure du métabolisme.

L'intensité de la dépense énergétique de l'organisme peut être évaluée par des méthodes de calorimétrie :

- soit directe : en mesurant les calories dégagées par l'organisme placé dans un calorimètre ;

- soit indirecte alimentaire : en connaissant la composition exacte des aliments absorbés et le pouvoir calorique de chacun des éléments constitutifs de ceux-ci, on peut évaluer le niveau énergétique total ;
- soit indirecte respiratoire : il a été démontré qu'il existe une relation quasi linéaire entre le niveau du métabolisme et la quantité d'oxygène consommée : à la combustion d'un litre d'oxygène dans l'organisme humain correspond une production énergétique de 4,85 kilocalories. Donc si l'on arrive à mesurer la quantité d'oxygène consommée pendant une certaine durée, on peut facilement en déduire quelle est la dépense correspondante d'énergie. Si l'on en soustrait la dépense nécessaire au métabolisme de repos, on obtient une estimation de la dépense énergétique de travail.

C'est ainsi, qu'à la suite d'un certain nombre d'expériences et de mesures, plusieurs auteurs ont pu donner des évaluations de dépenses énergétiques correspondant à diverses postures, à divers efforts musculaires, à divers types de travaux, ou à diverses activités sportives.

Nous reproduisons dans les tableaux XIV et XV les évaluations données par Schmidt et par Lehmann que nous utiliserons plus loin³.

Mais si, pour la dépense dynamique, l'évaluation de la dépense énergétique par la méthode de mesure du métabolisme énergétique est satisfaisante, elle l'est moins pour le travail statique. En effet, l'évaluation, en termes de métabolisme énergétique, n'est pas suffisante pour juger du caractère plus ou moins désagréable d'une posture et de la durée maximale pendant laquelle celle-ci peut être maintenue.

Ainsi on peut fixer des normes à ne pas dépasser pour un effort dynamique, à partir des évaluations de dépense énergétique, nous y reviendrons plus loin, mais pour l'effort statique, ces normes sont insuffisantes, car un effort statique qui ne requiert pas une dépense énergétique importante peut cependant être rapidement insupportable.

Tableau XIV. *Evaluation de la dépense énergétique pour diverses postures⁴*

Posture	Dépense en kilocalories	
	par minute	par heure
Assis	0,12	7
A genoux	0,3	18
Accroupi	0,27	16
Debout	0,3	18
Debout courbé	0,5	30

3. Ces évaluations sont notamment rapportées dans l'ouvrage de SCHERRER, I, p. 172-173, 180-182, 185 et 191, ou par GRANDJEAN, p. 82 et 83, ou dans les tables du B.T.E. et dans l'étude de Schmidt citée plus loin.

4. Ces évaluations ne comprennent pas la dépense de fond.

Tableau XV. *Evaluation de la dépense énergétique selon les muscles sollicités et l'intensité de cette sollicitation*⁴

Localisation des muscles actifs	Intensité de l'effort	Dépense en kilocalories		
		par minute	par heure	
Main	léger	0,3 à 0,6	20 à 35	
	moyen	0,6 à 0,9	35 à 55	
	lourd	0,9 à 1,2	55 à 70	
Un bras	léger	0,7 à 1,2	40 à 70	
	moyen	1,2 à 1,7	70 à 100	
	lourd	1,7 à 2,2	100 à 130	
Deux bras	léger	1,5 à 2,0	90 à 120	
	moyen	2,0 à 2,5	120 à 150	
	lourd	2,5 à 3,0	150 à 180	
Ensemble du corps	léger	2,5 à 4,0	150 à 240	
	moyen	4,0 à 6,0	240 à 350	
	lourd	6,0 à 8,5	350 à 500	
	très lourd	8,5 à 11,5	500 à 650	

Il nous semble donc utile d'évoquer ici d'autres méthodes faisant appel à d'autres critères physiologiques ou biologiques qui sont susceptibles de donner une information sur la charge de travail : l'électromyographie et la mesure de la fréquence cardiaque.

Ces méthodes sont utilisables aussi bien pour un travail statique que pour un travail dynamique, mais nous en évoquerons l'intérêt surtout pour le travail statique pour lequel les méthodes de calorimétrie sont tout à fait insuffisantes.

2.2. L'ELECTROMYOGRAPHIE.

La contraction de chaque fibre musculaire est accompagnée de variations de potentiel électrique et il a été démontré que l'activité électrique d'un muscle est proportionnelle à l'amplitude et à la fréquence de la contraction. Le principe de l'électromyographie est de recueillir ces potentiels d'action et de pouvoir comparer l'activité des divers muscles ou d'un même muscle au cours de diverses activités. Si l'on place des électrodes à la surface de peau, au niveau d'un muscle, le potentiel que l'on recueille est la somme des potentiels produits par les diverses fibres musculaires sous-jacentes ; on ne peut donc avoir une valeur quantitative exacte de l'activité de chaque fibre, car le tracé recueilli est le résultat de la superposition de l'activité de plusieurs fibres. Mais l'électromyographie permet de détecter quels sont les divers muscles du corps sollicités au cours d'un travail donné

et de comparer l'amplitude des sollicitations, au moins qualitativement. En général les variations de potentiels sont amplifiées et enregistrées sur papier.

Cette méthode a été utilisée par H.G. Schmidt pour étudier le travail statique correspondant aux diverses postures de travail et les comparer entre elles. Il a d'abord classé les multiples postures possibles en 12 postures fondamentales :

Position assise	{	détendue
		courbée
		droite, bras au-dessus des épaules
Position debout	{	détendue
		courbée
		droite, bras au-dessus des épaules
Position couchée	{	fortement courbée
		normale sur le dos
		sur le dos, bras au-dessus des épaules
Position agenouillée	{	légèrement courbée
		droite, bras au-dessus des épaules
Position accroupie		

Pour chacune de ces postures fondamentales, ainsi que pour diverses positions du bras, H.G. Schmidt a recherché quels étaient les divers muscles sollicités et quelle était l'intensité de la sollicitation ; une graduation de 0 à 4 étant proposée pour caractériser les divers niveaux d'activité :

0	Activité de repos
1	Activité faible
2	Activité modérée
3	Activité forte
4	Activité très forte.

En totalisant le nombre de points correspondants à l'activité de chacun des muscles sollicités, il a ensuite pu classer les diverses postures en fonction de l'effort imposé (cf. Tab. XVII, p. 96 et suiv.).

2.3. LA FREQUENCE CARDIAQUE.

Une autre méthode d'évaluation de l'importance d'un travail physique est la mesure de la fréquence cardiaque. Nous avons vu en effet que lors d'un travail musculaire l'irrigation sanguine des muscles doit augmenter, ce qui signifie une augmentation de la fréquence cardiaque d'autant plus forte que les obstacles à l'écoulement du sang sont plus forts. Ainsi, on peut dire que la fréquence cardiaque a trois composantes principales :

- la fréquence de repos en position couchée ;
- l'augmentation due à une posture donnée ;
- l'augmentation due à l'accomplissement d'un travail.

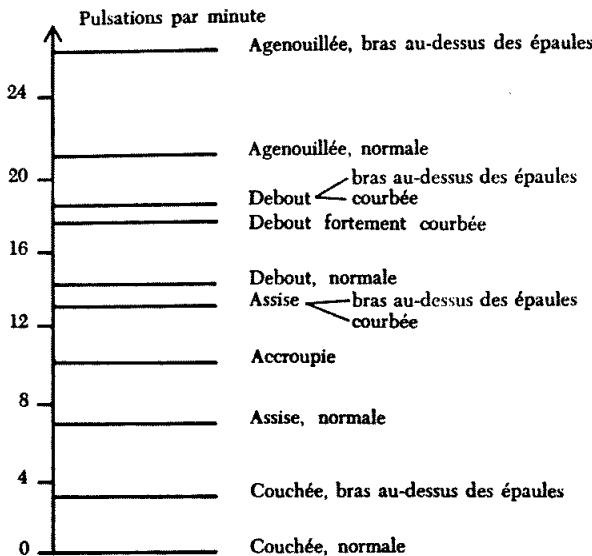
A ces composantes principales peuvent s'ajouter des composantes secondaires : ambiance thermique, activité mentale, cadences imposées.

Dans les situations courantes, la multiplicité de ces composantes peut rendre difficile l'établissement d'un diagnostic précis sur la ou les causes d'une augmentation de la fréquence cardiaque. Cependant cette méthode est très utile pour étudier en laboratoire la charge des diverses postures, par exemple, ou la charge correspondant à certains types d'efforts. Pratiquement, on peut soit enregistrer les pulsations cardiaques, soit, plus simplement, mesurer les fréquences des pulsations radiales avant le travail, en cours de travail à certains intervalles de temps, puis au repos à certains intervalles de temps également. Le temps qui s'écoule entre la fin du travail et le moment où le pouls a retrouvé son rythme normal est un bon indice de la charge de travail : ce temps est d'autant plus long que la charge de travail a été plus pénible.

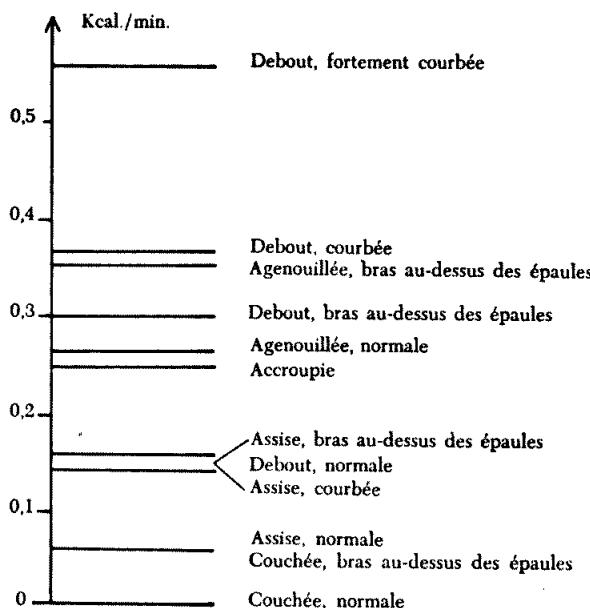
Cette méthode, ainsi que celle du métabolisme énergétique, a été utilisée par Schmidt pour les diverses postures sans charge de travail et avec charge de travail supplémentaire. Plusieurs conclusions intéressantes ont été dégagées :

1. Une posture défavorable peut entraîner une surcharge circulatoire importante ; d'autre part, une fraction importante de l'énergie est utilisée uniquement pour maintenir cette posture et la part d'énergie disponible pour un travail dynamique est réduite d'autant ;
2. Les échelles de classement (cf. graphiques XV et XV bis) des postures selon l'augmentation de la fréquence cardiaque, d'une part, et le métabolisme énergétique, d'autre part, sont différentes ; les effets des diverses postures sur les fonctions physiologiques ne sont donc pas les mêmes. En particulier, certaines postures, qui ne demandent pas une dépense énergétique très importante, entraînent un accroissement de la fréquence cardiaque très éprouvant (posture agenouillée en particulier).

En ce qui concerne le métabolisme énergétique, l'augmentation de celui-ci pour un effort dynamique donné ne varie pas selon les postures. C'est-à-dire que le métabolisme global est la somme du métabolisme dû à la posture et du métabolisme dû au travail demandé, mais ces deux facteurs sont indépendants. Par contre, cela n'est plus vrai pour la fréquence cardiaque : la charge circulatoire résultant d'un travail donné n'est pas indépendante de la posture dans laquelle il est effectué ; ce qui veut dire que le coût cardiaque d'un certain travail effectué en position debout courbé par exemple n'est pas égal au coût cardiaque de la posture debout courbée sans travail dynamique, plus le coût cardiaque correspondant au travail dynamique. En ce qui concerne la fréquence cardiaque, on ne peut séparer ce qui est dû à la posture et ce qui est dû au travail.



Graphique XV. AUGMENTATION DE LA FREQUENCE DU POULS DANS DIVERSES POSTURES



Source : H.G. SCHMIDT, *Les postures de travail défavorables*.

Graphique XV bis. AUGMENTATION DU METABOLISME ENERGETIQUE DANS DIVERSES POSTURES

La méthode de la fréquence cardiaque est donc utile pour l'étude des postures ou de certains travaux requérant l'utilisation de petits muscles (des doigts ou de la main par exemple). Elle permet, en effet, de déceler des situations qui, bien que peu coûteuses en termes de dépense énergétique, peuvent être très éprouvantes pour le système circulatoire.

Ceci nous permet de souligner dès maintenant que l'évaluation de la dépense énergétique globale, résultant du travail statique et du travail dynamique, peut être intéressante pour juger de la charge de travail à un poste de travail, mais qu'elle n'est pas toujours suffisante pour déceler une situation pénible. Il est alors intéressant de faire intervenir d'autres critères physiologiques.

3. EFFETS SUR L'ORGANISME DES POSTURES DEFAVORABLES

Outre le caractère désagréable et le surcroît de fatigue directement ressenti par le travailleur qui doit exercer sa tâche dans des postures défavorables, les mauvaises postures peuvent à long terme entraîner des troubles fonctionnels graves. Ainsi si une partie du corps éprouve régulièrement une surcharge statique, le fonctionnement de l'organisme s'en trouve perturbé.

Citons par exemple comme principales conséquences de certaines postures habituelles :

- Posture debout prolongée :
 - Congestion des jambes, formation d'œdèmes ou de varices ;
 - Déformation des pieds.
- Posture assise courbée :
 - Compression des organes internes, pouvant entraîner des troubles digestifs.
- Postures courbées (debout, assis, agenouillé) :
 - Déviation de la colonne vertébrale ;
 - Affections et lésions des disques intervertébraux (hernies discales) ;
- Posture agenouillée :
 - Détérioration des ménisques du genou ;
 - Irritation des bourses synoviales des articulations.

En outre, de fausses positions ou la crispation de certains groupes de muscles peuvent provoquer un durcissement des muscles et des inflammations aux points de fixation des tendons (région de la nuque, des épaules et des avant-bras principalement).

4. LES NORMES

Nous ne parlerons pas ici des normes de confort utilisées pour l'élaboration ou l'amélioration d'un poste de travail, telles que hauteur de table, hauteur du siège, position des divers outils ou appareils, champ de vision, etc. Notre objet n'est pas ici de décrire le poste de travail idéal, mais d'établir un diagnostic sur les postes de travail existants. C'est-à-dire qu'en ce qui concerne la dépense physique correspondant à un travail donné, nous voulons pouvoir dire quel est le niveau de cette dépense physique et si ce niveau correspond à une dépense normale, moyenne ou excessive et, par ailleurs, si les postures sont ou non défavorables. Pour cela nous utiliserons les normes généralement proposées, concernant l'augmentation du métabolisme énergétique et l'accroissement de la fréquence cardiaque.

4.1. VALEURS-LIMITES ET VALEURS NORMALES DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE.

Un certain nombre d'auteurs⁵ ont établi des classements des travaux musculaires selon la dépense énergétique, classements qui sont assez variables quant aux amplitudes et au nombre de classes.

Les références pour établir ces classements varient selon les auteurs. Certains se réfèrent au *métabolisme de base*⁶ : pour un travail modéré, le métabolisme de base serait, au plus, multiplié par 3 ; pour un travail dur, il serait multiplié par un facteur compris entre 3 et 8. D'autres se réfèrent à la *capacité aérobie* des individus (= consommation maximale d'oxygène, soit 3,2 litres/minute en moyenne pour l'homme et 2,4 litres/minute en moyenne pour la femme) :

- un travail léger correspond à l'utilisation de moins de 25 % de la capacité aérobie maximale ;
- un travail intense correspond à l'utilisation de 25 à 50 % de la capacité aérobie ;
- un travail sous-maximal correspond à l'utilisation de 50 à 75 % de la capacité aérobie ;
- un travail maximal met en jeu 75 à 100 % de la capacité aérobie.

Pour résumer, et prendre une moyenne de l'ensemble des normes proposées, on peut admettre que 4 300 kilocalories constituent la *valeur maximale de dépense énergétique journalière*. Comme nous l'avons vu, une certaine quantité de cette énergie est nécessaire à la dépense de fond (environ 1 700 kilocalories par jour) au métabolisme de repos et aux activités variées, telles que toilette, déplacements, etc., (environ

5. Cf. notamment les classifications reproduites dans SCHERRER, I, p. 188. Ces normes sont valables pour une ambiance confortable, mais non en ambiance chaude, où il faut diminuer soit la durée de l'effort, soit le niveau de l'effort (cf. chapitre I).

6. Le métabolisme de base est égal, nous l'avons vu, à environ 1 700 kcal./jour, soit 1,1 à 1,2 kcal./minute.

600 à 700 kilocalories/jour) ; ceci revient à dire que la dépense de travail professionnel ne devrait pas dépasser 2 000 kilocalories/jour. Si le travail professionnel dure 8 heures, ceci revient à une dépense maximale de 250 kilocal./heure ou 4,2 kilocal./min.⁷.

D'autre part, on peut considérer qu'une dépense de 1 200 kilocalories par jour (soit 2,5 par minute) pour le travail professionnel correspond à une activité moyenne.

Ces valeurs sont valables pour un travailleur de sexe masculin. Pour une femme elles doivent être abaissées : nous estimons qu'une dépense pour le travail professionnel de 1 600 kilocal. par jour peut être considérée comme un maximum ; tandis qu'une dépense de travail de 1 000 kcal./jour constitue une dépense moyenne.

Tableau XVI. CLASSIFICATION DES TRAVAUX PHYSIQUES
selon la dépense énergétique, les fréquences respiratoire et cardiaque

Niveau d'activité	Dépense énergétique		Fréquence	
	O ₂ (ml/mn)	Kcal./mn	cardiaque fc c/mn	respiratoire fr c/mn
Repos	250	1,2	70	12
Travail léger	750	3,5	100	14
Travail modéré	1 500	7,5	120	15
Travail dur	2 000	10	140	16
Travail très dur	2 500	12,5	160	20
Travail maximal	3 000	15	180	25
Travail épuisant	> 3 000	> 15	> 180	30

Source : H. MONOD et M. POTTIER, in J. SCHERRER, tome I, p. 216.

4.2. REFERENCE A LA FREQUENCE CARDIAQUE.

On peut aussi, pour établir des normes d'activité physique, se référer à la fréquence cardiaque, puisque, nous l'avons vu, une dépense physique intense s'accompagne d'une augmentation de la fréquence cardiaque. Cette augmentation ne peut être indéfinie. On admet généralement que, pour un travail professionnel de 8 heures, l'accroissement de la fréquence cardiaque au cours du travail ne doit pas dépasser de 35 pulsations/min. la valeur de repos, sous peine de dommages pour l'organisme. Une augmentation de 25 à 30 pulsations par minute doit déjà être considérée comme éprouvante. Pour des durées plus courtes, cette augmentation peut, bien sûr, être supérieure et dans certains efforts de très courte durée, elle peut atteindre 100 pulsations/min. (efforts sportifs par exemple).

7. Cf. notamment SCHERRER, tome I, p. 194-196.

Tableau XVII. APPRECIATION DE DIVERSES POSTURES EN FONCTION DE CRITERES PHYSIOLOGIQUES

Position du corps	Position assise normale	Position assise courbée	Position assise, droite, bras au-dessus de la tête
Critère d'appréciation			
Supplément d'énergie nécessaire par rapport à la position de repos (kcal./mn)	0,06	0,15	0,16
Augmentation de la fréquence du pouls par rapport au pouls de repos (puls./mn)	7	13	13
Résultats EMG sans charge (en points)	1	6 Surtout musculature dorsale	11 Surtout musculature dorsale et scapulaire
Critères particulièrement négatifs	Possibilité relativement faible de développer la force, dans une zone de travail restreinte. L'irrigation superficielle de la région fessière et de la face postérieure des cuisses est à la longue entravée	Gêne respiratoire et troubles digestifs par compression de l'abdomen	Longs temps de repos supplémentaire nécessaires
Critères particulièrement positifs	Si le siège est muni d'un dossier, permutation rapide possible entre position de travail et position de repos. Soulagement du tissu de soutien des jambes. Faible travail de stabilisation nécessaire (bon pour l'activité motrice fine). Charge circulatoire et énergétique peu élevée	Position de travail la plus favorable	

Position du corps	Position debout normale	Position debout courbée	Position debout fortement courbée	Position debout, droite, bras au-dessus de la tête
				
Critère d'appréciation				
Supplément d'énergie nécessaire par rapport à la position de repos (kcal./mn)	0,16	0,38	0,56	0,30
Augmentation de la fréquence du pouls par rapport au pouls de repos (puls./mn)	14	18	17	18
Résultats EMG sans charge (en points)	2	6	2	12
Critères particulièrement négatifs	Un travail de raidissement est nécessaire en permanence pour stabiliser l'équilibre Ne conviennent pas à des activités motrices fines	Risque de stase sanguine dans les extrémités inférieures	Surtout musculature dorsale et de la cuisse	Surtout musculature dorsale et scapulaire
Critères particulièrement positifs			Dépense d'énergie particulièrement élevée	Longs temps de repos supplémentaire nécessaires Changement rapide possible de la zone de travail Grand rayon de préhension Possibilité de développer des forces élevées

<i>Position du corps</i>	Position agenouillée normale	Position agenouillée courbée	Position agenouillée bras au-dessus de la tête
<i>Critère d'appréciation</i>			
Supplément d'énergie nécessaire par rapport à la position de repos (kcal./mn)	0,28	0,32	0,36
Augmentation de la fréquence du pouls par rapport au pouls de repos (puls./mn)	21	22	26
Résultats EMG sans charge (en points)	5	2 Surtout musculature dorsale	16 Surtout musculature dorsale et scapulaire
Critères particulièrement négatifs	Forte sollicitation des rotules et articulations des genoux Difficulté de se mouvoir Forte charge circulatoire et énergétique		
Critères particulièrement positifs	Possibilité de développer des forces relativement élevées		
	Longs temps de repos supplémentaire nécessaires		

Position du corps <i>Critère d'appréciation</i>	Position de repos	Position sur le dos, bras au-dessus de la tête	Position accroupie normale	Position accroupie, bras au-dessus de la tête
Supplément d'énergie nécessaire par rapport à la position de repos (kcal./mn)	0	0,06	0,27	0,28
Augmentation de la fré- quence du pouls par rap- port au pouls de repos (puls./mn)	0	3	10	14
Résultats EMG sans charge (en points)	0	7	Surtout muscles des mollets et des cuisses	Surtout muscles des mollets, des cuisses et des épaules
Critères particulièrement négatifs		Liberté de mouvement très restreinte, forte sol- licitation locale (nuque, cou), longs temps de re- pos supplémentaire né- cessaires	Difficulté de se mouvoir Important travail nécessaire pour parvenir à un équilibre stable Troubles de l'irrigation dans les jambes et les cuisses par suite de la pression	Longs temps de repos sup- plémentaire nécessaires
Critères particulièrement positifs	Faible pression du corps sur la surface d'appui		La charge circulatoire est plus faible que dans les postures comparables	

Source : H.G. SCHMIDT, *Les postures de travail défavorables*, C.E.E., 1969.

Ces normes sont surtout intéressantes pour le travail statique ou pour certains travaux requérant l'utilisation locale d'un petit nombre de muscles, car la charge circulatoire peut alors être nettement plus élevée que la charge énergétique. Ainsi, l'influence des bras au-dessus de la tête correspond à une augmentation de 3 à 6 pulsations par minute ; une position courbée entraîne une élévation de 4 à 6 pulsations/min. C'est-à-dire que pour réaliser le même travail, le travailleur dont la posture est physiologiquement défavorable doit fournir un effort plus grand : donc sa fatigue est plus grande.

Le tableau XVII reproduit les tableaux donnés par Schmidt récapitulant les divers critères auxquels il fait référence pour juger de la plus ou moins grande pénibilité des diverses postures.

4.3. TEMPS DE REPOS.

Lorsque la dépense de travail dépasse les normes admissibles, il est nécessaire de prévoir des temps de repos pour permettre à l'organisme de récupérer.

Ainsi, si l'on fait référence au métabolisme énergétique, nous avons vu que celui-ci ne devait pas dépasser 2 000 kilocal. par jour pour le seul travail professionnel, c'est-à-dire que si l'effort de travail requis dépasse 4,2 kilocal./min. (soit 5,3 kcal./min. si l'on inclut la dépense de fond), il faut ménager des temps de repos pour que la dépense totale au cours des 8 heures ne dépasse pas 2 000 kilocalories.

Lehmann a proposé une formule pour calculer le temps de pause nécessaire suivant la dépense énergétique requise pendant le travail :

$$\text{Durée de repos} = \left(\frac{\text{Niveau de dépense}}{4} - 1 \right)$$

- la durée de repos étant exprimée en pourcentage de la durée de travail ;
- et le niveau de dépense, exprimé en kcal./min. comprenant la dépense de fond (1,1 kcal./min.).

Ainsi par exemple, si un travail correspond à une dépense de 6 kcal./min., soit 7,1 si l'on comprend la dépense de fond, la formule précédente donne le temps de repos nécessaire

$$\left(\frac{7,1}{4} - 1 \right) = 0,78 \simeq 80 \%$$

$$\text{Durée de repos} = \frac{80 \times \text{Durée de travail}}{100}$$

Après 1 heure de travail, la durée de repos est donc égale à :

$$\frac{60 \times 80}{100} = 48 \text{ minutes}$$

Si l'on recherche quels doivent être en une heure les temps de repos et de travail, on aura :

$$\frac{48 \times 60}{108} = 26 \text{ minutes de repos}$$

$$\frac{60 \times 60}{108} = 34 \text{ minutes de travail}$$

En ce qui concerne la charge statique proprement dite, des formules ont également été proposées pour calculer le temps de repos nécessaire pour assurer la régénération de tel muscle ou tel groupe de muscles sollicité localement (cf. formule proposée par Rohmert dans Schmidt, p. 128). Mais ces formules sont assez compliquées et d'usage limité. Nous ne nous y attarderons pas ici.

Signalons aussi l'existence de *Tables de coefficients de repos*⁸, qui donnent, pour la plupart des gestes ou des efforts simples et pour des efforts plus complexes, le pourcentage de temps pendant lequel l'ouvrier doit pouvoir se reposer ou tout au moins suspendre son effort.

5. LE GUIDE D'OBSERVATION

Il est difficile de proposer d'effectuer pour chaque poste de travail des mesures précises de charge physique de travail selon une des méthodes précédemment décrites. Mais, par contre, les études très détaillées et précises qui ont été faites par des spécialistes en laboratoire et sur le terrain peuvent nous permettre de proposer une méthode d'évaluation dont la précision nous semble suffisante pour évaluer le niveau de dépense physique exigé par un poste de travail.

Nous avons vu, en effet, que des auteurs ont évalué le niveau moyen de dépense énergétique correspondant à diverses postures ou à divers types d'effort physique et que d'autres ont établi des échelles des diverses postures selon leur caractère plus ou moins pénible.

La méthode que nous proposons est donc d'essayer de décomposer au maximum les diverses séquences du travail effectué par l'opérateur à son poste de travail, afin de pouvoir caractériser :

- d'une part les divers efforts statiques correspondant aux postures et d'évaluer la durée cumulée de chacun d'eux ;
- d'autre part, les efforts dynamiques : ceux-ci pouvant être soit des transports ou des soulèvements de charges, soit des déplacements du travailleur, soit des efforts des divers groupes musculaires du corps.

8. Cf. notamment les Tables de coefficients de repos établies par le C.E.O. (16, av. de la Maye, Versailles).

Les diverses questions posées dans le chapitre 5 du guide, relatif à la charge physique, ont précisément pour but de décomposer au maximum les divers efforts statiques ou dynamiques effectués par le travailleur pendant une heure, puis une journée de travail. Il est peut être nécessaire d'expliquer certaines questions pour éviter qu'elles donnent lieu à confusion.

5.1. QUESTIONS RELATIVES AU TRAVAIL STATIQUE.

Le tableau de la question 5.1. se propose de résumer les diverses postures que le travailleur est appelé à prendre au cours de son travail. Il faudra donc observer le travailleur, noter quelles sont les postures successives qu'il prend et chronométrer la durée de chacune d'elles.

Plusieurs précisions sont ici nécessaires :

— Dans le cas d'un travail répétitif, il est relativement facile d'observer les diverses postures du travailleur et d'en mesurer la durée pendant un cycle de travail, et par conséquent en une heure (à condition bien entendu de tenir compte des temps de pause, pendant lesquels le travailleur change de posture).

— Dans le cas d'un travail non répétitif et, en particulier d'un travail de surveillance où les interventions sont aléatoires, et par conséquent irrégulières, il sera plus difficile de répondre avec précision à cette question. Il sera alors nécessaire d'observer le travailleur pendant un temps assez long, pour essayer d'avoir une évaluation globale de la durée moyenne, par heure, de chaque posture. Les réponses à la question 0.6.2., dans le chapitre relatif à la description de la tâche, doivent permettre aussi de répondre à cette question.

— Une autre difficulté peut provenir de la difficulté d'apprécier à partir de quel angle le travailleur est « courbé ». Il est difficile de donner une limite stricte, mais on peut considérer que lorsque l'angle formé par le haut du corps et la verticale dépasse 30°, la posture est penchée.

— En ce qui concerne la torsion du buste qui n'est pas prise en compte dans ce tableau, on conviendra de la considérer comme « posture courbée ».

Les questions 5.2. et 5.2.1. ne sont que des compléments au 1^{er} tableau, elles doivent permettre d'avoir quelques précisions supplémentaires sur le confort de la situation assise.

5.2. QUESTIONS RELATIVES AU TRAVAIL DYNAMIQUE.

Les efforts dynamiques de travail ont été décomposés en trois catégories :

- soulèvement ou transport de charges ;
- déplacements horizontaux ou verticaux du travailleur, sans transport de charge ;
- autres efforts musculaires.

5.2.1. Soulèvement ou transport de charges.

Il ne faut tenir compte ici que des charges qui sont soulevées, abaissées ou transportées par le travailleur et non des charges qu'il pourrait tirer ou pousser. En effet l'évaluation de l'effort correspondant au transport d'une charge peut être faite directement et avec précision, tandis que lorsque la charge doit être poussée ou traînée, l'effort requis dépend beaucoup des frottements plus ou moins grands, des dispositifs éventuels pour démultiplier l'effort, etc. Nous en tiendrons compte dans les questions relatives aux autres efforts musculaires (5.6. et suiv.).

Les divers efforts sont ici décomposés en trois types d'efforts de lever, de porter, de monter. Les questions 5.4.1. et 5.4.2. correspondent à des efforts de lever (ou de baisser) : c'est-à-dire à un travail où l'opérateur doit prendre des charges à un certain niveau pour les placer à un autre niveau, que le travailleur ait ou non à se déplacer ; l'effort de déplacement horizontal sera précisé à la question 5.4.3.

La question 5.4.2. est réservée aux travaux de palettisation. Pour ce type de travail il sera donc inutile de répondre à la question 5.4.1.

Les efforts correspondant au transport horizontal de charge d'un endroit à un autre font l'objet de la question 5.4.3. Doivent être inclus dans la réponse à cette question tous les transports horizontaux de charge, que le travailleur ait ou non à se déplacer. Ainsi par exemple si les charges doivent être déplacées sur une distance de 50 à 80 cm, le travailleur n'a pas à marcher, mais effectue seulement un mouvement de rotation du corps ; ces déplacements doivent cependant être recensés dans cette question.

Plusieurs cas peuvent se présenter : le travailleur déplace des charges à l'aller et au retour, ou bien il ne les déplace qu'à l'un des parcours. Ces deux éventualités devront être bien précisées dans la colonne disposée à cet effet.

D'autre part, il faudra bien préciser, lorsque les charges successivement transportées n'ont pas le même poids, quels sont les poids des diverses charges transportées et, pour chacune d'elles, la distance sur laquelle elle est transportée et la fréquence par heure des transports effectués.

Il est également possible que des charges de même poids soient

transportées sur des distances variables ; il faudra alors préciser les distances de chacun de ces parcours et le nombre de chacun d'eux.

La question 5.4.4. est relative aux efforts de monter avec transport de charge.

Les remarques concernant la question 5.4.3. sont également valables pour la question 5.4.4. Ajoutons seulement qu'il faut donner ici la dénivellation *verticale* parcourue par le travailleur en transportant des charges (dénivellation parcourue soit sur un plan incliné, soit sur des escaliers, mais non dans un monte-chARGE, un ascenseur ou un escalier roulant).

Ainsi, par exemple, si un travailleur doit prendre des paquets à 50 cm de hauteur, les transporter sur une distance de 5 mètres et les déposer à une hauteur de 1,20 m, il faudra d'abord répondre à la question 5.4.1. en donnant les hauteurs auxquelles la charge est prise (50 cm), puis déposée (120 cm) ; puis à la question 5.4.3., en donnant la longueur de chaque parcours : 5 mètres. Si le travailleur doit monter un étage en plus, par exemple, il faudra alors préciser à la question 5.4.4. la hauteur de dénivellation correspondant à un étage : 3 mètres par exemple.

5.2.2. Déplacements du travailleur.

Les questions 5.5. et 5.5.1. ne concernent que les déplacements effectués par le travailleur sans transport de charge. Ne doivent pas être pris en compte ici les déplacements correspondant au retour non chargé du travailleur qui a transporté des charges à l'aller. En effet ces retours ont déjà été signalés dans le tableau de la question 5.4.3.

En ce qui concerne les déplacements horizontaux non chargés, il faut donner ici la totalité des mètres parcourus par heure (aller et retour). Cette évaluation ne sera pas toujours très facile en particulier lorsque le travailleur doit se déplacer pour intervenir sur plusieurs machines et que les interventions sont irrégulières. Mais en connaissant la distance entre ces divers appareils ou machines et la moyenne des interventions par heure ou par jour, on pourra avoir une évaluation satisfaisante.

En ce qui concerne les déplacements verticaux, il faut distinguer les montées et les descentes, car les dépenses énergétiques correspondantes ne sont pas les mêmes.

Lorsque le travailleur n'effectue certains déplacements qu'un nombre très limité de fois par jour, on pourra diviser le nombre total de mètres parcourus par jour par l'horaire journalier pour répondre à la question 5.5.1.

5.2.3. Autres efforts musculaires.

Les efforts musculaires dont il est question ici excluent bien entendu tous les efforts dûs à des manipulations de charges ou à des déplacements du travailleur, puisque ceux-ci ont fait l'objet des questions précédentes.

L'objet des questions 5.6. à 5.9. est de préciser quel est la dépense énergétique correspondant aux différents gestes que doit accomplir le travailleur au cours de son travail. Pour cela il est nécessaire de décomposer au maximum les divers gestes accomplis, en essayant de préciser pour chacun d'eux quels sont les groupes de muscles sollicités et quelles sont l'intensité et la durée de cette sollicitation.

Ici encore, l'évaluation sera plus facile à faire pour des travaux répétitifs que pour des travaux comportant des interventions irrégulières ou aléatoires. Pour ces derniers on ne pourra que faire des évaluations approchées, en analysant les différents gestes nécessaires pour les diverses interventions et la fréquence moyenne de celles-ci (question 0.6.2.).

Les divers groupes de muscles mis en jeu pour l'accomplissement de chaque geste sont ici classés en : muscles de la main, muscles des bras, muscles des jambes et muscles de l'ensemble du corps. Précisons certains points :

— Lorsqu'un travail comporte à la fois un travail des bras et des mains, on ne mentionnera que le travail des bras, le travail des mains étant alors inclus. Ceci est par exemple le cas de tous les gestes effectués pour tirer, pousser, saisir quelque chose, pour manier un outil, un volant, etc. Par contre, pour certains travaux, les doigts ou les mains travaillent de façon intensive, avec ou sans effort des bras. Il faudra alors signaler séparément les efforts des bras et ceux des mains.

— Lorsqu'il y a un travail de l'ensemble du corps, il sera alors inutile de préciser en plus qu'il y a un travail des muscles des bras ou des jambes. Cela est en particulier le cas d'efforts pour manier des outils lourds (marteaux piqueurs...) ou pour tirer ou pousser un chariot, un wagonnet, ou tout autre objet lourd et volumineux (en excluant bien entendu tout effort de transport de charge).

— En ce qui concerne les efforts des muscles des jambes, il ne faut pas tenir compte des efforts dûs à la posture (cela fait l'objet de la question 5.1.), ni des efforts nécessaires à des déplacements du travailleur (questions 5.4.3., 5.4.4. ou 5.5.1.). Cette question concerne surtout les efforts nécessaires à actionner une ou plusieurs pédales.

— En ce qui concerne l'intensité de la sollicitation qui est classée en légère, moyenne ou lourde, nous ne pouvons pas donner de critère objectif pour caractériser chacun de ces qualificatifs ; et il entrera sans doute des éléments subjectifs dans cette appréciation. Toutefois, la

description détaillée de la tâche en début du guide, doit permettre de discuter ensuite des appréciations de chacun et d'uniformiser les réponses en éliminant le plus possible le facteur subjectif.

Ajoutons qu'il s'agit de caractériser l'intensité de l'effort musculaire pour *chaque* geste, c'est-à-dire que l'on ne doit pas estimer qu'un effort faible des bras que l'on doit répéter à une cadence rapide correspond finalement à un effort moyen des bras ; les données complémentaires sur la durée de chaque effort et leur fréquence doivent précisément permettre d'évaluer ensuite l'effort global de la succession de multiples gestes.

5.2.4. Quelques exemples.

Pour concrétiser ce qui vient d'être dit, prenons deux exemples.

EXEMPLE 1

Soit un travailleur qui doit prendre à 30 cm du sol 10 sacs de 20 kg, les placer sur un chariot situé à 1 m de distance, puis pousser le chariot sur 50 m et déposer les sacs sur un plan à 1 mètre du sol.

Les efforts successifs devront être décomposés de la façon suivante :

- prendre les sacs et les placer sur le chariot : question 5.4.3. ; selon qu'il prend successivement les 10 sacs de 20 kg ou qu'il en prend plusieurs à la fois, cela devra être précisé dans le poids de chaque charge ; la longueur du parcours est égale à 1 mètre ; le nombre de parcours par heure est égal au nombre de chariots remplis par heure, multiplié par 10 si chacun des sacs est pris successivement, ou multiplié par 5 si deux sacs sont pris à la fois ;
- pousser le chariot : effort moyen de l'ensemble du corps ; la durée de chaque effort est égale à la durée du parcours des 50 mètres ;
- placer les sacs à 1 m de hauteur : question 5.4.1. : poids de chaque charge = 20 kg ou 20×2 , s'il prend 2 sacs à la fois, hauteur de prise = 30 cm, hauteur de poser = 100 cm.

EXEMPLE 2

Un travailleur doit emballer des pains de sucre de 2 kg chacun. Pour cela, il est debout entre un tapis roulant situé à sa droite et sur lequel arrivent les pains de sucre et un plan de travail situé à sa gauche sur lequel se trouve le papier d'emballage ; tapis roulant et plan de travail sont tous deux à la même hauteur (110 cm) et distants l'un de l'autre de 1 mètre.

Le travailleur prend un pain de sucre arrivant sur le tapis roulant, le place sur le plan de travail, le roule dans un papier, ferme le papier

aux 2 extrémités et replace le pain de sucre emballé sur le tapis roulant. Il emballe ainsi 1 200 pains à l'heure.

Le guide d'observation sera rempli de la façon suivante :

Question 5.1. Posture debout normale : 60 min./heure.

Question 5.4.3. Poids de chaque charge : 2 kg.
Longueur d'un aller et d'un retour : 1 m.
Le retour s'effectue avec charge.
Nombre de parcours par heure : 1 200.

Question 5.7. Effort léger des bras pendant une durée de 30 min./h. (temps pendant lequel le travailleur roule le pain dans le papier et ferme celui-ci aux deux extrémités).
L'effort correspondant au transport du pain de sucre est déjà pris en compte dans la question 5.4.3.

Question 5.9. Si le travailleur doit, compte tenu de sa taille, se pencher pour saisir et reposer le pain, il faudra considérer cela comme un effort faible de l'ensemble du corps et en apprécier la durée. Il faudra alors aussi en tenir compte dans la question 5.1.

6. EXPLOITATION

A partir de l'analyse des efforts statiques et dynamiques effectuée dans le guide, il est possible d'obtenir une évaluation de la dépense énergétique de travail exprimée en kilocalories par jour. En effet, nous avons vu que divers auteurs ont donné des évaluations de la dépense énergétique moyenne correspondant aux diverses postures et aux divers efforts dynamiques. Il est donc possible, à partir de ces évaluations et de l'analyse du guide, d'obtenir une estimation de la dépense énergétique d'origine statique d'une part et d'origine dynamique d'autre part, soit pour une heure de travail, soit pour la durée journalière.

L'addition de ces deux dépenses énergétiques, d'origine statique et dynamique, permet d'obtenir la dépense énergétique totale pour le poste de travail analysé⁹. Cette addition est tout à fait licite dans la mesure où, nous l'avons vu, l'énergie dépensée pour l'exécution d'un travail est indépendante de la position du corps et s'ajoute aux contraintes énergétiques résultant de la seule posture¹⁰.

Cependant, si cette évaluation globale est justifiée et donne une information intéressante sur la charge physique globale de travail elle est insuffisante, puisque, nous l'avons vu, même si deux dépenses sont

9. Précisons ici que cette évaluation concerne uniquement la dépense énergétique de travail, à l'exclusion de la dépense de fond (correspondant à la dépense énergétique liée au tonus musculaire de repos), qui est généralement estimée à 1,1 à 1,2 kilocalories par minute, et de la dépense de repos (liée à la thermorégulation).

10. Cf. H.G. SCHMIDT, *Les postures de travail défavorables*, p. 69.

identiques en termes de coût énergétique, elles peuvent avoir des effets très différents pour le travailleur, selon qu'elles sont d'origine statique ou dynamique. De même, pour deux postures entraînant des dépenses d'énergie voisines, l'une peut être ressentie comme beaucoup plus défavorable, si elle sollicite fortement et très localement quelques muscles, la posture devient alors intolérable au-delà d'un temps qui peut être assez court¹¹. Il nous semble donc nécessaire d'établir deux cotations : une pour la dépense énergétique globale et une pour la charge statique seule.

6.1. EVALUATION DE LA DEPENSE STATIQUE.

Le tableau E, en annexe (p. 209-210), donne la dépense énergétique par minute correspondant aux diverses postures fondamentales ainsi qu'une échelle de cotation selon la durée cumulée de la posture par heure. Remarquons ici que le fait de cumuler la durée horaire des divers efforts statiques ne nous satisfait pas, car il n'est pas identique de maintenir une position 30 minutes de suite ou 10 fois 3 minutes par exemple. En effet, le fait de pouvoir changer de postures peut être bénéfique, puisqu'il permet une régénération des muscles sollicités de façon statique. D'autre part, certains efforts statiques (de la nuque ou des jambes, par exemple) n'apparaissent pas dans ce tableau. C'est dire que cette cotation est imparfaite et devra parfois susciter des analyses plus approfondies.

Le tableau E est à rapprocher de la question 5.1. du questionnaire, qui permet de connaître la durée pendant laquelle le travailleur se trouve dans chacune des postures ; en multipliant cette durée par le coût énergétique exprimé en kilocalories/minute donné par le tableau E, on obtient la dépense horaire de travail statique¹².

Précisons l'utilisation du tableau pour ce calcul :

- à chaque posture fondamentale (assise, debout, agenouillée, couchée, accroupie) est attribuée une dépense énergétique moyenne ;
- à chaque contrainte posturale supplémentaire, aggravant la position normale (courbée, bras au-dessus de la tête) est attribuée une dépense supplémentaire qui s'ajoute à la précédente, c'est pourquoi elle est précédée du signe +.

Ainsi par exemple, pour un travailleur qui travaille en position debout, pendant 60 minutes et qui est obligé de se pencher pendant 20 minutes et de travailler avec les bras au-dessus des épaules pendant 5 minutes, la dépense énergétique sera égale à :

11. *Ibid.*, p. 138.

12. Répétons ici que cette dépense ne tient pas compte de la dépense de fond (70 kilocalories par heure environ).

$$\begin{array}{l}
 0,16 \times 60 = 9,6 \\
 + 0,21 \times 20 = 4,2 \\
 + 0,14 \times 5 = 0,7
 \end{array}
 \left. \right\} = 14,5 \text{ kilocal./h.}$$

Si l'on veut avoir la dépense journalière de travail statique, on multipliera la dépense horaire par la durée effective journalière (à l'exclusion des pauses et temps de repos imposés ou libres). Dans certains cas, ces temps de pause sont déjà inclus dans les évaluations horaires (c'est-à-dire que l'on a considéré que la durée horaire de travail était égale à 50 ou 55 minutes par exemple) ; il ne faudra donc pas en tenir compte une deuxième fois dans la durée journalière.

Cette évaluation, en termes de dépense énergétique, de la charge statique sera ensuite additionnée avec la dépense énergétique correspondant au travail dynamique et donnera lieu à une cotation globale.

Mais en ce qui concerne la cotation attribuée pour évaluer le caractère plus ou moins favorable des postures, on utilisera le tableau E de la façon suivante :

On additionnera le nombre de points correspondant à chacune des postures selon leur durée par heure de travail.

Ainsi, si l'on reprend l'exemple précédent :

$$\begin{array}{l}
 \text{Debout normal 35 minutes 2 points} \\
 \text{Debout courbé 20 minutes + 3 points} \\
 \text{Debout bras au-dessus des épaules} \\
 \quad 5 \text{ minutes + 1 points}
 \end{array}
 \left. \right\} = 6 \text{ points}$$

6.2. EVALUATION DE L'ACTIVITE DYNAMIQUE.

Pour évaluer l'activité dynamique on utilisera la décomposition du travail dynamique proposée dans le guide d'observation :

1. Efforts de soulèvement ou de transport de charges, la méthode d'évaluation étant un peu différente pour chacun de ces efforts ;
2. Déplacements horizontaux ou verticaux du travailleur ;
3. Efforts des divers muscles du corps, à l'exclusion des efforts qui résulteraient des déplacements du travailleur ou du soulèvement et du transport de charges.

6.2.1. Soulèvement ou transport de charges.

Nous utiliserons la formule proposée par Spitzer et Hettinger¹³, en y apportant toutefois quelques modifications. En effet la formule

13. Cf. Cahier du B.T.E., 1966, n° 302-304.

de Spitzer et Hettinger donne la consommation d'énergie correspondant au travail effectué par un travailleur qui doit soulever des charges, les déplacer ou les porter en terrain plat ou en montant, en étant chargé à l'aller et déchargé au retour. Or il peut aussi se présenter d'autres cas, où le travailleur est chargé à l'aller *et* au retour, ou des cas où le travailleur a des charges à abaisser ou à transporter en descendant, le retour s'effectuant sans charge.

La formule devient donc :

$$E = n [L (K_{\text{porter-aller}} + K_{\text{porter-retour}}) + H_1 (K_{\text{lever}} + K_{\text{baisser}}) + H_2 (K_{\text{monter}} + K_{\text{descente}})]$$

avec

- E = Consommation d'énergie en kcal./heure ;
- n = Nombre de parcours aller-retour par heure
(1 aller-retour = 1 parcours) ;
- L = Longueur d'un parcours aller *ou* retour ;
- H_1 = Hauteur totale en mètres de soulèvement ou d'abaissement de la charge pour un parcours ;
- H_2 = Dénivellation verticale en mètres à monter ou à descendre pour un parcours.

K_{porter} , K_{lever} , K_{baisser} , K_{monter} , K_{descente} , sont des constantes exprimées en kilocalories par mètre de chemin plat parcouru ou de dénivellation pour les charges soulevées ou transportées à l'aller *ou* au retour. Les valeurs de ces constantes sont données dans le tableau XVIII. Ces valeurs dépendent de la charge transportée et doivent être utilisées de la façon suivante :

1° Pour un transport sur terrain plat :

— Si l'aller et le retour sont chargés, la constante K_{porter} correspondant au poids de la charge doit être multipliée par 2, pour tenir compte de l'aller et du retour (puisque $K_{\text{porter-aller}} = K_{\text{porter-retour}}$).

— Si l'aller est chargé et le retour non-chargé, $K_{\text{porter-aller}} \neq K_{\text{porter-retour}}$, il faut ajouter à la valeur de la constante correspondant à la charge transportée à l'aller, la valeur de la constante pour une charge égale à 0 pour le retour (soit $K = 0,047$).

Ainsi par exemple si la charge est égale à 20 kg à l'aller et à 0 au retour, on aura $K_{\text{porter}} = 0,065 + 0,047$.

2° Pour un transport avec dénivellation, il faudra ajouter, à la valeur de K_{lever} , la valeur de K_{baisser} , ces deux valeurs dépendant du poids de la charge à soulever ou à abaisser, ce poids pouvant être nul lorsqu'un seul des deux parcours s'effectue avec une charge. De même il faudra, le cas échéant, ajouter à la valeur de K_{monter} la valeur de K_{descente} .

Tableau XVIII. *DEPENSE SELON L'IMPORTANCE
DE LA CHARGE DEPLACÉE, SOULEVÉE OU MONTEE (en kcal./m)*

Charge (kg)	K_{porter}	K_{lever}	K_{baisser}	K_{monter}	K_{descente}
0	0,047	0,32	0,08	0,73	0,20
2	0,049	0,35	0,09	0,74	0,21
5	0,051	0,38	0,11	0,75	0,22
7	0,052	0,41	0,14	0,77	0,24
10	0,054	0,49	0,18	0,80	0,27
12	0,056	0,53	0,21	0,83	0,30
15	0,059	0,60	0,26	0,86	0,33
18	0,062	0,66	0,32	0,90	0,37
20	0,065	0,75	0,36	0,93	0,40
22	0,068	0,83	0,40	0,96	0,42
25	0,072	0,94	0,46	1,00	0,46
27	0,076	1,04	0,52	1,02	0,48
30	0,080	1,19	0,59	1,07	0,52
32	0,083	1,32	0,67	1,11	0,55
35	0,090	1,52	0,75	1,15	0,59
37	0,094	1,68	0,82	1,18	0,62
40	0,100	1,90	0,94	1,24	0,67
45	0,111	2,37	1,2	1,33	0,76
50	0,122	2,97	1,55	1,42	0,86

Valeurs de K_{porter} K_{lever} K_{monter} : d'après les données de Spitzer et Hettinger.

Valeurs de K_{baisser} et K_{descente} : estimations d'après certaines données de S. et H. dans Cahier du BTE.

Ainsi par exemple si un travailleur doit monter un escalier correspondant à une dénivellation de 3 mètres avec des charges de 15 kg, et revenir à vide, on aura

$$\begin{aligned} H_1 &= 3 \text{ m.} \\ K_{\text{monter}} &= 0,86 \\ K_{\text{descente}} &= 0,20 \end{aligned}$$

Autre exemple : un travailleur doit soulever des charges de 5 kg sur une hauteur de 50 cm, on aura :

$$\begin{aligned} H_1 &= 0,5 \text{ m.} \\ K_{\text{lever}} &= 0,38 \\ K_{\text{baisser}} &= 0,08 \end{aligned}$$

Si, à l'inverse, il doit abaisser de 50 cm des charges de 5 kg, le « retour » s'effectuant à vide, on aura :

$$\begin{aligned} H_1 &= 0,5 \text{ m.} \\ K_{\text{lever}} &= 0,32 \\ K_{\text{baisser}} &= 0,11 \end{aligned}$$

La formule donnée en page 110 permettant de calculer la consommation d'énergie dans le cas de soulèvement ou de transport de charge semble un peu compliquée au premier abord, mais se simplifie en fait beaucoup dans la plupart des cas.

Ainsi, lorsque le travailleur déplace des charges sur terrain plat sans effort de soulèvement, la formule se limite à

$$E = n \cdot L \cdot (K_{\text{porter-aller}} + K_{\text{porter-retour}})$$

Lorsque le travailleur doit d'abord soulever des charges, puis les porter sur un terrain plat, la formule devient :

$$E = n \cdot [L \cdot (K_{\text{porter-aller}} + K_{\text{porter-retour}}) + H_1 \cdot (K_{\text{lever}} + K_{\text{baisser}})]$$

Précisons le numéro des questions qui permettent de connaître les valeurs de n , L , H_1 et H_2 :

— La valeur de n est donnée dans les questions 5.4.1., 5.4.3. ou 5.4.4., selon qu'il s'agit de charge soulevée, transportée sur terrain plat ou transportée avec dénivellation. Dans la pratique, il est possible que n n'ait pas la même valeur dans ces 3 cas, c'est-à-dire que certaines charges doivent être seulement soulevées, d'autres soulevées et transportées sur terrain plat, d'autres transportées avec dénivellation, etc. Il faudra alors faire plusieurs calculs successifs.

— La valeur de L est donnée dans la réponse à la question 5.4.3. : longueur d'un parcours aller sans tenir compte du retour.

— La valeur de H_1 s'obtient à partir de la question 5.4.1., en faisant la différence entre la hauteur à laquelle la charge est prise et la hauteur à laquelle elle est déposée.

— La valeur de H_2 est donnée dans la réponse à la question 5.4.4. : dénivellation verticale pour un parcours chargé.

Ainsi par exemple, calculons quelle est la dépense énergétique d'un travailleur qui doit soulever de 80 centimètres des charges de 10 kg, puis les porter sur une distance de 25 mètres, et ceci 20 fois par heure.

On a alors :

$$\begin{aligned} n &= 20; L &= 25; H_1 &= 0,80; K_{\text{porter-aller}} &= 0,054 \\ && & & K_{\text{porter-retour}} &= 0,047 \\ && & & K_{\text{lever}} &= 0,49 \\ && & & K_{\text{baisser}} &= 0,08 \end{aligned}$$

La dépense énergétique par heure de travail est donc :

$$E = 20 \cdot [25 \times (0,054 + 0,047) + 0,80 \times (0,49 + 0,08)] = 59,6 \text{ kcal./heure}$$

Si le travailleur effectue ce travail pendant 7 h. 30, la dépense journalière pour ce travail sera :

$$59,6 \times 7,5 = 447 \text{ kilocalories}$$

CAS PARTICULIER DE LA PALETTISATION

Dans le cas de la palettisation (et pour d'autres travaux de type analogue), les charges sont prises sur un plan de travail fixe, puis

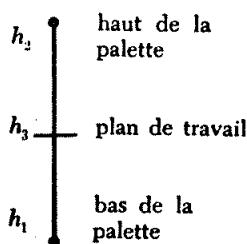
déposées sur une palette à diverses hauteurs, de bas en haut de la palette.

On pourra alors décomposer les efforts de la façon suivante :

1^o l'ensemble des charges est déplacé horizontalement sur une distance égale à la distance entre le plan de travail où sont pris les paquets et la palette ; la dépense énergétique est évaluée par la formule $E_1 = n \cdot L \times [K_{\text{porter-aller}} + K_{\text{porter-retour}}]$.

$K_{\text{porter-retour}}$ étant ici égal à 0,047, correspondant à une charge nulle.

2^o Une partie des charges est déplacée vers le bas, tant que la hauteur à laquelle les paquets sont déposés sur la palette est inférieure à la hauteur à laquelle ils sont pris.



Si h_1 est la hauteur du bas de la palette
 h_2 la hauteur finale de la palette
et h_3 la hauteur du plan sur lequel sont pris les paquets,
la proportion des paquets qui sont abaissés est :

$$\frac{h_3 - h_1}{h_2 - h_1}$$

et la hauteur moyenne d'abaissement est :

$$\frac{h_3 - h_1}{2}$$

On aura donc comme dépense énergétique correspondant aux charges qui sont abaissées :

$$\begin{aligned} E_2 &= n \cdot \frac{h_3 - h_1}{h_2 - h_1} \times \frac{h_3 - h_1}{2} \times (K_{\text{baisser}} + K_{\text{lever}}) \\ &= n \cdot \frac{(h_3 - h_1)^2}{2(h_2 - h_1)} \times (K_{\text{baisser}} + K_{\text{lever}}) \end{aligned}$$

K_{lever} est ici égal à 0,32 et correspond à une charge nulle.

3^o Une autre partie des charges est déplacée vers le haut, lorsque la hauteur de pose sur la palette est plus élevée que la hauteur de prise :

— La proportion des paquets qui sont soulevés est :

$$\frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1}$$

et la hauteur moyenne de lever est :

$$\frac{h_2 - h_3}{2}$$

La dépense correspondant à la proportion des charges qui sont soulevées sera :

$$\begin{aligned} E_3 &= n \times \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} \times \frac{h_2 - h_3}{2} (K_{lever} + K_{baisser}) \\ &= n \frac{(h_2 - h_3)^2}{2(h_2 - h_1)} \times (K_{lever} + K_{baisser}) \end{aligned}$$

$K_{baisser}$ étant ici égal à 0,08 correspondant à une charge nulle.

On aurait donc finalement comme dépense globale pour l'ensemble des efforts

$$\begin{aligned} E &= E_1 + E_2 + E_3 = \\ &n \left[L (K_{porter} + 0,047) + \frac{(h_2 - h_1)^2}{2(h_2 - h_1)} \times (K_{baisser} + 0,32) \right. \\ &\quad \left. + \frac{(h_2 - h_3)^2}{2(h_2 - h_1)} (K_{lever} + 0,08) \right] \end{aligned}$$

Dans le cas particulier où le plan de travail est à égale distance verticale du bas et du haut de la palette, on a :

$$h_2 - h_3 = h_3 - h_1 = \frac{h_2 - h_1}{2}$$

et

$$E = n [L (K_{porter} + 0,047) + \frac{h_2 - h_1}{8} (K_{baisser} + K_{lever} + 0,40)]$$

Ainsi, par exemple, calculons la dépense énergétique d'un travailleur qui palettise 4 000 kg à l'heure par paquets de 10 kg ; la distance parcourue pour chaque transport est de 1 mètre, le niveau inférieur de la palette est 20 cm, le niveau supérieur 170 cm et le plan sur lequel sont posés les paquets est à une hauteur de 90 cm.

Le coût énergétique horaire sera évalué de la façon suivante :

1° 4 000 kg déplacés par heure sur un mètre, à raison de 400 fois 10 kg :

$$E_1 = 400 \times 1 \times (0,054 + 0,047) = 40,4 \text{ kilocal./heure}$$

2° Effort correspondant aux charges abaissées :

$$n = 400 \quad K_{\text{baisser}} = 0,18 \quad K_{\text{lever}} = 0,32$$

$$h_2 - h_1 = 1,50 \quad h_3 - h_1 = 0,70$$

$$E_2 = 400 \times \frac{(0,70)^2}{2 \times 1,50} (0,18 + 0,32) = \frac{400 \times 0,49 \times 0,50}{3}$$

$$= 32,8 \text{ kcal./heure.}$$

3° Effort correspondant aux charges soulevées :

$$h_2 - h_3 = 0,80, \quad h_2 - h_1 = 1,50$$

$$K_{\text{lever}} = 0,49 \quad K_{\text{baisser}} = 0,08$$

$$E_3 = 400 \times \frac{(0,80)^2}{2 \times 1,50} (0,49 + 0,08) = \frac{400 \times 0,64 \times 0,57}{3}$$

$$= 48,6 \text{ kcal./heure.}$$

Le coût énergétique horaire de travail est donc :

$$E = E_1 + E_2 + E_3 = 40,4 + 32,8 + 48,6 = 121,8 \text{ kcal./heure.}$$

Si le travailleur fait ce travail pendant 7 heures effectives, la dépense énergétique de travail est :

$$121,8 \times 7 = 852,6 \text{ kcal./jour}$$

à laquelle s'ajoutent la dépense due à la posture, la dépense de fond (1 700 kcal./jour) et la dépense pour les diverses activités non-professionnelles (environ 600 kcal./jour).

6.2.2. Déplacements verticaux et horizontaux.

Nous ne tiendrons compte ici que des déplacements effectués sans transport de charge, ce cas particulier ayant fait l'objet du paragraphe précédent.

Déplacements horizontaux. La dépense énergétique pour la marche en terrain plat à la vitesse normale de 4 km/h est évaluée à 3,2 kcal./min. (cf. Scherrer, I, p. 182). On pourra donc évaluer la dépense horaire (en kcal./heure), due aux déplacements horizontaux, en multipliant le nombre de mètres parcourus en une heure par la dépense en kilocalories par mètre parcouru, soit :

$$\frac{3,2 \times 60}{4\,000} = \frac{4,8}{100} = 0,048 \text{ kcal./mètre}$$

Déplacements verticaux. La référence est ici celle des travaux de Spitzer et Hettinger : « à la vitesse de 80 marches par minute, le coût

énergétique du mètre parcouru en hauteur est d'environ 0,73 kilocalorie » (Scherrer, I, p. 186) ; lorsqu'il s'agit de descente à la même vitesse, le coût énergétique du mètre parcouru verticalement est d'environ 0,20 kilocalorie.

On obtiendra donc la dépense énergétique horaire (en kcal./heure) en multipliant le nombre de mètres parcourus verticalement en 1 heure par 0,73 s'il s'agit de montée et par 0,20 s'il s'agit d'une descente.

Tableau XIX. *Evaluation de la dépense énergétique selon la localisation des muscles actifs et l'importance de l'effort*

<i>Localisation des muscles actifs</i>	<i>Intensité de l'effort</i>	<i>Dépense énergétique en (kcal./min.)</i>	
1 ou 2 mains	Léger	0,3	-
	Moyen	0,6	-
	Lourd	0,9	-
1 bras	Léger	0,7	-
	Moyen	1,2	-
	Lourd	1,7	-
2 bras	Léger	1,5	-
	Moyen	2,0	-
	Lourd	2,5	-
Ensemble du corps	Léger	2,5	-
	Moyen	4,0	-
	Lourd	6,0	-
	Très lourd	8,5	-
Membres inférieurs	Léger	0,6	-
	Moyen	0,9	-
	Lourd	1,2	-
			1,7

6.2.3. Activité des divers muscles du corps.

Nous utiliserons, pour évaluer la dépense énergétique selon la nature des muscles en action et l'intensité de leur sollicitation, les évaluations de Lehmann, citées par la plupart des auteurs (Grandjean, Scherrer, Hettinger et Spitzer)¹⁴. Ces données sont reproduites dans le tableau XIX.

En rapprochant ces données des réponses 5.6., 5.7., 5.8. et 5.9., il est possible de calculer le coût énergétique horaire des efforts des divers groupes musculaires du corps. Il suffit, en effet, de multiplier la durée (en min./heure) de chaque effort, par le niveau énergétique correspondant, pour obtenir la dépense dynamique horaire correspondant aux efforts musculaires, à l'exclusion des déplacements ou du

14. Cf. notamment SCHERRER, tome I, p. 191.

transport de charges qui ont été estimés de façon un peu différente selon les méthodes précédemment exposées.

6.2.4. Travail dynamique total.

Par sommation des dépenses énergétiques correspondant

- aux charges soulevées ou transportées,
- aux déplacements verticaux ou horizontaux du travailleur,
- aux autres efforts musculaires,

on obtient la dépense énergétique horaire correspondant au travail dynamique. En multipliant la dépense horaire par la durée journalière *effective* de travail (à l'exclusion de toutes pauses spontanées ou imposées), on connaîtra la dépense énergétique journalière du travail dynamique. Si les temps de pause ont déjà été pris en compte dans les évaluations horaires de dépense, il est bien évident que l'on ne devra pas les soustraire de la durée journalière de travail.

Rappelons encore une fois que cette dépense ne comprend pas la dépense de fond (1,1 kcal./min.), ni la dépense de repos.

6.3. ACTIVITE PHYSIQUE GLOBALE DE TRAVAIL.

La dépense énergétique totale de travail est la somme de la dépense statique et de la dépense dynamique¹⁵. La fiche récapitulative proposée aux pages suivantes a pour but de rassembler les divers éléments d'évaluation de la charge physique, aussi bien statique que dynamique. Elle doit permettre d'établir assez rapidement le coût énergétique de travail de chaque poste de travail à partir des réponses du guide d'observation.

A partir des normes et des échelles de cotation données par divers auteurs, nous avons établi un tableau de cotation des divers niveaux de dépense énergétique de travail (cf. tableau F)¹⁶. Cette cotation présente, par rapport aux précédentes, deux particularités : d'une part, elle est différente pour les hommes et les femmes, d'autre part, il y figure une cotation négative (— ↓) correspondant à ce que nous considérons comme un niveau de sous-activité physique. En effet, l'idéal d'un poste de travail ne nous semble pas être celui où la dépense serait quasi nulle, ou très faible et d'origine purement statique. Un certain niveau de dépense physique est tout à fait naturel et pour beaucoup de postes de travail actuels l'activité physique dynamique a presque totalement disparu, ce qui peut aussi être considéré comme insatisfaisant. Nous avons voulu que ces états de sous-charge physique

15. Auxquelles s'ajoutent, si on veut avoir le bilan énergétique global journalier, la dépense de fond (1 700 kcal./jour) la dépense de repos et la dépense des diverses activités non-professionnelles (500 à 600 kcal./jour).

16. Annexe I, p. 211.

Tableau XX. *FICHE RECAPITULATIVE DE CHARGE PHYSIQUE*

Entreprise :
Sexe du travailleur

Poste de travail :
N° du questionnaire

1 - Charge statique		(1) durée posture par heure (en min.)	(2) nbré heu- res tra- vail/jour	(3) dépense kcal. par minute	(4) = (1) \times (2) \times (3) dépense kcal./jour	(5) cotation
Posture						
assise	normale courbée bras au-dessus des épaules			0,06 + 0,09 + 0,10		
debout	normale bras au-dessus des épaules courbée fortement courbée			0,16 + 0,14 + 0,21 + 0,40		
agenouillée	normale courbée bras au-dessus des épaules			0,27 + 0,04 + 0,09		
couchée	bras levés			0,06		
accroupie	normale bras au-dessus des épaules			0,26 + 0,01		
		Total	charge statique	...		

2 - Charge dynamique

2.1. Déplacements

	(1) nbré de mè- tres/heure	(2) nbré heures par jour	(3) dépense en kcal./mètre	(4) dépense en kcal./jour (1) \times (2) \times (3)
horizontaux			0,048	
verticaux			0,73	
Total			

Total Charge physique en kcal. : Cotation :

2.2. Efforts musculaires

muscles sollicités		intensité de l'effort	(1) durée effort/heure (en min.)	(2) nbre heures travail/jour	(3) dépense en kcal./minute	(4) = (1) × (2) × (3) dépense kcal./jour
mains	léger				0,5	
	moyen				0,8	
	lourd				1,0	
1 bras	léger				0,9	
	moyen				1,4	
	lourd				2,0	
2 bras	léger				1,7	
	moyen				2,2	
	lourd				2,8	
1 jambe	léger				0,7	
	moyen				1,1	
	lourd				1,5	
corps	léger				3,2	
	moyen				5,0	
	lourd				7,2	
Total						

2.3. Charges transportées ou soulevées

Charges transportées						Charges soulevées			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
pds de chaque charge en kgs	nbre de transports/heure	nbre de m. chargé pour chaque parcours	dépense en kcal./mètre *	dépense en kcal. par heure (2) × (3) × (4)	dépense en kcal. par jour	hauteur de levée	dépense en kcal./mètre *	dépense en kcal./heure (2) × (7) × (8)	dépense en kcal./jour
total A				total B				total A + B =	

* Les valeurs de (4) et (8) sont données par le tableau XVIII de la page 111.

apparaissent par un signe particulier (— ↓), mais nous n'avons pas établi d'échelle de cotation négative correspondant à la sous-charge.

D'après ce tableau de cotation, on peut donc considérer les divers niveaux suivants :

Sans activité physique	cotation	— ↓
Faible activité physique	“	0, 1, 2
Activité physique moyenne	“	3, 4, 5
Activité physique élevée	“	6, 7
Activité physique dure	“	8, 9
Activité physique trop dure	“	10

Il est important de souligner qu'en nous basant sur la dépense énergétique pour évaluer la pénibilité d'un poste de travail, nous risquons, dans certains cas, de sous-estimer cette pénibilité, en particulier dans beaucoup de travaux répétitifs où ne sont actifs qu'un nombre réduit de muscles, le plus souvent les petits muscles des doigts ou des mains. La dépense énergétique est alors faible, mais la sollicitation constante des mêmes muscles peut être à la longue pénible, voire insupportable. On peut d'ailleurs constater dans le tableau XIX (page 116) que ce qui est considéré comme un travail *lourd*, c'est-à-dire pénible, des mains correspond à une dépense énergétique inférieure à celle d'un travail *léger* des 2 bras.

Il est donc important de souligner que cette cotation basée sur la dépense énergétique est valable surtout dans le cas de travaux requérant l'utilisation d'un grand nombre de muscles. Dans le cas de travail musculaire local, une cotation favorable pour la dépense énergétique n'exclue pas une fatigue au niveau de certains muscles continuellement actifs. Les renseignements recueillis à la question 5.6. seront alors importants pour souligner cette pénibilité.

CHAPITRE VI

LA CHARGE MENTALE

La méthode que nous avons utilisée jusqu'alors, consistant à observer de façon aussi objective que possible le poste de travail et à mesurer ou évaluer de façon relativement précise les diverses nuisances ou la charge physique, ne peut pas s'appliquer de façon aussi satisfaisante pour la charge mentale. En effet, des études concernant les effets sur l'homme des divers éléments d'environnement et des divers niveaux de charge physique existent depuis un certain nombre d'années déjà ; elles nous ont permis de proposer une cotation d'un certain nombre d'éléments des conditions de travail permettant d'établir un diagnostic. Mais les études concernant la charge mentale sont beaucoup plus rares et plus récentes et ne permettent pas de dégager des normes directement utilisables.

Il faudrait d'ailleurs tout d'abord préciser ce que l'on entend par « charge mentale », car le terme peut prêter à confusion. En effet, la charge mentale dépend, d'une part, des exigences de la tâche et, d'autre part, des capacités de celui qui effectue cette tâche. C'est pourquoi les ergonomes préfèrent utiliser deux termes distincts selon qu'il s'agit des caractéristiques du travail lui-même : « *niveau d'exigence de la tâche* », ou selon qu'il s'agit du degré de mobilisation du sujet, de la fraction de sa capacité de travail qu'il investit dans sa tâche : « *charge de travail* »¹. Il est bien évident que cette charge de travail dépend non seulement de facteurs caractéristiques de la tâche elle-même, mais aussi de facteurs extérieurs à cette tâche :

- facteurs individuels ou socio-culturels : âge, dispositions intellectuelles ou psychomotrices, héritage socio-culturel, niveau d'instruction, formation professionnelle, apprentissage, expérience antérieure, etc.
- facteurs d'environnement : effets du bruit, d'une ambiance toxique, de la chaleur, etc.

1. Cf. J. LEPLAT, *La psychologie du travail en ergonomie*, dans *Traité de psychologie appliquée*, P.U.F., t. III, p. 63-136.

Ces deux notions, exigence de la tâche et charge ressentie par le travailleur, existent aussi pour les autres éléments des conditions de travail que nous avons analysés, pour la charge physique en particulier. Mais pour ceux-ci il était possible de les séparer et de mesurer les divers éléments indépendamment de l'opérateur. Dans le cas de la charge mentale, cela est beaucoup plus difficile, car il n'existe pas d'unité énergétique pour mesurer cette charge. La plupart des méthodes d'évaluation de la charge mentale proposées actuellement reposent sur le concept de la fatigue, qui mesure bien la charge de travail pour l'opérateur au sens des ergonomes, mais non le niveau d'exigence de la tâche.

1. MESURE DE LA CHARGE MENTALE

Divers auteurs ont proposé des évaluations de la charge mentale à partir d'indices physiologiques ou psychologiques basés sur la notion de fatigue. La fatigue n'est malheureusement pas un concept clair dont on puisse donner une définition précise, car il existe presque autant de définitions de la notion de fatigue que d'auteurs. Il est cependant possible d'analyser d'un peu plus près ce concept.

1.1. LA FATIGUE.

a) Il est possible d'une part de distinguer *diverses formes* de fatigue :

- *une fatigue musculaire* : dont nous avons eu l'occasion de parler dans le chapitre concernant la charge physique ; cette fatigue musculaire n'a pas seulement un effet sur le muscle en cause, mais elle peut entraîner à la longue une intoxication générale en libérant dans l'organisme des substances toxiques, tel que l'acide lactique ; ceci peut entraîner une fatigue du système nerveux et des muscles qui n'ont pas travaillé ;
- *une fatigue nerveuse* qui se manifeste au niveau des centres nerveux et du cerveau. Cette fatigue peut être provoquée soit par une *charge musculaire* comme nous venons de le voir, soit par une *charge des organes sensoriels*. Cette charge des organes sensoriels peut elle-même être causée :
 - soit par l'environnement : les yeux, les oreilles se fatiguent lorsqu'ils sont placés dans certaines conditions d'ambiance lumineuse ou sonore ;
 - soit par une trop grande sollicitation qui déclenche la fatigue, non pas au niveau de l'organe sensoriel proprement dit, mais au

niveau du système perceptif, c'est-à-dire du cerveau. Il s'agit d'une fatigue qui peut perturber, d'une part, l'activité intellectuelle consciente ou les automatismes de la pensée et du souvenir, activités assurées par la partie cortico-thalamique du cerveau (cortex et thalamus), et, d'autre part, l'activité coordinatrice et régulatrice de la base du cerveau (formation réticulaire et hypothalamus).

b) Il est, d'autre part, possible de distinguer plusieurs niveaux de fatigue, allant du normal au pathologique :

La fatigue normale ou physiologique, qui entraîne une détérioration passagère d'une partie de l'organisme, mais qui est entièrement réversible par le repos. Cette fatigue constitue un signal d'alarme pour l'organisme qui perçoit ainsi ses limites. Ce premier niveau de fatigue doit entraîner normalement la mise en route d'une fonction protectrice autorégulatrice. Pour le muscle, cette fonction est assurée par le repos, c'est-à-dire l'interruption de l'activité. Pour le cerveau le repos ne correspond pas à une inactivité, mais se traduit par l'abandon de son rôle de commande de la pensée et du comportement conscient et volontaire, le sujet ne fait plus attention, il tombe dans la rêverie, puis dans la somnolence².

Si, malgré cet avertissement, l'organisme doit maintenir son activité musculaire, sensorielle ou mentale, la *fatigue* cesse d'être réversible pour devenir *chronique*, le maintien de l'activité ne s'effectuant qu'au prix d'un effort accru de la volonté.

Au bout d'un temps plus ou moins long, la fatigue chronique fait place à la *fatigue pathologique* ou *surmenage* : l'excès de fatigue conduit nous l'avons vu, à un dérèglement des fonctions régulatrices et intégratrices de la région hypothalamique. Ceci se traduit par de graves perturbations organiques, psychiques ou psychosomatiques : asthénie (perte de force) physique et mentale (difficultés de coordination, pertes de mémoire), modifications de l'humeur et du caractère (irascibilité, angoisses, mélancolie, crises de nerfs, etc.), troubles du sommeil, malaises organiques (ulcères gastriques, maux de tête, infarctus du myocarde).

On peut finalement dire qu'il est pratiquement impossible de distinguer nettement la fatigue physique et la fatigue cérébrale. Certains auteurs, tels que Schmidtke et Leplat, pensent que cette distinction relève plus de la symptomatologie, c'est-à-dire des manifestations de ces phénomènes, que des phénomènes eux-mêmes : « On peut peut-être dire que l'on se trouve en face de deux processus différents quant à leurs manifestations, mais non quant à leur nature. La distinction

2. P. CHAUCHARD, *La fatigue*, p. 31.

serait donc avant tout opérationnelle : la fatigue physique étant celle des muscles et du système cardio-vasculaire, la fatigue mentale étant provoquée par des manifestations fonctionnelles du système nerveux central ».

1.2. METHODES D'EVALUATION DE LA CHARGE MENTALE.

Ce sont certaines de ces perturbations que se proposent d'appréhender diverses méthodes d'évaluation de la charge mentale qui se basent soit sur des indices physiologiques, soit sur des indices psychologiques de la fatigue.

Parmi les indices physiologiques, citons l'électro-encéphalogramme (modifications des tracés selon le niveau d'attention, par exemple), les modifications de la fréquence cardiaque et de l'arythmie du cœur, la diminution de la fréquence des scintillations lumineuses donnant à l'œil une impression de fusion, la variation des taux de catécholamines (adrénaline et noradrénaline) et de corticoïdes dans les urines.

Parmi les indices psychologiques, citons l'analyse des réponses d'un opérateur au cours d'un travail : on mesure la qualité et la quantité des réponses données, le nombre des erreurs ou des omissions, dans diverses situations où le nombre et la difficulté des informations à détecter et des décisions à prendre varient. Citons aussi la méthode de la double tâche qui est basée sur la théorie du canal unique définie par A.T. Welford et reprise par J.W.H. Kalsbeek.

Selon Kalsbeek, le comportement de l'homme peut être schématisé par un enchaînement d'actions élémentaires successives ; le déclenchement ou l'interruption de ce déroulement est déterminé par *un choix*. Lorsque l'enchaînement des changements de situations se répète à partir d'une situation initiale donnée, il devient possible de construire des *programmes de choix*. Avec de l'entraînement, seul le déclenchement du programme nécessite un choix conscient, les autres choix deviennent de plus en plus routiniers. Dès qu'il se présente quelque chose d'inattendu, un choix conscient est à nouveau nécessaire. C'est le système nerveux central qui contrôle ce comportement en prenant en charge non seulement les choix, mais aussi leur exécution et leur contrôle, en comparant le résultat obtenu avec le résultat recherché. Ces choix conscients peuvent être utilisés comme unités de charge mentale, auxquelles peut être appliquée l'hypothèse du canal unique, formulée par A.T. Welford.

A la suite d'expériences sur le temps de réaction, A.T. Welford remarqua que lorsque deux informations (ou deux signaux) se suivent de très près, le temps de réponse au deuxième signal est beaucoup plus long que pour le premier, comme si le deuxième signal devait attendre jusqu'à ce que la voie soit libre, c'est-à-dire que l'information

du premier signal ait été traitée. Cette observation amena Welford à formuler l'hypothèse du *Canal unique* qui est basée sur deux postulats :

- le système nerveux central fonctionne comme un canal unique par lequel passent tous les divers types d'activité cérébrale : identification, mémorisation, décision, action ;
- la *capacité* du canal unique est *limitée* et tout se passe comme si le canal unique était occupé, avec des alternatives très rapides, par les diverses activités.

Kalsbeek a repris cette hypothèse : le canal unique consisterait en une série de moments disponibles pour effectuer successivement des choix conscients, non routiniers. Il n'est pas possible d'effectuer plusieurs choix conscients simultanément et le nombre maximum de choix conscients que le cerveau humain est capable d'effectuer par minute est limité. Lorsqu'il y a surcharge du système nerveux central (ou du canal unique), il y a une détérioration de la tâche qui est signe de saturation. Par la méthode de la double tâche, il est possible de faire varier expérimentalement la surcharge et d'observer comment l'exécution de la tâche se détériore.

Le principe de la méthode de la double tâche est d'associer à la tâche principale, effectuée en priorité, une deuxième tâche simple permettant de mesurer ainsi indirectement quelle est, par unité de temps, la fraction de capacité mentale qui est inemployée par la tâche principale. Plus la difficulté ou la rapidité de la tâche principale augmente, plus les performances de la deuxième tâche sont faibles. Lorsque la quantité d'information à l'entrée du canal est supérieure à la capacité du canal, une partie de cette information échappe à l'attention et conduit à des erreurs.

Ainsi par exemple, la tâche principale est constituée par un distributeur de choix binaires : des sons graves et aigus se succèdent dans un ordre tout à fait aléatoire ; lorsque le son est grave, le sujet doit appuyer sur une pédale à droite, lorsque le son est aigu, il doit appuyer sur une pédale à gauche. La tâche secondaire consiste à écrire un texte libre. Lorsque la succession des sons est lente, le sujet écrit un texte très sensé et très lisible. Plus la rapidité de présentation des sons s'accroît, plus la capacité d'attention disponible pour la deuxième tâche diminue : l'écriture s'altère, les lettres sont de plus en plus espacées, désordonnées pour n'être plus que des gribouillages. Simultanément le contenu du texte se modifie : il devient plus simple, plus banal, puis ce ne sont plus que des successions de mots et de lettres. Toute la capacité d'attention, ou la capacité du canal unique, est accaparée par la première tâche et la deuxième tâche devient impossible à réaliser.

En fait, cette méthode est surtout utilisable pour des tâches sensorielles. De plus, son utilisation est réalisable de façon expérimentale, en laboratoire, mais semble difficile à généraliser dans les cas concrets de postes de travail industriel.

Enfin, les études précédemment analysées sont basées sur des concepts de fatigue ou de surcharge, c'est-à-dire qu'elles sont susceptibles d'appréhender les états de charge mentale les plus élevés et relevant de la pathologie. Or nous voulons, comme pour les autres éléments des conditions de travail, établir une gradation de la charge mentale.

Compte tenu de la multiplicité des facteurs qui interviennent dans la notion de charge mentale, il semble impossible de proposer un seul indice synthétique de la charge mentale. Par contre, il semble possible d'imaginer des critères indirects ou partiels de la charge mentale, basés principalement sur l'hypothèse du canal unique, et de proposer une gradation de ces divers indicateurs.

Mais cette référence est insuffisante pour apprécier la charge mentale. En effet, la fatigue peut provenir non seulement d'une trop grande quantité de signaux ou d'informations à traiter par le cerveau, mais également d'une trop faible quantité, ou une trop faible variété, d'informations. Le travailleur doit alors faire un effort pour maintenir sa vigilance ; par ailleurs, de même que l'inutilisation de certains muscles entraîne leur sclérose, l'inutilisation de certaines fonctions du cerveau entraîne une régression de celles-ci et, par conséquent, un appauvrissement de l'intelligence.

Pour cela, il nous semble nécessaire de ne pas nous limiter à l'hypothèse du canal unique, qui est basée sur une analyse du fonctionnement du cerveau, en tant qu'organe, mais d'essayer d'avoir une vue plus générale et plus précise sur le fonctionnement de l'intelligence et de la pensée.

2. THEORIE DE L'INTELLIGENCE

La conception de l'intelligence, que nous empruntons à J. Piaget, est dynamique. Les fonctions cognitives sont la résultante de facteurs d'équilibration permanente. Tout acte mental revient à structurer d'une manière ou d'une autre les rapports entre le milieu et l'organisme. Le nombre des opérations possibles de la pensée n'est pas fixé une fois pour toute et l'on peut toujours supposer qu'il est susceptible de croître.

Les fonctions cognitives ne peuvent pas être analysées seulement sous l'angle quantitatif (nombre d'informations traitées), mais doivent l'être aussi sous l'angle qualitatif, selon la nature des structures de pensée utilisées.

2.1. LES STRUCTURES DE LA PENSEE.

Se basant sur l'observation du développement de l'intelligence chez l'enfant, J. Piaget distingue quatre niveaux dans la formation des structures mentales :

— *Structures sensori-motrices*. Elles utilisent uniquement l'activité perceptive et motrice. La pensée sensori-motrice consiste à coordonner entre eux des perceptions successives et des mouvements réels également successifs : il y a une succession d'états reliés par de courtes anticipations et reconstitutions, mais sans jamais aboutir à une représentation d'ensemble. Il y a un lien direct et un trajet très court entre le sujet et le réel ; l'acte d'intelligence sensori-motrice vise au succès de l'action et non à la connaissance en tant que telle : c'est une intelligence vécue et non réflexive, dont les structures sont intransitives, irréversibles.

— *Structures symboliques et intuitives*. Elles permettent la représentation du réel par l'intermédiaire de « signifiants » distincts des « choses signifiées ». Le sujet peut établir des correspondances par régulations successives, par centrations successives de la pensée ; il peut construire de courtes séries par tâtonnements successifs. L'intuition est avant tout une action exécutée en pensée sur des objets symboliques, mais il y a toujours un rapport immédiat entre un schème d'action intériorisée et la perception des objets. Il n'y a encore ni réversibilité, ni associativité.

— *Structures logico-arithmétiques*. Elles rendent possible l'intervention simultanée, et non plus successive, des mouvements, des transformations. Elles sont capables d'établir un ordre temporel (avant-après), de constituer des opérations qualitatives susceptibles de structurer l'espace (ordre de succession spatiale, intervalles, distances, conservation des longueurs, des surfaces, etc.). Mais ces opérations restent concrètes, liées à l'action et à la réalité.

— *Structures formelles ou hypothético-déductives*. Capables de manier les concepts, d'établir des raisonnements abstraits, sans s'appuyer sur l'action directe ou sur le réel, elles multiplient les distances spatio-temporelles entre le sujet et les objets et sont capables de réversibilité. Contrairement à la pensée concrète, la pensée formelle ou abstraite est capable de se décentrer, non seulement par rapport à la perception, mais par rapport à l'action.

Grâce à la pensée formelle, le sujet ne se contente plus d'identifier l'information, puis d'y répondre, il peut manipuler des concepts abstraits pour donner la réponse. Cette abstraction repose sur des structures opératoires capables de se distancer de l'objet : elle permet l'intégration de « ce qui est » dans « ce qui pourrait être » par le jeu de toutes les combinaisons possibles.

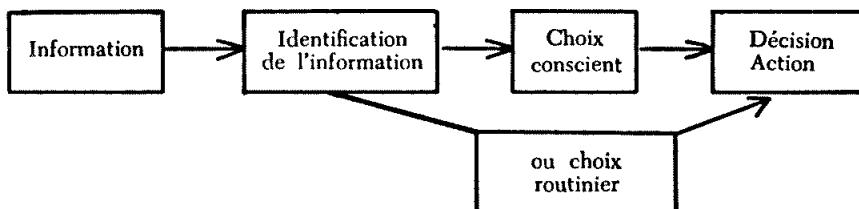
De plus, le possible n'est plus seulement un prolongement du réel ou des actions exécutives, c'est le réel qui se subordonne au possible. Ainsi la pensée peut effectuer au départ la synthèse entre le possible et le nécessaire en déduisant les conclusions de prémisses dont la vérité n'est admise au départ que par hypothèse et relève ainsi du possible avant de correspondre au réel.

Certains auteurs appellent ce type d'opérations intellectuelles le Feed Before.

2.2. LES EXIGENCES DE LA TACHE.

Dans un souci de simplification, on peut convenir de regrouper en deux les diverses structures de l'intelligence : la pensée concrète (sensori-motrice, symbolique et logico-arithmétique) et la pensée abstraite (hypothético-déductive). Selon les types de tâche, les structures mentales sollicitées de façon privilégiée sont plus ou moins élémentaires et cette classification semble utile pour distinguer les tâches utilisant principalement les structures élémentaires, ce qui constitue une nuisance, nous y reviendrons, et les tâches faisant appel de façon fréquente à la pensée abstraite, qui peuvent être considérées comme un modèle optimum.

Dans la plupart des travaux industriels, simples et répétitifs, il est fait appel de façon prépondérante à l'intelligence concrète. Même si l'on sait que, malgré les études des services des méthodes en vue d'organiser et de simplifier le travail, celui-ci n'est jamais totalement stabilisé et que, par conséquent, le travailleur doit, pour s'adapter à une situation fluctuante, faire appel à des opérations mentales plus complexes que celles prévues par l'organisation, il faut cependant reconnaître que la diversité des fluctuations auxquelles le travailleur doit s'adapter est assez réduite et que cela ne lui permet pas d'exercer, ni de développer, l'ensemble de ses possibilités. Ce qui signifie que toutes les fluctuations imprévues auxquelles le travailleur doit faire face, dans un temps le plus souvent limité, constituent finalement des facteurs aggravants de la charge mentale et non des éléments valorisants.



La sous-utilisation de la pensée abstraite risque d'entraîner assez rapidement sa sclérose. En effet, le concept ne peut se former que si le sujet acquiert de nombreuses informations qu'il peut comparer, combiner, etc. Le travail répétitif et parcellaire, qui ne propose au travailleur que peu d'informations, toujours identiques, limite rapidement la fonction de conceptualisation.

Enfin, le raisonnement est la combinaison d'expériences antérieures ou d'informations résultant d'expériences antérieures, en vue de résoudre un problème nouveau qui ne pourrait être résolu par la simple reproduction de l'une des expériences antérieures. Seule l'expérience active et vécue est vraiment enrichissante et le raisonnement pourra être d'autant plus riche que les expériences antérieures ont été plus nombreuses et variées. Lorsque le sujet n'a à faire qu'à des situations connues, auxquelles il peut répondre de façon habituelle et automatique, il n'a pas l'occasion de mettre en jeu son raisonnement ; et ses capacités ne pourront se développer, si l'on admet que l'expérience accroît la capacité et la plasticité du cerveau³.

En adoptant cette hypothèse des diverses structures de la pensée, nous considérons l'intelligence comme un moyen d'adaptation au milieu. Mais tandis que l'organisme s'adapte en effectuant avec le milieu des échanges matériels, qui supposent une transformation interne des corps en présence, l'intelligence est capable de construire mentalement des structures susceptibles de s'appliquer à celles du milieu, ces structures pouvant être, nous l'avons vu, plus ou moins complexes. L'analyse du déroulement des opérations mentales chez le sujet devra donc permettre de déceler les facteurs qui empêchent, gênent ou perturbent l'utilisation et le développement des diverses fonctions adaptatrices de l'intelligence.

En résumé, selon le travail qu'il doit effectuer, le travailleur fait appel :

- à des mécanismes de la pensée concrète ;
- à des mécanismes de type hypothético-déductif.

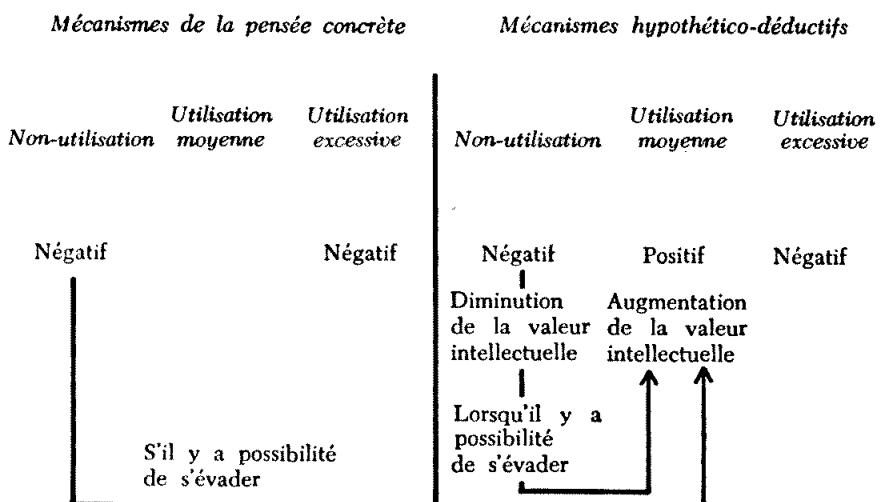
Chacune de ces structures peut être sollicitée à divers niveaux, le niveau moyen correspondant à une charge normale et satisfaisante pour le travailleur, les niveaux inférieur et supérieur caractérisant des états de sous-charge ou de surcharge qui entraînent à plus ou moins long terme des séquelles ; la non-utilisation des mécanismes de la pensée entraîne à la longue une sclérose de ceux-ci ; une utilisation trop intense entraîne la fatigue, puis le surmenage.

L'objet de notre analyse est le niveau d'exigence de la tâche et non l'effet ressenti par tel ou tel travailleur ; si cette option est contestable, elle nous semble inévitable dans une première approche qui

3. Cf. à ce sujet les travaux de Marc R. ROSENZWEIG, Edward L. BENNETT et Maria CLEEVES-DIAMON.

s'adresse à un grand nombre de postes. Nous nous sommes donc efforcés de considérer les caractéristiques de la tâche indépendamment de celui qui l'effectue. C'est-à-dire que, pour nous, la charge mentale est le niveau d'exigence de la tâche quels que soient les travailleurs qui exécutent cette tâche et, en particulier, quelle que soit leur hétérogénéité, tant sur le plan ethnique, socio-culturel, que sur le plan de la formation. Notons cependant que nous nous sommes un peu écartés de ce principe pour un nombre très limité des critères retenus, pour lesquels il est tenu compte, dans une certaine mesure, de celui qui effectue la tâche. Nous évoquons ici les critères utilisant les données relatives au temps de montée en cadence et à la possibilité de quitter des yeux son travail : selon les travailleurs, ces données peuvent varier pour des postes de travail identiques.

Le graphique suivant schématise ce qui vient d'être dit sur les aspects positifs et négatifs de la plus ou moins grande utilisation des structures extrêmes de la pensée. Les critères que nous avons retenus pour évaluer la charge mentale nous permettent d'analyser les travaux faisant appel principalement aux premières fonctions de type pensée concrète, mais non les travaux qui font appel principalement aux deuxièmes fonctions de type hypothético-déductif. Pour ces travaux plus qualifiés, d'autres critères devraient être imaginés.



La référence à cette théorie de l'intelligence nous semble importante pour souligner que, même si un travail n'entraîne pas une surcharge du canal unique, il peut avoir des répercussions défavorables sur l'intelligence du travailleur. En effet, l'ensemble des mécanismes intellectuels sont normalement acquis par un enfant de 12-13 ans ; tous les travailleurs ont donc atteint le niveau de la pensée abstraite bien avant le début de leur vie professionnelle. Ils l'utilisent certainement, même dans les travaux les plus simples afin de s'adapter aux imprévus qui existent toujours ; mais cette adaptation, basée sur des informations très peu variées, ne permet pas au travailleur d'enrichir son expérience, ni de développer ses capacités de raisonnement.

Il nous a semblé important de souligner cet aspect, même si, compte tenu des connaissances actuelles, nous n'avons pas pu trouver d'indicateur simple susceptible de l'analyser et que, par conséquent nous nous sommes basés de façon privilégiée sur les travaux de Kalsbeek.

3. INDICES DE CHARGE MENTALE

Nous sommes tout à fait incapables de proposer un indice synthétique du niveau de charge mentale correspondant à une tâche donnée, mais il nous a semblé possible d'imaginer plusieurs indicateurs indirects ou partiels, chacun d'entre eux pouvant caractériser un aspect de la charge mentale. Ces éléments sont les suivants :

- contrainte de temps,
- complexité-vitesse,
- attention,
- minutie.

Il n'existe pas de méthode scientifique pour mesurer ces divers éléments ; mais il semble qu'un certain nombre de caractéristiques d'une tâche peuvent permettre d'apprécier la part plus ou moins importante de chacun de ces éléments dans la charge mentale.

Le choix de ces critères a posé quelques difficultés. En effet, l'activité cérébrale n'est jamais nulle et un certain effort de mémoire, d'attention, est tout à fait normal et ne peut être considéré comme défavorable. C'est au contraire le manque de stimuli perceptifs qui entraîne rapidement une situation de monotonie puis de fatigue.

Mais, d'après ce qui a été dit en introduction de ce chapitre sur les diverses structures de la pensée, il est certain que la sollicitation trop intensive des fonctions sensori-motrices dans les travaux répétitifs et sous cadence peut avoir des conséquences très défavorables ; cela entraîne une fatigue qui a pour effet d'empêcher le fonctionnement des

autres structures mentales, c'est-à-dire le fonctionnement normal de la pensée. La non-utilisation des mécanismes de la pensée abstraite entraîne une régression de ceux-ci. C'est pourquoi toute tâche qui ne sollicite pas les fonctions de décision non automatique conduit, à terme plus ou moins bref, à une régression des facultés intellectuelles et créatrices des travailleurs.

Il est donc finalement apparu impossible de proposer des critères qui soient valables à la fois pour des tâches très qualifiées, qui sont complexes mais où le travailleur peut utiliser les structures de la pensée logique, et pour des tâches peu ou pas qualifiées où il n'y a pas de sollicitation de ces structures supérieures de la pensée et où on peut donc considérer que l'activité mentale n'a que des aspects négatifs pour le travailleur.

Les critères que nous avons retenus sont donc valables uniquement pour des travaux non qualifiés ou peu qualifiés et peuvent être considérés comme les aspects négatifs du contenu de la tâche, c'est-à-dire comme des éléments défavorables de l'activité mentale. Nous aurons l'occasion de préciser davantage cette observation en explicitant les divers critères retenus.

3.1. LA CONTRAINTE DE TEMPS.

Pour les travaux répétitifs⁴, la contrainte de temps résulte le plus souvent de la nécessité pour le travailleur de suivre une cadence qui lui est imposée, les incitations et les contraintes étant pour cela plus ou moins fortes.

Pour les travaux non répétitifs, cette contrainte peut résulter de l'exigence d'effectuer un certain rendement ou de l'impossibilité d'arrêter la chaîne ou la machine en cas d'incidents par exemple.

Les critères que nous utilisons pour caractériser la contrainte de temps sont :

- le mode de rémunération ;
- le temps de montée en cadence ;
- le fait de travailler sur chaîne ou non ;
- l'éventualité de retards à rattraper ;
- l'existence de pauses ;
- le fait d'avoir la possibilité, si besoin est, d'arrêter la chaîne ou la machine ;
- la possibilité de s'absenter en dehors des pauses.

Le mode de rémunération peut être une contrainte très forte pour le travailleur s'il l'oblige à respecter une certaine cadence ou même à

4. Cf. p. 141 la définition des travaux répétitifs et non répétitifs.

la dépasser pour obtenir une meilleure rémunération. Les diverses formes de salaire au rendement sont ainsi plus ou moins contraignantes :

- le salaire avec prime collective (la contrainte s'effectuant alors par l'intermédiaire du groupe de travailleurs) ;
- le salaire avec prime individuelle, qui incite le travailleur à travailler de plus en plus rapidement, au prix d'une dépense nerveuse importante.

Le temps nécessaire pour atteindre la cadence permet d'apprécier la charge imposée au travailleur par le rythme qui lui est assigné. En effet, plus le temps de montée en cadence est ou a été long, plus la contrainte et l'effort sont importants, non seulement pendant la période d'adaptation, mais encore après cette période. Le travailleur peut tenir la performance qui lui est demandée, mais cela se fait au prix d'une fatigue certaine⁵.

Le fait de travailler sur une chaîne est aussi un facteur de dépendance important pour le travailleur ; il est cependant nécessaire de pondérer cette affirmation par une information concernant le degré de souplesse de cette chaîne ; c'est-à-dire qu'il est utile de savoir si lorsque, pour une raison quelconque, le travailleur a accumulé du retard, il doit le rattraper pendant le cours normal de la chaîne (ce qui signifie que le travailleur doit alors accélérer sa cadence de travail) ou pendant la durée des pauses (ce qui diminue son temps de repos et accroît donc sa charge).

Les pauses sont importantes à prendre en compte, puisqu'elles constituent un moment de détente pour le travailleur.

Dans certains travaux de surveillance, les incidents qui surviennent ne provoquent pas nécessairement l'arrêt de la machine ou de la chaîne ; en ce cas, si le travailleur n'a pas la possibilité d'arrêter lui-même la machine ou la chaîne, il est obligé d'intervenir rapidement et la contrainte est encore plus forte si plusieurs incidents peuvent survenir simultanément ou à de brefs intervalles de temps.

Le fait de pouvoir s'absenter *momentanément* de son travail en dehors des temps de pause prévus est un facteur qui peut diminuer la contrainte du travailleur. Mais l'effet n'est pas le même selon que le travailleur doit ou non se faire remplacer pour s'absenter. Le fait de devoir attendre un remplaçant pour quitter son poste limite souvent la possibilité de s'absenter et est un facteur le plus souvent mal accepté par le travailleur. Mais par contre, dans certains travaux de surveillance où le travailleur peut s'absenter sans que personne ne le remplace, mais où il y a toujours un risque que survienne un incident, sans gravité certes, mais entraînant des retards qui doivent ensuite

5. Nous faisons ici référence aux études du Laboratoire de Physiologie du Travail et d'Ergonomie du CNAM, en particulier à l'étude sur les conditions de travail des femmes O.S. de la construction électronique (A. LAVILLE, E. RICHARD et A. WISNER).

être rattrapés, le fait de s'absenter pourra entraîner une contrainte de temps supplémentaire pour le travailleur.

3.2. LA COMPLEXITE-VITESSE

Il nous semble indispensable de relier le facteur complexité (dépendant de l'effort de mémorisation ou des choix à effectuer et des décisions à prendre) et le facteur vitesse, car ces deux facteurs ne sont pas indépendants pour évaluer le niveau de charge mentale. En effet, s'il est exact que plus le nombre d'opérations différentes est important plus l'effort de mémorisation est grand, il est non moins vrai que, pour un même nombre d'opérations, la charge mentale est accrue lorsque la vitesse imposée pour effectuer les diverses opérations augmente.

En effet, d'après la théorie du Canal Unique et la théorie de l'information, nous avons vu qu'un facteur important de surcharge mentale est la rapidité avec laquelle se succèdent les informations traitées par le sujet, les décisions et les actions.

Nous proposons de distinguer deux facteurs de complexité :

— Le premier concerne le nombre de choix routiniers à effectuer que nous supposerons égal au nombre d'opérations à réaliser durant le cycle de travail. Au cours de l'apprentissage, le programme est enregistré dans la mémoire et son déroulement donne lieu ensuite à des choix routiniers puisque les opérations se succèdent toujours dans le même ordre. Bien que routiniers ces choix supposent cependant un effort de mémorisation d'autant plus grand que les opérations sont différentes et nombreuses.

— Le deuxième concerne les choix conscients. Plus loin nous donnons l'exemple d'un travailleur qui effectue un certain nombre de points de soudure sur une carrosserie, mais qui ne les effectue pas aux mêmes emplacements selon le type de véhicule. A chaque cycle, selon le type de véhicule se présentant de façon aléatoire, le travailleur doit effectuer un choix conscient avant de déclencher le programme correspondant.

Finalement, selon les postes de travail, la charge peut provenir :
— de la rapidité d'exécution des opérations,
— de l'effort de mémorisation (grand nombre d'opérations différentes),
— des choix conscients à effectuer.

Afin de tenir compte simultanément de ces divers facteurs nous avons retenu deux critères :

— l'un combinant la durée du cycle et le nombre d'opérations par cycle (pour tenir compte à la fois de l'effort de mémorisation de choix routiniers et de la vitesse d'exécution) ;

- l'autre combinant la durée du cycle et le nombre de choix conscients à effectuer dans chaque cycle de travail.

En ce qui concerne le premier critère deux difficultés importantes doivent être soulignées. Certes une même opération effectuée plus ou moins vite entraînera une charge mentale plus ou moins grande (voir p. 143 la définition d'une opération). Mais il est évident qu'il faut tenir compte pour apprécier la charge mentale à la fois de la vitesse d'exécution (x opérations à la minute par exemple) et de la difficulté de l'opération ou du temps « normal » pour l'exécuter. Déplacer une pièce de 20 g de 30 cm est une opération, déplacer une pièce de 2 kg de 1 m est aussi une opération, mais celle-ci mobilise davantage de muscles et exige plus de temps. Or il existe une infinité d'opérations de difficultés très diverses ; notre cotation, qui a été validée pour des opérations de difficulté « moyenne », peut sous-estimer ou surestimer la charge pour des opérations plus difficiles ou moins difficiles. Elle devra donc être adaptée dans certains cas.

La deuxième difficulté pour le premier critère est la suivante : nous supposons que l'effort de mémorisation est proportionnel au nombre d'opérations à effectuer au cours du cycle de travail, or il aurait été préférable de distinguer le cas où toutes les opérations sont différentes du cas où seulement certaines d'entre elles le sont ; de même, il aurait fallu pouvoir distinguer les opérations qui s'enchaînent facilement de celles qui n'ont que peu de liens les unes avec les autres : en effet, selon les cas, l'enchaînement des choix ou des gestes peut devenir plus ou moins automatique. Mais cela relèverait d'une analyse beaucoup plus poussée du poste de travail que celle à laquelle notre méthode peut prétendre. Nous avons cependant prévu le recueil de ces renseignements dans le guide d'observation, car dans le cas particulier d'une entreprise ou d'un atelier, c'est-à-dire de postes de travail bien précis, il serait sans doute possible de mettre au point une utilisation de ces informations pour avoir un autre critère de charge mentale.

Finalement, pour une même durée moyenne d'opération, plus le cycle sera long, c'est-à-dire plus le nombre d'opérations différentes sera élevé, plus la charge mentale sera grande à cause de l'effort de mémorisation. Certes l'élargissement ou l'enrichissement des tâches qui veulent rendre le travail plus intéressant et exiger des efforts de mémoire, sont à encourager, mais à condition que la contrainte de la vitesse soit réduite. A un effort de mémoire plus grand doit correspondre une diminution de l'effort de vitesse pour ne pas aggraver la charge mentale.

En ce qui concerne le deuxième critère relatif aux choix conscients, il faut remarquer que leur difficulté dépend largement du nombre de possibilités entre lesquelles doivent s'effectuer ces choix. Ainsi, si le travailleur doit effectuer chacun de ses choix entre six possibilités, la

complexité est plus grande que lorsque le choix ne s'effectue qu'entre deux possibilités. Il aurait donc fallu faire intervenir non seulement le nombre de choix par cycle, mais encore le nombre de possibilités entre lesquelles s'effectuent ces choix. Nous avons dû renoncer à faire intervenir ce deuxième facteur pour plusieurs raisons :

- lorsque le choix s'effectue entre un nombre assez élevé de possibilités, il s'agit le plus souvent d'un travail de professionnel, que nous n'analysons pas ici ;
- pour les travaux spécialisés, le choix est le plus souvent binaire ; ou encore les choix sont facilités par certains repères (disposition, formes, couleurs des pièces, etc.) ;
- lorsque dans un même cycle de travail, certains choix sont binaires et d'autres plus complexes, peut-on faire une moyenne ? Quel sens aurait cette moyenne ?

Ici encore l'analyse devrait être beaucoup plus poussée pour pallier cette difficulté de façon vraiment satisfaisante.

3.3. L'ATTENTION.

L'attention peut être caractérisée par l'effort nécessaire pour canaliser son état de conscience. Il y a donc une certaine mobilisation d'énergie mentale et il s'agit d'essayer de mesurer ce degré de mobilisation dans lequel interviennent à la fois l'espace et le temps. En effet l'effort d'attention résulte, d'une part, du niveau de concentration et de réflexion plus ou moins intense et, d'autre part, de la continuité de cet effort.

En particulier, plus les intervalles qui séparent les périodes de mobilisation de la conscience sont brefs, étroits, plus la charge mentale est importante.

Il est évident que les périodes de mobilisation sont plus faciles à détecter pour des travaux simples et répétitifs que pour des travaux intellectuels de création ou d'élaboration que l'on ne peut pas comptabiliser de la même façon. Pour ces travaux, le sujet doit utiliser les structures de la pensée hypothético-déductive qui ne peut pas être soumise facilement à des contraintes de temps rigoureuses : elle ne peut en effet fonctionner d'une manière linéaire et doit opérer par des réversibilités permanentes que l'on ne peut comptabiliser aisément.

Pour les travaux simples que nous étudions ici, l'effort de mobilisation de l'attention peut être caractérisé par les critères suivants :

Pour tous les travaux :

- le niveau d'attention perceptive (ou intensité de l'attention) ;
- la continuité de l'attention ;
- la possibilité de quitter des yeux son travail ;
- la possibilité de parler pendant son travail ;

- les risques d'accidents corporels ;
- les risques de détérioration du produit ;
- les risques de détérioration du matériel.

En plus, *pour les travaux non répétitifs* :

- le nombre de machines à surveiller, selon le type d'intervention,
- le nombre moyen de signaux par machine et par heure,
- la durée des interventions par heure,
- le nombre d'interventions différentes à effectuer.

Le niveau d'attention perceptive est le degré d'effort nécessaire pour rester conscient et percevoir les informations. Cet effort est fonction de l'espace sur lequel doit porter l'attention et de la diversité des informations à percevoir.

Si l'espace à surveiller est étendu, et si le nombre des informations à déceler est grand, l'opérateur ne pouvant concentrer son attention sur l'ensemble des points sera dans une situation anxiogène ; à l'inverse, si l'espace est trop restreint, l'attention pourra nécessiter un effort important d'accommodation des yeux.

Dans le paragraphe suivant, relatif au guide d'observation, nous reviendrons sur la façon d'apprécier ce niveau d'attention (cf. p. 146).

La continuité de l'attention est la durée pendant laquelle l'effort d'attention est requis.

Il nous semble nécessaire, pour apprécier la charge mentale, de considérer simultanément le niveau d'attention et le temps pendant lequel cet effort doit être maintenu.

La possibilité que le travailleur a de quitter des yeux son travail peut être un indice de l'effort d'attention quant à son intensité ou quant à sa continuité. En effet, si le travailleur peut quitter des yeux son travail, tout en continuant à travailler, cela suppose qu'une partie de sa tâche est programmée et n'exige plus, pendant une période donnée, la perception visuelle de nouvelles informations. S'il peut arrêter sa tâche, il peut alors relâcher son attention, ce qui réduit sa charge.

La possibilité de parler pendant le travail est aussi un indicateur d'un faible niveau d'attention ou d'une attention qui n'est pas soutenue en permanence. Il est bien évident que cela n'est plus vrai si l'impossibilité de parler est due à l'isolement du travailleur ou au bruit de l'atelier. On ne s'intéressera donc ici qu'au cas où les obstacles à la communication sont « une attention soutenue » ou « le rythme de travail ». (Cf. réponse à la question 7.9.1.).

En ce qui concerne *les risques d'accidents corporels ou de détérioration du matériel ou du produit*, nous considérons, du point de vue de la charge mentale, qu'ils sont un facteur anxiogène qu'il faut prendre en compte. Parfois les risques encourus vont de pair avec la responsabilité qui peut être source de satisfaction et de prestige. On

aurait pu imaginer que cet aspect positif soit pris en compte dans les aspects psychosociologiques, mais ici, du point de vue de la charge mentale, ce sont les aspects négatifs qui nous intéressent, car ils viennent aggraver pour les travaux d'exécution les possibilités de fatigue nerveuse.

Les risques sont les dangers que court ou fait courir l'opérateur et qui activent son attention, pour résister aux influences perturbatrices éventuelles. Plus la possibilité de dangers et de risques est grande, plus une faute d'inattention est susceptible de provoquer des dommages et plus le travailleur encourt de sanctions (rappel à l'ordre, déclassement, perte de prestige, diminution de salaire, licenciement, etc.).

Nous considérons donc que tous les efforts d'attention exercés pour éviter les accidents corporels ou la détérioration du produit ou du matériel sont des facteurs défavorables de charge mentale.

Précisons maintenant les critères supplémentaires retenus pour les travaux de surveillance.

Plus le *nombre de machines ou d'appareils à surveiller* est grand, plus l'effort d'attention est dispersé et la charge mentale importante. Nous sommes, bien entendu, conscients de l'imprécision de la donnée « nombre de machines » ; il faudrait faire intervenir aussi la taille des machines, leur dispersion, leur complexité.

Nous n'avons retenu comme distinction que la *nature des interventions* que doit effectuer le travailleur : sont-elles fixes ou aléatoires, c'est-à-dire sont-elles prévues d'avance ou dépendent-elles d'incidents aléatoires⁶ ?

En effet, l'attention est nécessairement plus soutenue et plus tendue lorsque le travailleur ne peut prévoir ni le lieu, ni le moment d'apparition des signaux.

Une autre information susceptible de mieux faire apprécier la dispersion de l'attention est le *nombre moyen de signaux par machine et par heure* ; « signal » étant ici entendu dans le sens de signal sonore, visuel ou tactile qui apparaît sur la machine et qui réclame une intervention du travailleur.

Selon les postes de travail, les *interventions* que le travailleur peut être appelé à faire sont *plus ou moins variées* et occupent une part plus ou moins importante de son temps. Lorsque les interventions sont déterminées d'avance et qu'elles sont peu diversifiées, le risque de monotonie pour le travailleur est important, ce qui constitue donc un facteur défavorable. Par ailleurs, lorsque la variété des interventions augmente ainsi que la durée totale des interventions par heure, on peut aboutir à une certaine saturation de l'attention du travailleur et donc à la fatigue.

6. Cf. p. 141 la définition des interventions « fixes » ou « aléatoires ».

Lorsque les interventions sont aléatoires dans le temps, l'effort d'attention est plus important et ceci d'autant plus que les interventions possibles sont plus diversifiées. Mais lorsque les causes d'interventions sont trop rares, il y a davantage de risque pour l'opérateur de relâcher son attention qui n'est plus assez sollicitée, par conséquent les risques d'erreur augmentent. Ce n'est donc pas non plus une situation favorable.

Pour éviter les risques de monotonie, ou d'excès de sollicitation de l'attention, il faut donc trouver un certain équilibre entre la variété des signaux et leur fréquence d'apparition.

Nous sommes bien conscients de l'insuffisance des derniers critères relatifs aux travaux non répétitifs de type vigilance et surveillance. Selon la théorie de l'information, il faudrait faire intervenir les diverses caractéristiques des signaux reçus (aléatoires, réguliers, sonores, visuels, tactiles, persistants ou non, etc.), connaître la « charge informative » de chaque signal, savoir quelle interprétation doit être faite par le travailleur des divers signaux, etc.

Mais ceci déborderait largement le cadre que nous nous sommes assigné ici et demanderait une analyse beaucoup plus poussée.

Nous avons cependant maintenu, en début du guide d'observation un nombre assez important de questions relatives à la nature des signaux, leur fréquence, etc. (cf. questions 0.6. à 0.6.3.2.). S'il ne nous a pas été possible d'utiliser de façon satisfaisante tous ces renseignements, car ils recouvrent des situations beaucoup trop diverses et donc difficiles à analyser simultanément selon les mêmes critères d'évaluation, il est par contre très possible que, pour une branche ou un secteur donné, ces renseignements soient utilisables et permettent de proposer des critères plus satisfaisants.

3.4. LA MINUTIE.

La minutie est en fait une forme particulière de l'attention, mais qu'on ne rencontre que dans certaines tâches où le travailleur doit manipuler des objets très petits ou observer des détails très fins (exécution de travaux de précision, ou détection de défauts peu perceptibles par exemple).

L'effort de précision manuelle ou d'acuité visuelle nécessitant une mobilisation intense de la conscience peut être un facteur important de charge mentale.

4. GUIDE D'OBSERVATION

Les différents indicateurs que nous venons de proposer pour caractériser les éléments de charge mentale sont obtenus dans le chapitre du guide d'observation relatif à la charge mentale, selon une méthode voisine de celle que nous avons utilisée pour les autres éléments des conditions de travail, à savoir par l'observation directe ou par le recueil de renseignements assez objectifs auprès du travailleur ou d'une personne connaissant bien le poste. Nous connaissons les limites de ces indicateurs pour évaluer la charge mentale réellement ressentie par le travailleur, mais cela nous paraît cependant utile pour avoir une idée assez globale d'un poste de travail et servir ensuite de base à des discussions ou des études plus approfondies de la part des acteurs sociaux concernés.

Le présent paragraphe a pour but de préciser quels renseignements nous voulons obtenir par chacune des questions posées et de préciser la définition de certains termes afin d'éviter les ambiguïtés. Ajoutons que certains renseignements utilisés pour l'évaluation de la charge mentale sont recueillis dans le chapitre descriptif de la tâche.

Dans le paragraphe 5 suivant, nous préciserons de quelle façon nous juxtaposons ou nous combinons ces divers critères et quelle cotation nous en proposons.

QUESTION 6.1.

Il s'agit ici de savoir, d'une part, si le travail est effectué ou non sur une chaîne et, d'autre part, s'il est ou non répétitif, une série de questions ultérieures ne s'adressant qu'aux travaux répétitifs.

La définition du travail à la chaîne n'est pas évidente. Pour les travaux manuels ou sur machine, nous disons que le travail est à la chaîne lorsque les pièces sur lesquelles l'ouvrier doit travailler se présentent de façon temporisée et que le travailleur n'a qu'une durée déterminée pour effectuer sa tâche, tout retard entraînant des perturbations en aval⁷. Ainsi par exemple le travailleur prend la pièce à travailler sur un tapis roulant, effectue les interventions prévues et doit replacer la pièce sur le même tapis roulant (ou un autre) avant que la pièce suivante n'arrive. Dans d'autres cas, la chaîne avance avec des sauts brusques et réguliers, il faut donc qu'au moment du déplacement, le travailleur ait terminé son travail.

7. La définition donnée par le Ministère du Travail dans son enquête sur l'activité et les conditions d'emploi de la main-d'œuvre est analogue : « On considérera comme travaillant à la chaîne tout ouvrier effectuant, selon une cadence déterminée, un travail répétitif sur un produit qui, soit se déplace devant lui, soit lui est transmis par son voisin sans que soient constitués entre eux des stocks-tampons ».

Par contre on ne considérera pas comme un travail à la chaîne le cas où les pièces circulent d'un ouvrier à l'autre sur un tapis transporteur, mais où chaque travailleur peut se constituer une certaine réserve et ne dépend donc plus entièrement à tout instant du rythme de la chaîne.

De même, ne devra pas ici être considéré comme travail à la chaîne le cas où certaines pièces (emballages, en particulier, pour certains travaux de conditionnement) circulent sur un convoyeur (aérien par exemple), mais où le travailleur ne prend une pièce que lorsqu'il en a besoin, sans que cela perturbe le travail en aval ou en amont.

Pour les travaux de surveillance ou de contrôle, nous considérons que le travail est à la chaîne, lorsque les produits ou pièces à surveiller ou contrôler circulent sur une chaîne matérielle (convoyeur). Par contre, le fait d'être responsable d'une étape d'un processus continu (dans l'industrie chimique ou dans les industries alimentaires, par exemple) ne doit pas être considéré comme travail à la chaîne.

Finalement, ce qu'il nous importe de discerner ici, ce n'est pas la chaîne en tant que technologie permettant de faire circuler des pièces ou un produit entre divers postes de travail, mais la chaîne en tant que facteur de contrainte pour le travailleur, qui se trouve placé en totale dépendance d'un rythme imposé et dont toute erreur ou tout retard se répercute en aval ou en amont.

Qu'entend-on exactement par *travail répétitif*? C'est un travail où des opérations bien déterminées, plus ou moins nombreuses, se reproduisent de façon régulière et fréquente. La notion de répétitivité est liée à l'existence d'un cycle de travail de durée définie, à l'intérieur duquel se déroule toujours la même suite d'opérations. La notion de cycle est ici importante ; ainsi un travail comprenant pratiquement toujours les mêmes opérations, mais répétées de façon irrégulière, n'est pas, dans notre définition, un travail répétitif, car on ne peut lui associer une durée de cycle.

Dans les *travaux non répétitifs* sont inclus : tous les travaux de type « surveillance » avec interventions aléatoires ou régulières, certains travaux de contrôle et des travaux pour lesquels la répétition des interventions est irrégulière.

Les postes de surveillance sont des postes de travail où les interventions manuelles sont limitées et où il faut, avant tout, assurer la surveillance d'opérations effectuées par des machines ou appareils automatiques. Les interventions peuvent être soit *aléatoires*, dépendant d'incidents aléatoires par leur nature, par le lieu ou par le moment de leur apparition ; soit *fixes et déterminées d'avance* : le travailleur sait qu'à tel et tel moment il doit effectuer telle ou telle opération. C'est-à-dire que le travailleur intervient soit en fonction de signaux ou d'informations auditifs, visuels ou tactiles (qui peuvent être réguliers ou aléatoires), soit en fonction d'un certain état d'avancement

du processus. Pour certains postes de surveillance, il y a à la fois des interventions fixes et des interventions aléatoires. Malgré la régularité de certaines opérations à effectuer, on ne peut cependant parler de travail répétitif, car on ne peut définir un véritable cycle de travail : la tâche principale est un travail d'observation et de vigilance.

En ce qui concerne les travaux de contrôle ou d'inspection ils peuvent être, selon les cas, considérés comme travaux répétitifs ou travaux non répétitifs. Ainsi lorsqu'il s'agit d'observer successivement chaque objet à contrôler, de vérifier sa conformité, puis de séparer les « bons » des « mauvais » ou d'effectuer les réparations éventuelles, il s'agit d'un travail répétitif puisqu'il existe un cycle de travail de durée déterminée et un nombre moyen d'opérations par cycle. Citons comme exemples le cas du travailleur qui doit vérifier des boulons en les regardant un par un et en les triant en « bons » et « mauvais », ou le cas de l'opératrice en électronique qui doit, dans un temps limité, contrôler chaque platine l'une après l'autre, remplacer les éléments défectueux, ajouter les éléments manquants, ou encore celle qui doit vérifier toutes les soudures de chaque platine et reprendre celles qui sont défectueuses.

Par contre, si les objets à contrôler défilent sur une chaîne et que le travailleur peut les observer globalement pour enlever ceux qui sont défectueux, il n'y a plus de cycle de travail et il s'agit d'un travail non répétitif. Ceci est, par exemple, le cas du travailleur qui surveille une chaîne de bouteilles pour vérifier qu'elles sont bien capsulées ou que les étiquettes sont bien collées.

Certains postes de travail ne rentrent dans aucune de ces catégories ; tel est le cas des travaux d'entretien des appareils et machines, que l'on ne peut considérer ni comme travail répétitif ni comme travail de surveillance, et de certains travaux sur engin de levage ou de manutention. Comme nous l'avons déjà précisé, le présent guide d'observation ne s'adresse pas à ces types de travaux.

QUESTIONS 6.2. à 6.4.

Les questions 6.2. à 6.4. (non comprise) s'appliquent aux travaux répétitifs pour lesquels il existe un cycle de travail, c'est-à-dire une séquence d'opérations bien déterminées à effectuer pendant un temps donné.

Question 6.2. — Il s'agit de savoir au bout de combien de temps le travailleur a pu réaliser sa tâche dans la durée qui lui est impartie, c'est-à-dire a pu suivre le rythme de la chaîne ou réaliser le rendement exigé avec une proportion normale d'erreurs. En effet, il est possible que le travailleur arrive assez vite à suivre la cadence, mais au prix d'un grand nombre d'erreurs. Ce n'est que lorsqu'il effectuera le rendement exigé avec un nombre limité d'erreurs que l'on pourra admettre qu'il arrive vraiment à tenir la cadence.

Questions 6.2.1. et 6.2.1.1. — Le travailleur peut être retardé dans sa tâche par suite d'incidents indépendants de lui. Nous entendons ici par incidents tous les imprévus survenant dans le travail, au niveau du matériel, de l'approvisionnement, de la présentation ou de l'exécution du travail. Mais c'est surtout la réponse à la question 6.2.1.1. qui permettra d'avoir une idée du degré de contrainte du travailleur. Il s'agit dans cette question de savoir si la perte de temps provoquée par ces incidents doit être rattrapée par une augmentation du rythme de travail ou par une diminution des temps de pause. C'est-à-dire, par exemple, que si la chaîne, ou la machine, peut être arrêtée pour que le travailleur ait le temps de réparer l'incident avant de continuer son travail au même rythme, il faudra répondre « Non » à cette question. Par contre, s'il doit accélérer son rythme pour arriver à réaliser la production dans le temps voulu malgré l'incident, il faudra dire que le retard doit être rattrapé pendant le temps de travail. Enfin, si, pour rattraper le retard pris, le travailleur doit continuer à travailler pendant le temps prévu pour une pause, il faudra aussi le préciser ici.

Les questions 6.2.2. et 6.2.3. ont pour but d'apprécier si le travailleur dispose d'une certaine autonomie pour modifier son rythme de travail, et gérer ses temps de repos. Dans certains cas, en effet, il dispose d'un stock-tampon de pièces suffisant en amont pour se permettre d'accélérer son rythme à certains moments, en réalisant des cycles d'avance sur les normes prévues, et pouvoir ainsi, à d'autres moments, aller plus lentement ou s'arrêter complètement (question 6.2.3.). Dans la question 6.2.3., il s'agit d'apprécier dans quelle mesure le travailleur peut se libérer du rythme de la production, c'est-à-dire quelle est la durée maximum de temps qu'il peut cumuler pour prendre une pause personnelle, sans que la production soit perturbée, ni en aval, ni en amont. Il ne s'agit pas de connaître la somme de tous les temps libérés, mais *l'amplitude maximum d'un temps libéré*.

La question 6.2.4. s'intéresse aux travaux non répétitifs et se propose de savoir si, lorsqu'un incident arrive, le travailleur a la possibilité, s'il le désire, d'arrêter la chaîne ou la machine, ou s'il doit intervenir très rapidement, sans pouvoir l'arrêter.

Question 6.3. La notion d'opération demande à être explicitée. Il ne s'agit pas ici d'opérations gestuelles (comme à la question 0.5.2.), mais d'*opérations mentales* ; en effet, chacun des gestes nécessaires pour réaliser une tâche ne nécessite pas forcément une opération mentale, certains peuvent être devenus automatiques après apprentissage.

On pourrait caractériser l'opération mentale comme l'ensemble : Prise d'information + Traitement de cette information + Réponse (ou Action). C'est-à-dire que l'opération correspond, la plupart du temps, à une suite de gestes ou « séquence gestuelle », le début de chacune

de ces séquences nécessitant une prise d'information. Pour arriver à déterminer le nombre d'opérations mentales effectuées, il faut observer relativement longtemps tout ce que fait le travailleur et parfois l'interroger pour déceler quels sont les repères visuels, auditifs ou tactiles qu'il doit prendre pour effectuer sa tâche ; d'autres indicateurs, tels que les hésitations dans les procédures gestuelles, les déplacements oculaires, les modifications de posture, etc..., peuvent aussi signaler des prises d'information.

Ainsi, par exemple, supposons qu'un travailleur ait à prendre une rondelle dans une boîte et à la positionner sur un cylindre : 1^o) opération = prendre la rondelle et n'en prendre qu'une ; 2^o) opération = la positionner correctement. Supposons maintenant qu'au lieu d'une rondelle, il s'agisse d'une pièce dissymétrique à placer sur un montage : 1^o) opération = prendre la pièce ; 2^o) opération = la prépositionner ; 3^o) opération = la placer sur le montage. Pour chacune de ces opérations, le travailleur doit prendre des repères, soit tactiles, soit visuels avant d'agir.

Questions 6.3.1. et 6.3.1.1. — Dans certaines tâches, quelques opérations peuvent se répéter avec une certaine fréquence et d'autres opérations avec une autre fréquence. C'est ainsi le cas, par exemple, d'un poste où le travailleur doit placer des bocaux dans un carton, puis, lorsque le carton est plein, le pousser plus loin et en reprendre un autre vide. Il faudra alors distinguer à l'intérieur d'un cycle de travail les opérations qui se répètent et celles que le travailleur n'effectue qu'une fois par cycle. Dans l'exemple précédent, si le travailleur met 20 bocaux par carton, en les prenant 2 par 2, il y aura dans chaque cycle de travail certaines opérations qui se répètent :

— prendre les pots 2 par 2 } chacune de ces opérations se répétant 10 fois au cours d'un cycle de travail.
— les placer dans le carton }

et d'autres opérations qui n'ont lieu qu'une fois :

— déplacer le carton ;
— en prendre un autre.

C'est-à-dire que, dans la question 6.3., doivent être totalisées *toutes* les opérations, qu'elles soient ou non différentes les unes des autres (dans l'exemple précédent, il y a $2 \times 10 + 2 = 22$ opérations par cycle de travail). Tandis que la question 6.3.1.1. est consacrée aux opérations qui se répètent au cours du cycle de travail : pour chacune de celles-ci il faudra préciser la fréquence de répétition au cours d'un cycle de travail.

Question 6.3.2. — Il est nécessaire de préciser ce que nous entendons ici par « choix ». Il ne s'agit pas de l'initiative qui serait laissée au travailleur pour effectuer sa tâche (nous évoquerons cette possibilité plus loin), mais de l'effort de mémoire qu'il doit faire pour répondre à

telle information par la « bonne réponse », lorsque plusieurs informations peuvent se présenter de façon aléatoire. En effet, alors que dans beaucoup de postes répétitifs tous les cycles de travail sont identiques, dans certains postes les opérations à effectuer peuvent varier selon les pièces ou les montages qui se présentent ; le travailleur doit alors faire un effort de mémorisation pour retrouver la « bonne réponse » ou la « bonne série de réponses » dans chacun des cas.

Il n'y a pas de choix lorsque l'opérateur a toujours la même suite d'opérations à effectuer à chaque cycle de travail, c'est-à-dire qu'il fait appel au même « programme » emmagasiné en cours d'apprentissage. Par contre, il y a choix, lorsque au cours de divers cycles de travail, des situations différentes peuvent se présenter et que, pour chacune d'elles, le travailleur doit faire appel au « bon programme » parmi ceux qu'il a emmagasinés en cours d'apprentissage.

Précisons par quelques exemples :

Si un travailleur doit effectuer un montage et qu'à chaque écrou corresponde un boulon de taille différente, il aura autant de choix à effectuer que de boulons à visser, si les boulons sont en vrac ou si l'ordre des écrous n'est pas toujours le même. Par contre si les boulons doivent être mis dans un certain ordre et qu'ils sont déjà triés et rangés dans cet ordre, il n'y a plus de choix à effectuer.

Ou si un travailleur effectue un certain nombre de points de soudure sur une pièce de carrosserie, mais pas aux mêmes emplacements selon le type de véhicule se présentant de façon aléatoire, le travailleur doit, à chaque nouvelle pièce, faire un choix pour retrouver le bon programme.

Pour chacun des choix à effectuer, la charge mentale n'est pas la même selon le nombre de possibilités entre lesquelles doit s'effectuer le choix. Ceci doit donc être précisé à la question 6.3.2.1. Ainsi, dans le premier exemple, si les boulons de 10 sortes différentes sont en vrac, chaque choix devra s'effectuer entre 10 possibilités.

Dans le deuxième exemple, si 4 types différents de véhicules peuvent se présenter, le travailleur doit, à chaque cycle, choisir entre les 4 programmes qu'il a mémorisés.

QUESTIONS 6.4. ET SUIVANTES.

Les questions 6.4. et suivantes concernent *tous les types* de postes de travail : répétitif, de surveillance, à la chaîne, indépendant, etc.

La question 6.4., relative au mode de rémunération, ne présente pas de difficulté particulière.

QUESTIONS 6.5. ET 6.6.

Toutes les questions 6.5. et 6.6. ont pour but d'essayer d'apprécier l'effort d'attention nécessaire à l'accomplissement de la tâche.

En fait, toute activité demande une certaine quantité d'attention et nous voudrions ici essayer d'estimer :

- d'une part le niveau d'attention, c'est-à-dire l'effort de concentration, de réflexion, plus ou moins important que doit consacrer l'opérateur à sa tâche ;
- d'autre part le caractère plus ou moins soutenu de l'effort d'attention, selon les étapes de la tâche, ou selon les moments du cycle de travail.

L'objet de la question 6.5. est d'essayer de caractériser les divers efforts d'attention que doit faire le travailleur au cours de sa tâche et d'essayer de voir quelle est la durée de chacun d'eux par heure. Il est évidemment difficile de donner des définitions précises de chacun de ces niveaux d'attention. Disons que le niveau d'attention dépend de la précision de la tâche, de l'effort à faire pour discerner certains détails, pour ne pas oublier ou laisser passer certaines informations, visuelles, sonores ou tactiles, pour surveiller simultanément un grand nombre d'objets, pour effectuer un montage précis ou minutieux, c'est-à-dire finalement de l'effort nécessaire pour rester conscient afin de percevoir *toutes* les informations. Ainsi, plus le nombre d'informations ou de signaux que l'opérateur doit percevoir est élevé plus le niveau d'attention est élevé également. D'autre part, si les phénomènes insolites que le travailleur doit détecter sont peu visibles ou doivent être perçus rapidement, l'effort d'attention est d'autant plus élevé.

Ainsi, par exemple, le travailleur qui doit surveiller une chaîne d'embouteillage, c'est-à-dire qui doit vérifier que les bouteilles sont correctement remplies et bouchées, ne doit mettre en jeu qu'une attention moyenne, mais pratiquement continue.

Tandis qu'un autre travailleur qui doit observer une à une chaque bouteille avant l'embouteillage, pour vérifier qu'elle a été bien nettoyée et qu'elle n'est pas fêlée, par exemple, aura à faire un effort d'attention très élevé.

De même, l'effort d'attention sera plus élevé lorsqu'il faudra rechercher des défauts éventuels sur une pièce sombre plutôt que sur une pièce claire, etc.

Pour limiter le caractère subjectif de la réponse, on pourra, si cela est possible, essayer d'utiliser de façon très simple la méthode de la double tâche, consistant à ajouter à la tâche « primaire » effectuée, une deuxième tâche constituée par des questions posées au travailleur. Pour pouvoir répondre aux questions, celui-ci doit faire appel à la capacité d'attention laissée disponible par sa tâche principale. Plus l'attention requise par celle-ci est importante, moins le travailleur a la possibilité de répondre. Ainsi, on pourra noter diverses possibilités : le travailleur peut répondre tout en continuant à travailler normalement — Il doit ralentir son travail pour répondre, ou même

l'arrêter — Il commet des erreurs en répondant — Il n'entend même pas la question posée — ; autant d'indicateurs permettant d'apprécier la capacité disponible et, par conséquent, le niveau d'attention mobilisé par la tâche.

La question 6.5.1. a pour but de préciser quelle est la cause de l'attention. Pour préciser les termes « tâche difficile » ou « tâche précise », on peut s'aider des indicateurs suivants : L'opérateur regarde-t-il sa tâche ? — Effectue-t-il souvent des ajustements gestuels qui n'ont pas disparu après apprentissage ? — Quels sont les repères extéroceptifs qui subsistent après apprentissage ? Au cours de l'apprentissage un certain nombre de repères deviennent proprioceptifs, ils sont en quelque sorte intériorisés et soulagent l'effort d'attention ; plus il subsiste de repères extéroceptifs, plus la tâche est complexe et exige d'attention.

Les questions 6.5.2., 6.5.3., 6.5.4. et 6.5.5. ont pour but d'essayer de préciser la gravité des risques et la fréquence de ceux-ci. Ainsi il est possible que, pour une opération déterminée, il y ait un risque important, soit pour la sécurité des travailleurs, soit pour la qualité du produit, mais que pour tout le reste de la tâche ces risques soient nuls. On dira que le risque est rare lorsqu'il se présente moins d'une fois par jour, qu'il est intermittent s'il ne concerne que certaines opérations de la tâche ou certaines périodes de la journée.

A la question 6.5.5. on ne doit répondre « Oui » que si les erreurs ne peuvent être rectifiées, ni par le travailleur lui-même, ni par un autre travailleur.

En ce qui concerne la question 6.6.1., plusieurs cases peuvent être cochées si le travailleur peut quitter des yeux son travail pour plusieurs raisons, même si ces raisons ne coexistent pas dans le temps.

La réponse à la question 6.6.2. peut présenter quelques difficultés dans la mesure où la durée d'observation est limitée. Il est en effet possible que le temps pendant lequel le travailleur peut s'arrêter de travailler, ou peut distraire sa surveillance, ne soit pas réparti de la même façon toute la journée ; l'observation ne sera donc pas suffisante et il faudra essayer d'avoir des informations supplémentaires de la part du travailleur ou du chef d'équipe par exemple.

La question 6.7. a pour but d'apprécier la minutie du travail. La minutie peut être soit manuelle, s'il faut manipuler ou travailler des objets de petite taille ; soit visuelle, s'il faut distinguer des détails fins ou peu visibles sur des objets qui, eux, peuvent être de taille plus ou moins importante. Ces deux types de minutie seront pris en compte dans l'exploitation ; mais il ne s'agit, dans la question présente, d'appréhender que la minutie manuelle, dépendant de la dimension des objets à manipuler ; la précision visuelle ayant déjà été prise en compte dans le chapitre relatif à l'éclairage (question 3.8.).

5. EXPLOITATION

Compte tenu de ce qui a été déjà dit, il n'est pas possible, contrairement à ce qui a été fait pour les autres éléments des conditions de travail, de prétendre proposer une cotation globale du niveau de charge mentale. Mais, par contre, pour chacun des éléments retenus pour apprécier le niveau de charge mentale, nous avons proposé un certain nombre d'indicateurs (ou critères) qui sont obtenus à partir du guide d'observation et qui peuvent donner lieu à des cotations. Ceci revient à dire finalement que l'on aura non pas une seule cotation pour caractériser la charge mentale, mais quatre cotations.

L'établissement d'une échelle de cotation pour ces divers critères a posé quelques difficultés. En effet, il n'existe pas de normes permettant de dire qu'à partir de tel niveau d'attention ou telle quantité de mémorisation, il y a risque faible, moyen ou important de fatigue cérébrale ; et d'autre part la fatigue peut provenir soit d'un défaut, soit d'un excès de sollicitation des diverses structures mentales.

Nous avons vu aussi qu'il nous semblait impossible de proposer des cotations qui soient valables pour l'ensemble des tâches qualifiées et non qualifiées ; nous nous limitons donc ici aux travaux peu ou pas qualifiés et les cotations sont basées sur les aspects négatifs du contenu de la tâche.

Comme pour les cotations précédentes, l'échelle de cotation va de 0, cas le plus favorable, à 10, cas très défavorable. Mais répétons encore que cette échelle établie de façon empirique et étalonnée sur des postes réels est plus approximative et contestable que pour les facteurs d'ambiance ou de charge physique.

Comme nous avons déjà eu l'occasion de le dire, les éléments retenus ici pour caractériser le niveau de charge mentale sont : la contrainte de temps, la complexité-vitesse, l'attention et la minutie : chacun de ces éléments étant caractérisé par un certain nombre de critères. Selon les exigences du poste de travail, les critères que l'on peut retenir ne sont pas toujours les mêmes. C'est pourquoi il nous a paru nécessaire de classer les postes de travail en deux catégories que nous avons déjà eu l'occasion de définir :

- les postes de travail répétitifs ;
- les postes de travail non répétitifs.

Les différents critères donnent lieu à plusieurs cotations que l'on pondère ensuite les unes par rapport aux autres, pour n'obtenir finalement qu'une seule cotation pour chaque élément (cf. tableau récapitulatif en tête de l'annexe I, p. 196 à 199).

Cette réduction à une seule cotation a pour but de limiter la dimension finale de l'histogramme établi pour chaque poste de travail, afin qu'il reste lisible. Cependant les cotations intermédiaires de chaque

poste de travail doivent être conservées dans une fiche récapitulative, car elles gardent leur utilité pour une analyse plus détaillée des divers postes (cf. p. 154).

Analysons maintenant la façon dont nous avons établi les cotations de chacun des quatre éléments de charge mentale.

5.1. LA CONTRAINTE DE TEMPS.

5.1.1. Travaux répétitifs.

Pour les travaux répétitifs, les critères utilisés pour caractériser la contrainte de temps sont, nous l'avons vu :

- le mode de rémunération ;
- le temps de montée en cadence ;
- le fait de travailler sur chaîne ou non ;
- l'existence de pauses ;
- l'éventualité de retards à rattraper.

Nous avons, dans un premier tableau (cf. tableau G₁, p. 211), croisé le facteur « mode de rémunération » avec le « temps de montée en cadence ». En effet, ce dernier facteur nous permet d'apprécier la plus ou moins grande difficulté qu'a eu le travailleur pour atteindre la cadence imposée et la contrainte est encore aggravée si le salaire dépend étroitement du rythme de travail.

Dans le deuxième tableau G₂, nous avons croisé les trois autres critères qui permettent également d'apprécier dans quelle mesure le rythme de travail est plus ou moins contraignant pour le travailleur et peut aboutir à une surcharge.

On obtient donc finalement deux cotations g₁ et g₂, pour caractériser la contrainte de temps. Comme nous estimons que ces 2 cotations ont la même importance pour juger du degré de contrainte du travailleur, nous leur donnons la même pondération dans l'établissement d'une cotation unique, que l'on obtiendra donc en faisant la moyenne arithmétique des deux cotations, soit $\frac{g_1 + g_2}{2}$. On arrondira au chiffre supérieur le cas échéant.

5.1.2. Travaux non répétitifs.

Pour les travaux non répétitifs, les critères retenus sont :

- le fait de travailler sur une chaîne ou non ;
- l'éventualité de retards à rattraper ;
- l'existence de pauses ;
- le mode de rémunération ;
- le fait d'avoir la possibilité, si besoin est, d'arrêter la chaîne ou la machine ;
- la possibilité de s'absenter en dehors des pauses.

Comme pour les travaux répétitifs, ces critères ont été associés par deux ou par trois (cf. tableaux G_2 , H_1 et H_2), dans la mesure où la conjonction de certains d'entre eux semble renforcer ou atténuer la contrainte du travailleur. On obtient donc trois cotations g_2 , h_1 , h_2 , dont on fera la moyenne arithmétique pour n'obtenir qu'une seule cotation relative à la contrainte de temps : $\frac{g_2 + h_1 + h_2}{3}$

5.2. COMPLEXITE-VITESSE.

Comme il a été dit dans le paragraphe où sont analysés les divers éléments de charge mentale, la complexité peut résulter selon les postes de travail :

- de l'effort de mémorisation (grand nombre d'opérations différentes) ;
- de la rapidité d'exécution des opérations ;
- des choix conscients à effectuer.

Afin de tenir compte de ces diverses possibilités, nous avons établi deux tableaux de cotation.

Dans le premier tableau I_1 (cf. p. 213), la cotation est fonction de la durée du cycle et de la durée moyenne de chaque opération (= rapport entre la durée du cycle et le nombre d'opérations par cycle).

Ainsi, pour une même durée de cycle, la charge (donc la cotation) est d'autant plus élevée que la durée moyenne de chaque opération est plus courte, ce qui fait apparaître l'influence du facteur « vitesse » ; mais pour une même durée moyenne d'opération, la charge est d'autant plus élevée que la durée du cycle est plus longue, puisqu'un nombre plus grand d'opérations par cycle requiert un plus grand effort de mémorisation : ici apparaît donc l'influence du facteur « complexité ».

Dans le deuxième tableau de cotation I_2 , nous avons croisé le nombre de choix à effectuer par cycle de travail avec la durée de ce cycle. La cotation est établie pour tenir compte du fait que si la nécessité de faire des choix au cours du travail n'est pas en soi un élément défavorable de charge mentale, elle peut le devenir lorsque les choix doivent être effectués dans un temps très court.

Les tableaux I_1 et I_2 permettent d'obtenir deux cotations i_1 et i_2 ; pour réduire ces deux cotations en une seule, caractéristique du facteur complexité-vitesse, nous avons convenu d'additionner les deux cotations i_1 et i_2 , puisque le fait d'avoir à faire des choix, lorsque le cycle de travail est très court ou lorsque les opérations sont nombreuses, agrave la charge mentale.

5.3. L'ATTENTION.

L'ensemble des critères retenus pour essayer d'évaluer l'effort d'attention ont pour but, nous l'avons vu, d'essayer d'appréhender

- d'une part le niveau d'attention, qui est fonction de l'espace sur lequel doit porter l'attention et de la diversité des informations à percevoir ;
- d'autre part de la continuité de cet effort d'attention.

Certains critères sont communs à tous les types de travaux répétitifs ou non, d'autres sont spécifiques des travaux non répétitifs.

5.3.1. Travaux répétitifs et non répétitifs.

Les critères retenus sont, nous l'avons vu, les suivants :

- niveau de l'attention (ou intensité de l'attention) ;
- continuité de l'attention ;
- risques d'accidents corporels ;
- risques de détérioration du produit ;
- risques de détérioration du matériel ;
- possibilité de quitter des yeux son travail ;
- possibilité de parler pendant son travail.

Le tableau de cotation J_1 croise les deux critères « niveau » et « continuité » de l'attention, car il nous semble que la charge mentale dépend de ces deux éléments simultanément. En effet, un niveau élevé d'attention n'est pas, en soi, un élément défavorable, mais le devient si cet effort doit être prolongé.

Dans le cas où pour un poste de travail on a divers niveaux d'attention consécutifs, chacun d'eux ayant une certaine durée, on retiendra comme cotation la cotation la plus élevée. Ainsi par exemple si, pour exercer sa tâche, un travailleur a un niveau d'attention élevé 16 minutes par heure et un niveau faible pendant 44 minutes, la cotation sera 4 (et non pas 4 + 2).

Les tableaux J_2 , J_3 et J_4 sont relatifs aux risques. Les risques activent l'attention du travailleur qui veut éviter des incidents qui auraient une influence plus ou moins grave pour les travailleurs ou pour la production. Nous avons déjà dit que nous considérons ces risques comme des facteurs négatifs de la charge mentale, car ils provoquent une situation anxiogène néfaste pour le travailleur.

Si plusieurs cotations sont possibles pour le tableau J_1 , parce que le travailleur opère sur des pièces de valeurs différentes, on ne retiendra que la cotation la plus élevée.

La possibilité qu'a le travailleur de parler pendant son travail ou le temps pendant lequel il peut quitter des yeux sa tâche sont deux indicateurs susceptibles de donner une information à la fois sur l'inten-

sité et sur la continuité de l'attention ; nous les avons combinés dans le tableau de cotation J_s (cf. p. 215).

Pour les travaux répétitifs ces tableaux permettent d'obtenir cinq cotations pour caractériser l'attention, que l'on réduira à une seule cotation en opérant de la façon suivante :

- on retiendra la cotation la plus élevée des trois cotations relatives aux risques (tabl. J_2 , J_3 , J_4), car il nous semble qu'une seule cotation élevée pour l'un de ces trois types de risques constitue une situation très défavorable, dont il ne faudrait pas minimiser l'importance en faisant la moyenne des trois cotations ;
- puis on fera la moyenne entre cette cotation et les deux autres (tableaux J_1 , J_s).

5.3.2. Travaux non répétitifs.

Pour les travaux non répétitifs, plus particulièrement pour les travaux de surveillance ou de vigilance, des critères supplémentaires ont été prévus :

- nombre de machines à surveiller et type des interventions ;
- nombre moyen de signaux par machine et par heure ;
- nombre des interventions différentes ;
- durée moyenne des interventions.

Les deux premiers indicateurs regroupés dans le tableau K_1 doivent donner une appréciation sur le degré de dispersion et la fréquence de sollicitation de l'attention.

Pour les deux autres critères nous avons considéré séparément le cas où les interventions du travailleur sont fixes (tabl. K_2 , p. 215) et celui où les interventions sont aléatoires (tabl. K_3), car il est bien évident que des interventions qui ne peuvent être prévues ni dans le temps, ni dans l'espace, requièrent un plus gros effort d'attention que celles qui peuvent être prévues et programmées par avance.

Les cotations de ces tableaux se proposent de tenir compte à la fois du risque de monotonie (interventions rares et peu diversifiées) et du risque de saturation (signaux trop nombreux et trop diversifiés). C'est ainsi que dans les tableaux K_2 et K_3 , les cotations sont élevées aussi bien quand les interventions sont assez rares que lorsqu'elles occupent une grande partie du temps du travailleur.

On obtient donc finalement, pour les travaux non répétitifs, sept cotations concernant l'attention. On réduira ces sept cotations intermédiaires à une seule cotation de la façon suivante :

- on ne retiendra que la cotation la plus élevée des trois cotations obtenues à partir des tableaux J_2 , J_3 et J_4 ;
- on fera la moyenne arithmétique de cette cotation et des quatre autres obtenues à partir des tableaux J_1 , J_s , K_1 et K_2 (ou K_3).

5.4. LA MINUTIE.

Aussi bien pour les travaux répétitifs que pour les travaux non répétitifs, lorsque le travailleur doit manipuler ou observer des objets de très petites dimensions, ou lorsqu'il doit discerner des détails très fins sur des objets (dont la taille importe peu), il doit exercer une forte acuité visuelle ou une grande précision manuelle, ce qui correspond à une charge mentale notable.

Nous avons, dans le tableau L (cf. p. 216), associé les deux facteurs « Taille des objets » et « Niveau de perception des détails » pour aboutir à une seule cotation relative à la minutie.

* * *

Le tableau XXI récapitule, pour l'ensemble des postes d'un atelier par exemple, les diverses cotations intermédiaires que nous venons de présenter et à partir desquelles sont constituées les cotations de chacun des quatre éléments de charge mentale. Ces cotations intermédiaires peuvent en effet être fort utiles pour une analyse plus approfondie de certains éléments de charge mentale ou pour des changements éventuels de ces cotations qui, répétons-le, ne sont pas indiscutables.

Tableau XXI. FICHE RECAPITULATIVE DES COTATIONS DES DIVERS CRITERES DE CHARGE MENTALE

Poste de travail	Contrainte de temps	Complexité vitesse	Attention		Minutie
			R + N.R.	N.R.	
		Nombre d'interventions différentes			
		Durée interventions			
		Nombre de machines			
		Nombre de signaux/heure			
		Possibilité de parler			
		Possibilité de quitter des yeux			
		Risque de rejet du produit			
		Risques de détérioration du matériel			
		Risques accidents			
		Niveau d'attention			
		Continuité			
		Durée du cycle			
		Nombre de choix			
		Durée du cycle			
		Durée des opérations			
		Mode de remunération			
		Possibilité d'arrêter chaîne			
		Pauses			
		Possibilité de s'absenter			
		Pauses			
		Chaîne, non-chaîne			
		Retards à rattraper			
		Montée en cadence - Rému- nération			

R = Postes de travail répétitif.

N.R. = Postes de travail non répétitif.

CHAPITRE VII

ASPECTS PSYCHOSOCIOLOGIQUES

Pour les aspects psychosociologiques, nous cherchons à appréhender dans quelle mesure le contenu du travail — au lieu d'assimiler le salarié à une mécanique — lui laisse un minimum d'initiative et d'autonomie, lui permet d'avoir des relations interpersonnelles. C'est donc les effets du travail sur la personnalité et sur la vie sociale de l'opérateur qui nous préoccupent ici.

1. BASE THEORIQUE

Les pages précédentes, qui explicitent quel est l'arrière-plan théorique de nos indicateurs de la charge mentale, pourraient à la rigueur justifier aussi les indicateurs psychosociologiques que nous retenons dans notre analyse. En effet, nous avons souligné comment la charge mentale *pour les travaux subalternes* résultait d'une sollicitation trop forte de certaines fonctions psychiques et d'une absence de sollicitation d'autres fonctions. Selon ce cadre de référence théorique, les indices de charge mentale retenus mesurerait le risque de surcharge de certaines fonctions, les indices psychosociologiques mesurerait le risque de sous-chARGE d'autres fonctions. Une cotation élevée (proche de 10) pour la charge mentale signifiant par exemple des rythmes de travail *trop* rapides, une attention *trop* sollicitée, etc., alors qu'une cotation élevée pour les aspects psychosociologiques signifierait un *manque* d'initiative, un *manque* de coopération, etc.

Cependant, nous croyons utile de nous référer à d'autres arrière-plans théoriques qui ont, de fait, influencé notre analyse de certains éléments psychosociologiques. Ce manque d'unité des références théoriques est peu satisfaisant pour l'esprit, mais nous le préférerons à une pseudo-cohérence qui chercherait, par exemple, à ramener l'étude des conditions de travail à la physiologie.

La preuve que les indicateurs concernant la charge mentale et les aspects psychosociologiques relèvent pour l'essentiel d'univers théoriques différents nous semble être la suivante. On pourrait avoir une cotation satisfaisante (de 0 à 3 par exemple) des divers éléments de la charge mentale (ce qui signifierait que certaines facultés du salarié ne sont pas sollicitées au point d'entraîner de la fatigue nerveuse ou de le rendre indisponible pour une activité psychologique plus noble) sans pour autant qu'à notre avis la situation du travailleur puisse être considérée comme satisfaisante, si celui-ci ne dispose d'aucune autonomie dans son travail et n'a aucune relation avec les autres. Encore une fois on pourrait parler des éléments psychosociologiques en termes de sous charge, mais il nous semble que ce serait étendre abusivement le concept de charge mentale hors de son champ de validité, au risque d'entraîner une grande confusion. Nous préférions pour notre part donner trois ordres de justification à notre choix contre le travail répétitif et asocial, tout en étant conscients que le débat reste ouvert et que nous reviendrons ultérieurement plus sérieusement sur cette question.

1° Les études de motivation de l'homme au travail amènent la plupart des chercheurs à considérer que le contenu du travail est le facteur déterminant de l'intérêt porté par l'ouvrier à son travail. Cela ne veut pas dire que beaucoup ne préféreront pas un travail sans intérêt bien payé à un travail intéressant mal payé, mais alors ce qu'ils préféreront c'est la rémunération du travail et non le travail lui-même. Or sans préjuger de l'importance respective du salaire et des conditions de travail, notre analyse ne tient pas compte du montant de la rémunération puisqu'elle a pour but de porter un diagnostic sur les conditions de travail.

La recherche de Walker et Guest dans une usine automobile, portant sur un échantillon de 180 O.S. sur chaîne de montage, montre par exemple que le caractère répétitif du travail n'est pas apprécié (85 % des O.S. préféreraient un travail varié), que l'absence de qualification est profondément regrettée, que la rareté des contacts est ressentie comme une frustration.

Les tenants du système socio-technique, après avoir repris les résultats de nombreuses études de motivation, tentaient de faire la liste des principales exigences psychologiques à prendre en compte pour définir un poste de travail :

- a) un travail qui n'exige pas simplement de l'endurance et qui offre un minimum de variété ;
- b) un travail qui permette d'apprendre au fur et à mesure de l'expérience ;
- c) un travail qui laisse à l'individu un minimum d'autonomie de décision ;

- d) le besoin de reconnaissance sociale sur le lieu de travail ;
- e) le besoin de relier ce qu'on fait et ce qu'on produit à sa vie sociale ;
- f) le besoin de sentir que le travail contribue à atteindre un avenir souhaité.

Deux types d'objection peuvent être faits à cette position. Voici la première : il arrive bien souvent que des ouvriers effectuant des tâches répétitives s'en déclarent satisfaits et ne souhaitent pas en changer. La réponse à cette objection est la suivante : cette satisfaction s'explique par l'adaptation au bout de quelques années à une situation sans issue : l'individu, ne pouvant espérer réaliser ses aspirations à un travail intéressant, réduit ses attentes et se réfugie dans une routine tranquillisante et sécurisante. Tout changement peut être redouté, au moins dans un premier temps, car il suscite l'angoisse devant l'inconnu et la remise en cause d'un équilibre.

La deuxième objection, proche de la première, viendrait du fait que certains individus, par nature, aimeraient les travaux simples. C'est ainsi que M. Saint-Geours écrit : « Un travail simple et bien délimité convient à beaucoup d'individus... La simplicité est leur mesure et, j'ose le dire, leur repos, ou du moins leur absence de tension ». En réalité, il semble difficile sinon impossible de se fonder sur des travaux psychologiques pour affirmer que certains individus seraient naturellement faits pour des tâches répétitives. A cet égard la psychotechnique, très à la mode il y a quelques quinze, vingt ans a dû beaucoup réduire ses prétentions et au lieu d'avoir une approche figée en terme d'aptitudes, de prédispositions naturelles il a bien fallu faire entrer dans l'analyse l'histoire de l'opérateur, étudié moins en lui-même qu'en relation à l'environnement technique et social de son travail.

2° Ceci nous amène à la deuxième justification de notre choix contre le travail répétitif et asocial que reflète notre cotation. On ne peut être indifférent au fait que le travail, qui occupe une grande partie du temps éveillé d'un individu, contribue à former un certain type de personnalité. Or le travail parcellaire et répétitif, sans responsabilité, aboutit à des comportements régressifs (fuite ou agressivité ou résignation) contraires au développement « normal » de la personnalité. Certes la notion de « normal » est bien critiquable, mais il nous semble qu'il y a un large consensus pour reconnaître que les succès dans le domaine de la productivité du travail ont été jusqu'à présent acquis par une détérioration de la vie du travail et une aliénation de la personnalité des salariés. « Asseoir le progrès économique et technique sur une forme d'organisation qui implique une régression culturelle est un dangereux paradoxe du monde industriel »¹. Les analyses de Sainsaulieu montrent comment à des situations de travail différentes

1. R. SAINSAULIEU, *Les relations de travail à l'usine*, Paris, 1970.

correspondent des modèles de comportement personnel différents : un ouvrier spécialisé aura tendance à refuser le dialogue et l'explication ouverte, il aura plutôt une attitude de retrait. En cas de difficulté, il attendra la solution d'une décision arbitraire du chef, etc. Cette pauvreté des échanges interpersonnels, cette dépendance à l'égard de l'autorité, plus généralement la dépersonnalisation qui résulte du travail répétitif, sont considérées par tout le monde (et depuis le début de l'industrialisation) comme une conséquence déplorable d'une certaine organisation de la production.

3° Mais dans la mesure où le temps de travail diminue par rapport au temps de non-travail durant la vie active (réduction des horaires hebdomadaires, augmentation des congés annuels) ou durant la vie totale (allongement de la scolarité, vie plus longue après la retraite), on pourrait penser que les salariés compensent la dépendance dans leur travail par l'autonomie dont ils disposent dans leur loisir ou leur vie sociale extérieurs à l'entreprise. Halbwachs, au début du siècle déjà, avait considéré au contraire qu'on pouvait expliquer les types de consommation ouvrière et la pauvreté de leur vie sociale par leurs conditions de travail. Pour Halbwachs, à l'usine l'ouvrier « ne se trouve en rapport qu'avec la matière et non avec des hommes », son « activité doit se plier au rythme des machines », il « doit s'abstenir de toute initiative ». Or la classe ouvrière n'a pu séparer vie professionnelle et vie domestique, si bien que les habitudes contractées à l'usine pèsent de tout leur poids sur la vie hors travail².

Quant à G. Friedmann, il retrace les principales étapes de sa réflexion concernant le loisir : après avoir mis au premier plan du loisir en 1949 son caractère de compensation à un travail frustrant, de distraction, il a souligné l'importance de la liberté recherchée dans le loisir par opposition aux tâches gagne-pain, avec l'espoir qu'au cours du temps libre « exempt de toute obligation, la personnalité tente de s'exprimer et de se développer » (1960). En 1970 ces solutions qu'il entrevoyait, il n'y croit plus. « Je voyais bien que le travail est malade dans le milieu technique non dominé... Je ne voyais pas que trop des remèdes auxquels je m'attachais étaient irréels ou plutôt qu'ils consistaient à proposer au malade une autre forme de sa maladie »³.

Martin Meissner, à la suite d'une enquête minutieuse, vient confirmer l'influence du contenu du travail sur le loisir. Il constate que ce sont les ouvriers les plus dépendants dans leur travail qui font le moins preuve d'autonomie dans leurs loisirs. De même ceux qui n'ont pas de relations sociales, qui n'ont pas d'échanges nombreux sur leur lieu de travail, sont ceux qui réduisent les occasions de parler une fois

2. M. HALBWACHS, *La classe ouvrière et les niveaux de vie*, 1^{re} édition, 1912 ; réédition Gordon et Breach, 1970, p. 118, p. 455.

3. G. FRIEDMANN, *La puissance et la sagesse*, Paris, 1970, p. 83.

sortis de l'usine, qui participent le moins aux associations, et qui ont la vie sociale la plus pauvre. Et M. Meissner conclut : le travail a vraiment le bras long.

Voilà donc les principales justifications de notre choix des quelques indicateurs des aspects psychosociologiques du travail que nous avons retenus. Nous devons cependant rappeler ce sur quoi nous avons insisté dans l'introduction. La méthode de recueil des données que nous proposons, simple, rapide, et centrée sur l'analyse d'un poste de travail, ne permet qu'une approche extrêmement sommaire des aspects psychosociologiques. Nous ne pouvons par exemple rien dire de la qualité des relations de travail, du type de rapport avec la maîtrise ; or ce sont des aspects essentiels de la vie de travail pour le salarié.

Une dernière remarque enfin, la cotation reflète l'état actuel des conditions de travail : c'est-à-dire qu'à supposer qu'un sérieux progrès soit réalisé dans les prochaines années pour accroître l'autonomie de tous les salariés, la cotation actuelle de l'initiative n'aurait plus de sens, car plus aucun salarié ne serait entre 6 et 10 par exemple. Il faudrait alors soit supprimer ce critère, soit relever systématiquement la cotation de 5 points : l'ancien 5 devenant 10, l'ancien 4 devenant 9, etc. Ceci pour illustrer combien la cotation, non seulement pour cet élément mais aussi pour d'autres, est « datée ».

2. ELEMENTS DES ASPECTS PSYCHOSOCIOLOGIQUES

Comme pour la charge mentale nous utilisons plusieurs indicateurs pour juger de l'influence satisfaisante ou non des aspects psychosociologiques sur le travailleur. Comme nous l'avons déjà dit, nous savons que ces indicateurs ne recouvrent pas l'ensemble des aspects psychosociologiques, mais seulement quelques-uns d'entre eux susceptibles d'être appréhendés par notre méthode. Ces indicateurs, qui sont les mêmes pour les travaux répétitifs et non répétitifs, sont les suivants :

- l'initiative ;
- le statut social ;
- les possibilités de communication ;
- la coopération dans le travail ;
- l'identification du produit.

Le caractère plus ou moins satisfaisant de chacun de ces éléments peut être apprécié par un certain nombre de critères que nous allons expliciter.

2.1. L'INITIATIVE.

On peut la définir comme la non-limitation de l'autonomie du travailleur ; c'est-à-dire que celui-ci a la possibilité, dans une certaine mesure, de choisir sa méthode de travail, son rythme, qu'il peut contrôler son travail.

Les critères que nous avons retenus pour caractériser le degré d'initiative sont les suivants :

- possibilité d'organiser son travail ou de modifier l'ordre des opérations ;
- possibilité de contrôler son rythme de travail, c'est-à-dire de prendre de l'avance ou de s'arrêter de travailler ;
- possibilité de régler sa machine ;
- possibilité d'intervenir en cas d'incident ;
- possibilité d'auto-contrôle ;
- possibilité d'effectuer les retouches éventuelles.

POSSIBILITÉ D'ORGANISER SON TRAVAIL

Ce premier critère signifie que le travailleur, ayant un certain but ou un certain résultat qui lui est assigné, peut d'une certaine façon s'organiser comme il veut pour l'accomplir. Dans les travaux de production de masse, ce choix est, le plus souvent, très limité par l'organisation scientifique du travail. Toutefois, il arrive que le travailleur ait la possibilité d'intervertir l'ordre du processus opératoire, qu'il puisse commencer par tel montage plutôt que par tel autre, qu'il puisse rassembler tous les éléments nécessaires pour effectuer la tâche en une seule fois ou procéder par étapes successives.

Dans le cas d'un travail de surveillance de plusieurs machines, le travailleur peut parfois s'organiser pour que les interventions déterminées d'avance sur chaque machine soient étalementes dans le temps et éviter ainsi d'être sollicité en plusieurs endroits simultanément à certains moments, puis de ne rien avoir à faire à d'autres.

Il est aussi possible que le travailleur puisse inventer un procédé opératoire et qu'il soit autorisé à l'utiliser. Bien que ce dernier cas soit rare actuellement, il n'est pas exclu que dans l'avenir il se développe.

Dans tous ces cas, la possibilité pour le travailleur de varier son travail, d'avoir quelque initiative, lui permet d'enrayer la monotonie provoquée par un travail parcellaire, de donner un peu plus d'intérêt à un travail peu qualifié et de diminuer les risques de fatigue.

POSSIBILITÉ DE CONTROLER SON RYTHME DE TRAVAIL

Il ne s'agit pas ici de la cadence proprement dite qui a été prise en compte comme élément de charge mentale, mais de la plus ou moins grande liberté que peut avoir le travailleur, à l'intérieur même

d'une cadence donnée, de modifier son rythme de travail, en accélérant à certains moments par exemple pour pouvoir s'arrêter à d'autres.

Dans le cas de plus grande dépendance, le travailleur est entièrement dépendant du rythme de la chaîne : il doit attendre la pièce venant du travailleur précédent et le travailleur suivant est également entièrement dépendant de lui.

Dans d'autres cas, le travailleur n'a pas à fournir une pièce à chaque cycle de travail, il peut avoir la possibilité de réaliser un stock-tampon d'avance qui lui permet de s'arrêter de travailler quand il a réalisé la production imposée ou quand le stock est suffisant pour que le travailleur aval ne manque pas de travail.

La possibilité d'organiser son rythme de travail est un facteur qui diminue la dépendance du travailleur et d'autant plus que le travailleur peut prendre davantage d'avance (ceci suppose en effet que la cadence imposée ne soit pas trop sévère).

POSSIBILITÉ DE RÉGLER SA MACHINE ET D'INTERVENIR EN CAS D'INCIDENT

Nous pensons que la possibilité que peut avoir le travailleur de modifier certains réglages lorsque le travail produit par la machine n'est pas conforme au résultat attendu, ainsi que le fait de pouvoir intervenir en cas d'incidents caractérisent une certaine possibilité d'initiative qui est donnée au travailleur, initiative supposant quelques connaissances techniques de la machine.

CONTROLE ET RETOUCHE DES PIÈCES

Lorsque le travailleur doit effectuer lui-même le contrôle des pièces qu'il a travaillées et qu'il peut redresser les erreurs ou imperfections éventuelles, il est beaucoup moins dépendant que lorsque le contrôle vient systématiquement d'un autre travailleur ; il peut se sentir plus responsable de son travail.

2.2. LE STATUT SOCIAL.

Ce terme est entendu ici dans le sens de la considération sociale qui est liée à une tâche. C'est une donnée essentiellement socio-culturelle. Selon que la tâche qu'il accomplit bénéficie ou non d'un certain prestige auprès de ses camarades, le travailleur se sent valorisé ou dévalorisé et ce jugement du corps social a une répercussion très importante sur le travailleur.

Celui qui est en bas de l'échelle hiérarchique, qui est le plus subalterne, qui effectue une tâche considérée comme moins « valable », se situe en tant que personne dans le schéma socio-culturel de la société : il est le dernier ; et cette image est renforcée par les autres travailleurs qui acceptent aussi ces normes sociales et qui lui renvoient sans cesse

cette image. La compensation financière est insuffisante et inopérante pour faire accepter au travailleur d'être l'inférieur de tous, au service non seulement de l'entreprise mais aussi des autres ouvriers subalternes. Ceci se matérialise par la résistance des travailleurs à effectuer des tâches dévalorisées qui ne sont plus acceptées que par les travailleurs étrangers les plus récemment intégrés dans l'entreprise.

Les facteurs qui interviennent dans ce jugement se réfèrent à une échelle des valeurs implicite ou explicite qui peut être contestable : notre objet n'est pas d'en discuter ici. La seule chose qui nous intéresse est de savoir que ce jugement existe et que, même s'il n'est explicable que par une approche socio-culturelle et non ergonomique, il a une importance très grande.

Actuellement cette considération sociale est basée principalement sur le temps d'apprentissage au poste de travail et sur le niveau de formation préalable nécessaire. Nous avons donc utilisé ces deux données pour caractériser le statut social attaché au poste de travail analysé.

Ainsi, plus le temps d'apprentissage est long, plus le travailleur se sent valorisé, parce que plus difficile à remplacer rapidement.

En ce qui concerne le niveau de formation, précisons qu'il s'agit du niveau de formation nécessaire pour la tâche et non du niveau de formation effectif du travailleur ; c'est-à-dire que nous ne prenons pas en compte la différence culturelle qui peut accentuer ou atténuer les insatisfactions provoquées par le rang socio-professionnel attaché au poste de travail. Ainsi, plus la formation scolaire du sujet est importante, plus la distance entre cette formation et les responsabilités exercées peut apparaître importante et plus le travailleur aura le sentiment d'être sous-employé et donc sous-estimé.

Ce problème de désadaptation est certes important, mais il nous a semblé difficile de l'appréhender de façon satisfaisante. On peut dire cependant que ce phénomène de la mauvaise utilisation des capacités est d'une certaine manière inclus dans d'autres critères de charge mentale que nous avons retenus : la parcellisation des tâches et la dépendance du travailleur ne vont certainement pas dans le sens de la meilleure utilisation des capacités de chacun.

2.3. LES POSSIBILITES DE COMMUNICATION.

Le fait d'être éloigné des autres travailleurs ou de ne pouvoir communiquer aisément avec eux est, dans la majorité des cas, ressenti de façon défavorable par le travailleur. A l'inverse, une trop grande densité de travailleurs dans un atelier peut aussi être un élément de contrariété et d'inconfort.

En ce qui concerne les échanges que peut avoir le travailleur avec d'autres travailleurs, nous nous limitons ici aux échanges qui ne sont

pas nécessités par le travail ; tandis que ceux qui sont nécessaires au travail feront l'objet du paragraphe relatif à la coopération. Ajoutons aussi que nous ne pouvons appréhender ici la *qualité* des relations entre les travailleurs ; cette donnée serait importante dans la mesure où elle influe de façon certaine sur la situation psychologique du travailleur, mais elle demanderait une longue enquête par interview que nous avons volontairement écartée dans cette approche.

Les possibilités qu'ont les travailleurs de communiquer entre eux dépendent de la proximité de ceux-ci ou de la possibilité de se déplacer, et de l'absence d'obstacles à la conversation tels que le bruit, le rythme de travail, etc.

Nous avons donc retenu comme critères de communication :

- le nombre de personnes dans le voisinage du travailleur ;
- la possibilité de parler ;
- la possibilité de se déplacer.

La possibilité de parler pendant le travail ne renseigne évidemment pas sur la nature et la qualité des échanges ; mais si le travailleur a la possibilité de se déplacer, on peut supposer qu'il a aussi la possibilité de choisir parfois ses interlocuteurs et que sa liberté est donc plus grande que s'il ne peut échanger qu'avec ses voisins les plus proches.

De même la possibilité de se déplacer permet au travailleur de pallier en partie les inconvénients de l'isolement ou au contraire du trop grand nombre de personnes dans un voisinage direct. Nous avons en effet considéré que la trop forte densité de travailleurs dans un espace limité était un facteur défavorable et une source d'inconfort pour le travailleur.

2.4. LA COOPERATION.

Ce facteur concerne les relations que doit avoir *pour son travail* le travailleur avec ses camarades de travail ou avec la hiérarchie. Il s'agit donc de savoir avec qui le travailleur a des rapports de travail et, autant que possible, la nature de ces rapports.

Ici encore il ne sera pas possible de connaître vraiment quelle est la qualité des rapports avec la hiérarchie ou à l'intérieur du groupe des travailleurs ; mais il est cependant possible d'avoir une idée très schématique du caractère plus ou moins satisfaisant de ces échanges, selon les types de relation que l'on peut classer en trois catégories :

— *Relations coopératives* : échanges professionnels entre des travailleurs pour l'accomplissement d'une tâche ; c'est un type de relation privilégiée, même si la qualité et l'importance de ces relations peuvent varier très largement dans les diverses situations possibles.

— *Relations fonctionnelles* : entre des travailleurs ayant des fonctions différentes ; ces relations sont moins favorables que les relations coopératives, car elles supposent une certaine dépendance technique du travailleur par rapport à d'autres, mais pas de dépendance hiérarchique. Il s'agit par exemple des relations de l'ouvrier avec le magasinier, le régleur, l'agent des méthodes...

— *Relations hiérarchiques* : entre deux partenaires de statut différent et dont l'un a pouvoir sur l'autre (relations avec la maîtrise principalement). C'est la relation la plus mal supportée, parce que la plus contraignante et qui tend à être modifiée dans les expériences récentes d'équipes semi-autonomes ou autonomes.

Il faut cependant reconnaître que la qualité des relations hiérarchiques peut varier très largement d'un atelier à l'autre et si l'on peut citer le cas d'ateliers où la principale « nuisance » ressentie par les travailleurs est le contremaître, cela n'est pas exact partout. La méthode que nous utilisons pour recueillir les données ne permet cependant pas de faire apparaître cette distinction.

Une plus grande quantité des communications de travail peut aussi être considérée comme un facteur plutôt favorable. Toutefois, nous limitons cette affirmation aux relations coopératives et fonctionnelles, car pour les relations hiérarchiques cela serait plus contestable ; la nature de ces relations étant plus ambiguë, il serait nécessaire d'en connaître la qualité pour pouvoir dire s'il est plus favorable qu'elles soient peu nombreuses ou très nombreuses.

2.5. IDENTIFICATION DU PRODUIT.

Nous entendons par là le plus ou moins grand intérêt que le travailleur peut prendre à son travail selon qu'il arrive ou non à se situer dans l'ensemble du processus de fabrication et selon qu'il voit ou non le résultat de son travail, qu'il peut apprécier l'importance de son intervention. Plus simplement, c'est pour le travailleur la matérialisation de son effort, la possibilité de voir à quoi sert ce qu'il fait et comment se situe sa participation dans l'ensemble du processus. Cette notion d'intérêt au travail, qui est aussi un facteur de valorisation pour le travailleur, est avant tout psychologique, mais joue un rôle certain chez le sujet dans la perception de sa tâche et la prise de conscience de sa fonction.

Deux critères nous semblent pouvoir être utilisés ici :

— la place du travailleur dans le processus : selon qu'il intervient en début, vers le milieu ou vers la fin de la fabrication d'un produit, ou selon qu'il travaille sur la matière première brute, qu'il participe à la fabrication d'un élément important du produit, ou qu'il peut voir le produit fini, le travailleur peut percevoir de

- façon plus ou moins sensible comment se situe son travail dans l'ensemble d'un processus de fabrication ;
- l'importance de la modification effectuée par le travailleur : ainsi le travailleur qui doit apporter une modification importante et perceptible à une pièce, ou effectuer le montage complet d'un sous-ensemble ou d'un ensemble, se sent plus concerné par son travail que celui qui ne voit pas de transformation sensible.

Précisons que le premier critère ci-dessus n'a vraiment de sens que dans certaines industries, qui construisent un produit depuis la matière première ou depuis les pièces détachées jusqu'à la finition (industries automobiles, constructions électriques par exemple) ; il nous semble avoir beaucoup moins d'intérêt pour des industries n'effectuant que des transformations intermédiaires ou que du conditionnement (constructions de certaines pièces bien déterminées et simples, conditionnement de certains produits des industries agricoles et alimentaires par exemple).

Les renseignements concernant chacun des critères que nous venons d'énumérer sont recueillis dans le chapitre du guide d'observation relatif aux éléments psychosociologiques.

Nous allons maintenant préciser comment doivent être interprétées certaines questions, lorsqu'il y a des difficultés possibles.

3. LE GUIDE D'OBSERVATION

QUESTION 7.1.

La question 7.1. a pour but de savoir si le travailleur peut, d'une certaine façon, organiser son travail en ayant la possibilité de choisir telle opération avant telle autre, dans le cas d'un travail de montage par exemple. Ceci peut aussi être le cas d'un travailleur qui a plusieurs machines à surveiller et qui doit effectuer un certain nombre d'interventions sur chacune d'elles. Si certaines de ces interventions ne sont pas aléatoires, il est dans certains cas possible que le travailleur puisse s'organiser pour que les diverses interventions s'échelonnent dans le temps afin d'éviter que les interventions sur plusieurs machines n'arrivent simultanément, ce qui entraînerait du retard ou un risque de détérioration ou d'accident.

Les questions 7.1.1. et 7.1.2. ont pour but de savoir si l'organisation prévoit que l'ouvrier doit contrôler certains aspects de qualité de son travail et, éventuellement, effectuer des rectifications. Par contre, on ne tiendra pas compte des contrôles qu'il effectue spontanément, mais qui ne sont ni reconnus dans sa qualification, ni pris en compte dans sa charge de travail.

QUESTION 7.2.

Il s'agit ici de savoir si, en dehors des pauses prévues officiellement par l'entreprise, le travailleur peut s'absenter momentanément de son travail et s'il doit pour cela faire appel à un remplaçant. S'il peut quitter son travail sans se faire remplacer, il faudra distinguer le cas où il peut le faire sans aucun risque pour la production parce qu'il a pu arrêter sa machine ou parce qu'il n'y a que des interventions fixes, dont il peut donc prévoir le moment, et le cas où la machine ou le processus ne sont pas arrêtés et où peuvent survenir certains incidents sans conséquence grave, mais entraînant un certain retard qui devra être compensé ensuite par une plus grande rapidité de travail.

QUESTIONS 7.3. et 7.3.1.

Pour la question 7.3., il est nécessaire de préciser comment doit être interprété le terme « incident ». Nous entendons ici par incident :

- soit l'arrêt ou le mauvais fonctionnement d'une machine, d'une chaîne ;
- soit un défaut d'approvisionnement ou un défaut d'écoulement, causé par des perturbations en amont ou en aval du poste.
- soit la présence de pièces exigeant certaines rectifications avant de pouvoir être utilisées.

Mais nous excluons, bien entendu, les incidents aléatoires ou les signaux constituant l'essentiel du contenu des travaux de surveillance et ne pouvant donc être considérés comme des perturbations.

Chacun de ces incidents peut avoir un caractère de plus ou moins grande gravité et le but de la question est de savoir si, selon l'importance des incidents, le travailleur peut ou non intervenir lui-même.

Les qualificatifs relatifs aux incidents (important ou mineur) ne s'appliquent pas aux conséquences des incidents, mais au fait que la réparation de ces incidents nécessite des interventions plus ou moins longues et complexes.

Ainsi, un incident peut être qualifié de peu important si une intervention de courte durée et relativement simple suffit à tout remettre en ordre de marche. Par contre, un incident est plus important s'il

nécessite de démonter un certain nombre de pièces pour remplacer l'une d'elles ou pour refaire un réglage qui s'est modifié, etc...

Question 7.3.1. — Il ne s'agit ici ni du réglage de la cadence, ni de l'entretien courant de la machine, mais il s'agit de savoir si le travailleur a la possibilité d'effectuer certains réglages sur la machine, pour que le travail effectué corresponde bien aux caractéristiques demandées, par exemple, ou si tout est réglé d'avance par un autre travailleur, qui intervient toutes les fois où un certain dérèglement apparaît.

QUESTIONS 7.4. et 7.4.1.

Les questions 7.4. et 7.4.1. doivent permettre de savoir si le travailleur peut percevoir une modification notable du produit ou de la fabrication, compte tenu de son intervention, et à quel stade du processus se situe son intervention. Ces questions concernent surtout les processus relativement longs où chaque opérateur n'effectue qu'une très faible fraction de l'ensemble de la transformation d'un produit ; selon la place que l'opérateur occupe dans ce processus, plus ou moins au début ou plus ou moins à la fin, on pourra répondre à la question 7.4.1.

Pour des processus d'ampleur plus limitée ou pour des productions de type plus artisanal, la distinction est sans doute plus difficile et certains opérateurs peuvent à la fois travailler sur la matière première et participer à la finition ou au conditionnement du produit ; on pourra alors cocher plusieurs cases simultanément.

QUESTIONS 7.5. et 7.5.1.

Pour la question 7.5. précisons bien qu'il s'agit de savoir quel a été le *temps d'apprentissage* nécessaire *au poste de travail*, sans tenir compte de toute la formation acquise précédemment. Il est donc possible que, pour un même poste de travail, la durée d'apprentissage soit différente pour plusieurs travailleurs selon le passé professionnel de chacun, ses aptitudes, etc. Mais cet inconvénient sera atténué dans l'exploitation que nous ferons de la réponse à cette question. Il ne s'agit pas ici du temps de montée en cadence, déjà abordé dans une autre question (6.2.), mais du temps nécessaire pour que le travailleur connaisse sa tâche et sache l'effectuer sans erreur.

Dans la question 7.5.1. on ne cherche pas à analyser quelles sont les difficultés pour acquérir le rythme du travail imposé, mais uniquement quelles sont les difficultés pour que le travailleur *connaisse* bien sa tâche, ces difficultés pouvant provenir soit d'un effort de mémorisation, pour retenir l'ordre des diverses opérations ou pour savoir quelles sont les « bonnes réponses » à donner dans les diverses situa-

tions possibles, soit de l'entraînement pour acquérir un « tour de main » résultant de la synchronisation et de l'enchaînement d'un certain nombre de mouvements, soit encore de l'acquisition d'une certaine expérience, pour juger du meilleur moment auquel intervenir par exemple.

QUESTIONS 7.6. A 7.9.

Dans la question 7.6. relative au niveau de connaissances générales ou techniques nécessaires au poste de travail avant l'apprentissage proprement dit, nous nous sommes limités à différents niveaux correspondants à des postes de travail ouvriers, puisque cette méthode s'applique avant tout à ces postes de travail.

Les questions 7.7., 7.7.1. et 7.7.2. s'intéressent aux relations que le travailleur doit avoir avec d'autres pour effectuer sa tâche : le type de relation d'une part (7.7.1.) et la fréquence moyenne journalière de ces échanges d'autre part (7.7.2.) cf. pages 163-164.

Les questions 7.8., 7.9. et 7.9.1.1. cherchent à appréhender quel est l'isolement du travailleur ; il s'agit de l'isolement provoqué par l'éloignement (7.8.) ou de l'isolement provoqué par l'impossibilité de communiquer avec ses voisins pour diverses raisons qui font l'objet de la question 7.9.1.

4. EXPLOITATION

Comme pour la charge mentale, nous n'aurons pas une seule cotation pour caractériser les aspects psychosociologiques d'un poste de travail, mais cinq cotations, chacune d'elles se rapportant à un des éléments de type psychosociologique que nous avons retenus :

- l'initiative ;
- le statut social ;
- les communications entre travailleurs ;
- la coopération dans le travail ;
- l'identification du produit.

Encore une fois, nous savons que ces éléments ne recouvrent pas l'ensemble des aspects psychosociologiques, mais seulement quelques aspects susceptibles d'être appréhendés par notre méthode.

Chacun des éléments est apprécié par un certain nombre de critères qui, isolément ou combinés les uns aux autres, peuvent donner lieu à une cotation.

Nous ne justifierons pas dans ce paragraphe le choix de ces critères puisque cela a été fait précédemment, mais nous voulons seule-

ment expliciter les cotations proposées pour les cinq éléments psychosociologiques, cotations qui font l'objet des tableaux M_1 à R de l'annexe I et qui sont récapitulées dans le tableau en tête de cette annexe.

Nous avons fait figurer également dans ces tableaux les numéros des questions du guide d'observation où sont donnés les renseignements nécessaires.

4.1. L'INITIATIVE.

Rappelons les critères que nous avons proposés pour juger du degré d'initiative que peut avoir le travailleur :

- possibilité d'organiser son travail ou de modifier l'ordre des opérations ;
- possibilité de contrôler son rythme de travail ;
- possibilité de contrôler la qualité de son travail ;
- possibilité d'effectuer les retouches éventuelles ;
- possibilité de régler sa machine ;
- possibilité d'intervenir en cas d'incidents.

POSSIBILITÉ DE MODIFIER L'ORDRE DES OPÉRATIONS ET DE PRENDRE DE L'AVANCE.

Les deux premiers critères ont été combinés entre eux pour donner lieu à une seule cotation (cf. Tableau M_1), car ils caractérisent tous deux la plus ou moins grande maîtrise que peut avoir le travailleur de son temps de travail.

CONTROLE ET RETOUCHE DES PIÈCES.

Ces deux critères caractérisent les possibilités d'auto-contrôle c'est-à-dire la liberté qui est laissée au travailleur pour vérifier la qualité de son travail. Ils donnent lieu à une seule cotation dans le tableau M_2 (cf. p. 216).

POSSIBILITÉ DE RÉGLER SA MACHINE ET D'INTERVENIR EN CAS D'INCIDENT.

Ces deux critères figurent dans un même tableau de cotation (cf. tableau M_3), car il nous semble en effet que tous deux caractérisent un même type d'initiative supposant quelques connaissances techniques de la machine.

On a donc finalement trois cotations pour caractériser le degré d'initiative, cotations auxquelles on peut attribuer la même pondération pour obtenir une cotation unique : on fera donc la moyenne arithmétique des trois cotations :

$$\frac{m_1 + m_2 + m_3}{3}$$

Il est possible que, pour certains postes de travail (de surveillance en particulier), certains critères n'aient aucun sens, on n'aura alors qu'une seule cotation, que l'on utilisera directement, ou deux cotations dont on fera la moyenne pour obtenir une cotation de l'initiative.

4.2. LE STATUT SOCIAL.

Nous avons vu que la considération sociale est actuellement basée, le plus souvent, sur le temps d'apprentissage au poste de travail et sur le niveau de formation préalable nécessaire. Ces deux indicateurs ont été utilisés dans un même tableau pour donner une cotation caractérisant un aspect du statut social du travailleur (cf. tableau N, p. 217).

4.3. POSSIBILITES DE COMMUNICATIONS.

L'isolement du travailleur est un facteur très défavorablement ressenti. Le travailleur a besoin de pouvoir échanger avec ses camarades. Cette possibilité peut être appréciée, nous l'avons vu, à travers les critères suivants :

- possibilité de parler pendant le travail ;
- possibilité de se déplacer ;
- nombre de personnes dans le voisinage du travailleur.

Les deux premiers critères nous semblent pouvoir être combinés entre eux ; en effet, lorsque le travailleur a la possibilité de parler pendant son travail, on peut supposer que le fait de pouvoir se déplacer est un facteur supplémentaire favorable à des échanges plus nombreux et plus diversifiés. Ces deux critères ont été réunis dans le tableau P₁ (cf. p. 217).

D'autre part, si le travailleur est très isolé physiquement ou si au contraire les travailleurs sont trop nombreux dans un petit espace, le fait de pouvoir se déplacer atténue le désagrément de cette situation et peut favoriser les échanges entre travailleurs. Le croisement des deux critères d'isolement physique et de possibilité de se déplacer donne une deuxième cotation caractérisant les possibilités de communication entre travailleurs (cf. tableau P₂, p. 217).

Pour n'obtenir qu'une seule cotation, on fera la moyenne arithmétique des deux cotations obtenues à partir des tableaux P₁ et P₂ :

$$\frac{p_1 + p_2}{2}$$

4.4. LA COOPERATION.

Il s'agit ici des relations que le travailleur doit avoir avec d'autres pour son travail. Pour juger de la nature de ces relations, une classification très schématique a été proposée, basée sur le statut des partenaires qui communiquent :

- les relations coopératives, qui sont les mieux appréciées ;
- les relations fonctionnelles, que l'on peut considérer comme neutres ;
- les relations hiérarchiques, qui sont les plus mal supportées.

Un autre élément d'appréciation du facteur « coopération » peut être la fréquence de ces divers types de relations : des échanges plus fréquents pouvant être considérés comme un facteur plus favorable, surtout pour les relations fonctionnelles et coopératives. Nous avons déjà dit que, pour les relations hiérarchiques, il faudrait avoir des informations supplémentaires sur la qualité de ces relations pour pouvoir dire s'il est plus ou moins favorable qu'elles soient nombreuses.

Le tableau Q donne les cotations caractérisant le degré de coopération dans le travail, basées sur la nature et la fréquence des relations de travail.

Dans le cas où il y a, pour un même poste de travail, des relations de plusieurs types, on ne retiendra, pour la cotation, que les relations les plus favorables, c'est-à-dire les relations coopératives, puis les relations fonctionnelles lorsqu'il y en a. En effet, les relations hiérarchiques existent toujours, mais elles sont certainement très différemment ressenties, selon qu'elles sont ou non les seules relations de travail.

4.5. IDENTIFICATION DU PRODUIT.

Nous entendons par là la possibilité qu'a le travailleur de se situer dans l'ensemble du processus de fabrication, d'une part, et de voir le résultat de son travail, d'autre part.

Pour apprécier le caractère plus ou moins favorable de cet élément psychosociologique, nous avons croisé les deux critères : situation du travailleur dans le processus, et importance visible de la transformation effectuée (cf. tableau R, p. 218).

Nous avons cependant attribué un poids plus grand au facteur relatif à l'importance de la transformation, parce qu'il nous semble plus significatif, d'une part, et que, d'autre part, l'autre facteur a un intérêt qui peut être, nous l'avons vu, très variable selon les industries.

* * *

On a donc finalement cinq cotations pour caractériser les quelques aspects psychosociologiques que nous avons retenus.

Le tableau XXII suivant permet de conserver toutes les cotations intermédiaires à partir desquelles est obtenue la cotation de chacun de ces cinq éléments psychosociologiques. Comme pour la charge mentale, il peut être utile de se référer à certaines de ces cotations intermédiaires pour approfondir l'analyse d'un ou plusieurs de ces éléments psychosociologiques.

Tableau XXII. **FICHE RECAPITULATIVE DES COTATIONS DES DIVERS CRITERES DES ASPECTS PSYCHOSOCIOLOGIQUES**

		Identification du produit	
		Importance de la transformation	Situation dans le processus
Coopération	Type de relations	Nombre par jour	
	Possibilité de se déplacer		
Communications	Nombre de personnes au voisinage		
	Possibilité de parler		
Statut social	Possibilité de se déplacer		
	Formation générale		
Initiative	Apprentissage		
	Réglage Incidents		
Postes de travail	Contrôle des pièces		
	Retouche des pièces		
	Possibilité d'organiser son travail		
	Choix du rythme		

CHAPITRE VIII

LE TEMPS DE TRAVAIL

La notion de durée de travail est insuffisante pour juger des effets sur le travailleur. En effet le nombre de jours entre lesquels est répartie cette durée globale, le nombre et l'importance des pauses chaque jour, et le type d'horaire lui-même jouent un rôle important sur la fatigue du travailleur. Diverses études ont été effectuées dans l'industrie pour observer les conséquences sur le rendement et la fatigue du travailleur des divers éléments du temps de travail.

1. DUREE HEBDOMADAIRE ET DUREE QUOTIDIENNE

Dès 1919, le rapport Vernon, en Angleterre, montra l'effet de la réduction de la journée de travail sur le rendement et la qualité de la production.

D'autres recherches systématiques ont montré que la réduction de la *journée de travail* a comme conséquence, après un faible temps d'adaptation, l'augmentation horaire et journalière de la production. De nombreux exemples cités par Maier et Tiffin viennent illustrer ce phénomène ; voici l'exemple de la Waverly Press rapporté par Maier¹.

« Durant les années de crise qui suivirent 1930, la Waverly Press instaura un horaire de 6 heures par jour. Quand on passa ainsi de 8 à 6 heures de travail, le premier résultat fut une légère baisse de la production (5 %), et le nombre d'erreurs doubla. Lorsque les employés furent habitués au nouvel horaire, la production s'accrut de 15 % par rapport au niveau normal, et les erreurs diminuèrent quelque peu. Avec une production de 115 %, la journée de 6 heures comptait 690 unités de production, tandis que la journée de 8 heures comptait

1. Cf. MAIER, *La psychologie dans l'industrie*, p. 653 sq.

800 unités sur la base de 8 heures de production à 100 %. Si on tient compte du fait que les erreurs étaient également réduites cela signifie que la production d'une journée de 6 heures était approximativement la même que celle d'une journée de 8 heures ».

En ce qui concerne *la durée hebdomadaire de travail*, tous les auteurs s'accordent pour dire qu'il existe un nombre optimal d'heures de travail et que le fait d'augmenter arbitrairement la semaine de travail n'accroît pas nécessairement la production. Ainsi, selon une enquête entreprise par le Ministère du Travail américain dans plusieurs usines et citée par Grandjean (p. 329), lors d'une réduction de la durée du travail de 16 % (passage d'une semaine de 6 jours à 5 jours), on observa chez le personnel masculin une augmentation du rendement horaire de 14 % et, chez les femmes; une augmentation du rendement horaire de 7 %. Une modification des horaires a des répercussions sur le degré de fatigue du travailleur et donc, indirectement, sur son rendement.

Mais la fatigue du travailleur n'est certainement pas la même selon qu'il effectue 45 heures de travail en 5 journées de 9 heures ou en 5 journées de 8 heures 15 minutes et une demi-journée de 3 heures 45 minutes. De même pour un travailleur effectuant 50 heures par semaine, réparties en 5 jours ou en 6 jours.

Si la semaine de 45 heures ou de 48 heures est répartie en 5 jours au lieu de 6, la durée quotidienne de travail s'élève à 9 h ou 9 h 45. Ce surplus d'effort quotidien ne peut assurément être compensé par le temps de repos supplémentaire du samedi et certains auteurs pensent que 9 heures 30 par jour constituent une durée de travail excessive et que du point de vue physiologique, la semaine de 5 jours n'offre d'avantage que si la durée de travail quotidienne ne dépasse pas 8 heures 30.

D'autres études ont montré l'effet de la réduction des horaires sur l'absentéisme et sur les accidents de travail. Notons par exemple une étude effectuée par la CECA dans les charbonnages belges et allemands : entre 1955 et 1957, période correspondant à une réduction des horaires, une sensible baisse de la fréquence des accidents a été observée corrélativement.

Il serait plus juste, lorsque l'on parle de temps de travail, de parler également du temps passé par le travailleur pour se rendre à son travail. En effet il est certain qu'à la fatigue du temps de travail s'ajoute pour le travailleur la fatigue engendrée par des temps de transports longs et dans des conditions le plus souvent inconfortables. Le problème de la fatigue professionnelle recouvre donc en fait toute la période comprenant le temps de travail et le temps des trajets domicile-lieu de travail.

Ce problème de la longueur des trajets a conduit de nombreuses entreprises (dans les grandes villes principalement) à adopter la « jour-

née continue ». Ceci a amené certains auteurs à s'interroger sur la durée de l'arrêt nécessaire pour le repas de midi. D'un point de vue purement physiologique il est reconnu que, dans la plupart des cas, une interruption de 45 à 60 minutes est suffisante. Dès lors que le travailleur perd plus d'une demi-heure pour chacun de ses trajets domicile-travail, il est plus rationnel pour lui de prendre son repas sur le lieu de travail et de n'y consacrer que 45 à 60 minutes pour être libéré plus tôt le soir. Mais l'adoption de la journée continue suppose que l'entreprise soit équipée d'un restaurant ou d'une cantine.

1.1. LES PAUSES.

En dehors de l'interruption en milieu de journée, l'existence de pauses est importante pour permettre au travailleur de se détendre et de récupérer. Ces interruptions constituent en effet un moyen de lutter contre la fatigue qui peut résulter de la monotonie du travail, d'un effort trop soutenu de l'attention, d'un effort physique important ou d'ambiances défavorables (bruit, température, etc.).

« Le passage de la contrainte au repos n'est pas seulement une nécessité dans le cas de travaux physiques, mais également dans le cas de tous les travaux exigeant un effort du système nerveux, comme par exemple la concentration intellectuelle, un travail manuel de précision, un effort des organes des sens et autres tâches mettant à contribution le système nerveux »².

Des expériences ont montré en particulier que les travaux se répétant avec une grande vitesse provoquent un surmenage considérable du système nerveux et nécessitent, par conséquent, des pauses plus que tout autre travail.

On peut dire d'une façon générale, que le total des pauses (masquées, volontaires, nécessitées par le cours du travail et prescrites) devrait s'élever au minimum à 15 % du temps de travail.

Bien entendu, la durée et la fréquence des pauses peut varier selon le type de travail et selon la dépense physique ou nerveuse que celui-ci requiert.

Sur la base de nos connaissances actuelles, la disposition suivante des pauses pourrait être recommandée :

- a) pour les travaux d'intensité moyenne comportant occasionnellement des temps d'attente nécessités par le déroulement du travail : une pause de 10 à 15 minutes matin et après-midi pouvant permettre en même temps de prendre quelque nourriture ;
- b) pour les travaux de grande intensité ne comportant pas de temps d'attente nécessités par le déroulement du travail et produisant

2. Cf. SCHERRER, tome I, p. 322.

un grand nombre de pièces : matin et après-midi un arrêt de 10 à 15 minutes permettant de prendre quelque nourriture et une ou deux autres petites pauses de 5 minutes chacune.

2. TYPE D'HORAIRE

Pour une même durée hebdomadaire ou journalière il peut y avoir divers types d'horaires, qui ont des incidences différentes sur la fatigue et la santé du travailleur. Nous voulons parler ici du travail en équipes. Nous ne nous préoccupons pas des justifications techniques ou économiques du travail en équipe, mais nous nous intéresserons seulement aux conséquences sur la santé ou la vie sociale et familiale du travailleur.

Il est tout d'abord nécessaire de remarquer que le terme « travail en équipe » recouvre des modalités assez diverses d'horaire de travail. Ainsi, il est important de distinguer :

— *Le travail semi-continu*, avec arrêt en fin de semaine. Il peut être réparti en deux équipes de travail journalières (travail en 2×8 , sans travail de nuit) ou en trois équipes journalières (travail en 3×8 , avec une équipe du matin, une équipe de l'après-midi et une équipe de nuit). Les équipes peuvent être fixes (un même individu a toujours le même horaire, poste de nuit, du matin ou de l'après-midi) ou alternantes (chaque travailleur occupe successivement le poste du matin, le poste de l'après-midi et le poste de nuit). Lorsqu'il y a alternance, la fréquence de changement des postes peut être variable : 3 ou 4 jours, une semaine, 2 semaines ou plus.

— *Le travail continu ou non-stop*. La production (ou une partie de la production) ne s'arrête jamais, le travail est donc effectué 24 heures sur 24 y compris le dimanche et les jours fériés. Il y a alors au moins 4 équipes : une pour le poste du matin, une pour le poste de l'après-midi, une pour le poste de nuit et une au repos.

L'organisation des rotations d'équipe en travail continu est très complexe dans la mesure où l'on veut assurer une bonne distribution des jours de repos au cours de chaque cycle et où l'on veut que la répartition des dimanches ou des week-end libres soit équitable pour tous.

2.1. CONSEQUENCES DU TRAVAIL EN EQUIPE SUR LE TRAVAILLEUR.

Sur le plan de la santé : diverses recherches ont été effectuées sur les effets biologiques, physiologiques ou pathologiques des rythmes de travail. Bien que les conclusions de ces travaux ne soient pas toujours convergentes, elles concordent en général sur un certain nombre de points.

Les difficultés d'adaptation tiennent au fait que l'homme est soumis à un certain nombre de rythmes nycthéméraux (synchrones de l'alternance des jours et des nuits) : rythme veille-sommeil, rythme thermique, variation de fonctionnement rénal, variation de l'activité endocrinienne.

Les rythmes tournants et le travail de nuit posent le problème d'inverser le rythme nycthéméral du sujet. Les observations faites ont montré que cette adaptation dépendait en grande partie de l'acquisition d'un sommeil diurne satisfaisant. Ici intervient certainement le *facteur individuel d'adaptation* du rythme biologique à des variations d'horaires.

Il apparaît d'après toutes les études faites que la conséquence la plus importante du travail en 3×8 sur le plan de la santé est l'apparition de troubles du sommeil et que les autres troubles physiologiques qui peuvent intervenir sont en fait aussi les conséquences de la perturbation du rythme naturel nycthéméral.

Les troubles pathologiques pouvant apparaître sont les suivants :

- fatigue générale ;
- troubles nerveux : irritabilité, nervosité, défaut de vigilance, maux de tête. L'importance de ces troubles est assez variable selon les auteurs, mais il est certain que l'insuffisance de sommeil et la fatigue provoquée par le travail en équipe favorisent un déséquilibre neuro-végétatif ;
- troubles digestifs : ce sont les plus fréquemment signalés dans les études. Le décalage des heures de repas, modifiant les rythmes de l'appétit et de la sécrétion gastrique, joue certainement un rôle important. De même l'absorption exagérée d'excitants, de tabac, pour compenser le manque de sommeil, est à l'origine de troubles dyspeptiques. Ainsi, les travaux de Andlauer montrent la fréquence élevée de troubles gastriques, intestinaux, nerveux, cardiaques chez d'anciens travailleurs en 3×8 mutés (plus importante que chez ceux travaillant actuellement en 3×8). Les troubles du sommeil sont plus fréquents et plus graves chez les travailleurs soumis à des horaires alternants que chez ceux travaillant uniquement de nuit.

Il est certain aussi que les effets propres au travail en équipes sont aggravés par ceux qui découlent des conditions de logement, des transports, des charges familiales, etc.

La question de la durée optimale de l'alternance est l'objet de nombreuses controverses. Une étude comparative a été effectuée par P. Andlauer et L. Fourre entre deux modalités d'alternance : 2 jours et 7 jours. D'après les observations effectuées sur l'absentéisme et divers troubles physiologiques, il semble que la rotation tous les 2 jours soit préférable à celle effectuée toutes les semaines. Une interprétation possible de cette observation est que si les horaires les moins bien supportés ne durent que 2 jours de suite, l'individu peut ensuite récupérer plus vite que lorsque l'inadaptation dure 6 jours.

D'autres médecins du travail pensent, au contraire, que la période optimale serait plutôt de l'ordre de la semaine, le travailleur ayant le temps de s'adapter à une modalité de travail. Une expérience menée dans la région marseillaise sur des alternances de 15 jours a posé de sérieux problèmes d'adaptation au moment du passage au poste de nuit.

Il est donc assez difficile d'avoir une idée précise sur ce problème.

Du point de vue de l'absentéisme et des accidents du travail les études et enquêtes effectuées n'ont pas fait apparaître un plus grand absentéisme parmi les travailleurs en équipe. Certains auteurs ont même observé un moindre absentéisme parmi le personnel astreint à des horaires tournants que parmi celui travaillant uniquement le jour³.

Si l'on compare l'absentéisme des travailleurs postés, selon que leur poste est de jour ou de nuit, on observe que, lors du poste de nuit, les absences ne sont pas plus fréquentes que lors des postes de jour ; dans certains cas, elles sont même moins fréquentes⁴.

En ce qui concerne les accidents du travail, c'est parmi les travailleurs de l'équipe de nuit que l'on observe la proportion la plus faible d'accidents du travail⁵.

Cependant, si l'on distingue les accidents selon leur plus ou moins grande gravité, on s'aperçoit que la fréquence des accidents graves est plus grande parmi les accidents de nuit que parmi ceux de jour. Il semble donc « qu'en phase d'hyperactivité (ou d'excitabilité) apparaissent des accidents fréquents mais bénins, alors qu'en phase d'hypothéticité (ou d'inhibition) apparaissent des accidents moins fréquents mais plus graves ».

Outre les effets sur la santé, le travail en équipe a des conséquences sur le plan familial et social du travailleur.

— *Sur le plan familial.* Il est certain que le fait qu'un des 2 conjoints ou les 2 travaillent en équipe désorganise en partie ou complè-

3. Cf. VII^e *Journées de médecine du Travail*, sept. 1962, article de S. LEULIET.

4. Sur le problème du travail en équipes, on trouvera dans MAIER, p. 556 sq., quelques résultats d'enquêtes américaines et anglaises dont les résultats sont convergents avec les travaux cités ci-dessus.

5. VII^e *Journées de Médecine du Travail*, art. cité.

tement la vie familiale. La vie de l'un des conjoints se trouve désynchronisée par rapport à celle des autres membres de la famille : les heures de repas, de sommeil, de détente, les jours de congé ne coïncident plus et il est bien certain que cela peut entraîner de nombreuses difficultés pour l'équilibre de la famille.

— *Sur le plan de la vie sociale.* La participation à la vie sociale est nécessairement rendue difficile, sinon impossible, dans la mesure où les travailleurs ayant des horaires exceptionnels sont en minorité : certains loisirs collectifs sont moins accessibles (cinéma, réunions sportives) ; lorsque dans une économie l'ensemble des travailleurs (mines ou sidérurgie, par exemple) a ces horaires, le problème est différent et une vie sociale reste possible. Par contre les travailleurs apprécient d'avoir des horaires différents dans la mesure où cela correspond à un moindre encombrement sur les routes, dans les transports en commun, dans les magasins.

— *Sur le plan du travail.* Le personnel travaillant en équipe peut se sentir en marge du personnel de l'entreprise. Il a souvent moins de contacts avec les supérieurs, il est relativement moins informé des problèmes de l'entreprise. Mais l'intérêt porté aux syndicats semble plus grand parmi les travailleurs postés que parmi les travailleurs en journée normale ; en ce domaine cependant il semble que l'entreprise soit un facteur plus déterminant que le type d'horaire.

En ce qui concerne les possibilités de formation en dehors de l'entreprise, le personnel travaillant en équipe peut être défavorisé par ses horaires de travail et ses chances de promotion réduites, sauf si les cours de formation sont organisés dans l'entreprise en fonction du personnel travaillant en équipe.

3. LE GUIDE D'OBSERVATION

Dans le chapitre du guide d'observation relatif au temps de travail, nous n'avons posé qu'un nombre très limité de questions sur les durées totales hebdomadaire et journalière, sur le type d'horaire, sur les pauses et sur les trajets effectués par le travailleur entre son domicile et le lieu de travail.

D'autres renseignements, communs à tous les travailleurs ayant le même type d'horaire, figurent dans le dernier chapitre relatif aux données concernant l'ensemble de l'entreprise (questions 9.9.1. à 9.9.5.).

En ce qui concerne la durée hebdomadaire (8.1.), il faut indiquer ici la durée hebdomadaire moyenne, y compris les heures supplémentaires. De même pour la durée journalière : durée moyenne compte tenu des heures supplémentaires.

En ce qui concerne le type d'horaire (8.3.), le travailleur peut travailler :

- soit en horaire normal ;
- soit en équipes successives.

Et parmi ceux qui travaillent en équipes, certains peuvent travailler toujours dans la même équipe (équipe fixe) et avoir par conséquent toujours le même horaire (matin, après-midi ou nuit), d'autres peuvent travailler successivement dans les diverses équipes : le nombre de ces équipes pouvant être :

- deux (matin et après-midi : travail en 2×8) ;
- trois (matin, après-midi, nuit : travail en 3×8) ;
- ou quatre et plus : lorsque le travail n'est interrompu ni le dimanche ni les jours fériés, il faut qu'il y ait une ou plusieurs équipes supplémentaires pour que chacune ait successivement des jours de repos.

En ce qui concerne les pauses (questions 8.4. et 8.4.1.), il ne faut signaler ici que celles qui sont prévues, en nombre et en durées, par l'entreprise *en plus* des pauses réglementaires de casse-croûte (dans le cas du travail en équipe).

Il est bien entendu que nous excluons de ces temps de pause les temps de repos prévus par le bureau des méthodes à l'intérieur de chaque cycle de travail ; dans la détermination de la durée théorique d'un cycle de travail, le bureau des méthodes inclut, en effet, en plus de la durée nécessaire aux gestes ou mouvements élémentaires, un temps de repos (ou coefficient de repos) pour tenir compte du fait que la charge (ou le taux d'engagement) du travailleur ne peut être égale à 100 %. On ne devra pas considérer que ces quelques secondes de « repos » incluses dans chaque cycle de travail, et qui aboutissent à quelques minutes par heure, constituent des temps de pause.

4. EXPLOITATION

Il n'existe pas à proprement parler de normes sur la durée du travail et les conclusions des études faites ne concordent pas toujours, nous l'avons vu, quant aux conséquences pour le travailleur de telle durée du travail ou de tel type d'horaire.

Nous avons déjà fait intervenir certains éléments du temps de travail dans l'exploitation d'autres éléments des conditions de travail, en particulier dans le temps d'exposition à certaines nuisances telles que le bruit, la chaleur etc. et dans l'évaluation de la charge physique. La durée journalière et les temps de pause interviennent dans ces chapitres, puisque par exemple on ne devait tenir compte que du

temps de travail effectif pour évaluer la charge physique (ce qui revenait à soustraire les temps de pauses) ; pour l'exploitation de certains critères de charge mentale, la fréquence des pauses est aussi intervenue (cf. « contrainte de temps » tableaux G₂ et H₁).

On remarquera dans le tableau G₂ qu'une cotation est prévue au croisement de la 3^e ligne (« Pas de pause ») et de la 5^e colonne (« Retards à rattraper pendant les pauses »). Nous avons en effet eu l'occasion de voir certains postes de travail de surveillance où le temps de pause réglementaire n'était pas respecté, en ce sens que les machines n'étaient pas totalement arrêtées pendant la pause casse-croûte ; le travailleur avait parfois à intervenir pendant sa pause, ou encore celle-ci était fractionnée. Ces situations nous semblent constituer une nuisance grave pour le travailleur.

Nous n'avons pas exploité ici la donnée relative au « temps de trajet ». En effet, dans la mesure où nous faisions une analyse du poste de travail, il nous a semblé difficile de faire intervenir une donnée qui est très variable selon les individus, la localisation de l'entreprise etc... Nous sommes cependant bien persuadés que le temps de trajet devrait être pris en compte d'une manière ou d'une autre, puisqu'il intervient de façon certaine dans la fatigue journalière du travailleur ; il nous semble donc très souhaitable, au niveau d'une entreprise, d'essayer d'ajouter ce facteur dans l'analyse des conditions de travail.

L'exploitation que nous donnons ici des données caractérisant le temps de travail est très limitée : nous n'avons retenu que deux critères pour établir une cotation : la durée hebdomadaire de travail et le type d'horaire (cf. tableau S, p. 218).

Dans ce tableau, nous donnons à l'horaire en 2 x 8 une cotation nettement plus défavorable qu'à l'horaire normal. En effet, même si cet horaire ne comporte pas de travail de nuit et si les travailleurs peuvent y trouver parfois certains avantages (temps de trajet plus courts parce que moins encombrés, davantage de temps libre dans la journée), il n'en demeure pas moins que le début très matinal, pour l'équipe du matin, et la fin tardive, pour l'équipe de l'après-midi, ont des conséquences sur la durée et la qualité du sommeil, pouvant entraîner une fatigue importante. Ceci est particulièrement vrai pour les travailleuses mères de famille, qui effectuent des tâches ménagères avant leur départ du matin ou après leur retour le soir, ce qui abrège encore la durée de leur sommeil.

CHAPITRE IX

RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX SUR L'ENTREPRISE

Un dernier chapitre du guide d'observation rassemble un certain nombre de données générales relatives à l'entreprise. Ces données concernent :

- la date de construction des locaux ;
- l'entretien (c'est-à-dire le nettoyage) des diverses parties de l'entreprise ;
- les équipements sanitaires ;
- les équipements sociaux, tels que cantines, réfectoires, distributeurs de boissons, salles de repos ;
- le temps de travail : données complémentaires de celles qui ont été rassemblées dans le chapitre « temps de travail » et qui concernent l'ensemble de l'entreprise : organisation des divers types d'horaires, nombre de jours de repos, durée des congés annuels, etc.

Ces renseignements restent donc assez limités, on aurait pu en particulier demander beaucoup plus de détails sur les équipements sociaux, tels que bibliothèque, équipements sportifs, etc. Nous nous sommes ici volontairement limités aux équipements les plus courants, ou les plus indispensables, et qui peuvent influer très directement et très concrètement sur les conditions de travail.

Nous n'avons pour le moment proposé aucune exploitation de ces renseignements, car il nous a semblé impossible d'établir une cotation satisfaisante pour tous les cas possibles. La diversité des entreprises, en ce qui concerne leur taille, leur implantation, leur date d'origine, leur type de production et par conséquent la répartition et la structure des ateliers, est trop importante pour que l'on puisse imaginer une exploitation des données valable pour tous les cas.

Nous avons cependant maintenu ces renseignements dans le guide d'observation, afin qu'au niveau d'une entreprise ou d'un atelier ils puissent être pris en compte par ceux qui seraient chargés d'établir un bilan des conditions de travail.

BIBLIOGRAPHIE

I. AMBIANCE THERMIQUE

J. SCHERRER, *Physiologie du travail*, Masson 1967, chapitre « Ambiances thermiques » réalisé par B. METZ, tome 2, p. 184-248.
E. GRANDJEAN, *Précis d'ergonomie*, Dunod, 1967, p. 229-266.
A. LAVILLE, *Etude ergonomique du travail*, Cours du CNAM, chapitre V. Tables des coefficients de repos du Centre d'Etudes et d'Organisation (C.E.O. 16, av. de la Maye, Versailles).
Menschengerechte Arbeitsgestaltung, Deutscher, Österreichischer und Schweizerischer Gewerkschaftsbund.

II. LE BRUIT

AFNOR (Association Française de Normalisation), *Evaluation de l'exposition au bruit au cours du travail en vue de la protection de l'ouïe*. S. 31.013 - 1969.
Guide pour la mesure du bruit et l'évaluation de ses effets sur l'homme. S. 30.008 - Novembre 1970.
R. CABARAT, *Le bruit*, INRS, 1969, 52 p.
A. DIDIER, in *Encyclopédia Universalis*, « Acoustique », tome I, p. 173-184.
E. GRANDJEAN, *Précis d'ergonomie*, Dunod, 1967, p. 200-228.
A. LAVILLE, *Etude ergonomique du travail*, Cours CNAM.
D. MARSH, *Introduction aux mesures d'acoustique et de vibration*. Brüel et Kjaer, Danemark, 1969.
A. MATHIAS, *Action du bruit sur l'organisme*, ronéo, 11 p.
A. WISNER, *Audition et bruits*, in SCHERRER, t. II, 1967, p. 3-72.
Physiologie du travail et ergonomie, CNAM, Cours 2^e année.

III. L'ECLAIRAGE

A. DUBOIS-POULSEN, « Notions de physiologie ergonomique de l'appareil visuel », in SCHERRER, t. II, p. 114-183, 1967.
E. GRANDJEAN, *Précis d'ergonomie*, Dunod, 1967, p. 152-199.
A. LAVILLE, *Etude ergonomique du travail*, Cours du CNAM.
I.N.R.S. (Institut national de Recherche sur la Sécurité) et Association française de l'Eclairage, *Recommandations relatives à l'éclairage des bâtiments et de leurs annexes*, 1966.

IV. LES VIBRATIONS

A. BERTHOZ, *Protection de l'homme contre les vibrations*; Documents rassemblés pour le Commissariat au Plan en 1969, 160 p.
A. WISNER, « Effets des vibrations sur l'homme », in SCHERRER, t. II, p. 73-113.

V. LA DEPENSE PHYSIQUE

S. BOUISSET, « Postures et mouvements », in J. SCHERRER, t. I, p. 43-156.
E. GRANDJEAN, *Précis d'ergonomie*, p. 11-25 et 76-101.
A. LAVILLE, *Etude ergonomique du travail*, Cours du C.N.A.M.
H. MONOD, « La dépense énergétique chez l'homme », in J. SCHERRER, tome I, p. 154-208.
J. SCHERRER, *Physiologie du travail*, tome I, « Physiologie musculaire », p. 1-42.
H.G. SCHMIDT, *Les postures de travail défavorables*. Commission des Communautés européennes, 1969.
H. SPITZER et TH. HETTINGER, *Tables donnant la dépense énergétique en calories pour le travail physique*. Publiées par le B.T.E., 1966.

VI. LA CHARGE MENTALE

A. BAL, *L'attention*. Coll. « Que sais-je ? », PUF, 1970, 5^e édition.
P.-R. BIZE, P. GOCUELIN, R. CARPENTIER, *Le penser efficace*, SEDES, 1966, 2 tomes.
P. BUGARD, *Stress, fatigue, dépression*. Doin, 1974, 2 tomes.
P. CAZAMIAN, *Leçons d'ergonomie industrielle : une approche globale*, Editions Cujas, 1973.
P. CHAUCHARD, *La fatigue*. Coll. « Que sais-je ? », PUF, 1956.
J.-M. FAVERGE, J. LEPLAT et B. GUIQUET, *L'adaptation de la machine à l'homme*, PUF, 1958.
J.W.H. KALSBEK, *Mental and industrial fatigue and its determinations : practical application in ergonomie*, Amsterdam.
J. LEPLAT et M. SCHMIDTKE, « Etude de physiologie du travail », in *Travail mental et automatisation*. Commission des Communautés européennes, Luxembourg.
L. MICHAUX, *La mémoire*. Hachette littérature, 1974.
MONTMOLLIN, *Les systèmes hommes-machines*, PUF, Paris, 1967.
J. PIAGET, *La psychologie de l'intelligence*, Armand Colin, Coll. U2, 1967.
M. SCHMIDTKE, « Recherches relatives au problème de la fatigue mentale », in *Travail mental et automatisation*, 1968, Commission des Communautés européennes, Etude de physiologie et psychologie du travail.
A. TURNER et P. LAWRENCE, *Industrial Jobs and the Worker*, Harvard University, Boston, 1965.
T. VIDAL et E. RICHARD, *La charge de travail : le travail physique et mental et les facteurs aggravants*. BRAEC. II 192. Dossier sur les conditions de travail, 1971.
A. WISNER, *Physiologie du travail et ergonomie*, Cours CNAM 2^e année, tome IV, leçons 40 et 41.

VII. ASPECTS PSYCHOSOCIOLOGIQUES

C. ARGYRIS, *Participation et organisation*, Dunod, Paris, 1966.
G. FRIEDMANN, *La puissance et la sagesse*, Paris, 1970.
M. HALBWACHS, *La classe ouvrière et les niveaux de vie*, 1^{re} édition 1912, réédition Gordon et Breach, 1970.
JAN IRGENS KARLSEN, *A monography on the Norwegian Industrial Democracy Project*. Work Research Institute. Gydas/vei 8, Oslo 3. Texté multigraphié, p. 37.
J. LEPLAT, *La psychologie du travail en ergonomie. Traité de psychologie appliquée*, PUF, 1972.

M. MEISSNER, « The long arm of the job : a study of worker and leisure », *Industrial Relations*, vol. 10, number 3, october 1971.

R. SAINSAULIEU, *Les relations de travail à l'usine*, Editions de l'Organisation, Paris, 1970.

G. WALKER et R. GUEST, *The man on the Assembly line*, 1952.

VIII. LE TEMPS DE TRAVAIL

P. ANDLAUER et B. METZ, « Le travail en équipes alternantes », in J. SCHERRER, tome II, p. 272.

P. ANDLAUER et L. FOURRE, « Le travail en équipes alternantes : étude de la nuisance comparée de deux modalités d'alternance », *Revue française du Travail*, 1965, n° 4.

E. GRANDJEAN, *Précis d'ergonomie*, Paris, 1967.

W. GROSSIN, *Le travail et le temps*, Editions Anthropos, Paris, 1969.

M. MAURICE et N. MONTEIL, *Vie quotidienne et horaires de travail*, I.S.S.T., Paris, 1965.

J.N. MORGAN, « Note sur le temps passé au trajet quotidien de travail. Analyse et prévision », *Futuribles*, 1971, n° 2.

Commissariat au Plan, *Rapport sur la durée du travail*, 1970.

A. HADENGUE, D. REYNAUD, A. REINBERG, « Les incidences psychopathologiques de la répartition des horaires de travail », in *VII^e Journées nationales de Médecine du Travail*, septembre 1962.

ANNEXES

ANNEXE I

TABLEAUX DE COTATION

TABLEAU RECAPITULATIF DES COTATIONS

Il y a finalement, selon que l'on analyse un poste de travail répétitif ou non répétitif, 15 ou 16 cotations caractérisant les divers éléments des conditions de travail, qui se répartissent de la façon suivante :

Environnement physique	4 cotations
Charge physique	2 cotations
Charge mentale	4 cotations pour les travaux répétitifs 3 cotations pour les travaux non répétitifs
Eléments psychosociologiques	5 cotations
Temps de travail	1 cotation

Le tableau suivant résume quels sont, pour chacune de ces cotations, les critères retenus, ainsi que les numéros des questions du guide permettant de recueillir ces renseignements.

Critères utilisés	Nº de la question du guide	Cotations intermédiaires	Cotation finale
-------------------	----------------------------	--------------------------	-----------------

I. Environnement physique

AMBIANCE THERMIQUE

$\left\{ \begin{array}{l} \text{Température effective en } ^\circ\text{C} \\ \text{Niveau de l'effort physique} \\ \text{Durée journalière d'exposition} \end{array} \right.$	1.2. 5 à 14. cf. chap. V. 1.5. et 1.5.1.	$\rightarrow a_1$ 0 à 10 (Cf. tab. A.)
---	--	--

$$a = a_1 + a_2 + a_3$$

Fréquentes variations de température dans la journée	1.5.1.	$\rightarrow a_2$ $\left\{ \begin{array}{l} 2 \text{ si plus de 25 changements par jour} \\ 0 \text{ dans les autres cas} \end{array} \right.$
--	--------	--

Manipulations de matières chaudes ou froides	1.6.	$\rightarrow a_3$ $\left\{ \begin{array}{l} 2 \text{ si contacts peu fréquents} \\ 4 \text{ si contacts prolongés (> 25 % du temps de travail)} \end{array} \right.$
--	------	--

Critères utilisés	Nº de la question du guide	Cotations intermédiaires	Cotation finale
BRUIT			
Si mesure globale du niveau sonore :			
$\begin{cases} \text{Niveau d'intensité sonore en dB (A)}^1 \\ \text{Niveau d'attention} \end{cases}$	2.1. 6.5.	$\rightarrow b_1$ de 0 à 10 (cf. tab. B ₁)	
Si mesure par bande de fréquences :			
$\begin{cases} \text{Intensité sonore par bande d'octave} \\ \text{Limites des bandes d'octaves} \\ \text{Niveau d'attention} \end{cases}$	2.3. 6.5.	\rightarrow 8 cotations (1 pour chaque bande d'octave) (cf. tab B ₂) b_2 = cotation la plus élevée de ces 8	$b = b_1 + b_3$ ou $b_2 + b_3$
Bruit impulsifs ² d'intensité ≥ 85 dB	2.2. et 2.2.1.	$\rightarrow b_3$	$\begin{cases} \text{- si intensité} < 100 \text{ dB} \\ \quad 1 \text{ si nombre de bruits} \\ \quad \quad < 15 \text{ par jour} \\ \quad 2 \text{ si nombre de bruits} \\ \quad \quad \geq 15 \text{ par jour} \\ \text{- si intensité} \geq 100 \text{ dB} \\ \quad 3 \text{ si nombre de bruits} \\ \quad \quad < 15 \text{ par jour} \\ \quad 5 \text{ si nombre de bruits} \\ \quad \quad \geq 15 \text{ par jour} \end{cases}$

1. Si le niveau sonore n'est pas toujours le même, on calculera le niveau sonore équivalent (cf. p. 54) et on établira la cotation à partir de ce niveau sonore équivalent.

2. Bruits impulsifs : bruits dont la durée est inférieure à une seconde.

Critères utilisés	Nº de la question du guide	Cotations intermédiaires	Cotation finale
ECLAIRAGE			
Niveau d'éclairement au poste de travail (Lux)	3.5.	c_1 de 0 à 10 (cf. tab. C)	
Importance du contraste	3.6. à 3.6.2.		
Niveau de perception requis	3.8.		
Travail à la lumière artificielle	3.1. et 3.2.	c_2 { 0 si cela n'est pas permanent 2 si cela est permanent	
Eclairage assuré par des tubes	3.3. et 3.3.1., 3.3.2.	c_3 { 0 si tubes 2 × 2 et situés à plus de 90 cm 2 si tubes 2 par 2, mais situés à moins de 90 cm 2 si tubes situés à plus de 90 cm, mais non montés 2 par 2 4 si tubes à moins de 90 cm et non 2 par 2	$c = c_1 + c_2 + c_3$ $+ c_4 + c_5$
Eblouissement au poste de travail	3.7.	c_4 { 0 si non 5 si oui	
Niveau d'éclairement général de l'atelier	3.4.	c_5 { 0 s'il est $\geq 3 \sqrt{E}$ 2 s'il est $< 3 \sqrt{E}$ (E = éclairement au poste)	

<i>Critères utilisés</i>	<i>N° de la question du guide</i>	<i>Cotations intermédiaires</i>	<i>Cotation finale</i>
VIBRATIONS			
Fréquence des vibrations	4.3. à 4.5.		
Amplitude des vibrations	4.2.	→ d_1 de 0 à 10 (cf. tab. D.)	$d = d_1$
Durée d'exposition	4.6. à 4.6.2.		

II. Dépense physique

DEPENSE STATIQUE

Diverses postures	5.1.	→ e_1 de 0 à 10 (cf. tab. E.)	
Durée horaire de chacune	5.1.	et explications p. 209)	$e = e_1$

DEPENSE ENERGETIQUE DE TRAVAIL

Dépense de travail en kilocalories/jour	5.4. à 5.9.	→ $f_1 < 0$ et 0 à 10 (cf. tab. F.)	
Sexe			$f = f_1$

La dépense de travail (statique + dynamique) est calculée selon la méthode exposée pages 108 à 117.

<i>Critères utilisés</i>	<i>N° de la question du guide</i>	<i>Cotations intermédiaires</i>	<i>Cotation finale</i>
--------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	------------------------

III. Charge mentale

1. TRAVAUX RÉPÉTITIFS

CONTRAINTE DE TEMPS

$\left\{ \begin{array}{l} \text{Mode de rémunération} \\ \text{Temps de montée en cadence} \end{array} \right.$	6.4.	g_1 de 0 à 10 (cf. tab. G_1)	$g = \frac{g_1 + g_2}{2}$
	6.2.		
$\left\{ \begin{array}{l} \text{Chaîne - non-chaîne} \\ \text{Retards à rattraper} \\ \text{Nombre de pauses} \end{array} \right.$	6.1.	g_2 de 0 à 10 (cf. tab. G_2)	
	6.2.1. et 6.2.1.1.		
	8.4. et 8.4.1.		

COMPLEXITE-VITESSE

$\left\{ \begin{array}{l} \text{Durée moyenne de chaque opération} \\ \text{Durée de chaque cycle} \end{array} \right.$	6.3. et 0.5.1.1.	i_1 de 0 à 10 (cf. tab. I_1)	$i = i_1 + i_2$
	0.5.1.1.		
$\left\{ \begin{array}{l} \text{Nombre de choix effectués par cycle} \\ \text{Durée de chaque cycle} \end{array} \right.$	6.3.2. et 6.3.2.1.	i_2 de 0 à 10 (cf. tab. I_2)	
	0.5.1.1.		

<i>Critères utilisés</i>	<i>N° de la question du guide</i>	<i>Cotations intermédiaires</i>	<i>Cotation finale</i>
ATTENTION			
{ Niveau d'attention requis par la tâche	6.5.	i_1 de 0 à 10	
{ Durée du maintien de l'attention	6.5.	(cf. tab. J_1)	
{ Fréquence des risques d'accidents corporels	6.5.2.	i_2 (cf. tab. J_2)	
{ Importance des risques	6.5.2.		
{ Fréquence des risques de détérioration du matériel	6.5.3.	i_3 (cf. tab. J_3)	$i' =$ égal à la plus grande des 3 cotations
{ Caractéristiques du matériel	6.5.3.		i_2, i_3 et i_4
{ Fréquence des risques de rejet du produit	6.5.4. et 6.5.5.	i_4 (cf. tab. J_4)	
{ Valeur du produit	6.5.4.		
{ Possibilité de parler avec les autres travailleurs	7.9. et 7.9.1.	i_5 (cf. tab. J_5)	
{ Durée pendant laquelle le travailleur peut quitter des yeux son travail	6.6. à 6.6.2.		
MINUTIE			
{ Niveau de perception des détails	3.8.	i_1 de 0 à 10 (cf. tab. L)	$l = l_1$
{ Dimensions des objets	6.7.		

<i>Critères utilisés</i>	<i>N° de la question du guide</i>	<i>Cotations intermédiaires</i>	<i>Cotation finale</i>
2. TRAVAUX NON-RÉPÉTITIFS			
CONTRAINTE DE TEMPS			
Chaîne - non-chaîne	6.1.		
Retards à rattraper	6.2. et 6.2.1.1.	g_2 de 0 à 10 (cf. tab. G_2)	
Nombre de pauses	8.4. et 8.4.1.		
Possibilité de s'absenter en se faisant ou non remplacer	7.2.	h_1 de 0 à 10 (cf. tab. H_1)	$h = \frac{g_2 + h_1 + h_2}{3}$
Nombre de pauses	8.4. et 8.4.1.		
Possibilité d'arrêter la chaîne ou la machine	6.2.4.	h_2 de 0 à 10 (cf. tab. H_2)	
Mode de rémunération	6.4.		
ATTENTION			
Niveau d'attention requis par la tâche	6.5.	i_1 (cf. tab. J_1)	
Durée du maintien de l'attention	6.5.		
Fréquence des risques d'accidents corporels	6.5.2.	i_2 (cf. tab. J_2)	
Importance de ces risques	6.5.2.		
Fréquence des risques de détérioration du matériel	6.5.3.	i_3 (cf. tab. J_3)	
Caractéristiques du matériel	6.5.3.		
Fréquence des risques de rejet du produit	6.5.4. et 6.5.5.	i_4 (cf. tab. J_4)	
Valeur du produit	6.5.4.		

<i>Critères utilisés</i>	<i>Nº de la question du guide</i>	<i>Cotations intermédiaires</i>	<i>Cotation finale</i>
(SUITE)			
{ Possibilité de parler avec les autres travailleurs	7.9. et 7.9.1.	j_5 (cf. tab. J_5)	
{ Durée pendant laquelle le travailleur peut quitter des yeux son travail	6.6. à 6.6.2.		
{ Nombre de machines ou d'appareils à surveiller	0.6.1.	k_1 (cf. tab. K_1)	
{ Nombre moyen de signaux par machine/heure	0.6.1.		
{ Durée moyenne des interventions par heure	0.6.2.	k_2 ou k_3 (cf. tab. K_2 ou K_3)	
{ Nombre d'interventions différentes	0.6.2.		
<i>MINUTIE</i>			
{ Niveau de perception des détails	3.8.	l_1 de 0 à 10 (cf. tab. L .)	$l = l_1$
{ Dimension des objets	6.7.		

Critères utilisés	N° de la question du guide	Cotations intermédiaires	Cotation finale
-------------------	----------------------------	--------------------------	-----------------

IV. Aspects psychosociologiques

INITIATIVE

Possibilité d'organiser son travail ou de modifier l'ordre des opérations	7.1.	m_1 (cf. tab. M ₁)	
Possibilité de contrôler son rythme de travail	6.2.2.		
Possibilité de prendre de l'avance	6.2.3.		
Possibilité d'autocontrôle	7.1.1.	m_2 (cf. tab. M ₂)	
Possibilité de retouche des pièces	7.1.2.		
Possibilité de régler la machine	7.3.1.	m_3 (cf. tab. M ₃)	
Possibilité d'intervenir en cas d'incident	7.3.		

$$m = \frac{m_1 + m_2 + m_3}{3}$$

STATUT SOCIAL

Durée d'apprentissage au poste de travail	7.5.	n_1 (cf. tab. N)	$n = n_1$
Niveau de formation requis pour la tâche	7.6.		

<i>Critères utilisés</i>	<i>N° de la question du guide</i>	<i>Cotations intermédiaires</i>	<i>Cotation finale</i>
COMMUNICATIONS			
{ Possibilité de parler pendant le travail	7.9.	p_1 (cf. tab. P ₁)	
{ Possibilité de se déplacer	7.2.		$p = \frac{p_1 + p_2}{2}$
{ Nombre de personnes dans le voisinage	7.8.	p_2 (cf. tab. P ₂)	
{ Possibilité de se déplacer	7.2.		
COOPERATION			
{ Types de relations de travail	7.7.1.	q_1 (cf. tab. Q)	$q = q_1$
{ Fréquences des relations de travail	7.7.2.		
IDENTIFICATION DU PRODUIT			
{ Situation du travailleur dans le processus de fabrication	7.4.1.	r_1 (cf. tab. R)	$r = r_1$
{ Importance de la transformation effectuée	7.4.		
V. Temps de travail			
{ Type d'horaire	8.3.	s_1 (cf. tab. S)	$s = s_1$
{ Durée hebdomadaire de travail	8.1.		

Tableau A. - COTATION DE L'AMBIANCE THERMIQUE 1

Dépense de travail en Kcal/jour ²	Durée d'exposition par jour	TEMPERATURE EFFECTIVE ³											
		9° à < 13°	13° à < 16°	16° à < 19°	19° à < 22°	22° à < 25°	25° à < 28°	28° à < 30°	30° à < 32°	32° à < 34°	34° à < 36°	36° à < 38°	38° à < 40°
< 450 (< 55 Kcal/h)	< 30'	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	7	8
	30' à < 1 h 30	2	0	0	0	0	0	0	0	4	8	9	10
	1 h 30' à < 2 h 30	4	0	0	0	0	0	0	3	6	9	10	10
	2 h 30' à < 4 h	6	3	0	0	0	0	4	6	7	10	10	10
	4 h à < 5 h 30	8	5	0	0	0	4	6	7	8	10	10	10
	5 h 30' à < 7 h	10	6	2	0	4	6	7	8	9	10	10	10
	≥ 7 h	10	8	4	0	5	7	8	9	10	10	10	10
450 à 800 (55 à < 100 Kcal/h)	< 30'	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	7	8
	30' à < 1 h 30	0	0	0	0	0	0	0	3	5	8	9	10
	1 h 30' à < 2 h 30	2	0	0	0	0	0	2	4	7	9	10	10
	2 h 30' à < 4 h	4	0	0	0	0	3	5	7	8	10	10	10
	4 h à < 5 h 30	7	3	0	0	3	6	7	8	9	10	10	10
	5 h 30' à < 7 h	9	5	0	0	4	7	8	9	10	10	10	10
	≥ 7 h	10	6	2	0	5	8	9	10	10	10	10	10
800 à 1200 (100 à < 150 Kcal/h)	< 30'	0	0	0	0	0	0	0	3	5	7	8	9
	30' à < 1 h 30	0	0	0	0	0	0	2	5	7	8	10	10
	1 h 30' à < 2 h 30	0	0	0	0	0	2	4	7	8	9	10	10
	2 h 30' à < 4 h	2	0	0	0	3	5	6	8	9	10	10	10
	4 h à < 5 h 30	5	2	0	0	6	7	8	9	10	10	10	10
	5 h 30' à < 7 h	7	4	0	3	7	8	9	10	10	10	10	10
	≥ 7 h	9	5	0	4	8	9	10	10	10	10	10	10

1200 à 1500 (150 à < 190 Kcal/h)	< 30'	0	0	0	0	0	0	0	4	6	7	8	9
	30' à < 1 h 30	0	0	0	0	0	0	2	7	8	9	10	10
	1 h 30 à < 2 h 30	0	0	0	0	0	3	5	8	9	10	10	10
	2 h 30 à < 4 h	3	0	0	0	3	5	7	9	10	10	10	10
	4 h à < 5 h 30	4	0	0	3	5	7	8	10	10	10	10	10
	5 h 30 à < 7 h	6	2	0	4	7	8	10	10	10	10	10	10
	≥ 7 h	7	4	0	5	8	9	10	10	10	10	10	10
1500 à 1800 (190 à < 225 Kcal/h)	< 30'	0	0	0	0	0	0	2	5	7	8	9	10
	30' à < 1 h 30	0	0	0	0	0	2	4	7	8	9	10	10
	1 h 30 à < 2 h 30	0	0	0	0	2	4	7	8	9	10	10	10
	2 h 30 à < 4 h	2	0	0	0	4	6	8	9	10	10	10	10
	4 h à < 5 h 30	3	0	0	3	6	7	9	10	10	10	10	10
	5 h 30 à < 7 h	4	0	2	5	8	8	10	10	10	10	10	10
	≥ 7 h	5	0	4	7	9	10	10	10	10	10	10	10
1800 à 2000 (225 à < 250 Kcal/h)	< 30'	0	0	0	0	0	0	3	6	7	8	9	10
	30' à < 1 h 30	0	0	0	0	0	2	6	8	9	10	10	10
	1 h 30 à < 2 h 30	0	0	0	0	0	5	8	9	10	10	10	10
	2 h 30 à < 4 h	0	0	0	0	3	7	9	10	10	10	10	10
	4 h à < 5 h 30	0	0	0	2	5	8	10	10	10	10	10	10
	5 h 30 à < 7 h	2	0	2	5	7	9	10	10	10	10	10	10
	≥ 7 h	3	0	4	7	9	10	10	10	10	10	10	10
2000 à 2250 (250 à 280 Kcal/h)	< 30'	0	0	0	0	0	0	4	7	8	9	10	10
	30' à < 1 h 30	0	0	0	0	0	3	7	9	10	10	10	10
	1 h 30 à < 2 h 30	0	0	0	0	2	5	9	10	10	10	10	10
	2 h 30 à < 4 h	0	0	0	3	5	7	10	10	10	10	10	10
	4 h à < 5 h 30	0	0	2	5	7	8	10	10	10	10	10	10
	5 h 30 à < 7 h	0	2	5	7	9	10	10	10	10	10	10	10
	≥ 7 h	0	4	6	8	10	10	10	10	10	10	10	10

1. Si au cours de la journée de travail, le travailleur est soumis à diverses ambiances thermiques, pendant des durées limitées, on ne retiendra que la cotation relative à la situation la plus défavorable.

2. Non comptée la dépense de base, soit 560 Kcal/jour ou 70 Kcal/heure.

3. Cf. page 29 la définition de la température effective.

Tableau B1. COTATION DE L'AMBIANCE SONORE SELON LE NIVEAU GLOBAL D'INTENSITE
ET LE NIVEAU D'ATTENTION NECESSAIRE¹

		Niveau d'intensité sonore en décibels (A) (2.1.)											
Niveau d'at- tention néces- saire ² (6.5.)		< 60	60 à 69	70 à 74	75 à 79	80 à 82	83 à 84	85 à 86	87 à 89	90 à 94	95 à 99	100 à 104	105 et plus
Faible et moyen	0	1	2	3	6	7	8	9	10	10+	10+	10+	10++
Importa.t	0	5	7	8	9	10	10+	10+	10++	10++	10++	10++	10++

1. Pour une exposition permanente à ce bruit. Si l'exposition n'est pas permanente, c'est-à-dire si le travailleur est soumis au cours de la journée à plusieurs niveaux sonores, il faudra calculer le niveau sonore équivalent selon la méthode exposée pages 54 et sq. C'est à ce niveau sonore équivalent que l'on pourra alors appliquer la cotation du tableau B1.

2. Si le niveau d'attention est faible, on aura une seule cotation basée sur la 1^{re} ligne du tableau, si le niveau d'attention est plus élevé à certains moments ou en permanence, on aura 2 cotations, l'une basée sur la 1^{re} ligne pour les risques relatifs à l'appareil auditif ; la 2^e basée sur la 2^e ligne pour les risques de fatigue nerveuse.

Tableau B2. COTATION DE L'AMBIANCE SONORE
SELON LA REPARTITION SPECTRALE DE L'INTENSITE SONORE

a) POUR LES TRAVAUX OU LE NIVEAU D'ATTENTION EST FAIBLE
OU MOYEN

Fréquences centrales des bandes d'octave en hertz	Intensité sonore en décibels ¹ par bande d'octave (2.3.)										
	65 à 69	70 à 74	75 à 79	80 à 82	83 à 84	85 à 86	87 à 89	90 à 94	95 à 99	100 à 104 et +	
63	0	0	0	2	3	3	4	5	7	9	10
125	0	2	3	3	4	5	6	7	9	10	10
250	1	3	4	5	5	6	7	9	10	10	10 ⁺
500	1	3	5	6	7	8	9	10	10	10 ⁺	10 ⁺⁺
1 000	2	4	5	7	8	9	9	10	10	10 ⁺	10 ⁺⁺
2 000	2	4	5	7	8	9	10	10	10	10 ⁺	10 ⁺⁺
4 000	3	5	7	8	9	10	10	10 ⁺	10 ⁺	10 ⁺⁺	10 ⁺⁺
8 000	2	5	6	7	8	9	10	10	10 ⁺	10 ⁺	10 ⁺⁺

b) POUR LES TRAVAUX OU LE NIVEAU D'ATTENTION EST IMPORTANT

Fréquences centrales des bandes d'octave en hertz	Intensité sonore en décibels ¹ par bande d'octave (2.3.)									
	55 à 59	60 à 64	65 à 69	70 à 74	75 à 79	80 à 84	85 à 89	90 à 94	95 à 99	100 et +
63	0	0	0	0	0	3	5	7	9	10
125	0	0	0	3	5	6	7	9	10	10
250	0	0	3	5	6	7	9	10	10	10 ⁺
500	0	3	5	6	8	9	10	10	10 ⁺	10 ⁺
1 000	3	5	6	7	8	9	10	10 ⁺	10 ⁺	10 ⁺⁺
2 000	3	6	7	8	9	10	10	10 ⁺	10 ⁺	10 ⁺⁺
4 000	3	6	7	8	9	10	10	10 ⁺	10 ⁺	10 ⁺⁺
8 000	3	6	7	7	8	9	10	10	10 ⁺	10 ⁺

1. Mesure effectuée sans pondération (mesure linéaire).

NOTE D'UTILISATION DU TABLEAU B2

Lorsqu'on aura effectué l'analyse spectrale d'un bruit, c'est-à-dire lorsqu'on aura noté pour chaque bande d'octave le niveau sonore, on aura, d'après ce tableau, 8 cotations pour un seul bruit : on ne devra retenir que la cotation la plus élevée.

Ainsi par exemple, considérons le cas d'un travail demandant une attention assez faible, effectué dans un atelier où les mesures de niveau sonore sont les suivantes :

	Fréquence centrale des bandes d'octaves (Hz)							
	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
Niveau sonore	77	82	78	84	86	81	80	70
Cotation correspondante	0	3	4	7	9	7	8	5

La cotation finale retenue devra être 9, puisque c'est la plus élevée.

Tableau C. COTATION DE L'AMBIANCE LUMINEUSE, SELON L'ECLAIREMENT, LE CONTRASTE ET LE NIVEAU DE PERCEPTION REQUIS PAR LA TACHE

Niveau de perception requis (3.8.)	Contraste (3.6. à 3.6.2.)	Niveau d'éclairement en lux (3.5.)									
		< 30	30 à < 50	50 à < 80	80 à < 200	200 à < 350	350 à < 600	600 à < 900	900 à < 1 500	1 500 à < 3 000	≥ 3 000
général	élevé	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	moyen	8	5	0	0	0	0	0	0	0	0
	faible	10	9	7	5	0	0	0	0	0	0
grossier	élevé	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	moyen	10	8	5	0	0	0	0	0	0	0
	faible	10	10	9	7	5	0	0	0	0	0
modéré	élevé	10	10	8	0	0	0	0	0	0	0
	moyen	10 ⁺	10	10	7	0	0	0	0	0	0
	faible	10 ⁺⁺	10 ⁺	10	10	9	5	0	0	0	0
assez poussé	élevé	10	10	9	6	0	0	0	0	0	0
	moyen	10 ⁺	10 ⁺	10	6	6	0	0	0	0	0
	faible	10 ⁺⁺	10 ⁺⁺	10 ⁺	10 ⁺	10	10	8	5	0	0
très poussé	élevé	10 ⁺	10	10	8	5	0	0	0	0	0
	moyen	10 ⁺⁺	10 ⁺⁺	10 ⁺	10 ⁺	10	8	5	0	0	0
	faible	10 ⁺⁺	10 ⁺⁺	10 ⁺⁺	10 ⁺⁺	10 ⁺	10	10	9	6	0
extrêmement poussé	élevé	10 ⁺⁺	10 ⁺	10 ⁺	10	10	7	0	0	0	0
	moyen	10 ⁺⁺	10 ⁺⁺	10 ⁺⁺	10 ⁺	10	10	8	6	0	0
	faible	10 ⁺⁺	10 ⁺⁺	10 ⁺⁺	10 ⁺⁺	10 ⁺⁺	10 ⁺	10 ⁺	10	10	7

Tableau D. *COTATION DES VIBRATIONS
SELON LA FREQUENCE, L'AMPLITUDE
ET LA DUREE D'EXPOSITION*

Origine et fréquence des vibrations (4.3. à 4.5.)	Amplitude (4.2.)	Durée journalière d'exposition (en heures) (4.6. à 4.6.2.)				
		< 2 h	2 à < 4 h	4 à < 6 h	6 à < 7 h 30	≥ 7 h 30
Engins de transport ou de T.P. < 15 hertz		1	3	5	8	10
Utilisations d'outils ou de machines :						
15 à 40 hertz	{ faible moyenne élevée	1 2 4	3 4 6	4 7 8	5 9 10	6 10 10
40 à 300 hertz	{ faible moyenne élevée	0 1 2	1 3 5	2 5 7	4 7 9	5 8 10
> 300 hertz	{ faible moyenne élevée	0 1 3	2 3 5	3 5 8	5 8 10	6 9 10
Proximité de machines ou d'appareils vibrants	{ faible moyenne élevée	0 1 2	1 2 4	3 4 7	4 7 9	6 9 10

Tableau E. EVALUATION ET COTATION DE LA CHARGE STATIQUE

	POSTURES (5.1.)	cout énergét. en Kcal/min.	DUREE DE CHAQUE POSTURE (en min. par heure) (5.1.)									
			< 6'	6' à < 11'	11' à < 15'	15' à < 20'	20' à < 25'	25' à < 30'	30' à < 35'	35' à < 40'	40' à < 50'	≥ 50'
Assis	Normal		0,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Courbé		+ 0,09	0	1	1	1	2	2	3	3	5
	Bras au-dessus des épaules		+ 0,10	1	2	3	4	6	8	9	10	10
Debout	Normal		0,16	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	Bras en extension frontale		+ 0,10	0	1	2	3	3	4	5	5	7
	Bras au-dessus des épaules		+ 0,14	1	2	3	4	6	8	9	9	10
	Courbé		+ 0,21	0	1	2	2	3	4	5	5	6
	Fortement courbé		+ 0,40	1	3	4	4	5	6	7	8	9
Agenouillé	Normal		0,27	1	2	3	4	5	6	7	7	10
	Courbé		+ 0,04	1	3	4	5	7	8	9	9	10
	Bras au-dessus des épaules		+ 0,09	2	4	6	7	8	9	9	10	10
Couché	Bras au-dessus des épaules		0,06	1	3	5	6	7	8	9	9	10
Assis/penché	Normal		0,26	1	2	3	4	4	5	6	7	8
	Bras au-dessus des épaules		+ 0,01	2	4	6	7	8	9	9	10	10

MODE D'UTILISATION DU TABLEAU E

Il y a 5 postures fondamentales : assis, debout, agenouillé, couché et accroupi, auxquelles peuvent s'ajouter des contraintes posturales supplémentaires : courbé ou fortement courbé, bras au-dessus des épaules.

Pour calculer la dépense énergétique horaire, on ajoute à la dépense correspondant à la posture fondamentale, la dépense correspondant à la contrainte posturale supplémentaire. Ainsi par exemple si un travailleur est debout 60 minutes/heure et est en plus obligé de se pencher pendant 30 minutes et de travailler les bras au-dessus des épaules pendant 5 minutes, sa dépense énergétique d'origine statique sera :

$$\begin{array}{rcl}
 0,16 \times 60 = & 9,6 & \\
 + 0,21 \times 30 = & + 6,3 & \\
 + 0,14 \times 5 = & + 0,7 & \\
 \hline
 & = 16,6 \text{ Kcal./h.} &
 \end{array}$$

Pour la cotation, on procédera de la façon suivante : on additionnera les cotations correspondant aux diverses postures selon leur durée.

Dans l'exemple précédent on aura

debout normal	25 min. →	1
debout courbé	30 min. →	5
debout bras au-dessus des épaules	5 min. →	<u>1</u>
		<u>7</u>

Tableau F. COTATION DE LA DEPENSE PHYSIQUE DE TRAVAIL¹

Dépense de travail en Kcal./jour				Cotation
Hommes		Femmes		
< 300		< 275		— ↓
300 à < 450		275 à < 400		0
450 à < 600		400 à < 550		1
600 à < 800		550 à < 700		2
800 à < 1 000		700 à < 850		3
1 000 à < 1 200		850 à < 1 000		4
1 200 à < 1 350		1 000 à < 1 150		5
1 350 à < 1 500		1 150 à < 1 300		6
1 500 à < 1 650		1 300 à < 1 400		7
1 650 à < 1 800		1 400 à < 1 500		8
1 800 à < 1 950		1 500 à < 1 600		9
≥ 1 950		≥ 1 600		10

1. La méthode de calcul de la dépense énergétique d'origine statique et d'origine dynamique est exposée pages 108 à 118.

COTATION « CHARGE MENTALE »

1. CONTRAINTE DE TEMPS

1.1. TRAVAUX REPETITIFS.

Tableau G₁

Mode de rémunération (6.4.)	Temps de montée en cadence (6.2.)					
	≤ 1/2 j	≤ 1 j	2 j à ≤ 1 sem	1 sem à ≤ 1 mois	> 1 mois	jamais
Salaire à l'heure	0	0	1	3	5	7
Salaire au rendement avec prime collective	0	1	4	6	8	9
Salaire au rendement avec prime individuelle ..	1	2	5	8	10	10 ⁺

1.2. TRAVAUX REPETITIFS ET NON REPETITIFS.

Tableau G₂

Existence de pauses (8.4. et 8.4.1.)	Chaîne (6.1.)			Non-chaîne (6.1.)		
	Retards à rattraper (6.2.1. et 6.2.1.1.)			Retards à rattraper (6.2.1. et 6.2.1.1.)		
	Non	Oui pendant les pauses	Oui pendant le travail	Non	Oui pendant les pauses	Oui pendant le travail
Plus d'une par demi-journée	1	4	7	0	2	5
Une par demi-journée	3	7	9	1	4	7
Pas de pause ¹	6	\\ \\ \\	10	3	10 ²	8

1. En dehors de la pause « casse-croûte ».

2. Pendant la pause de « casse-croûte ».

1.3. TRAVAUX NON REPETITIFS.

Tableau H₁

Existence de pauses (8.4. et 8.4.1.)	Possibilité de s'absenter (7.2.)			
	Oui			
	Non	en se fai- sant rem- placer	sans se faire remplacer	sans consé- quence sur la product.
Plus d'une par demi-journée	6	4	0	4
Une par demi-journée	8	6	1	6
Pas de pause	10	8	3	8

Tableau H₂

Mode de rémunération (6.4.)	Possibilité d'arrêter la chaîne ou la machine (6.2.4.)	
	Non	Oui
Salaire à l'heure	3	0
Salaire au rendement avec prime collective	6	3
Salaire au rendement avec prime individuelle	8	6

2. COMPLEXITE-VITESSE

Tableau I₁

Durée moyenne de chaque opération en secondes (0.5.1.1. et 6.3.)	Durée de chaque cycle (0.5.1.1.)						
	< 8"	8" à < 30"	30" à < 60"	1' à < 3'	3' à < 5'	5' à < 7'	7' à < 10'
< 1"	10	10	10	10	10	10	10
1" à < 1' 5	9	10	10	10	10	10	10
1' 5 à < 2"	7	8	10	10	10	10	10
2" à < 2' 5	5	7	9	10	10	10	10
2' 5 à < 3"	4	6	8	9	10	10	10
3" à < 3' 5	3	5	7	8	9	10	10
3' 5 à < 4"	2	3	6	7	8	9	10
4" à < 5"	0	2	5	6	7	8	9
5" à < 6"	0	0	3	5	6	7	8
6" à < 7"	0	0	2	4	5	6	7
7" à < 8"	0	0	0	2	3	5	6
8" à < 10"	/ / / /	0	0	0	2	4	5
10" à < 12"	/ / / /	0	0	0	1	3	4
12" à < 14"	/ / / /	0	0	0	0	2	3
14" à < 16"	/ / / /	0	0	0	0	0	2
16" à < 20"	/ / / /	0	0	0	0	0	1
≥ 20"	/ / / /	0	0	0	0	0	0

Tableau I₂

Nombre de choix effectués par cycle (6.3.2.1.)	Durée de chaque cycle (0.5.1.1.)					
	< 8"	8" à < 30"	30" à < 60"	1' à < 3'	3' à < 5'	≥ 5'
Zéro	0	0	0	0	0	0
1 à 3	7	5	4	2	0	0
4 à 6	9	7	5	3	1	0
7 à 9	10	9	6	4	2	0
10 à 14	10	10	7	5	4	2
15 à 19	10	10	9	7	6	4
20 à 24	/ / / /	10	10	8	7	5
25 à 29	/ / / /	10	10	9	8	7
30 à 34	/ / / /	10	10	10	9	8
35 à 39	/ / / /	10	10	10	10	9
≥ 40	/ / / /	10	10	10	10	10

3. ATTENTION

3.1. TRAVAUX REPETITIFS ET NON REPETITIFS

Tableau J₁

Niveau de l'attention (6.5.) ¹	Durée par heure de travail (6.5.)						
	< 10'	10' à < 15'	15' à < 20'	20' à < 30'	30' à < 40'	40' à < 50'	≥ 50'
faible	0	0	0	1	2	2	3
moyen	0	0	1	2	3	5	6
élevé	0	2	4	6	7	9	10
très élevé	2	4	6	8	9	10	10+

1. Lorsqu'à un poste de travail le niveau d'attention n'est pas le même à tous moments, plusieurs cotations sont possibles, chacune d'elles correspondant à un certain niveau d'attention qui doit être maintenu pendant une certaine durée. On ne retiendra comme cotation unique que la cotation la plus élevée.

Tableau J₂

Importance des risques d'accident (6.5.2.)	Fréquence des risques		
	rare	intermittent	permanent
Accidents légers	1	3	5
Accidents plus sérieux	3	5	8
Accidents graves	8	10	10+

Tableau J₃

Caractéristiques du matériel (6.5.3.)	Fréquence des risques de détérioration (6.5.3.)		
	rare	intermittent	permanent
Robuste et peu coûteux	0	1	2
Robuste et coûteux	0	2	5
Fragile et peu coûteux	2	5	7
Fragile et coûteux	4	8	10

Tableau J₄

Valeur des pièces ou du produit (6.5.4.)	Rejet de la pièce (6.5.5.)			Possibilité de corriger les erreurs (6.5.5.)		
	Fréquence des risques (6.5.4.)			Fréquence des risques (6.5.4.)		
	rare	intermittent	permanent	rare	intermittent	permanent
faible	2	3	6	0	1	3
moyenne	3	6	9	0	2	5
élevée	5	8	10	2	4	7

Tableau J₅

Possibilité de parler (7.9.) et (7.9.1.) ¹	Possibilité de quitter des yeux son travail (en mn par heure de travail) (6.6.2.)			
	≥ 15'	10' à < 15'	5' à < 10'	< 5'
Pas du tout ¹	2	4	7	10
Quelques mots	0	2	6	8
Conversation plus longue	0	1	5	6

1. Si les obstacles à la communication sont : « attention soutenue » ou « rythme de travail ». Sinon on admettra que le travailleur peut avoir des conversations plus longues.

3.2. TRAVAUX NON REPETITIFS (en plus des tableaux précédents)

Tableau K₁

Nombre moyen de signaux par machine et par heure (0.6.1.)	Nombre de machines ou appareils (0.6.1.)				
	1, 2, 3.	4, 5, 6.	7, 8, 9.	10, 11, 12.	> 12
0 à 3	0	3	5	6	7
4 à 5	2	5	7	8	9
≥ 6	5	6	8	9	10

Lorsque les interventions sont fixes :

Tableau K₂

Nombre d'interven- tions différentes (0.6.2.)	Durée des interventions par heure (0.6.2.)				
	< 15'	15' à < 30'	30' à < 45'	45' à < 55'	≥ 55'
1 ou 2	5	3	4	8	10
3 à 5	0	0	0	4	8
6 à 8	0	0	2	6	9
9 à 10	0	0	3	7	9
> 10	2	2	4	8	10

Lorsque les interventions sont aléatoires (ou fixes + aléatoires) :

Tableau K₃

Nombre d'interven- tions différentes (0.6.2.)	Durée des interventions par heure (0.6.2.)				
	< 15'	15' à < 30'	30' à < 45'	45' à < 55'	≥ 55'
1 ou 2	8	5	3	8	10
3 à 5	6	3	0	6	9
6 à 8	5	2	2	7	9
9 ou 10	5	4	4	8	10
> 10	5	4	5	9	10

4. MINUTIE

Tableau L

Niveau de perception des détails (3.8.)	Taille des objets (en cm) 1 (6.7.)				
	< 1 cm	1 à < 2 cm	2 à < 5 cm	≥ 5 cm	
Modéré	6	4	2	0	
Assez poussé	8	7	6	5	
Très poussé	9	8	8	7	
Extrêmement poussé	10	10	9	8	

1. Longueur + largeur + épaisseur.

COTATION « ELEMENTS PSYCHOSOCIOLOGIQUES »

1. INITIATIVE

Tableau M₁

Possibilité de modifier l'ordre des opérations (7.1.)	Rythme entièrement dépendant (6.2.2.)	Possibilité de prendre de l'avance (en minutes par heure) (6.2.3.)					
		< 2'	2' à < 4'	4' à < 7'	7' à < 10'	10' à < 15'	≥ 15'
Non	10	9	8	6	5	3	2
Oui	8	7	6	4	3	0	0

Tableau M₂

Contrôle des pièces par le travailleur (7.1.1.)	Retouche des pièces par le travailleur (7.1.2.)	
	Oui	Non
Oui	0	5
Non	8	10

Tableau M₃

Réglage de la machine (7.3.1.)	Intervention en cas d'incidents (7.3.)		
	Incidents mineurs		Incidents + importants et mineurs
	Travailleur	Autre	
Travailleur	5	/ / / / /	0
Autre	7	10	5

2. STATUT SOCIAL

Tableau N

Formation générale requise pour la tâche (7.6.)	Durée d'apprentissage au poste de travail (7.5.)						
	< 1 h	< 1 j	2 à 6 j.	7 à 14 j	15 à 30 j	1 à 3 mois	≥ 3 mois
Aucune	10 ⁺	10	8	7	5	4	3
Savoir lire, écrire, compter	10	9	7	6	3	2	0
Formation technique « maison » ≤ 3 mois	9	8	5	4	2	1	0
Formation technique « maison » > 3 mois	8	7	4	3	1	0	0
CAP ou FPA	7	6	3	2	0	0	0

3. COMMUNICATIONS

Tableau P₁

Possibilité de parler pendant le travail (7.9.)	Possibilité de se déplacer (7.2.)	
	Oui	Non
Pas du tout	8	10
Quelques mots	4	7
Conversation + longue	0	3

Tableau P₂

Possibilité de se déplacer (7.2.)	Nombre de personnes dans un rayon de 6 m (7.8.)				
	0	1 ou 2	3 à 9	10 à 19	20 et +
Oui	6	0	0	4	8
Non	10	2	0	5	10

4. COOPERATION

Tableau Q

Type de relation (7.7.1.)	Nombre moyen par jour (7.7.2.)		
	> 10	5 à 10	< 5
Coopérative	0	1	3
Fonctionnelle	3	4	6
Hiérarchique	8	8	8

5. IDENTIFICATION DU PRODUIT

Tableau R

Importance de la transformation effectuée (7.4.)	Situation du travailleur dans le processus (7.4.1.)			
	au niveau de la matière 1 ^{re}	au niveau d'un élément	au niveau de la finition	au conditionnement
Importante et visible	3	2	0	
Sensible et visible	6	5	3	7
Peu perceptible	10	8	7	

COTATION TEMPS DE TRAVAIL

Tableau S

Type d'horaire (8.3.)	Durée hebdomadaire (8.1.)			
	35 à < 41 h	41 à < 44 h	44 à < 46 h	46 h et +
Normal	0	2	5	8
2 × 8	4	6	8	10
3 × 8	6	8	10	10
Non-stop	8	9	10	10

ANNEXE II

GUIDE D'OBSERVATION

REMARQUE IMPORTANTE

Comme il a été dit en introduction, nous avons été amenés à supprimer le chapitre du guide d'observation relatif aux produits irritants, toxiques et dangereux ; en effet, ce problème est complexe et ne peut être abordé de façon satisfaisante par une analyse rapide. Il nécessite des mesures et des analyses nombreuses et délicates qu'il est difficile de mener à bien sans l'aide de spécialistes. Toutefois, dans le chapitre du guide d'observation relatif à la description de la tâche, doivent être recueillis un certain nombre de renseignements sur tous les produits ou matières utilisés par le travailleur (quantités utilisées, fréquence et conditions d'utilisation...) ; renseignements qui ont pour but d'attirer l'attention sur certaines nuisances ou certains risques au poste de travail, qu'une analyse plus spécifique doit pouvoir préciser.

RENSEIGNEMENTS PRELIMINAIRES

- Entreprise :
- Date et heure auxquelles le guide d'observation a été rempli :
- Par qui le guide d'observation a-t-il été rempli (nom et fonction) :
- Par qui les mesures ont-elles été faites :
 - et à quelle date (si celle-ci diffère de la date à laquelle a été rempli le guide d'observation).
- Désignation du poste de travail étudié :
- Sexe du travailleur au poste de travail :
- Nombre de postes analogues dans l'atelier :
- Postes différents dans le même atelier :

Désignation	Nombre

NOTA BENE. — Le guide d'observation est présenté comme document annexe à la méthode d'analyse. Il comprend l'ensemble des questions prévues ; mais, pour être utilisable, il faudrait que sa présentation matérielle soit revue ; la place laissée pour certaines réponses devrait, en effet, être beaucoup plus large.

L'explication des questions de chacun des chapitres du guide d'observation est donnée dans le chapitre correspondant du présent manuel.

0. DESCRIPTION DE LA TACHE.

0.1. Le travailleur qui occupe ce poste y est-il :

- en permanence
- en alternance avec un autre poste
- en alternance avec plusieurs autres postes

S'il y a alternance, répondre aux questions 0.1.1.

0.1.2.

0.1.1. L'alternance se produit-elle :

- toutes les heures
- toutes les 1/2 journées
- tous les jours
- toutes les semaines
- tous les mois
- irrégulièrement

0.1.2. Désigner les autres postes qu'occupe le travailleur, ainsi que le temps passé dans les divers postes :

Autres postes	Temps passé aux divers postes			
	par jour	par semaine	par mois	par an

0.2. Le travail effectué est-il un travail

- manuel sans machine
- manuel sur machine avec interventions régulières
- de surveillance de machines ou de processus avec interventions irrégulières
- de surveillance de cadrans ou appareils de mesure
- sur engin 1
- avec console de visualisation

0.3. Le travail est-il :

- indépendant
- sur chaîne

0.3.1. Exige-t-il l'utilisation d'outils :

- non
- oui, outils simples 2
- oui, outils automatiques 3

0.3.2. S'il y a utilisation d'outils, décrire ces outils :

Désignation des outils	Dimensions		Poids	Durée d'utilisation	
	long.	larg.		par H.	par jour

1. Camion, clark, pont roulant, grue, etc.

2. Marteaux, limes, pinces, etc.

3. Ponceuses, chignoles, etc.

0.4. Si le travail est sur machine, préciser dans le tableau suivant, d'après le genre de machine, quels sont les principaux types d'intervention de l'opérateur :

Les opérations d'approvisionnement et/ou d'évacuation et/ou de moulage et/ou de démolage du produit	Machine avec interventions régulières		Machine semi-automatique ou automatique	
	exécution	exécution et réglage	surveillance	réglage et surveillance
Sont faites par l'opérateur				
Ne sont pas faites par l'opérateur				

0.4.1. Renseignements supplémentaires sur la (ou les) machines utilisées :

Type de machine	Origine (Nom du fabricant. Pays)	Année de fabrication	Année de mise en service
Universelle ou spécialisée			
Semi-automatique			
Automatique			

0.5. Pour les travaux manuels ou sur machine avec interventions régulières, répondre aux questions 0.5.1., 0.5.1.1. et 0.5.2.

0.5.1. Le travail est-il répétitif :

Oui

Non

0.5.1.1. Si oui, quelle est, en secondes, la durée du cycle :

— durée moyenne observée :

— durée théorique :

0.5.2. Description de la tâche : indiquer ci-dessous quelles sont les opérations successives qui composent la tâche et la durée de chacune d'elles 1.

Opérations successives	Durée de chacune	
	par jour	par semaine

0.6. Pour les travaux de surveillance, répondre aux questions 0.6.1. et 0.6.2.

1. Ci certaines opérations telles que nettoyage du poste de travail ou des appareils, réparations ou autres, ne sont effectuées par le travailleur que toutes les semaines (ou moins), le préciser dans ce tableau.

0.6.1. Description des machines et appareils :

Désignation et description des diverses machines ou appareils 1	Nombre de signaux possibles différents 2			Délai maximum d'intervention 3	Fréquence d'apparition par heure des signaux sonores + visuels
	sonores	visuels	sonores + visuels		

Machines avec interventions fixes :

Machines avec interventions fixes + aléatoires :

1. Préciser éventuellement le nombre de chacun d'eux.
2. On appelle signal toute « information » entraînant une intervention du travailleur. Cette information peut être soit visuelle (appareils de mesure, aspect du produit, etc.), soit sonore (déclenchement d'un avertisseur sonore, ou autres informations perçues par l'oreille), soit encore tactile. Ces informations peuvent être formelles ou informelles.
3. Temps maximum pouvant s'écouler entre l'apparition du signal et le moment de l'intervention.

0.6.2. Description des interventions de l'opérateur :

Description des interventions pour chaque machine ou appareil	Durée de chaque intervention	Pour les interventions			
		fixes		aléatoires	
		Nbre par heure	Nbre par jour	Nbre moyen par heure	Nbre moyen par jour

0.6.3. S'il s'agit de contrôle, ou de surveillance des objets qui défilent, quel est le nombre d'objets défilant par heure :

0.6.3.1. Nombre de causes d'interventions possibles pour chaque objet :

0.6.3.2. Description rapide de ces causes d'intervention :

0.7. Liste des produits (ou matières) utilisés au poste de travail :

Produits ou matières utilisés 1	terminologie industrielle	dénominat. chimique	composition chimique	conditions d'utilisation 2	fréquence d'utilisation 3	quantités utilisées

1. Enumérer ici tous les produits ou matières naturels ou chimiques utilisés au poste de travail, même s'ils ne sont que rarement utilisés, ou s'ils sont utilisés par le travailleur pour se laver les mains par exemple

2. A chaud, ou à froid. Contact direct ou non.

3. Permanente, Journalière, Hebdomadaire, etc

0.7.1. Le travailleur utilise-t-il une protection pour un ou plusieurs de ces produits :

OUI

NON

Préciser lesquelles :

0.8. Le travailleur se lave-t-il les mains pendant son travail :

OUI

NON

— NON parce que les moyens sont insuffisants

— NON parce qu'il n'a pas le temps

0.8.1. Le travailleur prend-il une douche à la fin de son travail :

OUI

NON

1. AMBIANCE THERMIQUE.

1.1. Le travailleur travaille-t-il :

- toujours dans un local
- < 25 % du temps à l'extérieur
- 25 % à moins de 50 % du temps à l'extérieur
- 50 % à moins de 75 % du temps à l'extérieur
- ≥ 75 % du temps à l'extérieur
- toujours à l'extérieur

1.2. Quelle est la température de l'air au poste de travail (en °C) :

1.2.1. Existe-t-il une climatisation satisfaisante au poste de travail :

OUI

NON

1.2.2. Si non, indiquer les températures au poste de travail 1

- en janvier
- en avril
- en juillet
- en octobre

1.2.3. Température du globe noir :

1.3. Quel est le degré hygrométrique de l'air au poste de travail (en %) :

1.4. Quelle est la vitesse de l'air au poste de travail :

1.5. Si le travailleur se déplace, est-il soumis à d'autres températures :

OUI

NON

1.5.1. Si oui, préciser ces températures, ainsi que la durée d'exposition et le nombre d'expositions par jour :

Tempé- tures (en ° C)	Temp. du globe (en ° C)	Degré hygromé- trique (en %)	Durée de chaque exposition (en minutes)	Nombre d'exposition par jour	Durée totale d'exposition par jour (en minutes)
1					
2					
3					

1. Préciser si ces indications sont approximatives ou si des mesures ont été faites aux diverses époques.

1.6. Le travailleur a-t-il un contact direct avec :

des matières chaudes	OUI	<input type="checkbox"/>	NON	<input type="checkbox"/>
des matières froides	OUI	<input type="checkbox"/>	NON	<input type="checkbox"/>

1.7. Le travailleur utilise-t-il un moyen de protection individuelle contre la chaleur ou le froid :

OUI	<input type="checkbox"/>
NON	<input type="checkbox"/>

1.7.1 Si oui, de quelle protection s'agit-il :

— gants	<input type="checkbox"/>
— chaussures	<input type="checkbox"/>
— vêtements spéciaux	<input type="checkbox"/>
— autres (préciser lesquels)	<input type="checkbox"/>

2. BRUIT.

2.1. Quels sont les divers niveaux sonores auxquels est soumis le travailleur ? Préciser à chaque fois dans le tableau suivant, l'intensité sonore et le temps d'exposition (durée de chaque exposition et durée totale par jour).

Niveaux sonores	Intensité (en décibels)	Durée de chaque exposition (en minutes et secondes)	Durée journalière d'exposition	Durée hebdomadaire d'exposition
1	dB (A) dB (C)			
2	dB (A) dB (C)			
3	dB (A) dB (C)			
4	dB (A) dB (C)			

2.2. Le travailleur est-il parfois soumis à des bruits impulsifs (bruits de très courte durée² et de haut niveau³ : marteau, chocs, explosions, bruits d'échappements...).

OUI	<input type="checkbox"/>
NON	<input type="checkbox"/>

2.2.1. Si oui, combien de fois en moyenne par jour :

2.3. Si possible, faire une analyse spectrale de bruits (mesure de l'intensité par bande de fréquences).

Bande de fréquence en Hertz	Intensité en décibels

1. Plusieurs cas sont possibles :

- travailleur ayant un poste de travail fixe :
 - Niveau 1 : bruit de fond permanent
 - Niveaux 2, 3, 4 : bruits transitoires éventuels.
- travailleur se déplaçant : noter les niveaux sonores habituels des divers endroits où travaille l'ouvrier, avec le temps de présence à chacun de ces endroits. De même pour les éventuels bruits transitoires auxquels il est soumis en chacun de ces lieux, si ceux-ci ont une durée > 1 seconde. Sinon les noter dans la question 2.2.
- 2. Inférieure à 1 seconde.
- 3. Intensité sonore ≥ 85 dB.

2.4. Le travailleur utilise-t-il une protection individuelle contre le bruit :

OUI

NON

2.4.1. Si oui, de quel type de protection s'agit-il :

- tampons dans l'oreille (ouate ou matières synthétiques)
- appareil de type écouteur
- autre (préciser lequel)

3. ECLAIRAGE.

3.1. Quelle est la nature de l'éclairage au poste de travail :

- lumière de jour
- éclairage artificiel

3.2. S'il y a éclairage à la lumière du jour, y-a-t-il toujours un éclairage artificiel complémentaire :

OUI

NON

3.2.1. Si non, préciser quelle est la durée moyenne d'utilisation de l'éclairage artificiel :

- en hiver de heures à heures
- en été de heures à heures

3.3. L'éclairage artificiel est-il assuré par :

- des lampes incandescentes
- des tubes fluorescents

3.3.1. S'il y a des tubes fluorescents, sont-ils montés 2 par 2 (ou 3 par 3) et déphasés :

OUI

NON

3.3.2. A quelle distance les tubes sont-ils du travailleur :

- < 90 cm.
- ≥ 90 cm.

3.4. Quel est le niveau d'éclairement général de l'atelier (en lux) :

- au jour
- à l'éclairage artificiel

3.5. Quel est le niveau d'éclairement au poste de travail (en lux) :

- au jour
- à l'éclairage artificiel

3.6. Quel est le contraste au poste de travail :

- élevé
- moyen
- faible

3.6.1. Quelle est (ou quelles sont) la couleur des objets manipulés ou observés :

1. Plusieurs cases peuvent être cochées à la fois.

2. Le contraste est la différence entre la luminance des objets à observer et le fond. Il est généralement classé en trois grandes catégories que l'on peut définir de la façon suivante :

Contraste élevé : caractères d'imprimerie noirs sur fond blanc;

Contraste faible : travaux de couture pour stoppage des étoffes, par exemple ;

Contraste moyen : correspond à une situation intermédiaire par rapport à ces deux situations extrêmes.

3.6.2. Quelle est la couleur du « fond » sur lequel se détachent les objets :

3.7. Y a-t-il éblouissement au poste de travail :

OUI

NON

3.8. Le travail à effectuer requiert-il une perception 1

- générale seulement
- grossière des détails
- modérée des détails
- assez poussée des détails
- très poussée
- extrêmement poussée

4. VIBRATIONS.

4.1. Y a-t-il des vibrations au poste de travail :

OUI

NON

Si oui, répondre aux questions suivantes.

4.2. Ces vibrations sont-elles :

- peu importantes
- moyennement importantes
- très importantes

4.3. Les vibrations proviennent-elles :

- d'un engin ou d'un véhicule de transport
- d'un outil vibrant utilisé par le travailleur
lequel :
- d'une machine utilisée par le travailleur
laquelle :
- d'appareils ou de machines situés dans l'entourage immédiate du travailleur

4.4. Le travailleur éprouve-t-il

- des picotements aux doigts
- des brûlures aux doigts
- des douleurs abdominales
- des douleurs à la tête
- des douleurs thoraciques

1. Voici quelques exemples de travaux selon le niveau de perception exigé :

- Perception générale seulement : circulation dans les corridors, dégagements, passages ; manutention du charbon et des cendres ; stockage de matériaux grossiers en vrac, vestiaires.
- Perception grossière des détails : travail grossier et intermittent à l'établi ou à la machine ; inspection et comptage des pièces en stock ; montage de grosses machines.
- Perception modérée des détails : travail de pièces moyennes à l'établi ou à la machine ; montage et vérification de pièces moyennes ; travaux courants de bureau (lecture, écriture, classement)
- Perception assez poussée des détails : travaux fins à l'établi ou à la machine ; montage et vérification de petites pièces ; peinture et vernissage extra-fins ; couture de tissus foncés.
- Perception très poussée des détails : montage et vérification de pièces de précision ; fabrication d'outils et de matrices ; lecture d'instruments de mesure ; rectification de pièces de précision.
- Perception extrêmement poussée des détails : travaux très délicats ; horlogerie de précision (fabrication et réparation)

- des troubles de la vision :
 - baisse de l'acuité visuelle
 - troubles plus graves
 - autres sensations (préciser lesquelles)

4.4.1. Où sont ressenties les vibrations :

- aux pieds
- aux mains
- au bassin
- au dos
- au thorax
- sur tout le corps

4.5. Quelle est la fréquence des vibrations ?

- < 15 Hz
- 15 à moins de 40 Hz
- 40 à moins de 300 Hz
- 300 Hz

4.6 L'exposition est-elle :

- constante
- intermittente

4.6.1. Si l'exposition est intermittente quelle est la durée moyenne de chaque exposition (en minutes) :

4.6.2. Quel est le nombre d'expositions par journée de travail :

5. CHARGE PHYSIQUE.

CHARGE STATIQUE :

5.1. Noter dans le tableau ci-après les diverses postures que prend le travailleur et la durée de chacune d'elles :

1. Il ne sera, le plus souvent, pas possible d'effectuer des mesures directes. Pour répondre à cette question, on se reporterà alors utilement aux réponses éventuelles à la question précédente et au tableau suivant qui donne une échelle de la fréquence de vibration des divers véhicules de transport et outils vibrants d'usage courant :

— Véhicules de transport et engins de chantier	<15 Hz
— Tailleurs de haies électriques	12 à 15 Hz
— Sableurs à main	15 à 30 Hz
— Forets rotatifs	30 à 40 Hz
— Outils pneumatiques	15 à 50 Hz
— Instruments ménagers	30 à 60 Hz
— Scies à main	50 à 200 Hz
— Polisseuses et meules à main	200 à 800 Hz
— Rasoirs électriques	200 Hz
— Forets dentaires à air	1 500 à 2 000 Hz

Source : SCHERRER, tome 2, p. 86 et 108.

Postures		Durée de chaque posture (en minutes)	Fréquence de la posture par heure	Durée totale de la posture par heure
<i>Assise :</i>				
- Normale				
- Courbée				
- Bras au-dessus des épaules				
<i>Debout :</i>				
- Normale				
- Bras en extension frontale				
- Bras au-dessus des épaules				
- Courbée				
- Très courbée				
<i>Agenouillée :</i>				
- Normale				
- Courbée				
- Bras au-dessus des épaules				
<i>Couchée :</i>				
- Bras au-dessus des épaules				
<i>Accroupie :</i>				
- Normale				
- Bras au-dessus des épaules.				

Dans le cas de travail assis : répondre aux questions 5.2., 5.2.1., 5.2.1.1. et 5.3.

5.2. La hauteur du siège est-elle réglable :

OUI

NON

5.2.1. Le siège a-t-il un dossier :

OUI

NON

5.2.1.1. Si oui, pendant quelle durée est-il utilisé par rapport à la durée de travail assis :

< 25 %

25 à moins de 50 %

50 à moins de 75 %

75 à moins de 100 %

100 %

5.3. Y a-t-il des appui-bras :

des appui-pieds :

OUI

OUI

NON

NON

TRAVAIL DYNAMIQUE :

Soulèvement ou transport de charges :

5.4. Le travailleur doit-il 1

— soulever des charges

{ OUI
NON

— transporter des charges

{ OUI
NON

5.4.1. Si le travailleur doit soulever ou abaisser des charges, remplir le tableau suivant 1

Poids de chaque charge soulevée ou abaissée (en kg)	Hauteur à laquelle la charge est prise	Hauteur à laquelle la charge est déposée	Nombre de charges déplacées par heure

5.4.2. Dans le cas de palettisation, ou de dépalettisation :

Poids de chaque charge (en kg)	Nombre charges palettisées par heure	Hauteur du bas de la palette	Hauteur du plan sur lequel la charge est prise ou déposée

5.4.3. Si le travailleur doit porter des charges pour les déplacer horizontalement, remplir le tableau suivant :

1. Pour le cas particulier de la palettisation, répondre à la question 5.4.2.

Poids de chaque charge transportée (en Kg)	Longueur d'un parcours aller (en mètres)	Le retour s'effectue-t-il « à vide »	Nombre de parcours par heure

5.4.4. Si le travailleur doit transporter des charges en se déplaçant verticalement (escaliers, plans inclinés), remplir le tableau suivant :

Poids de chaque charge montée (en Kg)	Dénivellation verticale pour 1 parcours chargé (en mètres)	Le retour s'effectue-t-il « à vide »	Nombre de parcours par heure

Déplacements du travailleur

5.5. Le travailleur doit-il se déplacer, sans transporter de charge 1 :

OUI

NON

5.5.1. Si oui, quelle est la distance moyenne parcourue par heure (en mètres)

— horizontalement

— verticalement | en montée :
| en descente :

Autres efforts musculaires

On ne tiendra compte, dans les questions suivantes, que des efforts musculaires qui ne correspondent ni à une manipulation de charges, ni à un déplacement du travailleur. Pour répondre à ces questions, il faudra essayer de décomposer au maximum les divers gestes accomplis par le travailleur, en précisant leur intensité, leur durée, leur fréquence.

Précisons encore que, lorsque, pour une opération donnée, l'opérateur doit faire un effort de l'ensemble du corps, il sera inutile de mentionner en plus pour cette opération que le travailleur doit effectuer un effort des bras ou des jambes.

5.6. Muscles de la main :

	Intensité	Durée de chaque effort (en secondes)	Fréquence (par heure)	Durée totale en minutes par heure
1 Main	Légère Moyenne Lourde			
2 Mains	Légère Moyenne Lourde			

1. Ne pas tenir compte ici des déplacements du travailleur non chargé, correspondant au trajet retour d'un trajet aller chargé : en effet, ceci est pris en compte dans les questions 5.4.3. et 5.4.4.

5.7. Muscles des bras :

	Intensité	Durée de chaque effort	Fréquence (par heure)	Durée totale en minutes par heure
1 Bras	Légère			
	Moyenne			
	Lourde			
2 Bras	Légère			
	Moyenne			
	Lourde			

5.8. Muscles des jambes (cas du travail avec pédale) :

	Intensité	Durée de chaque effort	Fréquence (par heure)	Durée totale en minutes par heure
1 Jambe	Légère			
	Moyenne			
	Lourde			
2 Jambes	Légère			
	Moyenne			
	Lourde			

5.9. Ensemble du corps :

Intensité	Durée de chaque effort	Fréquence (par heure)	Durée totale en minutes par heure
Légère			
Moyenne			
Lourde			

6. CHARGE MENTALE.

6.1. Le travailleur effectue-t-il un travail :

Chaine	Non chaîne
Répétitif	
Non répétitif	

Pour les travaux répétitifs répondre aux questions suivantes ; pour les travaux non répétitifs, répondre aux questions 6.2.2. à 6.2.4. puis 6.4. et sq.

6.2. Au bout de combien de temps la cadence a-t-elle été atteinte par le travailleur :

- < 1/2 journée
- < 1 jour
- 2 jours à < 1 semaine
- 1 semaine à < 1 mois
- 1 mois et plus
- jamais

6.2.1. Y a-t-il parfois des incidents qui entraînent du retard dans le travail :

 OUI

 NON

6.2.1.1. Si oui, ce retard doit-il être rattrapé :

 NON

 OUI pendant le travail

 OUI pendant les pauses

6.2.2. Le rythme de travail de l'opérateur dépend-il totalement du rythme de la chaîne ou de la machine :

 OUI

 NON

6.2.3. Si l'ouvrier peut prendre de l'avance dans son travail, quelle est la durée maximum de temps pendant laquelle il peut s'arrêter sans perturber la production, ni en amont, ni en aval :

 — < 2'

 — 2' à moins de 4'

 — 4' à moins de 7'

 — 7' à moins de 10'

 — 10' à moins de 15'

 — 15' à moins de 20'

 — ≥ 20'

6.2.4. Pour les travaux non répétitifs : en cas d'incident, le travailleur peut-il arrêter la chaîne ou la machine :

 OUI

 NON

6.3. Quel est le nombre total d'opérations 1 à effectuer au cours d'un cycle de travail :

6.3.1. Toutes ces opérations sont-elles différentes :

 OUI

 NON

6.3.1.1. Si non, préciser pour les opérations qui se répètent au cours d'un cycle quelle est, pour chacune d'elles, la fréquence de répétition :

 1^{re} opération : fois par cycle

 2^{me} opération : fois par cycle

 3^{me} opération : fois par cycle

6.3.2. Le travailleur a-t-il des choix 2 à effectuer au cours d'un cycle de travail :

 OUI

 NON

6.3.2.1. Si oui, préciser quel est, pour un cycle de travail, le nombre de choix et, pour chacun d'eux, le nombre de possibilités entre lesquelles doit s'opérer le choix 3

Nombre de choix	Nombre de possibilités

1. Cf. page 143, la définition de l'opération.

2. Cf. page 144, la définition du choix.

3. On repartira, dans ce tableau, les choix selon le nombre de possibilités entre lesquelles le travailleur doit effectuer chacun de ces choix (cf. p. 145).

Pour tous les postes de travail, répondre aux questions 6.4. et suivantes :

6.4. Quel est le mode de rémunération :

- Salaire fixe à l'heure
- Salaire au rendement
- avec prime individuelle
- avec prime collective

6.5. Niveau d'attention requis : indiquer, dans le tableau suivant, les divers niveaux d'attention requis, en précisant, pour chacun d'eux, la durée :

Niveau d'attention requis	Durée par heure de travail						
	< 5'	5' à < 10'	10' à < 15'	15' à < 20'	20' à < 30'	30' à < 40'	40' à < 50'

Faible
Moyen
Elevé
Très élevé

6.5.1. L'attention est-elle due principalement :

- à la surveillance ou au contrôle
- à la difficulté de la tâche
- à la précision de la tâche
- aux risques d'accidents (pour l'opérateur ou pour un tiers)
- aux risques de détérioration des machines ou appareils
- au coût élevé des pièces ou produits transformés

6.5.2. S'il y a des risques d'accidents corporels, donner les précisions suivantes :

Gravité du risque	Fréquence du risque		
	Rare	Intermittent 2	Permanent
Accidents légers (arrêt ≤ 24 h)			
Accidents plus sérieux (risques d'incapacité temporaire)			
Accidents graves (risques d'incapacité permanente ou de mort)			

6.5.3. S'il y a des risques de détérioration du matériel, donner les précisions suivantes :

Caractéristiques du matériel	Fréquence du risque		
	Rare	Intermittent 2	Permanent
Robuste et peu coûteux			
Robuste et coûteux			
Fragile et peu coûteux			
Fragile et coûteux			

1. Plusieurs cases peuvent être cochées.

2. A certains moments de la journée, pour certaines opérations.

6.5.4. S'il y a risque de détérioration des pièces ou du produit, donner les précisions suivantes :

Valeur des pièces ou du produit	Fréquence du risque		
	Rare	Intermittent	Permanent
Faible			<input type="checkbox"/>
Moyenne		<input type="checkbox"/>	
Elevée	<input type="checkbox"/>		

6.5.5. Les erreurs entraînent-elles un rejet de la pièce :

OUI	Toujours	<input type="checkbox"/>
	Souvent	<input type="checkbox"/>
NON	Rarement	<input type="checkbox"/>

6.6. Le travailleur quitte-t-il parfois des yeux son travail :

OUI	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>

6.6.1. Si oui, est-ce :

- parce qu'il peut continuer à travailler sans regarder
- parce qu'il peut arrêter son travail en dehors des pauses réglementaires
- Autre raison à préciser.

6.6.2. Essayer d'estimer, par heure, la fraction du temps pendant laquelle le travailleur peut quitter des yeux son travail :

6.7. Quelles sont les dimensions des objets à manipuler ou à surveiller (si celles-ci sont inférieures à 5 cm).

	1	2	3
Longueur			
Largeur			
Epaisseur ou diamètre			

7. ASPECTS PSYCHOSOCIOLOGIQUES.

7.1. Le travailleur peut-il modifier l'ordre des opérations à réaliser :

OUI	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>

7.1.1. L'ouvrier doit-il contrôler ses pièces :

OUI	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>

7.1.2. Effectue-t-il les retouches éventuelles :

OUI	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>

7.2. Le travailleur a-t-il la possibilité de s'absenter de son travail :

NON	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>

OUI, en se faisant remplacer

OUI, sans se faire remplacer :

- et sans conséquences sur la production
- avec risques de retard

7.3. Lorsqu'il y a un incident, qui doit intervenir :

- le travailleur lui-même en cas

d'incidents : { mineurs
plus importants

- un autre travailleur :

{ en cas d'incidents plus importants
dans tous les cas

7.3.1. Le travailleur règle-t-il sa machine :

OUI

NON

7.4. L'opérateur effectue-t-il :

- une transformation importante du produit
- une transformation sensible et visible du produit
- une transformation peu perceptible du produit

7.4.1. Préciser à quel niveau du processus de fabrication se situe le travailleur :

- il opère sur la matière première
- il n'effectue qu'un élément du produit fini
- il termine un sous-ensemble significatif
- il participe à la finition du produit
- il participe au conditionnement

7.5. Quelle a été la durée d'apprentissage du travailleur au poste de travail :

- 1 heure
- \leq 1 jour
- 2 à 6 jours
- 7 à 14 jours
- 15 à 30 jours
- 1 à 3 mois
- \geq 3 mois

7.5.1. L'apprentissage pour ce poste de travail requiert-il :

- de la mémorisation
- de l'habileté pour acquérir un « coup de main »
- l'acquisition d'une certaine expérience

7.6. Quel est le niveau de formation générale nécessaire au poste de travail :

- Aucune connaissance
- Savoir lire, écrire, compter, mais sans formation technique
- Formation technique :
 - formation maison \leq 3 mois
 - formation maison $>$ 3 mois
- CAP ou F.P.A.

1. Plusieurs cases peuvent être cochées.

2. Jugement nécessaire pour prendre certaines décisions, effectuer certains choix.

7.7. Le travailleur doit-il parfois avoir des relations avec d'autres travailleurs pour exécuter sa tâche :

OUI

NON

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

7.7.1. Si oui, est-ce avec 1 :

Relations coopératives

— le magasinier

— le contrôleur ou le régleur

— l'agent des méthodes

— un technicien

— le service entretien

— un autre travailleur

— le chef d'équipe

— le contremaître

<input type="checkbox"/>

Relations fonctionnelles

Relations hiérarchiques

7.7.2. Combien en moyenne par jour

— Relations coopératives :

— Relations fonctionnelles :

7.8. Quel est le nombre de travailleurs dans un rayon de 6 mètres (et visibles du poste de travail) :

7.9. Le travailleur peut-il parler durant le travail en dehors du temps de pause réglementaire² :

— pas du tout

— échanges de quelques mots

— conversations plus longues

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

7.9.1. Quels sont les obstacles à la communication (plusieurs réponses à cette question sont possibles)

— attention soutenue

— bruit

— rythme de travail

— distance

— appareil de protection (casque, etc...)

— autres (préciser)

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

8. TEMPS DE TRAVAIL.

8.1. Quelle est la durée hebdomadaire de travail :

8.2. Quelle est la durée journalière

8.3. Quel est le type d'horaire du travailleur :

— horaire normal

— équipe fixe

— équipe alternante 2 x 8

— équipe alternante 3 x 8 avec arrêt en fin de semaine

— équipe « non stop »

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

8.3.1. Si le travailleur travaille en équipe fixe est-il :

— du matin

— de l'après-midi

— de la nuit

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

1. Plusieurs cases peuvent être cochées.

2. Et en dehors des échanges qu'il peut avoir pour son travail (cf. 7.7.).

8.4. Y a-t-il des pauses (en dehors des interruptions réglementaires pour les repas ou casse-croûte)

OUI

NON

8.4.1. Si oui, nombre de pauses par jour :
durée de chacune :

Trajets

8.5. Nombre d'aller et retour effectués par le travailleur chaque jour :

— Un

— Deux

8.6. Durée d'un trajet 1 domicile - lieu de travail :

— < 15 minutes

— 15 à < 30 minutes

— 30 à < 45 »

— 45 à < 60 »

— 60 à < 75 »

— 75 à < 90 »

— 90 à < 120 »

— > 120 minutes

8.7. Moyen de transport utilisé 2

Individuel : — à pied

— cyclomoteur ou cycle

— auto

Collectif : — métro ou bus

— car de ramassage

— train

9. QUESTIONNAIRE « ENTREPRISE ».

Etat des locaux

9.1. De quand date l'établissement ?

Si l'établissement date d'avant 1935 :

9.1.1. Des locaux plus récents ont-ils été ajoutés ?

OUI

NON

9.1.1.1. Si oui, de quand datent-ils ?

9.1.1.2. Quelle est la proportion des travailleurs, travaillant dans ces locaux plus récents ?

9.1.2. Les locaux anciens ont-ils été modernisés ?

NON

OUI en partie

à quelle date :

OUI totalement

à quelle date :

1. Ne tenir compte que d'un trajet aller ou retour.

2. Plusieurs cases peuvent être cochées lorsque plusieurs moyens de transport sont utilisés.

Entretien

9.2. Y a-t-il un nettoyage quotidien

— des bureaux	OUI	<input type="checkbox"/>	NON	<input type="checkbox"/>
— des ateliers	OUI	<input type="checkbox"/>	NON	<input type="checkbox"/>
— des cantines et réfectoires	OUI	<input type="checkbox"/>	NON	<input type="checkbox"/>
— des douches et lavabos	OUI	<input type="checkbox"/>	NON	<input type="checkbox"/>
— des W.-C.	OUI	<input type="checkbox"/>	NON	<input type="checkbox"/>

9.2.1. Dans les ateliers, le nettoyage est-il effectué

— par une équipe spéciale	OUI	<input type="checkbox"/>	NON	<input type="checkbox"/>
— par les travailleurs de l'atelier	OUI	<input type="checkbox"/>	NON	<input type="checkbox"/>

Equipement sanitaire

9.3. Vestiaires

9.3.1. Combien de travailleurs disposent d'une armoire fermant à clé ?

9.3.2. Les travailleurs effectuant des travaux salissants ont-ils un compartiment spécial pour leurs vêtements de travail :

OUI	<input type="checkbox"/>
NON	<input type="checkbox"/>

9.4. Lavabos - Douches - W.-C.

9.4.1. Combien y a-t-il de lavabos pour l'entreprise ?

9.4.2. Combien de lavabos ont l'eau chaude ?

9.4.3. Combien y a-t-il de douches ?

9.4.4. Combien de travailleurs y ont accès ?

9.4.5. Peut-on se rendre aux W.-C. à n'importe quel moment ?

Pour les hommes

9.4.6. Combien y a-t-il de W.-C.

9.4.6.1. Quelle est la distance maximum entre le poste de travail et les W.-C. ?

Pour les femmes

9.4.7. Combien y a-t-il de W.-C.

Combien avec sièges :

9.4.7.1. Quelle est la distance maximum entre le poste de travail et les W.-C. ?

Cantines - Réfectoires - Distributeurs de boissons

CANTINES

9.5. L'entreprise a-t-elle une cantine ?

OUI	<input type="checkbox"/>
NON	<input type="checkbox"/>

Si oui,

9.5.1. En hiver la température y est-elle :

— < 16° C	<input type="checkbox"/>
— 16 à 18° C	<input type="checkbox"/>
— 19° C et plus	<input type="checkbox"/>

9.5.2. Y a-t-il plusieurs services

9.5.3. Les menus sont-ils :

— au choix	<input type="checkbox"/>
— imposés	<input type="checkbox"/>

REFECTOIRES

9.6. Les travailleurs peuvent-ils disposer d'un réfectoire

— pour le casse-croûte	OUI	<input type="checkbox"/>	NON	<input type="checkbox"/>
— pour le repas de midi	OUI	<input type="checkbox"/>	NON	<input type="checkbox"/>

Si oui,

9.6.1. Combien de travailleurs l'utilisent

- pour le repas de midi :
- pour le casse-croûte :

9.6.2. En hiver, la température y est-elle de :

- < 16° C
- 16° à 18° C
- 19° et plus

9.6.3. Y a-t-il possibilité de faire réchauffer les gamelles ?

OUI	<input type="checkbox"/>
NON	<input type="checkbox"/>

BOISSONS

9.7. Quelle est la distance maximum entre le poste de travail et le poste d'eau potable le plus proche ?

9.7.1. Y a-t-il des distributeurs de boissons non alcoolisées ?

OUI	<input type="checkbox"/>
NON	<input type="checkbox"/>

Si oui,

9.7.1.1. Quand le personnel y a-t-il accès :

- tout le temps
- pendant les pauses
- aux heures de repas

SALLES DE REPOS

9.8. Y a-t-il des salles de repos

OUI	<input type="checkbox"/>
NON	<input type="checkbox"/>

9.9. Temps de travail

PERSONNEL TRAVAILLANT EN HORAIRE NORMAL ET A TEMPS PLEIN

9.9.1. Durée hebdomadaire :

9.9.1.1. Heure de début de travail

9.9.1.2. Heure de fin de travail

9.9.1.3. Durée d'interruption pour les repas (en minutes)

9.9.2. Combien y a-t-il de jours de repos chaque semaine :

- 1
- 1 et demi
- 2
- plus de deux

9.9.2.1. S'il y a plus d'un jour, les jours de repos sont-ils consécutifs :

OUI	<input type="checkbox"/>
NON	<input type="checkbox"/>

9.9.2.2. Le dimanche est-il toujours un jour non travaillé :

 OUI

 NON

Si non, quelle est la fréquence des dimanches non travaillés :

PERSONNEL TRAVAILLANT EN EQUIPES

9.9.3. Quels sont les horaires de ceux qui travaillent en équipes fixes :

- équipe du matin
- équipe de l'après-midi
- équipe de nuit

9.9.4. Quels sont les horaires de ceux qui travaillent en équipes alternantes :

- équipe du matin
- équipe de l'après-midi
- équipe de nuit

9.9.4.1. Quelle est la fréquence de rotation des postes

9.9.4.2. Quel est le sens de rotation :

matin — après-midi — nuit
nuit — après-midi — matin

9.9.4.3. Quel est le nombre de jours de repos par cycle

9.9.5. Congés annuels

9.9.5.1. Durée des congés annuels

9.9.5.2. Les congés sont-ils pris par tous en une seule fois ?

 OUI

 NON

Si non, quelle est la proportion de ceux qui les prennent en 2 fois ou plus :

LISTE DES TABLEAUX

I. Fiche récapitulative des conditions de travail des divers postes d'un atelier	14
II. Valeurs optimales et limites de la température et de l'humidité de l'air selon le travail effectué	31
III. Valeurs de confort et valeurs-limites de la Température Effective ..	31
IV. Conversion de décibels en unités de puissance sonore	43
V. Indices partiels d'exposition au bruit en fonction du niveau de bruit et de la durée d'exposition	53
VI. Relation entre l'indice composite d'exposition et le niveau acoustique continu équivalent	54
VII. Probabilité d'apparition d'un déficit auditif moyen de 25 dB en fonction de l'âge	55
VII bis. Risque supplémentaire (en %) selon le niveau acoustique continu équivalent et le nombre d'années d'exposition	55
VIII. Pondérations normalisées pour les sonomètres	60
IX. Normes d'éclairement selon la nature de la tâche et le contraste ..	71
X. Niveau de perception selon la dimension des détails (d) et la distance de vision (D)	74
XI. Fréquences dominantes de quelques véhicules	78
XII. Fréquences dominantes de quelques outils	79
XIII. Ordre de grandeur des fréquences de vibration selon la sensation éprouvée	81
XIV. Évaluation de la dépense énergétique pour diverses postures	88
XV. Évaluation de la dépense énergétique selon les muscles sollicités et l'intensité de cette sollicitation	89
XVI. Classification des travaux physiques selon la dépense énergétique, les fréquences cardiaque et respiratoire	95
XVII. Appréciation de diverses postures en fonction de critères physiologiques	96
XVIII. Dépenses en Kilocalories par mètre selon l'importance de la charge déplacée, soulevée, ou montée	111
XIX. Évaluation de la dépense énergétique selon la localisation des muscles actifs et l'importance de l'effort	116
XX. Fiche récapitulative de la charge physique	119
XXI. Fiche récapitulative des cotations des divers critères de charge mentale	154
XXII. Fiche récapitulative des cotations des divers critères des aspects psychosociologiques	173

LISTE DES GRAPHIQUES

I. Histogramme des conditions de travail de deux postes de travail	10
I bis. Répartition des postes de travail d'un atelier selon la cotation de chacun des éléments des conditions de travail	15
II. Abaques de température effective corrigée	30
III. Abaques psychrométriques	35
IV. Représentation graphique d'un mouvement simusoïdal	39
V. Échelle des fréquences des mouvements vibratoires	41
VI. Abaque permettant d'additionner plusieurs niveaux sonores exprimés en décibels	44
VI bis. Graphique permettant de distinguer, dans un bruit de fond, l'intensité sonore spécifique d'une source quelconque	45
VII. Schéma de l'oreille	47
VIII. Importance des risques de traumatisme sonore selon l'intensité et la fréquence des sons	52
IX. Temps d'exposition et de non-exposition admissibles selon le niveau sonore	57
X. Courbes de pondération (A) (B) et (C) des sonomètres	61
XI. Flux lumineux et éclairement	67
XII. Courbes I.S.O. Détermination des seuils d'inconfort, de fatigue et de danger selon la fréquence des vibrations, l'accélération et la durée d'exposition	79
XIII. Durée maximale du maintien d'un effort statique en fonction de la force relative mise en jeu	85
XIV. Évaluation de la surface corporelle en fonction de la taille et du poids	87
XV. Augmentation de la fréquence du pouls dans diverses postures	92
XV bis. Augmentation du métabolisme énergétique dans diverses postures	92

TABLE DES MATIERES

PREFACE, par YVES DELAMOTTE	v
Propos d'un intervenant par JACQUES CHRISTOL	x
Avant-propos	xvi
INTRODUCTION	1
Chapitre préliminaire. DESCRIPTION DE LA TACHE	21
Chap. I. AMBIANCE THERMIQUE	23
<i>Rappel des données physiologiques</i>	23
Modalités physiques des échanges thermiques entre le corps humain et le milieu ambiant	23
Le bilan thermique	24
Les processus physiologiques de régulation thermique du corps humain	26
Normes de confort	29
<i>Le guide d'observation</i>	32
<i>Exploitation</i>	34
Chap. II. LE BRUIT	39
<i>Notions physiques d'acoustique</i>	39
Nature des sons	39
Grandeurs caractéristiques des sons et instruments de mesure	40
<i>Quelques données physiologiques</i>	46
L'oreille	46
L'appareil de perception	47
Effets du bruit sur l'homme	48
<i>Le guide d'observation</i>	58
<i>Exploitation</i>	63

Chap. III. L'ECLAIRAGE	66
<i>Données physiques</i>	66
<i>Données physiologiques</i>	67
Mécanisme de la vision	67
L'œil	67
La capacité visuelle	69
Fatigue de l'appareil oculaire	69
<i>Normes d'éclairage</i>	70
<i>Le guide d'observation</i>	73
<i>Exploitation</i>	75
Chap. IV. LES VIBRATIONS	77
<i>Rappel des caractéristiques des mouvements vibratoires</i>	77
<i>Action des vibrations sur l'organisme</i>	78
<i>Le guide d'observation</i>	80
<i>Exploitation</i>	81
Chap. V. LA DEPENSE PHYSIQUE	83
<i>Le travail musculaire</i>	83
<i>Critères d'évaluation du travail musculaire</i>	86
<i>Effets sur l'organisme de postures défavorables</i>	93
<i>Les normes</i>	94
<i>Le guide d'observation</i>	101
<i>Exploitation</i>	107
Chap. VI. LA CHARGE MENTALE	121
<i>Mesure de la charge mentale</i>	122
La fatigue	122
Méthodes d'évaluation de la charge mentale	124
<i>Théorie de l'intelligence</i>	126
Les structures de la pensée	127
Les exigences de la tâche	128
<i>Indices de charge mentale</i>	131
La contrainte de temps	132
La complexité-vitesse	134
L'attention	136
La minutie	139

<i>Le guide d'observation</i>	140
<i>Exploitation</i>	148
Chap. VII. LES ASPECTS PSYCHOSOCIOLOGIQUES	155
<i>Base théorique</i>	155
<i>Eléments des aspects psychosociologiques</i>	159
L'initiative	160
Le statut social	161
Les possibilités de communication	162
La coopération	163
L'identification du produit	164
<i>Le guide d'observation</i>	165
<i>Exploitation</i>	168
Chap. VIII. LE TEMPS DE TRAVAIL	174
<i>Durée de travail hebdomadaire et quotidienne</i>	174
<i>Type d'horaire</i>	177
<i>Le guide d'observation</i>	170
<i>Exploitation</i>	181
Chap. IX. RENSEIGNEMENTS GENERAUX SUR L'ENTREPRISE	183
BIBLIOGRAPHIE	185
Annexe I. Tableaux de cotation	191
Annexe II. Guide d'observation	219
Liste des tableaux.	
Liste des graphiques.	

ACHEVÉ D'IMPRIMER EN AVRIL
1983 SUR LES PRESSES DE L'IM-
PRIMERIE BELLANGER ET FILS
A LA FERTÉ-BERNARD (SARTHE)
- Dépôt légal : 2^e trimestre 1983 -

armand colin