



HAL
open science

Note introductive au questionnaire sur les conditions de travail

Françoise Guélaud, Bernadette Romagnan

► **To cite this version:**

Françoise Guélaud, Bernadette Romagnan. Note introductive au questionnaire sur les conditions de travail : document de travail LEST. 1972. halshs-03769454

HAL Id: halshs-03769454

<https://shs.hal.science/halshs-03769454>

Preprint submitted on 7 Sep 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

1558



4-163

NOTE INTRODUCTIVE AU
QUESTIONNAIRE SUR LES CONDITIONS
DE TRAVAIL

Février 1972

SOMMAIRE DE LA NOTE INTRODUCTIVE

Avant propos	I
1. Ambiance thermique.....	1
2. Bruit.....	9
3. Eclairage Eclairage.....	14
4. Vibrations.....	22
5. Produits toxiques ou dangereux Radiations ionisantes	25
6. Charge physique. Relations homme-machine	40
7. Charge psychique. Cadences.....	53
8. Le temps de travail.....	57
9. Relations de travail.....	61

AVANT PROPOS

Le questionnaire ci-joint et son introduction ont été établis pour rassembler des données sur les conditions de travail des ouvriers et employés ; plus précisément sur le contenu même du travail et sur la signification qu'il a pour la santé et pour la vie personnelle ou sociale des travailleurs. C'est à dire que nous ne nous intéressons pas directement à certains facteurs tels que par exemple le niveau de la rémunération ou la stabilité de l'emploi, qui nous semblent constituer d'autres domaines de recherche ou d'intervention.

La plus grande partie du questionnaire concerne chaque poste de travail et comprend les rubriques suivantes : ambiance thermique, bruit, éclairage, vibrations, produits toxiques ou dangereux, charge physique de travail et relations homme-machine, charge mentale et cadences, durée du travail et temps de trajet, relations de travail.

Une petite partie du questionnaire intéresse l'entreprise dans son ensemble, en voici les thèmes : état des locaux, entretien, équipement sanitaire, cantines, aménagement du temps de travail.

L'ampleur du questionnaire pourra surprendre, bien que notre effort ait consisté à ne retenir que les questions les plus importantes permettant d'avoir un aperçu des principaux éléments des conditions de travail. Un tel questionnaire, malgré son volume, ne peut en effet prétendre appréhender chaque poste dans son extrême diversité, mais plutôt faciliter l'analyse des principales dimensions des conditions de travail. Il est évidemment impossible d'envisager que ce questionnaire puisse être rempli pour chaque salarié français. Il s'agit plutôt, pour avoir un aperçu des conditions de travail dans un certain nombre de secteurs, d'étudier certains postes ou certains métiers caractéristiques d'une activité, et d'estimer avec prudence quel peut-être le nombre des travailleurs concernés. Dans bien des cas, on pourra négliger telle ou telle partie du questionnaire qui n'intéresse pas de toute évidence certains postes ou métiers.

Les questions visent à rassembler des données objectives et même mesurables si possible, elles ne cherchent pas à connaître des opinions. Le questionnaire s'écarte ainsi de l'étude de la satisfaction au travail car le parti-pris (certes distutable et limité) en est différent, il suppose en effet que des normes ont pu être dégagées de ce que sont de "bonnes" conditions de travail, eu égard à la santé physique et mentale du travailleur ainsi qu'au développement de sa personnalité.

II

Le contenu de ce questionnaire dépend de nos connaissances actuelles qui sont limitées par le petit nombre d'études sur les conditions de travail et par leur orientation dominante.

En effet si ces études, au lieu de répondre le plus souvent à la préoccupation des entreprises de relever la productivité du travail, avaient cherché à étudier principalement l'effet des conditions de travail non seulement sur la santé mais aussi sur le développement de la personnalité des travailleurs ou sur leur type de loisir, on peut supposer que les critères d'appréciations de "bonnes" conditions de travail seraient différents. La valeur toute relative du questionnaire doit donc être soulignée, et l'on doit insister sur le fait que dans cinq ou dix ans, en fonction de l'évolution des recherches, sa forme et son contenu devraient changer.

Il est évident notamment que l'importance accordée dans le questionnaire aux conditions physiques de travail vient de ce que nos connaissances sont plus avancées en la matière, et que les phénomènes sont plus faciles à appréhender que s'il s'agit de charge mentale. La dépense énergétique est plus facilement mesurable que la dépense nerveuse, or c'est bien cette dernière qui semble poser maintenant les problèmes les plus graves, mais elle est la résultante d'un grand nombre de variables difficiles à saisir. Dans le questionnaire nous avons essayé cependant d'avoir des informations sur le rythme de travail en demandant par exemple : "Au bout de combien de temps, la cadence imposée a-t-elle atteinte par l'ouvrier ?" Cette question a semblé en effet un bon indicateur à des chercheurs qui avaient conduit une étude très poussée sur les O.S. de la construction électronique. Il nous semble en effet que malgré les difficultés de mesurer certaines données, de nouvelles recherches permettront de trouver les questions pertinentes pour certains phénomènes complexes.

C'est ainsi que certains travaux en cours permettent d'espérer que l'on comprendra mieux comment les conditions de travail modèlent les comportements sociaux. Certaines conditions de travail contribuent à créer un comportement social plus fruste sur le lieu de travail ou en dehors, il conviendrait de trouver des indicateurs permettant de savoir si ces conditions de travail défavorables (eu égard au développement de la personnalité) se développent ou regressent. Pour l'instant, le questionnaire se contente de poser quelques questions pour apprécier si le travail suppose une coopération entre les salariés ou s'il permet les échanges verbaux.

.../..

III

Le questionnaire est précédé d'une introduction, destinée aux non spécialistes, pour indiquer les connaissances élémentaires sur lesquelles repose la recherche d'information et pour expliquer la signification des questions posées ainsi que l'usage qui pourra être fait des réponses. Cependant les notes d'exploitation que l'on trouve à la fin de la plupart des rubriques sont encore très sommaires.

Ainsi ce questionnaire pourra être utilisé aussi bien par des médecins du travail ou des inspecteurs du travail que par des chefs du personnel, des syndicalistes, des membres des C.H.S. etc...

Il est bien évident que les renseignements communiqués seront anonymes et que le secret professionnel sera observé tant pour l'entreprise concernée que pour la source des informations.

1 - L'AMBIANCE THERMIQUE

1.1. Note introductive :

1.1.1. La régulation thermique chez l'homme :

Elle s'effectue par l'intermédiaire de 3 processus :

- 1/ Les vaisseaux sanguins, en particulier les capillaires jouent dans l'organisme le rôle de refroidissement ou de réchauffement. Le sang peut amener la chaleur de l'intérieur du corps vers la peau, refroidie par l'air ambiant, et inversement.
- 2/ La sécrétion de la sueur.
- 3/ La thermogénèse (en cas de refroidissement du corps) : intensification des réactions de combustion dans les muscles et d'autres organes : le frisson en est un exemple.

Le but de cette régulation est de maintenir la température interne constante : en effet la constance de la température des organes vitaux (cerveau, coeur, organes abdominaux) est une condition vitale pour l'être humain.

Il existe donc des échanges thermiques constants entre le corps et le milieu ambiant. Ils s'opèrent de 4 manières :

- par conduction
- par convection
- par évaporation
- par rayonnement

- Conduction : les échanges de chaleur par conduction sont déterminés par la conductibilité thermique des objets et du milieu en contact avec la peau. Il faut éviter les déperditions de chaleur aux pieds et aux endroits du corps en contact permanent avec un matériau de conductibilité thermique élevé (ceci peut entraîner l'apparition d'affections inflammatoires - affections rhumatismales, arthrites - indépendamment de la sensation désagréable). En conséquence : les revêtements de sol aux postes de travail devront être des isolants thermiques (bois, linoléum, liège...) ; de même, au poste de travail, les parties des machines en contact avec les mains devront être recouvertes d'une protection ou matériau isolant (feutre, cuir, bois...).

.../..

- Convection : les échanges par convection sont déterminés par la différence entre la température de la peau et celle du milieu ambiant et par l'intensité des mouvements de l'air ambiant.

- Rayonnement : le facteur déterminant de la déperdition de chaleur par rayonnement est la différence entre la température de la peau et la température moyenne des surfaces qui entourent le corps ; la température de l'air ne joue aucun rôle.

- Evaporation : une certaine quantité d'eau s'évapore normalement de façon insensible du corps humain. Si la température du milieu ambiant devient excessive, des réflexes provoquent une sécrétion de sueur abondante qui augmente la déperdition de chaleur. L'humidité relative de l'air ambiant est un élément déterminant dans ce phénomène de déperdition de chaleur. Lorsque la température ambiante dépasse 25° C, les déperditions de chaleur par convection ou rayonnement sont faibles. Le seul mécanisme de compensation est la déperdition de chaleur par évaporation de la sueur.

1.1.2. Facteurs physiques déterminant les échanges thermiques :

Enfin les facteurs déterminants, en ce qui concerne les échanges entre le corps humain et le milieu ambiant sont les suivants :

- la température de l'air : pour les échanges par convection ;
- l'humidité relative de l'air : pour les échanges par évaporation de la sueur ;
- le mouvement de l'air : pour les échanges par convection ;
- les températures superficielles des surfaces qui entourent le corps humain (parois, sols, plafonds, machines) : pour les échanges par rayonnement et par conduction.

1.1.2.1. Température et humidité de l'air :

Il est difficile de séparer température de l'air et degré hygrométrique de l'air si l'on veut définir une ambiance thermique. En effet, deux températures différentes peuvent donner la même sensation subjective, si les degrés hygrométriques sont également différents. Ainsi, par exemple, en air calme, une température de 23°9C et un degré hygrométrique de 30 % donne la même impression subjective qu'une température de 21°3C avec un degré hygrométrique de 70 %.

Les différents travaux effectués semblent converger pour définir une zone étroite pour laquelle l'équilibre thermique entre le milieu ambiant et l'être humain est réalisé : 17°C à 22°C en hiver et 19°C à 24°C en été. Il est bien évident que ces valeurs sont susceptibles de varier selon la nature du travail effectué. Mais de toutes façons, à partir

de 26°C, on est dans une zone défavorable pour le travail ; et la fatigue croît très rapidement à partir de 30°C pour un travail intense et à partir de 33°C pour un travail léger

GRANDJEAN propose les températures suivantes comme optimales pour divers types de travaux :

	Température de l'air
- Travail intellectuel en position assise	21 - 23°C
- Travail léger en position assise	19°C
- Travail léger en position debout	18°C
- Travail lourd en position debout	17°C
- Travail très lourd	15 - 16°C

Mais, l'humidité de l'air ambiant a un effet d'une part sur l'impression subjective de chaleur et d'autre part sur la santé puisque, nous l'avons vu, la fonction sudorale s'exerce plus facilement lorsque le degré hygrométrique est plus faible.

Cependant un degré hygrométrique trop faible peut également avoir des effets défavorables sur la santé. L'absence d'humidité entraîne le dessèchement des muqueuses des voies respiratoires, ce qui facilite les processus inflammatoires qui accompagnent tous les types de refroidissement et la grippe. Ainsi une humidité relative inférieure à 30 % entraîne un risque important de dessèchement des muqueuses. Il est souhaitable que l'humidité relative de l'air soit comprise entre 40 % et 50 %.

Dans le cas de travail effectué à des températures élevées, on observe d'abord une légère augmentation de la température corporelle interne et une forte augmentation de la température corporelle superficielle (qui passe de 32°C à 36° ou 37°C). L'élévation de la température du milieu ambiant déclenche un accroissement considérable de l'irrigation sanguine de la peau ayant pour objet d'obtenir que le sang transporte une quantité de chaleur plus élevée vers la peau. Cet accroissement de l'irrigation cutanée a pour conséquences :

- une augmentation de l'excrétion sudorale : lorsque la température de la peau atteint 36°C, l'excrétion sudorale est considérable ;

- une diminution de l'irrigation sanguine des muscles et du cerveau, ce qui provoque un accroissement de la fatigabilité et une diminution de la capacité de travail, tant intellectuel que physique ;

- une diminution de l'activité des organes de digestion : l'estomac refuse l'absorption de nourriture ;

- une adaptation nécessaire du coeur et de l'appareil circulatoire entraînant de l'hypertension et de la tachycardie.

Si ces mécanismes d'adaptation ne suffisent pas à maintenir l'équilibre thermique, la température interne commence à s'élever. Il y a alors dans l'organisme une accumulation de chaleur qui peut mettre la vie en danger. Cette accumulation de chaleur dans l'organisme s'accompagne des symptômes suivants : sensation de malaise généralisé, incapacité de fournir un travail quelconque malgré les efforts de volonté, congestion cutanée, forte tachycardie, pouls imperceptible. Dans les cas graves, il se manifeste une céphalalgie intense, du vertige, de la dyspnée et parfois des vomissements, des crampes si la déperdition saline a été importante. Finalement, le malade perd connaissance et il est souvent impossible d'éviter la mort.

La sensibilité au coup de chaleur varie selon les individus et les circonstances. Le risque est plus grand pour les personnes grosses que pour les personnes maigres ; de même l'habitude, l'âge, l'alimentation et surtout l'intensité du travail physique effectué jouent un rôle important.

Température limite de tolérance :

La question de la détermination de la température limite que l'homme peut supporter est importante ; des études ont été faites sur ce sujet dans l'industrie et dans l'armée.

Grandjean cite (p. 261) les résultats établis par WENGL sur ce sujet et reproduit les abaques donnant les limites de la tolérance thermique selon le degré d'humidité et le degré d'intensité du travail.

Les domaines limites indiqués sont valables pour des hommes jeunes, habitués à la chaleur et particulièrement actifs. Pour les travaux industriels courants, on pourrait admettre qu'il faut faire subir à ces courbes une translation vers la gauche de 5 à 10°C et que cette translation doit être encore plus importante pour des ouvriers plus âgés ou lorsque le travail doit s'effectuer avec des appareils respiratoires ou des appareils protecteurs.

Grandjean suggère finalement les domaines limites suivants pour quelques types de travaux :

Domaines limites de tolérance thermique pour le travail courant :

Consommation énergétique totale kcal/h.	Exemples	Limite supérieure de la température de l'air	
		température effective (1) °C	température pour une hu- midité rela- tive de 50% °C
400	Travail lourd mar- che avec charge de 30 Kg.	26 - 28	30,5 - 35
250	Travail moyen mar- che à la vitesse de 4 Km. h.	29 - 31	34 - 37
100	Travail léger en po- sition assise	33 - 35	40 - 44

Cité par GRANDJEAN, p. 262

(1) On appelle température effective la température qui engendre les mêmes sensations subjectives qu'une atmosphère de référence de degré hygrométrique égale à 100 %. Ainsi on dit que dans un local règne une température effective de 20 °C quand l'homme y éprouve un ensemble de sensations identiques à celles qu'il éprouverait dans un local dont l'air saturé à 100 % de vapeur d'eau serait à une température de 20 °C et sans mouve-
ment.

Durée d'exposition :

"Si la température est supérieure aux valeurs données au tableau ci-dessus, et s'il est impossible de la réduire de façon sensible,

.../...

il est nécessaire que la durée de travail soit réduite pour éviter des accumulations de chaleur dangereuses dans l'organisme. Mc. Connel et Yaglou ont étudié, en 1925 déjà, la question de la durée du travail lourd en atmosphère chaude et humide. Les résultats reproduits dans le tableau suivant sont extraits de ces travaux et cités par Grandjean :

Durée maximale de travail en atmosphère chaude et humide (jusqu'à 100% d'humidité relative) et pour un travail lourd de 450 kcal/h.

Température °C	Durée maximale de travail en minutes
30	140
32	90
34	65
36	50
38	39
40	30
42	22

On ne dispose, à l'heure actuelle, d'aucune étude systématique des valeurs maximales admissibles de la durée de travail pour les travaux moyens et légers, en fonction de la température. La seule étude que l'on puisse citer à ce propos est due à WENZEL ; elle conclut que, pour une consommation énergétique totale de 190 kcal/h. (marche à la vitesse de 3,5 km/h.) et une température effective de 28°C, la durée de travail ne devrait en aucun cas dépasser 60 minutes.

1.1.2.2. Mouvements de l'air :

Un facteur susceptible d'avoir un effet sur la sensation subjective de température est le mouvement de l'air. Des études ont été faites pour établir des correspondances entre la température subjective et la température de l'air sec ou humide selon la vitesse de l'air ambiant. Ainsi, par exemple, une température de 20°C en air calme donne les mêmes sensations qu'une température de 22°C (air sec) lorsque l'air se déplace d'un mètre par seconde. Notons que ces correspondances n'ont qu'un intérêt théorique dans la mesure où, au delà d'une certaine valeur, assez faible, les mouvements de l'air sont considérés par les travailleurs comme désagréables.

On peut s'en tenir en pratique à la valeur moyenne limite de vitesse de l'air de 0,2 m/sec. Selon la nature du travail, cette valeur-limite peut être modifiée ; ainsi elle peut être plus élevée pour les

.../...

travaux exigeant un effort physique important (0,5m/sec) et moins élevée (0,1m/sec) dans le cas de travaux délicats pour lesquels le corps doit rester immobile.

1.1.2.3. Température des surfaces environnantes :

Enfin, la température des surfaces entourant le travail leur influe sur sa sensation de bien-être. En première approximation, on peut admettre que la température ressentie par l'homme est la moyenne entre la température de l'air et celle de la surface du local (parois, plafonds, sols).

Il semble souhaitable que la différence entre la température moyenne des surfaces du local et la température de l'air n'excède pas 2 à 3°C, quel que soit le signe de cette différence.

1.1.3. Mesures :

Nous venons de voir quelles sont les données nécessaires pour apprécier une ambiance thermique

- température de l'air sec et des parois ;
- mouvements de l'air ;
- degré hygrométrique de l'air.

Il existe des instruments simples pour mesurer ces 3 grandeurs.

La température peut être mesurée par différents types de thermomètre, dont le plus simple est le thermomètre à mercure.

La vitesse de l'air est mesurée par un aéromètre. Pour chaque type d'aéromètre, il faut considérer son fonctionnement en régime turbulent, sa sensibilité à la direction d'écoulement d'air, l'influence de la température et de la pression barométrique sur la mesure qu'il fournit, ainsi que les gammes de vitesse de l'air dans lesquelles il peut être utilisé.

Enfin, la pression de vapeur d'eau dans l'air est mesurée par l'hygromètre, dont il existe également plusieurs variétés.

1.2. Note d'exploitation :

D'après ce qui a été dit précédemment, ce qui est important, est l'effet résultant pour le travailleur de la température ambiante, en liaison avec le degré d'humidité et le mouvement de l'air. L'effet ressenti est, bien entendu, différent selon la nature du travail effectué, (cf. questionnaire n° 6) en particulier, suivant que la dépense énergétique correspondante est plus grande ou moins grande. Il importe donc de mettre en relation la nature de la tâche et les caractéristiques de l'ambiance thermique.

En ce qui concerne le mouvement de l'air, il est difficile à mesurer et seules des questions un peu subjectives sont posées pour saisir si l'air est calme ou agité. On pourra donc seulement savoir si compte tenu du travail effectué, le mouvement de l'air est satisfaisant ou s'il est au contraire une source d'inconfort.

En ce qui concerne la température proprement dite, il semble nécessaire de considérer :

- d'une part la différence entre température de l'air et température moyenne des parois, mais celle-ci est difficile à mesurer et la question posée sur l'importance des surfaces vitrées permettra de savoir si celle-ci peuvent être une source d'inconfort, lorsqu'il fait très froid ou très chaud.

- d'autre part la température de l'air compte tenu du degré hygrométrique. Les normes données dans la partie introductive doivent permettre de voir dans quelle mesure l'ambiance thermique est satisfaisante ou non, compte tenu du travail effectué.

Dans le cas de travaux effectués à température élevée, il est indispensable de connaître la durée d'exposition ou la durée de travail (l'existence et la durée des pauses en particulier) et de les comparer aux normes proposées.

Il est également utile de faire apparaître l'existence de forts contrastes entre la source de chaleur à laquelle le travailleur peut être soumis de façon plus ou moins prolongée et la température du local.

.../...

2. LE BRUIT

2.1. Note d'introduction :

Les résultats expérimentaux apportés par la physiologie du travail et les constatations industrielles paraissent souvent au premier abord contradictoires. La liaison entre le bruit et son effet perturbateur sur l'ouvrier n'est pas toujours certaine. L'avis des travailleurs, quant à la gêne ressentie, n'est pas unanime.

Nous verrons que ces apparentes divergences s'expliquent par le fait d'une part que la sensibilité auditive peut varier très nettement d'une personne à l'autre, d'autre part que la tâche effectuée exige une plus ou moins grande concentration, enfin que les caractéristiques du bruit (intensité, fréquence, durée) le rendent plus ou moins désagréable.

Il n'en demeure pas moins que les études convergent pour définir des seuils au-delà desquels un bruit devient dangereux pour l'être humain.

2.1.1. Effets du bruit sur l'homme

2.1.1.1. Mécanisme de l'audition.

Les ondes acoustiques font vibrer le tympan ; ces vibrations sont transmises par l'intermédiaire d'osselets à l'oreille interne, particulièrement à la membrane basiliaire où se trouvent des cellules acoustiques qui ont la propriété de transformer les variations de pression acoustique en impulsions nerveuses transmises au cerveau par le nerf auditif. Les sensations auditives se produisent donc dans le centre auditif cérébral. Mais par l'intermédiaire des ramifications nerveuses, les excitations sonores peuvent provoquer :

- des modifications de l'attention et des perturbations du sommeil ;
- des effets sur les organes internes et sur la circulation sanguine.

Il apparaît donc que le bruit n'agit pas seulement sur la perception acoustique mais qu'il peut agir sur l'organisme entier. Selon Grandjean (p. 207), on peut classer les effets du bruit sur l'homme de la façon suivante :

- effets sur l'oreille interne,
- surdité verbale
- effets physiologiques : troubles de l'attention, troubles psychomoteurs,
- effets psychologiques

2.1.1.2 : Effets du bruit sur l'oreille interne .

Des excitations sonores intenses et répétées entraînent une dégénérescence progressive des cellules acoustiques de l'oreille interne. C'est d'abord exclusivement la perception de sons aigus (de fréquences voisines de 4.000 Hz) qui est abolie ou diminuée ; le phénomène s'étend ensuite progressivement aux fréquences les plus basses.

Toutes les études s'accordent pour affirmer que l'importance de la détérioration est fonction de l'intensité du bruit et de la durée d'exposition. En outre, à intensité égale, les bruits où dominent les sons à fréquences aiguës sont plus dangereux que ceux où dominent les fréquences basses. Enfin, d'une façon générale, les bruits intermittents sont plus nocifs que les bruits continus.

2.1.1.3. Intelligibilité de la parole :

La sensibilité de l'oreille à un bruit particulier, la parole par exemple, diminue lorsque le niveau sonore augmente. Il faut donc pour qu'un signal sonore ou une parole soit perceptible que l'intensité sonore de ceux-ci soit nettement supérieure au niveau sonore ambiant : les expériences effectuées ont montré qu'il fallait que cette différence soit de l'ordre de 10 à 20 dB.

2.1.1.4. 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, nous l'avons vu, du système nerveux végétatif.

Les principaux symptômes sont les suivants : hypertension, tachycardie, constriction des vaisseaux cutanés, augmentation du métabolisme, diminution de l'activité des organes de la digestion, augmentation de la tension musculaire.

Ajoutons que lorsque le bruit perturbe le sommeil, la restauration des forces se fait de façon imparfaite et les conséquences sur l'état général de santé sont importantes.

2.1.1.5. Effets sur le travail et la sensation de bien être :

Indépendamment des effets nocifs pour le corps humain le bruit a des effets sur le travail exercé et d'une façon plus générale sur le bien-être individuel.

Le bruit provoque une diminution de l'attention et est donc ressenti comme particulièrement gênant dans les activités qui requièrent une grande concentration d'esprit, de la réflexion ou de l'adresse. Le travailleur peut encore exécuter son travail, mais cela demande des efforts et de la volonté pour s'isoler du bruit ambiant, ce qui se traduit finalement par une dépense nerveuse accrue.

Les effets du bruit sur le travail varient selon les caractéristiques de ce bruit et le type de travail exercé. Ils peuvent être résumés de la façon suivante (Cf. Grandjean p. 215) :

"Le bruit inattendu ou intermittent est plus gênant qu'un bruit continu. Les bruits dont le spectre est riche en composantes de fréquences élevées sont plus gênants que ceux dont le spectre est riche en composantes de fréquences basses.

Ce sont les activités qui exigent, pendant un temps assez long, une attention soutenue qui sont les plus sensibles au bruit. Le stade de l'apprentissage est nettement plus sensible au bruit que les travaux devenus routiniers".

2.1.2. Normes :

Les principales caractéristiques dont il faut tenir compte pour définir un bruit et rechercher dans quelle mesure il est nocif ou seulement gênant sont : l'intensité (exprimée en décibels dB), la fréquence (exprimée en herz : Hz), la durée d'exposition.

En ce qui concerne les risques de détérioration de l'appareil auditif, les différents spécialistes s'accordent pour définir une zone seuil au-dessous de laquelle n'apparaît aucun dommage notable : de 80 DB à 90 DB selon les auteurs. En-deçà de cette zone de bruit, les risques de détérioration de l'audition, quelle que soit la durée de l'exposition et la composition spectrale du bruit, sont faibles, ou même inexistantes.

Mais, à intensité sonore égale, les bruits où dominent les fréquences aiguës, sont plus nocifs que ceux où dominent les fréquences graves. La bande de fréquence la plus nocive se situant entre 2000 et 4000 Hz.

On peut donc fixer ainsi les valeurs limites des niveaux de bruit industriels :

- 85 DB, pour les bruits dont le spectre est surtout constitué de composantes de fréquences élevées (>2000 Hz sons aigus) ;

- 95 DB, pour les bruits dont le spectre est surtout constitué de composantes de fréquences basses (<2000 Hz).

Ces seuils critiques ont été calculés pour une exposition au bruit continue pendant toute la journée de travail et pendant des années. Ils définissent les risques de détérioration de l'appareil auditif. Mais selon les types de tâches, des bruits d'intensité inférieure à cette valeur sont gênants pour le travailleur car ils empêchent la concentration.

Pour les tâches courtes et simples, l'effet de bruit continu est négligeable. Mais pour les tâches plus complexes nécessitant une attention soutenue, ou de la mémoire, ou des prises de décision, l'effet perturbateur du bruit continu apparaît.

A partir des observations de divers auteurs, nous avons essayé d'établir des normes correspondant au bruit maximum selon la nature de la tâche, pour que celle-ci puisse être effectuée dans de bonnes conditions :

45 DB, pour un travail de type intellectuel demandant une attention soutenue ;

de 45 à 65 DB pour un travail demandant un certain niveau d'attention : ex : travail de bureau ;

de 66 à 85 DB pour une tâche plus complexe.

Remarquons d'autre part qu'à intensité sonore égale, les bruits où dominent les fréquences aiguës ont un effet plus perturbateur sur la réalisation de la tâche, que ceux où dominent les fréquences graves.

Enfin, les bruits intermittents interrompus de façon aléatoire sont ressentis de façon très désagréable, car il n'y a pas d'accoutumance possible. Et si les excitations auditives se succèdent très rapidement, leur nocivité est maximale car les muscles de l'oreille moyenne ne peuvent plus répondre à cette excitation prolongée, l'oreille est alors sans protection.

2.2. Note d'exploitation : -- 13 --

Il faudra distinguer :

- d'une part si le bruit ressenti par le travailleur peut entraîner une détérioration de l'appareil auditif ; pour cela il faut donc connaître l'intensité, la fréquence et la durée du bruit et comparer aux normes données en introduction ;

- d'autre part si, compte tenu du travail effectué, le bruit peut être une source de gêne : pour déterminer le type de travail et les efforts d'attention nécessaires, on pourra compléter les réponses à la question 2.3.7. en se reportant aux questionnaires sur les cadences et sur l'éclairage.

Ajoutons ici que l'intensité sonore correspondant à la parole se situe entre 60 et 70 DB. Si on veut que les paroles puissent être perceptibles, il faut donc que le niveau sonore ambiant ne dépasse pas 50 à 55 DB.



4-163

3. L'ECLAIRAGE

3.1. Note d'introduction :

3.1.1. Mécanisme de la vision

Très schématiquement, le mécanisme de la vision peut être décomposé de la façon suivante :

- les rayons lumineux de l'objet observé passent par la pupille et atteignent la rétine, où l'énergie lumineuse est transformée en excitation nerveuse puis transmise au cerveau par le nerf optique ;

- une première série de relais engendre de nouvelles impulsions qui commandent l'adaptation du dispositif optique de l'oeil : dilatation ou contraction de la pupille, courbure du cristallin, mouvement de l'iris ;

- les impulsions nerveuses parvenant au cerveau déterminent la perception de l'image ;

- de nouvelles impulsions venant du cerveau donnent naissance aux idées, réactions, décisions etc...

Il apparaît donc que les parties les plus importantes du processus de vision sont liées à des fonctions nerveuses, ce qui explique que l'appareil de la vision est une cause importante et fréquente d'apparition de la fatigue et ce qui explique aussi que la lumière est parmi les éléments du milieu physique un de ceux qui affecte le plus les relations entre l'ouvrier et son travail.

3.1.2. Adaptation de l'oeil :

Pour distinguer un objet avec netteté il faut que le système optique constitué par la cornée et le cristallin coïncide avec la rétine. La mise au point, pour des objets rapprochés, se fait par modification de la courbure du cristallin, rendue possible par la contraction des muscles de l'accommodation. Plus faible est la distance entre un objet et l'oeil, plus grande est la sollicitation imposée aux muscles de l'accommodation. La faculté d'accommodation diminue avec l'âge et avec la fatigue.

L'intervalle d'accommodation dépend fortement de l'intensité de l'éclairage. Sous un éclairage faible, le point de distance maximale se rapproche de l'oeil, le point de distance minimale s'en écarte.

D'autre part, la modification de l'ouverture de la pupille permet à l'appareil optique de s'adapter à des intensités d'éclairage variables. Mais l'adaptation pupillaire exige un certain temps (de l'ordre de la seconde); si les variations du flux lumineux sont brusques et rapides il y a une période de suréclairement de la rétine.

Enfin, la rétine elle-même a la propriété de s'adapter à des modifications d'éclairage, mais cette adaptation rétinienne est plus lente ; il faut 25 à 30 minutes pour s'adapter à la vision dans l'obscurité.

3.1.3. Capacité visuelle :

La capacité visuelle se caractérise par

- l'acuité visuelle, c'est-à-dire la capacité de distinguer des objets très petits; l'acuité visuelle augmente lorsque la luminance du champ visuel augmente, et lorsque augmente la différence entre la luminance de l'objet et la luminance du fond ;

- la sensibilité aux contrastes ou capacité de percevoir des différences de luminance très faibles. La sensibilité aux contrastes augmente lorsque la dimension des objets à observer s'accroît ; elle augmente lorsque la luminance du fond s'accroît, enfin elle augmente lorsque les contours de l'objet sont plus nets.

- la vitesse de perception (=temps écoulé entre la présentation d'un objet et la perception de cet objet). Elle est d'autant plus grande que la luminance moyenne est plus élevée et que les différences de luminances entre l'objet et l'ambiance sont plus marquées.

Nous voyons donc dès à présent que ces caractéristiques dépendent toutes trois et de la même façon, d'une part, de la luminance moyenne de l'ambiance et d'autre part de la différence de la luminance entre l'objet et l'ambiance.

3.1.4. Détériorations ou fatigues de l'appareil oculaire :

Le fait que l'homme soit capable de s'adapter de façon remarquable à des éclairages très divers n'empêche cependant pas que ces adaptations puissent se faire au prix de dommages visuels ou nerveux.

Une sollicitation exagérée de l'appareil de la vue peut provoquer 2 types de fatigue : une fatigue oculaire et une fatigue nerveuse.

.../..

La fatigue oculaire peut être due soit à la fatigue des muscles de l'accommodation provoquée par une mise au point sur des objets trop petits ou trop proches, soit à une détérioration de la rétine, provoquée par des contrastes lumineux fréquents et sur une longue durée.

La fatigue oculaire peut se traduire par :

- des irritations douloureuses -accompagnées de sécrétion de larmes et de rougeurs- des paupières et de la conjonctive (conjonctivite) ;
- de la diplopie (perception de 2 images pour 1 seul objet) ;
- une diminution du pouvoir d'accommodation et de convergence ;
- une diminution de l'acuité visuelle, de la sensibilité aux contrastes et de la vitesse de perception ;
- des céphalées.

Lorsque le travail nécessite une sollicitation intense de la perception visuelle, mais pas de l'appareil optique ni de la rétine, il peut provoquer une fatigue nerveuse, entraînant une diminution de la vitesse de réaction, une réduction de certaines fonctions psychiques et motrices. Cette fatigue se rencontre dans les activités requérant une attention soutenue, une concentration de l'attention ou des mouvements rapides et précis. Lorsque cet état de fatigue s'aggrave, on peut observer chez le travailleur des malaises, des céphalées, des vertiges, des insomnies de l'inappétence.

3.1.5. Normes :

D'après ce qui vient d'être dit, les normes définissant les meilleures conditions d'éclairage, doivent tenir compte, d'une part du niveau de l'éclairage et, d'autre part, de la qualité de celui-ci (pour éviter l'éblouissement et favoriser l'observation des contrastes notamment).

3.1.5.1. Niveau d'éclairage :

Les valeurs optimales de l'éclairage dépendent évidemment de la nature de la tâche à effectuer, celle-ci se caractérisant ici par la précision nécessaire (dimension des détails à percevoir) et par les contrastes (différence entre la luminance des objets à observer et le fond) (1).

(1) Les contrastes sont classés en 3 catégories : élevés, moyens et faibles. **Contraste élevé** : caractère d'imprimerie noirs sur fond blanc. **Contraste faible** : travaux de couture pour stoppage des étoffes par ex. Pour la plupart des tâches, les valeurs des contrastes sont intermédiaires et se classent dans la catégorie moyenne. .

Le tableau suivant donne les normes recommandées pour diverses catégories de travaux. Il a été élaboré à partir d'un numéro des notes documentaires de l'INRS sur "l'Éclairage artificiel dans les ateliers et les bureaux" (1968) et des études de Weston citées par Grandjean (p. 172).

...

Niveaux minima d'éclairage recommandés pour
diverses catégories de travaux

Nature du travail (prestation visuelle)	Niveau minimum (1) d'éclairage (en lux) selon le contraste			Exemples de travaux corres- pondants
	Fort	Moyen	Faible	
Perception générale seulement	35	100	350	circulation dans les corridors dégagements, passages.
				chaufferies (manutention du charbon et des cendres) ; stockage de matériaux gros- siers en vrac ; vestiaire.
Perception grossière des détails	50	150	500	Travail grossier et intermit- tent à l'établi ou à la machi- ne, inspect. et comptage de pièces en stock ; montage de grosses machines.
Perception mo- dérée des détails	100	300	1000	Travail de pièces moy. à l'é- tabli ou à la machine ; mon- tage et vérification de pièces moy ; trav. courants de bu- reau (lecture, écriture, clas- sement).
Perception assez poussée des détails	250	700	2500	Travaux fins à l'établi ou à la machine ; montage et vérifi- cation de petites pièces ; pen- ture et vernissage extra-fins ; couture de tissus foncés.
Perception très poussée des dé- tails	500	1500	5000	Montage et vérification de pié- ces de précision fabrication d'outils et de matrices ; lec- ture d'instruments de mesu- re ; rectification de pièces de précision
Perception extrê- mement poussée des détails, tra- vaux très délicats	1000	3000 ou da- vatage	10000	Horlogerie de précision (fa- brication et réparation)

(1) Ces valeurs se rapportent au niveau moyen d'éclairage pendant toute la durée de service de l'installation et sur toute la surface utile de l'ou-
vrage ou de la zone de travail, c'est l'éclairage "en service".

.../...

Les valeurs indiquées n'ont qu'un caractère indicatif. D'autres facteurs peuvent les modifier, en particulier l'âge du travailleur. Fortuin a montré que si l'on suppose égale à 1 la quantité de lumière nécessaire, à l'âge de 40 ans, pour lire un livre imprimé, cette quantité varie de la façon suivante selon l'âge :

10 à 20 ans	: 0,3 à 0,5
20 à 30 ans	: 0,5 à 0,7
30 à 40 ans	: 0,7 à 1,0
40 à 50 ans	: 1,0 à 2,0
50 à 60 ans	: 2,0 à 5,0

L'intensité de l'éclairage du poste de travail ne doit pas être trop différente de celle de l'entourage, sinon les facultés visuelles diminuent.

En règle générale, le niveau moyen d'éclairement pour l'ensemble du local ne devrait pas être inférieur à trois fois la racine carrée de l'éclairement assuré sur le plan de travail par un éclairage localisé.

Dans la partie centrale du champ visuel les contrastes entre luminances ne doivent pas dépasser le rapport de 1 à 3. Entre la partie centrale et les parties périphériques, les contrastes ne doivent pas dépasser le rapport de 1 à 10.

3.1.5.2. La qualité de l'éclairage :

Définir les niveaux lumineux nécessaires à l'accomplissement d'une tâche déterminée n'est pas suffisant. Encore faut-il que les sources lumineuses soient bien disposées et ne créent aucune sensation de gêne ou d'inconfort.

Il faut en particulier éviter les risques d'éblouissement que peut provoquer l'éclairage artificiel. En effet une source brillante placée dans le champ visuel crée dans son voisinage une chute de la sensibilité de l'oeil, tant de l'acuité visuelle que de la sensibilité lumineuse ou chromatique. L'éblouissement est d'autant moins fort que la source est plus éloignée de la direction du regard. Dans la pratique, elle doit être située à plus de 30° de cette ligne, et surtout elle doit être masquée pour ne pouvoir jamais être perçue directement.

L'éblouissement peut ne pas être causé directement par la source lumineuse mais par des réflexions (sur un objet ou une surface brillante). Cela crée autant de sources secondaires nocives. La lumière diffuse

.../..

(ou indirecte) permet de réduire ce risque. La direction de la lumière joue un rôle important. Par exemple, dans les bureaux, la lumière arrivant frontalement produit des réflexions gênantes, très importantes lorsque l'on travaille sur une surface brillante. La lumière qui arrive principalement de côté ne peut provoquer de réflexions de ce genre ; elle assure dès lors une bien meilleure visibilité pour un même éclairage.

Les ombres, par leur disposition et leur densité, sont un élément important pour la reconnaissance d'un objet. Les ombres douces permettent de mieux définir la forme et la position des objets. Elles seront obtenues par la combinaison judicieuse entre lumière diffuse et lumière directe.

Remarque : Tout ce qui précède est relatif à la lumière artificielle. La lumière du jour offre ordinairement cette combinaison de composantes directes et diffuses.

Dans un local de travail, la couleur des murs est une donnée importante. Les murs à faible qualité de réflexion réduisent l'illumination des parties externes du champ visuel ; par conséquent le champ total n'est pas uniformément éclairé. Les surfaces blanches réfléchissent 80 à 85 % de la lumière, tandis que le gris moyen n'en réfléchit que 20 à 40 %. La couleur des murs est un des éléments qui permet l'uniformisation du champ visuel.

Nature de l'éclairage artificiel :

L'éclairage artificiel peut se faire soit par incandescence, soit par fluorescence. L'incandescence a une lumière nettement jaune-orange ce qui peut rendre difficile la perception correcte des couleurs.

En ce qui concerne la fluorescence, les principaux reproches sont les suivants :

- le papillotement qui entraîne une fatigue oculaire inconsciente. Pour pallier cet inconvénient, il suffit de monter les tubes deux par deux et d'opposer, grâce au condensateur, les phases d'obscurité et de lumière ;

- la composition spectrale qui crée une certaine fatigue, et donne un mauvais rendu des couleurs. La combinaison de plusieurs tubes (de couleurs différentes) permet de trouver des solutions acceptables ;

- l'émission d'ultra-violet qui est loin d'être négligeable. A 80 cm des yeux cependant les tubes ne sont pas nocifs. Il vaut mieux donc ne pas s'en servir pour l'éclairage individuel.

- les risques d'éblouissement qui sont élevés si l'on ne prend le soin d'habiller les types de diffuseur.

.../..

3.2. Note d'exploitation :

Il importe de savoir :

- d'une part si l'intensité lumineuse au poste de travail est suffisante compte tenu de la précision du travail à effectuer. On sait en effet qu'un éclairage insuffisant peut entraîner des risques de détérioration de l'appareil oculaire. Pour cela on comparera les résultats des questions 3.3.1. et 3.3.2. aux normes proposées dans la note d'introduction (paragraphe 3.1.5.1.) .

- d'autre part si la qualité de l'éclairage est satisfaisante : différence entre le niveau de l'éclairage ambiant et celui de l'éclairage au plan de travail ; nature de l'éclairage (est-il masqué ou non, y a-t-il risque d'éblouissements nocifs pour la rétine et qui diminuent la sensibilité visuelle).

Enfin la fatigue nerveuse que peut entraîner un travail très précis et délicat devra s'ajouter aux autres risques de fatigue nerveuse ou physique que peuvent entraîner d'autres facteurs de travail défavorables (cadences, bruit etc).

4. VIBRATIONS

4.1. Note d'introduction :

4.1.1. Effets des vibrations sur le corps humain .

Les récepteurs sensibles aux vibrations sont nombreux dans l'organisme : corpuscules cutanés, cellules maculaire de l'oreille interne, récepteurs de la sensibilité musculaire et tendineuse. Ces divers récepteurs sont sensibles aux vibrations dans une bande de fréquence déterminée et propre à chacun d'eux. En outre, la réponse du corps aux vibrations dépend des caractéristiques du mouvement : vitesse, accélération, variations d'accélération.

Le tableau ci-dessous donne une échelle de la fréquence de vibration des divers véhicules de transport et outils vibrants d'usage courant.

Automobiles particulières	de 1,5. à 2HZ	et de 9 à 12 HZ
Camions	de 2 à 4 HZ	de 8 à 10 HZ
Engins de chantiers	de 2 à 3 HZ	
Trains	de 3 à 8 HZ	
Hélicoptères	de 3 à 6 HZ	de 15 à 16 HZ
Tailleurs de haies électriques	de 12 à 15 HZ	
Sableurs à main	de 15 à 30 HZ	
Forets rotatifs	de 30 à 40 HZ	
Outils pneumatiques	de 15 à 50 HZ	
Instruments ménagers	de 30 à 60 HZ	
Scies à main	de 50 à 200 HZ	
Rasoirs électriques	200 HZ	
Polisseuses et meubles à main	de 200 à 800 HZ	
Forets dentaires à air	de 1500 à 2000 HZ	

(Extrait de SCHERRER, Tome 2 p. 86 et 108)

D'une façon générale, les vibrations se transmettent d'autant moins qu'elles sont de plus hautes fréquences ; l'amplitude des vibrations se réduit quand elle se propage dans le corps.

4.1.2. Effets pathologiques des vibrations de basses fréquences < 40 HZ

Les lésions les plus caractéristiques se situent dans les os, les articulations, les tendons. Le corps peut être représenté comme un système de masses suspendues (tête, thorax, bassin), reliées entre elles et à l'appareil vibrant par des ressorts et des amortissements (articulations, tendons...).

.../..

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. De même des phénomènes de résonance de la masse viscérale ou d'un organe particulier peuvent entraîner des lésions graves.

Enfin, des troubles vasculaires et nerveux peuvent apparaître, qui sont déterminants dans l'apparition de la raréfaction osseuse notée parfois au poignet ou au coude.

Les troubles engendrés (décalcification, tassement, lésions arthrosiques) constituent, au terme de la loi, des maladies professionnelles ; les atteintes apparaissent au poignet, au coude, et même à l'épaule. Le diagnostic de ces affections exige un contrôle radiographique. Il s'agit le plus souvent de maladies des ouvriers du bâtiment et des travaux publics. Les outils les plus dangereux sont les marteaux piqueurs lourds (35-45Kgs) et de fréquence très basse (10 à 15 HZ); les outils plus légers, à fréquence moins élevée sont moins dangereux.

4.1.3. Vibration de fréquence supérieure à 40 HZ :

L'amplitude des vibrations est moindre que dans le cas précédent. Les maladies engendrées apparaissent chez les mineurs de fer, les ouvriers burineurs de la sidérurgie et de la métallurgie. Il s'agit de troubles vaso-moteurs, constitués par le phénomène du "doigt mort" : perte passagère de la sensibilité du doigt, sensation de froid et d'engourdissement. L'évolution de la maladie peut aller jusqu'à entraîner une dégénérescence de la main (cf. Archives des Maladies Professionnelles 1960 p. 526).

Pour les outils de fréquence 40 à 300 HZ le lien a été montré entre la durée de l'exposition et la proportion de travailleurs atteints. Des troubles importants peuvent apparaître à partir de 6 mois et en moyenne au bout de 2 ans. En outre, le froid peut-être un facteur d'aggravation des risques : il peut provoquer notamment des troubles vasculaires. Plus précisément l'exposition au froid comporte un risque faible si elle se limite aux mains, plus fort si elle concerne l'ensemble du corps.

Pour les outils vibrants de fréquence supérieure à 300 HZ, on note des troubles trophiques et sensitifs de la peau. Les outils les plus dangereux sont les polisseuses et ébardeuses à grande vitesse (300 à 1000HZ) et de très petites dimensions. Le symptôme le plus habituel est la douleur (type brûlure) pouvant s'accompagner d'engourdissement et de paresthésie. Il a été reconnu que les troubles peuvent apparaître très rapidement après le début de l'exposition au risque : 1 à 2 mois, voire 1 à 2 semaines.

.../...

Pour pallier cet inconvénient, il serait souhaitable de ne pas spécialiser trop étroitement les ouvriers dans l'usage des outils vibrants.

Ajoutons enfin, qu'un autre facteur d'aggravation des troubles vasculaires est le fait de tenir l'outil en hauteur ; ainsi par exemple lorsque l'outil prend appui sur l'épaule, il y a compression de l'artère sous-clavière.

4.2. Note d'exploitation :

Il est souvent difficile de connaître ou de mesurer de façon précise la fréquence des vibrations. C'est pourquoi une série de questions sont relatives aux sensations du travailleur qui sont caractéristiques de certains niveaux de fréquence.

Ainsi pour les fréquences supérieures à 300 HZ, le travailleur ressent des picotements ou des brûlures. Pour les fréquences plus basses le travailleur sent vibrer sa tête, ou son thorax ou ses visères il peut avoir les globes oculaires qui oscillent.

La fréquence des vibrations ainsi évaluée, liée éventuellement à la durée de l'exposition, pourra être mise en relation avec des données résultant d'autres parties du questionnaire :

- température (questionnaire Ambiance thermique) ;
- charge physique, relations homme-machines, pour appréhender les données relatives à la posture, à la charge physique de travail, qui peuvent être des facteurs aggravants ;
- bruit : la plupart des outils vibrants sont également des outils bruyants.

5. PRODUITS TOXIQUES OU DANGEREUX ET RADIATIONS IONISANTES

5.1. Note d'introduction au questionnaire

Un produit toxique pour l'organisme peut être nuisible :

- par sa présence dans l'atmosphère sous forme de poussière, fumée, gaz ou vapeur : l'inhalation ou la pénétration par voie cutanée présente des dangers soit au niveau de l'appareil respiratoire, soit au niveau des organes où il se fixe ;

- par la manipulation dont il est l'objet s'il s'agit de solides ou liquides.

Dans certains cas, l'atmosphère ambiante ou les produits solides ou liquides manipulés peuvent, sans être toxiques, causer cependant des désagréments notables au travailleur par leur odeur, ou par l'irritation qu'ils provoquent au niveau de l'appareil respiratoire supérieur ou de l'épiderme.

Un produit est dangereux quand il risque sous certaines conditions de constituer seul ou avec d'autres corps un mélange explosif.

Les radiations ionisantes ont des effets différents sur l'organisme selon leur nature et selon le fait que les opérateurs y sont exposés directement ou indirectement.

5.1.1. Toxicité de l'atmosphère

5.1.1.1. Les sources toxiques :

D'origine végétale, animale ou chimique, elles se présentent dans l'atmosphère sous forme d'impuretés liquides ou gazeuses demeurant en suspensions diversement stables ou en mélange homogène, suivant leur volume. La manipulation de certains produits contenant une substance toxique comporte également un risque de nuisance pour l'organisme. Rappelons quelques définitions concernant les pollutions de l'atmosphère.

- une poussière est un solide réduit en fines particules : on l'évalue en microns (= 1/1000 de millimètres).

- le terme de fumée désigne des particules solides de dimension uniforme, produites par condensation ; on entend aussi par ce terme, des particules infimes de matières sublimées.

- un gaz est une substance qui obéit aux lois des gaz à des températures et pressions ordinaires. Plus la pression est élevée, plus faible est le volume, et plus la température est élevée, plus élevés sont le volume et la pression. A égalité de température et de pression, tous les gaz contiennent le même nombre de molécules.

- On entend par vapeur l'état gazeux d'une substance qui se trouve normalement à l'état de liquide à des températures et des pressions ordinaires. Plus la température est élevée, plus la substance tend à se comporter comme un gaz, mais elle a toujours tendance à se condenser sur des surfaces froides. Tout liquide dégage des vapeurs dont le volume dépend de la température et de sa nature chimique ; à température égale, des liquides différents dégagent des quantités de vapeurs différentes. Plus le point d'ébullition du liquide est bas, plus élevée en est la pression de vapeur aux températures ordinaires. Les concentrations dangereuses se constituent plus rapidement aux températures ordinaires avec une substance très volatile qu'avec une substance moins volatile.

5.1.1.2. Les risques :

Une atmosphère polluée ou contenant des produits toxiques présente des risques plus ou moins graves pour l'organisme humain ; certains sont mortels.

5.1.1.2.1. Poussières et fumées :

Des poussières se trouvant dans l'air aspiré ne pénètrent pas toutes dans les poumons. L'humidité des voies nasales retient de nombreuses particules et la trachée et les bronches sont revêtues de cils vibratiles qui happent et retiennent les particules de poussières les plus grosses et les refoulent progressivement vers le haut de la gorge. Il est peu probable que les particules supérieures à 10 microns pénètrent donc les alvéoles pulmonaires. Les poussières ne sont jamais totalement inoffensives ; leur effet varie selon l'aptitude du poumon et les éliminer ; il est nécessaire pour cela de connaître :

- la granulométrie des poussières : pour les poussières dont la dimension est comprise entre 5 microns et 0,25 micron , l'organisme est relativement protégé par un mécanisme physiologique et de nettoyage ; des cellules de la paroi alvéolaire se détachent et entraînent les poussières à travers la paroi alvéolaire jusqu'aux vaisseaux lymphatiques qui entourent

.../...

les bronchioles. Les particules de moins d'un quart de micron peuvent provoquer divers phénomènes de sensibilisation ou d'allergie. Enfin les poussières peuvent former des agrégats ;

- la nature des poussières . l'effet des poussières est différent selon qu'elles sont inertes ou actives. Les poussières de la plupart des métaux, de la plupart des charbons, silicates, etc... et les poussières végétales sont dites inertes. Elles se comportent en corps étranger que l'organisme humain fixe ou évacue. Les pneumoconioses qui peuvent en résulter sont bénignes. Au contraire, les poussières dites actives, provoquent la fabrication par le poumon de tissus fibreux : la fibrose qui en résulte a une tendance extensive même quand l'exposition a cessé, d'où le danger considérable de ces poussières : silice (silicose), amiante (asbestose), fer (sidérose) ;

- la composition des poussières : les poussières peuvent être le mélange de plusieurs substances dont il est important de connaître la proportion. Il est important de noter qu'il n'y a pas de parallélisme entre la teneur en différentes substances dans une roche et la teneur en ces mêmes substances dans la poussière.

- la concentration des poussières : l'accumulation de grosses quantités de poussières de quelque nature que ce soit peut annihiler les mécanismes de défense de l'organisme.

- la durée d'exposition, par heure, par jour et par année : En effet, une substance dangereuse à forte concentration, dont les parties sont de faible dimension, exerce ses effets même si la durée d'exposition n'est pas longue ; alors qu'une substance dont les propriétés toxiques sont très faibles, mais dont les particules sont très concentrées, aura des effets nocifs à long terme.

5.1.1.2.2. Gaz et vapeurs .

"Lorsque la teneur des gaz dans l'air est faible ou que leur présence a un caractère transitoire, la ventilation et surtout le conditionnement de l'air suffit à les éliminer ; mais dans certaines industries la permanence de leur présence et leur concentration élevée constituent un danger.

Le tableau ci-dessous résume les effets, selon la durée d'exposition, de la plupart des gaz et vapeurs toxiques que l'on peut rencontrer dans l'industrie.

GAZ ET VAPEURS TOXIQUES INDUSTRIELS

Gaz ou vapeur toxique	Temps limite pour l'effet produit	Action toxique	Principaux emplois industriels
ASPHYXIANTS PAR ACTION TOXIQUE			
. Oxyde de carbone teneur 10 à 20 % teneur 30 à 40%	1/2 à 1 h. 10 mn.	effet narcotique mort	gaz de houille - de ht. fourneau - à l'eau
. Cyanure et ses composés + 20 mg/m ³ 120 à 150 mg/m ³ 300 mg m ³	6 h. 1/2 à 1 h. immédiatement	supportable sans symptôme mort -	Cémentation (traitement thermique des métaux). Synthèse caoutchouc Synthèse matières plastiques Photographie Fumigation
IRRITANTS DE L'APPAREIL RESPIRATOIRE SUPERIEUR			
Anhydride sulfureux 1000 à 1300 mg/m ³	30 mn à 1 h.	intoxication aigüe rare irritation toux, troubles divers	Opérations de blanchiment Désinfection Dégagement pendant combustion de produits soufrés Préparation acide sulfurique Raffinage des pétroles.
Formaldéhyde (solut. aqueuse = formol)		variable avec individus	Résines synthétiques

.../...

IRRITANTS DU TISSU PULMONAIRE			
Chlore 100 à 150 mg/m ³ 10 à 40 mg/m ³		Mort rapide Toux jusqu'à irritation plus ou moins grave	Blanchiment Industrie pa- pier et carton et textiles Stérilisation de l'eau Fabrication de produits chimi- ques.
Rhosgène à concentration plus élevée		risque de même gra- vité que pour le chlore	
Oxyde d'azote (vapeurs ni- treuses) 200 à 400mg/m ³	2 h à 8 h.	-oedème pul- monaire -défaillance cardiaque -action irri- tante pour les poumons de diagnostic variable action méthé- moglobini- sante	Fabrique de nitrocellulose de films d'engrais azotés Soudure auto- gène
Anhydride sul- furique		effets irri- tants pour les poumons	Raffineries pé- trole. Synthè- se chimique
Ozone: concen- tration modé- rée concentration élevée		irritation nez yeux, migrai- nes. oedème pul- monaire	Raffinage huile, graisses, fari- ne, amidons, sucre, textiles, sou- dure.
Alcaloïdes		Asthme	

<p>TOXIQUES DU SYSTEME NERVEUX CENTRAL</p>			
Alcools formés à partir de certains hydrocarbures gazeux (méthane, éthane, propane, butane)		Effet narcotique	Solvants (laques vernis, tincto-riaux)
Hydrocarbures (issus du pétrole)	Exposition prolongée	Effet narcotique (ivresse du pétrole) risque de pneumonie et lésions rénales	Solvants Carburants
Toluène		risques narcotiques graves	Solvants (industrie chimique).
Xylène		action narcotique	Solvant dans impression des couleurs. Fabrication vêtement de cuir.
Sulfure de carbone inhalation prolongée de doses faibles		toxique narcotique réversible Intoxication affectant cerveau et nerfs périphériques; aliénation mentale possible; atteinte des nerfs moteurs (faiblesse musculaire) Mort	Préparation de viscoses Extraction du soufre
30 à 40 mg/m ³			
Hydrogène sulfuré + 1000 mg/m ³	immédiatement	mort	Se dégage matières organiques en décomposition.
500 mg/m ³	après une 1/2 h.	mort	Egouts, fosses, d'aisance
entre 100 et 150 mg/m ³		irritation voies respiratoires et conjonctives puis paralysie système nerveux blocage respiratoire tissulaire.	Fabrication sulfure de carbone viscoses, caoutchouc, gaz, coke

5.1.1.3. Limites tolérables et mesures :

La notion de limite tolérable est fort complexe. Le 1er Symposium International sur les limites tolérables des substances toxiques dans l'industrie, tenu à Prague en avril 1959 sous l'égide de la Commission Internationale de Médecine du Travail et de l'Union Internationale de Chimie pure et appliquée, en a tenté une définition : on appelle concentration maximale tolérable de substances toxiques "la concentration moyenne dans l'air ne provoquant, sauf cas d'hypersensibilité, chez aucun des ouvriers exposés de façon continue en raison de leur travail journalier, aucun signe ou symptôme de maladie ou de mauvaise condition physique pouvant être mis en évidence par les tests les plus sensibles acceptés internationalement". Il n'existe pas en France de listes officielles ; sur la base des listes américaines et soviétiques, mais aussi en s'appuyant sur des travaux français, l'INRS publie des "valeurs limites de concentration des substances toxiques dans l'air" (note n° 720-62-71 (36) CDU 613.63 publiées dans les Cahiers de notes documentaires du 1er trimestre 1971).

Plusieurs remarques peuvent être faites à propos des listes existantes. Les chiffres indiqués sont plus ou moins sévères, du fait que les recherches n'ont pas toujours des buts identiques (limite tolérable pour un individu ou limite proposée dans la perspective d'une installation, par exemple). Ce qui est important à retenir c'est qu'il s'agit de limites révisables.

La limite tolérable est différente quand il existe d'autres sources toxiques dans l'atmosphère de travail.

La notion de concentration des substances toxiques dans l'air évoque la pénétration dans l'organisme par la voie respiratoire. Mais l'intoxication peut succéder à la pénétration par d'autres voies, par exemple voie cutanée ou digestive. La multiplication de ces mécanismes complique l'évaluation du risque et implique dans ce cas une plus grande prudence.

Il faut d'autre part tenir compte de divers phénomènes tels que : sensibilité personnelle du sujet, accumulation, exposition temporaire ou chronique ; des produits supportables pendant 8 heures à une faible dose peuvent provoquer la mort à une dose supérieure ; ainsi le sulfure de carbone est supportable pendant quelques heures (maux de tête après 8 heures) à la dose de 1mg/l et est mortel en une demi-heure à une concentration quinze fois supérieure (Cf. tableau précédent).

- Les mesures :

Quand il s'agit de concentration, elle est exprimée soit en volume : en cm³ de produit dans 1m³ d'air (p. p. m = parties de produit par million de parties d'air) ;
soit en poids de produit contenu dans un volume déterminé d'air : mg/m³ ou mg/l (dans le cas de concentrations importantes).

Quand il s'agit de produits nouveaux, on cherche d'abord la composition chimique ou radiographique. Il existe des laboratoires agréés pour de telles recherches.

Les appareils à mesurer sont de divers types selon le principe utilisé : précipitation des particules sur une plaque de verre, filtration, dispersion de la lumière par les poussières.

5.1.2. Les mélanges explosifs :

5.1.2.1. Les sources de risques :

5.1.2.1.1. Mélanges de poussières :

Certains nuages de poussières peuvent se comporter comme de violents explosifs (cf. coups de grisou) ; tous les corps combustibles ou oxydables peuvent être considérés comme dangereux. WHEELER a établi un classement approximatif par ordre de danger décroissant :

- poussières s'enflammant rapidement avec propagation rapide de la combustion au contact d'une source de chaleur peu intense (sucre, amidon, cacao, farine de riz, liège, graines de soja, farine de bois, malt, balle d'avoine, poussières de grains, maïs, thé, tourteau, déchets de distillerie, graines de colza, farine de blé, chicorée, briquettes de charbons, disques).

- poussières qui s'enflamment aisément, mais la propagation de l'inflammation ne se produit qu'en présence d'une source de chaleur importante par sa surface et sa température ou agissant longtemps (gomme copal, cuir, liège mort, moutures de tourteaux de noix de coco, de riz, sciure de bois, tourteaux d'huilerie, son, semoule, myrobolans, noix de valonée, poudre de corne, moutarde shoddy, shellac).

- poussières qui ne paraissent plus capables de propager l'inflammation dans les conditions normales de leur production : industrielle (poudrette, tabac, moutures d'épices, poudre d'os, noir de fonderie, nettoyage de sacs, charbons de cornue, moutures de drogues, graines de coton, coke, plombagine, noir minéral, noir d'ivoire).

.../..

Mais cette classification ne tient pas compte de certains corps simples comme le soufre ou de certains métaux comme le magnésium qui peuvent être très dangereux.

Il paraît préférable de tenir pour dangereuse toute poussière qui n'est pas rigoureusement reconnue comme inerte, i.è. des pierres concassées et des corps qui en dérivent tels le ciment, le verre, la chaux, le plâtre et les terres cuites diverses.

Les facteurs qui influencent l'explosion et sa propagation sont :

- la nature de la poussière,
- la finesse des particules : plus la poussière sera tenue plus petit sera l'apport de chaleur nécessaire pour provoquer l'inflammation et plus grande la stabilité du nuage formé (les sucres, les amidons, les farines de céréales diverses sont considérés comme les plus dangereux).
- la teneur en humidité : l'eau se vaporisant soustrait la substance combustible à l'action de la chaleur ; par ailleurs la vapeur d'eau agissant sur la formation des charges électriques influe sur la stabilité du nuage.
- l'oxydabilité des matières :
 - la composition quantitative du nuage de poussière : pour que la combustion se produise, il faut une quantité de combustible suffisante ; s'il y en a trop, la combustion sera gênée par le manque d'oxygène ; s'il existe des poussières inertes dans l'atmosphère celles-ci joueront le rôle de volant thermique absorbant la chaleur et freinant l'élévation de la température du combustible.
- la composition de l'atmosphère (présence ou non de gaz inerte).
- la nature de la source d'ignition (température, surface, durée de contact avec le nuage). Les sources de températures relativement basses (flammas) mais étendues et de durée appréciable causent des explosions plus violentes que les sources très chaudes mais peu étendues.

5.1.2.1.2. Mélanges gazeux explosifs :

L'explosion est provoquée lorsque la réaction exothermique d'un volume initial fournit suffisamment de chaleur pour que le combustible voisin arrive à la température de combustion malgré les pertes provoquées par la conductibilité et le rayonnement.

.../...

La combustion d'une masse gazeuse entraîne nécessairement une augmentation de la pression.

La vitesse de propagation dépend de plusieurs facteurs :

- la composition du mélange,
- la turbulence,
- la température,
- le temps écoulé depuis l'inflammation,
- les obstacles, les dégagements, etc...

L'élément de base pour connaître le danger d'explosion est la limite d'inflammabilité des gaz ou vapeurs ou de leurs mélanges. On appelle "limite d'inflammabilité", le pourcentage en volume d'un gaz combustible dans un mélange gazeux tel qu'au-dessous de la limite inférieure et au-dessus de la limite supérieure le mélange n'est pas inflammable. Divers facteurs agissent sur cette limite : pression, température, turbulence, humidité.

5.1.2.1.3. Mélanges de solides, de liquides, ou de solides et liquides :

Le domaine en est vaste et pour connaître la composition des produits utilisés on peut se référer à des tables (publications de la MANUFACTURING CHEMIST'S ASSOCIATION des U.S.A. ou fiches publiées par l'I.N.R.S.). Mais il peut souvent être nécessaire de procéder à des analyses et à des études de laboratoires pour connaître le comportement des corps utilisés.

5.1.2.2. Eléments à connaître pour évaluer le risque d'explosion .

Il n'existe aucune table exhaustive comportant tous les renseignements nécessaires pour tous les produits.

- En ce qui concerne les poussières, l'I.N.R.S. a publié des tables basées sur des travaux américains, mais celles-ci appellent des réserves dans la mesure où la composition des produits analysés par les américains ne sont pas forcément identiques à la composition des produits européens de même nom.

Voici le contenu de ces tableaux pour les poussières métalliques, les poussières dans l'industrie des matières plastiques et les poussières d'ordre agricole :

- température d'inflammation
- concentration minimale explosive
- énergie minimale de l'étincelle électrique nécessaire pour l'inflammation
- pression d'explosion à 500 mg/l

- En ce qui concerne les gaz, il existe un tableau donnant :

- le point éclair en degrés centigrades
- la température d'auto-inflammation
- les limites d'inflammabilité en pourcentage de volume dans l'air.

Il existe aussi un tableau des limites d'inflammabilité des gaz et vapeurs dans l'oxygène, mais il demeure fort incomplet. Il existe, enfin, un tableau des pressions maximales d'exposition pour les gaz et vapeurs inflammables.

- En ce qui concerne les liquides, on dispose d'un tableau du point d'ébullition et des zones de températures d'inflammabilité des liquides.

Les listes par les MANUFACTURING CHEMIST'S ASSOCIATION des U.S.A. comportent des fiches fort complètes mais pour une quantité restreinte de corps. Il s'agit de fiches descriptives des propriétés, et des dangers du produit étudié et de la prévention corrélative.

5.1.3. Risques provenant des rayonnements ionisants

5.1.3.1. Les sources :

On distingue radioactivité naturelle et radioactivité artificielle, selon que l'on a affaire à des corps radioactifs ou à des radio-éléments artificiels dont l'importance est aujourd'hui primordiale dans l'industrie et en médecine.

L'utilisation des radio-éléments est soumise à une réglementation et les moyens de protection en sont différents selon qu'il s'agit de sources scellées dont il est facile de se protéger par des mesures simples ou de sources non scellées (traceurs) dont on ne peut se protéger. On doit limiter alors leur intensité.

Pour connaître les risques, il faut savoir à quelle source on a affaire :

- générateur de rayons X, déjà anciens et employés pour la radioscopie ou la radiographie industrielle (on estime à 2000 environ le nombre de travailleurs exposés).

- les radio-éléments naturels (utilisés en particulier dans l'industrie des peintures luminescentes) ; ces sources sont anciennes et ont souvent été introduites sans contrôle ; elles paraissent peu nombreuses.

- les radio-éléments artificiels dont l'utilisation croît chaque année, Les industries qui utilisent le plus les radio-éléments sont les suivantes :

- constructions mécaniques: environ 21 % des utilisations.
- industries chimiques: environ 16 % des utilisations.
- papèterie environ 14 % des utilisations.
- construction électrique: environ 10 % des utilisations.
- industrie pétrolière: environ 10 % des utilisations
- métallurgie: environ 9 % des utilisations
- textiles: environ 7 % des utilisations.

Il faut observer que plusieurs sources de radio-éléments différents peuvent être utilisées dans le même établissement.

5.1.3.2. Les effets des rayonnements sur l'organisme :

Les rayonnements peuvent atteindre l'organisme de 3 façons :

- par irradiation externe, (exposition du corps à des sources qui lui sont extérieures) ;
- par contamination cutanée (souillure de la peau)
- par contamination interne (incorporation des substances radioactives aux tissus vivants).

Cette dernière contamination peut se faire par voie respiratoire, par voie digestive, ou par voie cutanée (blessures).

.../...

Les effets sur l'organisme sont :

- soit somatiques : lorsqu'ils se manifestent sur l'individu irradié. Il peut s'agir de destruction de cellules (globules rouges, plaquettes du sang, couche basale de l'épiderme), soit de destruction des moyens naturels de protection du corps ouvrant la porte à l'infection ; soit de lésion d'organes générateurs de cellules (moelle osseuse).

- soit génétiques lorsqu'ils n'apparaissent que dans l'organisme des descendants.

Les facteurs déterminant la gravité de l'irradiation sont :

- la dose absorbée, c'est à dire l'énergie absorbée par unité de masse du tissu irradié ;

- le débit de dose absorbée, c'est-à-dire l'étalement de l'irradiation dans le temps ;

- la nature du rayonnement (à titre d'exemple pour la même dose absorbée, la nocivité d'un rayonnement α est 10 fois supérieure à celle d'un rayonnement γ) ;

- la nature de l'organe ou des tissus irradiés : à dose égale les dommages sont plus graves dans le cristallin de l'oeil que sur la peau par exemple.

Des doses limites à ne pas dépasser pour un temps donné ont été fixées : ce sont les doses maximales admissibles : D. M. A. Celles-ci varient suivant le sexe, l'âge, la partie du corps exposée.

.../...

Le tableau suivant présente les différents D.M.A.

	TRAVAILLEURS				PUBLIC
	directement affectés à des travaux sous rayonnements			non directement affectés	
	Irradiation			Irradiation externe, plus contamination interne	
	Totale	externe exceptionnelle concertée			
3mois	1an	unique	1 an	1 an	
Organisme entier	Hommes 3				
Organes hématopoïétiques		5	10	1,5	0,5
Gonades	Femmes 1,3				
Peau, tissus oss. (sauf mains, pieds)	8	30	30	3	3
Mains, avant bras, pieds, chevilles	15	60	60	6	
Autres organes (y compris cristallin)	4	15	15	1,5	1,5
Interdiction absolue : - moins de 18ans - inaptes - femmes enceintes (grossesse décl.)	Dose accumulée depuis l'âge de 18 ans $D = 5 (N - 18)$ $N = \text{âge du travailleur}$				

Etant donné l'effet du maintien d'un élément radioactif dans l'organisme, le respect des D.M.A. n'est pas suffisant. On a donc défini une quantité maximale admissible DMA, c'est-à-dire une dose qui, présente en permanence dans l'organisme, crée une irradiation telle qu'on ne dépasse pas les DMA trimestrielles ou annuelles.

Enfin on a défini une concentration maximale admissible ou CMA qui est la concentration d'un élément dans l'air telle qu'un individu qui respire cet air de façon permanente n'accumule pas dans son organisme, durant une période fixée, une quantité de l'élément supérieure à la DMA.

5.2. Note d'exploitation :

L'exploitation des résultats du questionnaire est relativement simple. Il s'agit en fait de voir quels sont les risques encourus par le travailleur provenant soit d'une atmosphère toxique, soit de la manipulation de produits toxiques, soit de l'exposition à des radiations.

Les réponses au questionnaire permettront de connaître la composition des corps toxiques et les durées d'exposition. Ces résultats devront être confrontés aux divers tableaux transcrits ou signalés dans la note d'introduction au questionnaire.

Il est toutefois bien évident que, comme pour la plupart des autres thèmes du questionnaire, il sera nécessaire de mettre ces risques de nuisance particuliers en relation avec d'autres facteurs de nuisance si l'on veut apprécier les effets de fatigue et d'usure de l'organisme que provoque la somme de plusieurs facteurs défavorables.

.../..

6. CHARGE PHYSIQUE, RELATIONS HOMME - MACHINE

6.1. Note d'introduction

6.1.1. Travail musculaire :

Le travail musculaire est le résultat de la contraction d'un ou plusieurs muscles. Le travail fourni par un muscle peut être d'autant plus grand que le muscle est plus long. Le travail du muscle est provoqué par une transformation d'énergie chimique en énergie mécanique. C'est le glucose qui est la source énergétique la plus importante du travail musculaire ; au cours des transformations chimiques, ce glucose est transformé en acide lactique puis régénéré grâce à l'oxygène. Ces 2 corps, glucose et oxygène, doivent être apportés au muscle par le sang. C'est donc finalement l'irrigation sanguine des muscles qui fixe une limite à la production du travail musculaire.

La physiologie du travail distingue 2 types d'activité musculaire .

- le travail musculaire dynamique : où il y a une succession de tensions et de relachements du muscle ; le muscle agit alors comme une pompe sur la circulation sanguine ; le muscle est bien irrigué, il reçoit suffisamment d'oxygène et de glucose et les déchets sont éliminés.

- le travail musculaire statique : correspondant à une contraction prolongée du muscle, les vaisseaux sanguins sont comprimés par la pression du tissu musculaire ; le muscle n'est plus irrigué, il doit puiser dans ses réserves et les déchets ne sont plus éliminés, ce qui entraîne une douleur musculaire.

6.1.2. Les évaluations de dépense énergétique :

L'importance des échanges énergétiques nécessaires au travail musculaire peut être évaluée par trois méthodes :

- calorimétrie directe,
- calorimétrie indirecte alimentaire,
- calorimétrie indirecte respiratoire,

C'est la dernière méthode qui est la plus couramment utilisée. Il existe une relation relativement bien déterminée entre la transformation énergétique et la consommation d'oxygène : à la combustion d'un litre d'oxygène dans l'organisme humain, correspond une transformation énergétique moyenne de 4,8 Kcal. c'est ce qu'on appelle la valeur calorique de l'oxygène ; il suffit ainsi de multiplier par 4,8 la

consommation d'oxygène mesurée pour obtenir la dépense d'énergie en Kcal.

Cette méthode prévaut en raison de la simplicité relative des appareillages (appareils gazométriques portés sur le dos des personnes soumises à l'essai) et de la grande souplesse de la méthode, permettant de déterminer le niveau moyen des échanges énergétiques sur de courtes périodes de temps, mais également de suivre les variations rapides de la dépense énergétique.

Les diverses mesures effectuées ont conduit à des évaluations des dépenses énergétiques correspondant à diverses postures et travaux.

6.1.3. Les différents niveaux de consommation d'énergie :

6.1.3.1. Le métabolisme de base :

La dépense énergétique minimale, constituant un minimum irréductible, est encore appelée la dépense de fond. Elle est de l'ordre de 1700 Kcal. par jour (soit 1,2 Kcal par min.) pour un homme de 70 Kg ; elle est proportionnelle à la surface corporelle du sujet. La dépense de fond, rapportée à la surface corporelle, constitue le métabolisme de base. Elle se définit chez un sujet au repos, couché, parfaitement relaxé, à jeun, placé dans une pièce dont la température est celle de la neutralité thermique.

6.1.3.2. Le métabolisme de repos :

Il s'établit à un niveau légèrement supérieur à celui du métabolisme de base. Trois facteurs principaux sont responsables des fluctuations du métabolisme de repos : la digestion, la thermorégulation et le tonus musculaire de repos liés ou non à l'activité posturale.

Une élévation de la consommation d'oxygène est généralement observée dans les heures qui suivent l'absorption d'un repas. Cette élévation est variable en intensité et en durée suivant la composition et l'abondance du repas. (Cf. tableau suivant).

La dépense énergétique due à l'activité de thermorégulation est particulièrement marquée dans la zone du froid où les combustions cellulaires peuvent être augmentées jusqu'à 3 ou 4 fois par rapport à ce qu'elles sont dans les conditions basales.

La dépense de repos est aussi influencée par la posture (Cf. tableau 2).

Mentionnons enfin comme cause de variabilité de la dépense de repos, les facteurs émotifs dus aux conditions ambiantes de travail.

TABLEAU I
Variations de la dépense énergétique de repos avec les repas

	Conditions de la mesure	Dépense (Kcal/mn) énergétique	Coût du travail digestif	
			en Kcal/mn	(p. 100) de la dépense à jeun
(1)	. Homme debout au repos :			
	- à jeun	1,25	-	-
	- après un repas léger	1,45	0,20	16
	- après un repas copieux	1,56	0,31	25
(2)	. Femmes debout :			
	- à jeun	0,91	-	-
	- après un repas	1,04	0,13	14
(3)	. Femmes assises au repos			
	- à jeun	0,94	-	-
	- 1h. après un repas copieux	1,15	0,21	20
	- 4h. après un repas copieux	1,08	0,14	13
	. Femmes, assises pendant un travail			
	- à jeun	2,90	-	-
	- 1h. après un repas copieux	3,25	0,35	33
- 4h. après un repas copieux	3,12	0,22	21	
Cité par SCHERRER p. 172 d'après : (1) BENEDICT et MURSCHHAUSER (1915) (2) BRATTON (1959) (3) BANERJEE, BARNA et GHOSH (1961).				

.../...

TABLEAU 2

Influence d'une posture inconfortable sur la dépense de repos (d'après BRATTON, 1959)

Valeurs moyennes établies sur un groupe de 32 femmes.

Position de travail	hauteur de table (cm)	hauteur de chaise (cm)	dépense de repos (Kcal/mn)	Coût de la contrainte posturale	
				(Kcal/mn)	(p. 100) de la dépense de repos
. Assis à l'aise	92	61	0,97	-	-
. Assis au poste de travail :					
- genou sous la table	57	38	1,38	0,41	42
- genou sous la table	92	76	1,36	0,39	40
- genou sous la table	92	61	1,42	0,45	46
- genou de côté	92	61	1,52	0,55	57

SCHERRER p. 173

6.1.3.3. Le métabolisme de travail :

La dépense énergétique varie avec la nature et la durée du travail musculaire et avec les capacités physiques des individus.

Il faut distinguer la dépense énergétique correspondant au travail statique et la dépense énergétique correspondant au travail dynamique.

- Dépense énergétique due au travail statique :

La dépense énergétique due au travail statique dépend de la posture d'un individu :

- la position étendue est celle qui entraîne la dépense d'énergie la plus basse. Les muscles du corps ne sont pas contractés et la tension musculaire générale est minimale.

- la position assise "naturelle" représente par rapport à la position couchée un accroissement de la dépense énergétique de 5 à 15 %.

.../..

- la position debout "à l'aise", entraîne un accroissement de l'ordre de 15 à 30% par rapport aux conditions basales (dépense énergétique en position couchée).

Il existe des données sur les meilleures dimensions de l'espace de travail en fonction de la tâche demandée aux travailleurs afin d'obtenir des attitudes et des mouvements aussi naturels que possible, afin de prévenir la fatigue musculaire.

- La hauteur du champ de travail :

Pour les travaux manuels effectués en position debout les hauteurs optimales se situent entre 5 à 10 cm. au-dessous du niveau des coudes.

Cette hauteur est aussi dépendante de la nature du travail : s'il s'agit d'un travail de force, avec participation de la musculature du tronc (levage de pièces lourdes, travaux de montage avec efforts dirigés vers le bas), la hauteur sera plus faible.

S'il s'agit d'un travail de précision, impliquant un appui des coudes, les hauteurs de tables seront plus élevées.

Hauteurs de table (en cm) pour travail en position debout

Mode de travail	Hommes	Femmes
En appui sur les coudes	100-110	95-105
Travaux d'adresse avec pièces petites	90-95	85-90
Travaux nécessitant des efforts (levage, poussée, etc...)	75-90	70-85

à partir de GRANDJEAN p. 40

Il est donc nécessaire d'adopter des tables de travail de hauteur ajustable ; s'il n'y a pas de système de réglage de la hauteur, il faut choisir les positions correctes pour les personnes de grandes tailles (possibilité de rehaussement artificiel pour les petites tailles).

- Travail en position assise :

La hauteur optimale du plan de travail se situe à quelques centimètres au-dessus du niveau des coudes. Mais il s'agit souvent d'un travail de précision ou de haute précision ; un autre élément intervient : la valeur nécessaire de la distance de vision.

Hauteurs de table (en cm) pour travaux en position assise :

Mode de travail	Hommes	Femmes
Travaux de haute précision avec distance de vision courte	90-110	80-100
Travaux de lecture et d'écriture	74-78	70-74
Travaux de dactylographie Travaux manuels (efforts importants)	68	65

Des hauteurs moyennes de table sont utilisables, si l'on dispose de sièges ajustables, et d'appuis pour les pieds, on retiendra, comme précédemment, s'il n'est pas possible de procéder à des ajustements, le critère d'adaptation sur les personnes de grande taille.

- Position de la tête :

Le champ de travail doit se présenter de façon telle que la personne ait une position commode de la tête. Des mouvements trop importants vers le haut ou le bas provoquent à la longue des phénomènes de fatigue dans les muscles de la nuque.

La position la plus commode de la tête correspond aux angles suivants (entre la direction du regard et l'horizontale)

- travail assis: 32° à 43°
- debout: 23° à 27°

(expérience de G. LEHMANN et F. STIER citée par GRANDJEAN p. 44).

- Sièges :

Les principaux arguments en faveur des positions assises sont les suivants :

- soulagement des jambes,
- possibilité d'éviter des positions du corps peu naturelles.
- diminution de la consommation d'énergie
- allègement du travail de l'appareil circulatoire

Une position assise légèrement fléchie vers l'avant est ressentie comme la moins fatigante.

Pour qu'un siège soit confortable il faut que :

- la hauteur de siège soit réglable entre 40 et 53 cm.
- la hauteur de dossier soit réglable du siège jusqu'aux reins de

.....

14 à 24 cm.

- la position du dossier soit réglable horizontalement entre 34 et 44 cm (comptés à partir de l'arête antérieure du siège).

Les postures de référence (assise naturelle, debout à l'aise) indiquées précédemment montrent que l'activité musculaire est d'autant plus réduite que l'équilibre est plus aisément assuré par des facteurs passifs.

En fait, les postures de travail sont en général plus complexes que ces 3 postures de référence. Ainsi, en position debout ou assise, l'opérateur peut être obligé d'incliner le bout du corps pour manipuler certaines commandes ou observer l'avancement de sa tâche. Ce travail courbé provoque une dépense d'énergie considérable supérieure de 50 à 60 % à celle en repos, due au travail statique prolongé de la musculature dorsale. De plus, l'inclinaison de la tête et la compression de l'abdomen et du thorax amènent un afflux de sang à la tête donnant naissance à un état pénible. L'opérateur peut-être obligé d'avoir des postures encore plus fatigantes et pénibles accroupissement, agenouillement, extension complète.

Le tableau de la page suivante donne les valeurs moyennes d'accroissement du métabolisme énergétique par rapport aux valeurs de repos, selon différents types de posture (1).

D'autre part, des troubles affectant l'appareil circulatoire ou la statique vertébrale peuvent intervenir, dont l'importance est fonction de la durée et de la répétition de la posture, l'âge et les prédispositions individuelles constituant des facteurs aggravants. La durée de la posture, sa rigidité, son asymétrie constituent des facteurs de nuisance.

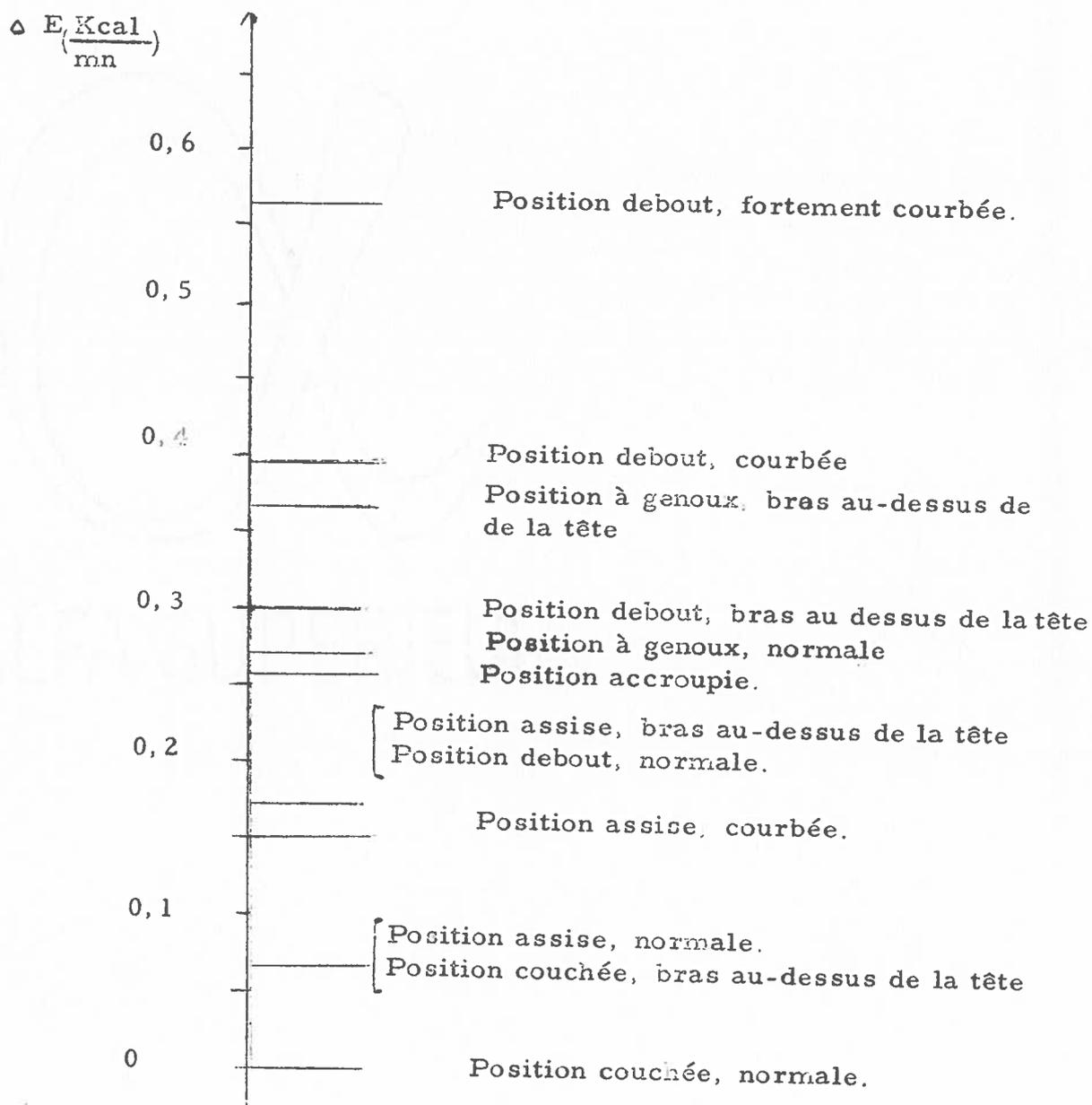
- Dépense énergétique due au travail dynamique :

La dépense énergétique est connue pour un grand nombre d'activités physiques (sportives, industrielles, agricoles, militaires, domestiques...) à la suite de très nombreuses études réalisées, soit en laboratoire, soit sur le terrain. Et il existe des tables donnant la dépense énergétique correspondant à divers types de travaux (2). Il est bon

(1) Evaluation du coût physiologique de différentes postures et de leur retentissement sur le coût global du travail - in Conditions de Travail, juin 1970 (Revue Renault)-.

(2) Cf. en particulier : H. SPITZER et K. HETTINGER : Tables donnant la dépense énergétique en calories pour le travail physique. Cahiers du B. T. E. - n° 302/avril 1968, et G. LEHMANN : Tableaux abrégés des dépenses énergétiques in Physiologie du Travail, Paris 1955.

TABLEAU 3
Valeurs moyennes d'accroissement du métabolisme
énergétique comparativement aux valeurs de repos :



(d'après SCHMIDT).

de s'assurer à chaque fois que l'évaluation de cette dépense tient compte (ou non) de la dépense de fond (1,1 Kcal/min.).

Nous reproduisons un tableau de SPITZER et HETTINGER (cité par SCHERRER), donnant des évaluations de la dépense énergétique suivant la nature des muscles en action et l'intensité de leur sollicitation.

En ce qui concerne les déplacements, on peut également évaluer la dépense énergétique correspondante. Ainsi, la dépense énergétique au cours de la marche à la vitesse de 4 Km/h est d'environ 3,5 à 4 Kcal/min. en terrain plat. Le coût de la marche s'élève avec certains facteurs poids du sujet (0,5 Kcal/Kg. Km), poids des chaussures inclinaison du terrain, nature du terrain, importance de la charge.

TABLEAU 4

Evaluation des dépenses énergétiques suivant la nature des muscles sollicités et l'intensité de cette sollicitation

Localisation des muscles actifs	Intensité	Dépense énergétique (Kcal/mn)
Main	Léger	0,3- 0,6
	Moyen	0,6- 0,9
	Lourd	0,9- 1,2
Un membre supérieur	Léger	0,7- 1,2
	Moyen	1,2- 1,7
	Lourd	1,7- 2,2
Les deux membres supérieurs	Léger	1,5- 2,0
	Moyen	2,0- 2,5
	Lourd	2,5- 3,0
Ensemble du corps	Léger	2,5- 4,0
	Moyen	4,0- 6,0
	Lourd	6,0- 8,5
	Très lourd	8,5- 11,5

Voici quelques évaluations de dépenses énergétiques correspondant à différents types de travaux professionnels ou ménagers : (ces évaluations comprennent la dépense de fond (1,1 Kcal/min)).

- Travail de bureau, artisanat industrie légère

	Kcal/mn
Tenir des registres, faire des écritures	1,1 à 1,5
Taper à la machine	1,4 à 2,1

.../...

. Travail du typographe-imprimeur	2, 2 à 2, 5
. Travail du cordonnier	1, 0 à 2, 7
. Travail au tour	3, 0 à 3, 7
. Moulage de plaques de plomb à la machine	5, 1

- Travaux ménagers :

Cette activité ne doit pas être méconnue surtout lorsque ces travaux sont effectués avant ou après la journée de travail.

	Kcal/mn
. Coudre à la main ou à la machine	1, 3 à 1, 6
. Cirer les chaussures, éplucher les pommes de terre	2, 1 à 3, 0
. Nettoyer les carreaux	3, 0 à 3, 6
. Repasser le linge	3, 6 à 4, 2
. Faire les lits	3, 9 à 5, 4
. Battre et nettoyer les tapis	3, 5 à 3, 0

- Bâtiment , industrie lourde et mines :

. Poser des pierres ou des briques	3, 4 à 4, 0
. Etirer et tremper le fil de fer	4, 6 à 5, 1
. Enlever les scories d'un four	11, 6
. Tailler le charbon, boiser	5, 7 à 7, 3
. Charger du charbon	6, 6 à 7, 7
. Pousser des wagonnets	7, 3 à 10, 6

6. 1. 4. Les normes

Il est assez difficile de fixer les niveaux et durées; à ne pas dépasser au cours d'activités physiques professionnelles ou non. L'étude des réactions physiologiques de l'organisme au cours du travail musculaire permet de préciser jusqu'à quels niveaux celles-ci sont réversibles par le repos, c'est-à-dire ne dépassent pas le stade de la fatigue au sens le plus large. Mais il est plus malaisé, même en dessous de ce seuil de fatigue générale, d'affirmer que les niveaux atteints n'entraînent pas une usure prématurée de l'organisme n'apparaissant qu'à très long terme. Cependant, quelques notions schématiques semblent pouvoir être admises :

a) L'utilisation de plus de 50 % de la capacité aérobie ne peut être envisagée de manière habituelle. C'est ce qu'expriment les limitations de durée indiquées par WELLS et coll; pour les niveaux énergétiques supérieurs à 7, 5 Kcal/mn.

Niveau métabolique	Durée	Périodicité	Circonstances
> 15 Kcal/mn	quelques mn	rarement	Compétitions sportives
15 Kcal/mn	1 à 2 heures	occasionnellement	Compétitions sportives
12,5 Kcal/mn	4 heures	2 ou 3 fois par semaine	Entraînement physique spécial
10 Kcal/mn	8 heures par jour	pendant quelques semaines	Travail saisonnier manoeuvres militaires.

Cf. SCHERRER p. 195

b) Pour une activité physique professionnelle répétée pendant plusieurs années, la dépense calorifique spécifique de travail ne doit pas dépasser 2000 Kcal par jour (soit 4300 Kcal/24 heures pour la dépense totale). Le chiffre de 2000 Kcal pour une activité de 8 heures correspond à environ 4,2 Kcal/mn (soit, en incluant la dépense de fond, à 5,3 Kcal/mn). Ce chiffre concerne l'homme adulte bien portant ; il doit être réduit dans la même proportion que la capacité aérobie avec l'âge, le sexe et le degré d'entraînement.

c) Lorsque le niveau énergétique atteint au cours du travail dépasse le niveau moyen de 5,3 Kcal/mn, ce qui est le cas de nombreuses tâches professionnelles, la durée du travail doit être limitée de sorte que le total des calories dépensées pour le travail ne dépasse pas 2000 Kcal. La durée des pauses, ou repos intercalaires, pour LEHMANN se déduit de la formule suivante

$$\text{durée des repos (en p. de la durée du travail)} = 100 \times \left(\frac{\text{dépense énergétique spécifique de travail (en Kcal/mn)}}{5,3} - 1 \right) \times 100$$

Ainsi des travaux de niveau énergétique de 6 et de 8 Kcal/mn exigent-ils des durées de repos de l'ordre de 50 % de la durée du travail dans le premier cas et de 100 % dans le second cas ; ceci veut dire que sur une période de 8 heures consacrées au travail professionnel, les temps de repos devraient être respectivement d'au moins 2 h 40 mn et 4 heures.

6.2. Note pour l'exploitation

Le but de cette partie du questionnaire est d'essayer d'évaluer la dépense énergétique correspondant aux postures ou aux efforts que le travailleur doit soutenir à son poste de travail. La note introductive au questionnaire doit permettre d'évaluer cette dépense en fonction des diverses postures et en fonction des efforts dynamiques fournis par les

.../..

divers muscles du corps.

Ainsi l'évaluation de la dépense énergétique totale se ferait en additionnant .

1/ la dépense énergétique de repos, correspondant à la thermo-régulation, à la digestion et au tonus musculaire de repos (environ 1,1 Kcal/m) ;

2/ La dépense énergétique correspondant au travail musculaire statique, qui varie selon le caractère plus ou moins confortable de la posture. Toutes les questions sur les diverses postures possibles et sur la durée de chacune, ainsi que sur les hauteurs relatives du siège et du plan de travail doivent permettre d'évaluer cette dépense conformément à la note introductive p. 47. Notons cependant qu'en ce qui concerne les postures complexes, les dépenses énergétiques correspondantes ne sont pas toujours bien connues et devraient faire l'objet d'évaluations par des experts.

Notons aussi ici que la notion de travail musculaire statique n'a de sens que pour les personnes travaillant à un poste fixe et que cette partie du questionnaire ne devra être remplie que pour cette catégorie de travailleurs.

3/ La dépense énergétique correspondant au travail musculaire dynamique, dont l'évaluation doit être faite à partir des réponses à la 3ème partie du questionnaire et du tableau de la page 48 de la note introductive, ainsi qu'à partir des estimations des pages 47 à 49 de cette note.

La dépense énergétique totale ainsi évaluée devra ensuite être comparée aux normes de la page 49 et suivantes (de la note introductive).

En ce qui concerne les questions sur les déplacements et sur les charges transportées, certaines explications supplémentaires doivent être données.

Ainsi pour la question 6.3.3.2., une estimation par heure de la longueur des déplacements effectués est demandée, l'exploitation de la réponse pourra être, selon les cas, de 2 types :

- s'il s'agit de courts déplacements, on peut alors considérer qu'ils ne constituent pas pour le travailleur une fatigue supplémentaire, mais qu'ils sont plutôt source de détente dans le cas de positions statiques prolongées ; les divers muscles du corps peuvent se régénérer pendant ces petits déplacements et la fatigue musculaire correspondant à la dépense statique n'apparaîtra que plus tardivement ;

- s'il s'agit de longs et fréquents déplacements, ils entraînent une dépense énergétique certaine et doivent donc donner lieu à une évaluation du travail musculaire dynamique.

En ce qui concerne les charges manipulées, la questions 6.3.3.3.2. serait suffisante pour évaluer la dépense énergétique correspondant au transport de ces charges ; la questions 6.3.3.3.1. a cependant également son importance dans la mesure où la manipulation de charges trop lourdes, même pendant des temps courts, peut avoir de graves répercussions sur l'organisme.

7. CHARGE PSYCHIQUE, CADENCES

7.1. Note introductive

7.1.1. Définition de la charge psychique

L'évolution technique se traduit le plus souvent par une diminution de la charge physique dynamique ; la charge physique statique est aussi, le plus souvent, liée au degré de modernisation du poste de travail. Mais il est insuffisant d'évaluer la charge physique d'une tâche, car la fatigue ressentie par le travailleur peut être soit d'origine physique, soit d'origine psychique. Disons que cette distinction relève plus de la symptomatologie, c'est-à-dire des manifestations de ces phénomènes, que des phénomènes eux-mêmes. On ne peut conclure que l'on se trouve en face de 2 processus différents quant à leur nature mais quant à leurs manifestations. La distinction est donc avant tout opérationnelle ; la fatigue physique est celle des muscles et du système cardio-vasculaire ; la fatigue psychique est provoquée par des manifestations fonctionnelles du système nerveux central.

La charge psychique peut provenir de la contrainte de vitesse imposée pour effectuer une tâche. C'est le problème des cadences imposées. Le rythme obligatoire est une des contraintes les plus pénibles. L'ouvrier ne dispose d'aucune liberté et ne peut pas suivre son rythme ; ce rythme est très variable selon les individus et peut varier pour un même individu selon les moments de la journée ou de la semaine. La préoccupation obsédante du temps alloué, de la production à assurer, peut déclencher des syndromes psychotiques. La charge psychique dépend aussi du niveau de l'effort d'attention pour effectuer une tâche et de la tension requise de l'esprit pendant la durée du travail.

Ceci est le cas en particulier de tous les travaux de surveillance où une attention soutenue est requise pour vérifier le bon déroulement des opérations, le bon fonctionnement de la machine, la qualité du produit fini. Dans le cas de processus partiellement automatisés, les tâches de surveillance des cadrans, sans activité physique ou mentale correspondante, peuvent aussi entraîner une fatigue nerveuse.

La fatigue psychique peut revêtir les diverses formes suivantes :

- lorsque l'effort dépasse la capacité limite de régénération momentanée, des troubles bénins de fatigue partielle apparaissent ;

(1) Cf. Pr. SCHMIDTKE . Recherches relatives au problème de la fatigue mentale in Travail mental et Automatisation. Commission des Communautés Européennes. Luxembourg 1968.

- lorsque ces troubles augmentent et sont perçus par l'individu, les fluctuations s'accroissent et le rendement n'est maintenu que par une tension accrue de la volonté ;

- si l'activité n'est pas interrompue, on parvient à une fatigue générale ou à une aboulie, puis à des perturbations de l'harmonie fonctionnelle, c'est-à-dire à des modifications qualitatives de la structure de la personnalité (syndromes psycho-pathologiques);

- dans le cas de travaux monotones ou de vigilance, les sensations de fatigue proviennent d'un niveau d'activité psychique réduit. Le défaut de stimuli externes doit être compensé par une hypersollicitation de la faculté volontaire.

7.1.2. Mesure de la charge psychique :

Finalement deux facteurs doivent être pris en compte pour apprécier la charge psychique relative à une tâche donnée :

- un facteur qualitatif : complexité de la tâche ;
- un facteur d'intensité : rapidité de la tâche.

La mesure de la charge psychique est extrêmement complexe. Diverses méthodes ont été proposées, soit de caractère physiologique, soit de caractère psychologique, mais aucune d'entre elles n'est vraiment concluante. Citons cependant celle de la double tâche ou de la tâche ajoutée (1). On distingue alors la tâche primaire qui est celle à exécuter et dont on veut mesurer la charge ; et la tâche ajoutée qui absorbe la part de la capacité mentale qui n'est pas absorbée par la tâche primaire. La tâche ajoutée est une tâche simple et répétitive, facile à noter ; le nombre de problèmes résolus constitue la mesure de la part de capacité mentale non utilisée par la tâche primaire (cf Travaux de BORNEMAN en 1942 et de KALSBECK en 1962 (1)).

Cette méthode est intéressante mais ne saurait être utilisée pour tous les types de tâches et est finalement difficilement applicable en dehors du laboratoire.

Dans l'enquête présente, nous ne pouvons espérer appréhender la charge psychique que de façon indirecte et approximative, d'une part en essayant d'apprécier la complexité de la tâche et d'autre part en appréciant la rapidité requise pour l'effectuer.

(1) Cf. J. W. KALSBECK in le Travail Humain. Janvier-Juin 1965.

7.1.2.1. Complexité de la tâche :

Diverses informations peuvent être des indices, permettant d'apprécier la complexité de la tâche :

- la durée d'apprentissage ;
- le fait que le travailleur puisse penser à autre chose pendant son travail,
- l'importance des choix et des efforts de mécanisation nécessaires ;
- la fréquence des incidents ou des interventions ne faisant pas partie stricto-sensu de l'exécution du travail ;
- le nombre de signaux qui doivent être perçus dans un certain laps de temps (pour les tâches de vigilance).

7.1.2.2. Rythme de travail :

Il est nécessaire ici de distinguer le travail à la chaîne qui se caractérise par un degré de dépendance élevé et par un rythme imposé. Précisons cependant qu'il est nécessaire de distinguer deux types de chaînes dont les degrés de dépendance ne sont pas équivalents : la chaîne matérielle qui se caractérise par la présentation temporisée des éléments à utiliser ; et la chaîne immatérielle qui se caractérise par le fait que chaque ouvrier reçoit directement de son voisin chaque montage l'un après l'autre. Enfin, le degré de dépendance de ces 2 types de chaîne peut aussi être modifié selon qu'il existe ou non une réserve de montage entre 2 opérateurs.

Le temps nécessaire pour atteindre la cadence exigée semble un bon indice de la sévérité des cadences.

L'appréhension de ce critère est relativement facile, car il est possible de connaître, grâce aux dossiers de l'entreprise, le délai dans lequel chaque ouvrier a atteint la cadence exigée à son poste.

L'existence de pauses peut aussi apparaître comme un indicateur de la difficulté à soutenir la cadence.

Enfin, l'incitation économique par l'intermédiaire d'un salaire aux pièces, ou avec primes de production, est un facteur supplémentaire de contrainte et de tension pour le travailleur.

7.2. Note d'exploitation

Il n'est pas possible de mesurer la charge psychique de façon aussi précise et objective que la charge physique. Tout au plus, pourra-t-on essayer de définir des niveaux de charge psychique en distinguant par exemple

- un niveau de surcharge ;
- un niveau de charge normale ;
- un niveau de sous-charge.

La sous-charge peut-être constatée lorsqu'il n'y a pratiquement aucun travail physique et que le travailleur peut souvent penser à autre chose.

Pour définir la sur-charge il est nécessaire de considérer, dans chaque cas, la complexité de la tâche et la rapidité requise. En effet, les cadences élevées sont d'autant moins supportées que la tâche est plus complexe et par conséquent moins automatisable. L'effet nocif de l'augmentation des cadences s'accroît lorsque la charge de travail augmente, c'est à dire lorsqu'il est fait appel à des opérations mentales plus complexes. Ainsi, selon les observations du Laboratoire d'Ergonomie du CNAM, "pour les tâches simples, l'augmentation de la vitesse d'exécution entraîne un accroissement relativement régulier du coût pour l'opérateur ; par contre, pour des tâches plus complexes, l'évolution des variables psycho-sociologiques enregistrées s'accroît au moment où la performance est à un niveau de saturation et parfois même bien avant. C'est pourquoi, dans ce type de tâche, une très faible augmentation de la cadence peut entraîner un accroissement très important du coût pour l'opérateur" (1).

Les réponses aux questions 7.3.1., ainsi qu'aux questions 7.3.8 doivent permettre d'apprécier la complexité de la tâche, et la charge mentale qui en découle.

Les questions 7.3.5. à 7.3.7 permettent d'apprécier la rapidité de la tâche à effectuer, la question 7.3.5.3. en particulier sur le temps de montée en cadence semble un bon indicateur de la tension provoquée par la vitesse exigée et la complexité de la tâche.

Enfin, les réponses aux questionnaires "Temps de travail" et "Charge physique", devront être mises en relation avec la complexité de la tâche et la rapidité des cadences, pour essayer d'évaluer la charge globale pour le travailleur au cours d'une journée.

(1) Conséquences du travail répétitif sous cadence sur la santé des travailleurs-C. N. A. M.

8. LE TEMPS DE TRAVAIL :

8.1. Note d'introduction

Il existe des statistiques concernant la durée du travail établies principalement par les enquêtes du Ministère du Travail. Ces statistiques sont très globales, puisqu'elles donnent la durée hebdomadaire moyenne de travail par secteur d'activité et par catégorie socio-professionnelle très large (la seule distinction faite est : Ouvriers et Employés), ou par secteur d'activité et par dimension de l'établissement. Il est bien évident que de telles statistiques sont très insuffisantes, puisque les effets sur le travailleur d'une certaine durée hebdomadaire de travail ne sont pas les mêmes selon

- la nature du travail et les conditions ambiantes (bruit, chaleur, humidité, lumière etc...).

- la durée journalière (y compris les temps de trajet) ;

- le nombre et la répartition des jours de repos ;

- l'importance des pauses ;

- l'horaire lui-même : selon qu'il est régulier ou non, qu'il se déroule la nuit ou le jour, qu'il correspond à un travail en équipes

Ceci revient à dire que la "durée du travail" ne peut être analysée isolément et qu'il serait assez vain de vouloir définir, d'une façon générale, à partir de quel seuil la durée du travail devient "toxique". Quelques études ont été effectuées sur les effets de la durée du travail en liaison avec les facteurs précédemment énumérés et les résultats peuvent être résumés ici :

8.1.1. Nature du travail effectué et conditions ambiantes

Nous entendons ici, par conditions ambiantes, les données concernant les conditions physiques telles que bruit, chaleur, humidité, lumière, etc... Il est en effet bien évident qu'effectuer 8 heures de travail dans le bruit, la chaleur les trépidations ou l'obscurité n'a pas les mêmes effets sur la santé que d'effectuer 8 heures de travail assis dans un bureau clair et aéré.

De même des durées de travail identiques n'ont pas les mêmes effets sur les travailleurs selon qu'il s'agit d'un travail demandant un gros effort physique, une tension nerveuse soutenue, une grande concentration intellectuelle, ou qu'il s'agit d'un travail détendu, ne requérant pas de gros efforts physiques ou nerveux.

.../...

Il semble donc nécessaire, lorsque l'on analyse les différents postes de travail, de faire intervenir la notion de charge de travail, susceptible de donner une mesure de l'effort demandé au travailleur que cet effort soit physique, nerveux ou intellectuel. Ceci permettrait de compléter la donnée "durée de travail" par une donnée plus riche d'informations qui serait la quantité de travail égale au produit de l'intensité du travail par la durée.

8.1.2. Durée journalière du travail .

Il n'est pas indifférent que les 45 heures de travail hebdomadaire soient réparties en 5 ou 6 jours. Autrement dit, la durée journalière de travail est une donnée importante.

Selon la plupart des auteurs, une durée quotidienne de plus de 8h. 30 ne peut être dépassée sans inconvénient, dans le cas d'un travail intensif. Un allongement de la durée journalière de travail est, par contre, supportable dans le cas d'un travail léger ou d'une occupation coupée par de nombreuses pauses nécessitées par le déroulement du travail. Il est important de remarquer que cette durée journalière optimum a été déterminée en observant l'effet des variations de la durée du travail sur la production et la productivité, mais sans prendre vraiment en compte la fatigue du travailleur, ou seulement de façon indirecte, supposant que la baisse de productivité peut être prise comme un indicateur de la fatigue du travailleur. Or, les modifications de la quantité et de la qualité du travail peuvent être tardives par rapport à l'apparition de la fatigue et il existe une zone critique où un faible accroissement de la production se fait au prix d'un coût extrêmement élevé pour le travailleur.

Ajoutons que pour le travailleur, à la fatigue du travail, s'ajoute la fatigue du trajet et que le problème de la fatigue recouvre toute la période située entre le départ et le retour à la maison. Il serait donc plus exact de considérer comme durée du travail le temps "travail + trajet". Notons d'ailleurs que pour le trajet, comme pour le travail, la durée n'a pas le même sens selon son contenu, c'est-à-dire selon les moyens de transports utilisés, les attentes nécessaires, l'entassement aux heures d'affluence, etc...

8.1.3. Nombre de jours de repos .

Le nombre de jours de repos au cours de la semaine ne peut être, en fait, séparé du nombre journalier d'heures de travail puisqu'il est bien évident que celui-ci dépend précisément du nombre de jours ouvrables au cours de la semaine. Mais il n'est pas sans intérêt de savoir quels sont les jours de repos s'ils sont consécutifs, si le dimanche est toujours un jour de repos. En effet, ces facteurs ont des incidences sur la vie privée et sociale du travailleur qui ne peuvent être négligées.

8.1.4. Importance des pauses :

La répartition du temps de travail au cours de la journée a aussi son importance, c'est-à-dire que la fréquence et la durée des interruptions et des pauses ont une influence certaine sur le bien-être du travailleur. Il est donc important de connaître, pour chaque travailleur, quelle est la durée d'interruption à l'heure du repas et quelles sont les pauses obligatoires ou autorisées.

Lorsque la durée du trajet est longue et exclut la possibilité de retourner déjeuner à son domicile, la journée continue est particulièrement bénéfique dans la mesure où elle permet aux travailleurs de terminer leur travail plus tôt le soir.

Les pauses en cours de journée, d'autre part, sont nécessaires, non seulement dans le cas de travaux physiquement durs (travaux musculaires, ou travaux effectués dans des conditions physiques défavorables), mais également dans le cas de travaux exigeant un effort du système nerveux (travail manuel de précision, travaux exigeant de la concentration, travaux à cadences rapides, etc...).

On admet actuellement que

- pour les travaux exigeant une tension nerveuse et un grand effort de concentration, les pauses doivent être fréquentes et courtes : 3 à 5 minutes par heure, pouvant aller jusqu'à 10 minutes pour les mécanographes, par exemple ;

- pour les travaux d'intensité moyenne, les pauses doivent être plus longues et plus espacées 10 à 15 minutes matin et après-midi ;

- pour les travaux physiquement pénibles, les pauses doivent être fréquentes et de longue durée (le temps de repos pouvant dans certains cas dépasser celui du travail).

8.1.5. Les horaires eux-mêmes :

Il n'est pas suffisant de connaître la durée hebdomadaire de travail, ni même la durée journalière et l'intensité du travail ; les heures durant lesquelles le travail est effectué sont aussi une donnée très importante des conditions de travail.

Ainsi, les effets sur le travailleur de durée et de types de travail identiques ne sont pas les mêmes, selon que le travail est effectué de jour ou de nuit, ou selon que les horaires sont réguliers ou non nous pensons ici particulièrement au travail en équipes, celui-ci pouvant être

.../...

- en 2 équipes avec interruption en fin de semaine ;
- en 3 équipes, 24 heures sur 24, sans interruption les jours fériés, ni les dimanches.

Dans chacun de ces deux cas, les équipes peuvent être fixes : ce sont toujours les mêmes travailleurs qui effectuent le travail du matin, du soir, ou de nuit ; ou bien le plus souvent les équipes sont alternantes, la fréquence des changements de poste pouvant varier selon les entreprises de quelques jours à une semaine, 2 ou plus.

La majorité des médecins s'accordent pour affirmer que le travail de nuit est un travail toxique et que, d'une façon plus générale, tout horaire de travail qui diminue les heures de sommeil présente des dangers pour la santé du travailleur. C'est le cas, en particulier des horaires commençant très tôt le matin.

D'autre part, les rotations d'horaires, dans le cas du travail 3 x 8 sont particulièrement nocives dans la mesure où elles entraînent une inversion du rythme nyctéméral et exigent donc une réadaptation du travailleur à chaque rotation de poste.

Lorsque le rythme de rotation est court, le travailleur n'a pratiquement jamais le temps de s'adapter et cela peut entraîner des troubles pathologiques graves (troubles digestifs, particulièrement ulcères gastriques, troubles nerveux ou troubles cardiaques). Les médecins s'accordent à donner la préférence aux cycles de plus longue durée (15 jours et plus).

Outre ces conséquences sur la santé du travailleur, le travail en équipes entraîne des perturbations de la vie familiale et sociale qui ne sauraient être négligées.

8.2. Exploitation du questionnaire

Certaines données relatives au temps de travail étant les mêmes pour de grandes catégories de travailleurs dans une même entreprise, elles seront posées dans un questionnaire "Entreprise".

Il apparaît évident que la durée du travail est une donnée qui ne peut être étudiée isolément. Il conviendra donc d'effectuer certains regroupements, pour mieux appréhender, notamment, la quantité de travail :

- durée du travail et rythme du travail (cadences...) ;
- durée du travail et conditions physiques (chaleur, bruit...).

.../..

9. RELATIONS DE TRAVAIL

9.1. Note d'introduction

Dans ce domaine, c'est habituellement l'enquête d'opinion qui domine, or tel n'est pas notre objet, puisque le questionnaire se veut aussi objectif que possible et ne prétend pas faire état des appréciations subjectives de chaque travailleur.

Il faut bien reconnaître qu'il est difficile de trouver des normes sur ce sujet et qu'il est également difficile d'apprécier la nature ou la qualité des relations, à l'intérieur d'un groupe, entre les travailleurs ou avec la maîtrise.

Finalement, les hypothèses qui sous-tendent les questions posées font référence aux travaux de SAINSAULIEU : "les rapports humains, tels qu'ils sont vécus à l'atelier, pénètrent profondément la conscience de chaque individu ; la vie d'atelier imprime en chacun un ensemble de comportements collectifs qui en viennent à constituer des normes de conduite.

Par exemple, le travail à la chaîne, avec ses contraintes de rythmes, la dépense physique et nerveuse qu'il entraîne, limite les possibilités de communication ; d'autre part, les tâches simplifiées et sans initiative n'exigent guère de coopération. Cette vie d'atelier induit une identification a priori, qui entraîne un comportement unanime".

SAINSAULIEU, après avoir étudié l'unanimité ouvrier, a essayé de vérifier qu'à d'autres conditions de travail correspondaient d'autres comportements. Ses recherches effectuées sur une équipe d'ouvriers reconvertis aux professions de l'électricité où le résultat du travail dépendait de la compétence de chacun et de la coopération des ouvriers entre eux, a permis de mettre en évidence des modifications de la qualité des relations interpersonnelles dans le travail, des normes de participation au groupe (on accepte la discussion, on s'explique, on parle travail) et de l'attitude à l'égard de l'autorité (fin du recours systématique au chef).

.../...

9.2. Note d'exploitation :

D'après ce qui vient d'être dit, il est intéressant de savoir si le travail est, ou non, de type coopératif, c'est-à-dire s'il nécessite des échanges, soit du fait de la fonction du travailleur, soit du fait de l'organisation du travail (question 9.3.1.).

Pour les travailleurs dont le travail ne nécessite pas d'échanges, il est utile d'apprécier les potentialités de contact d'une part, d'après les conditions spatiales (éloignement entre les ouvriers : question 9.3.1.2.) d'autre part d'après d'autres conditions de travail (question 9.3.3.)

Il est bien certain qu'il ne s'agit que d'une appréciation très imparfaite des relations de travail puisque, en particulier, la quantité des échanges entre les travailleurs ne permet pas de présager la qualité de ces échanges. Disons seulement qu'il est permis de penser que des échanges durant plusieurs minutes peuvent être plus riches et plus satisfaisants que des échanges de quelques mots.

D'autre part, certaines données obtenues par d'autres parties du questionnaire doivent compléter celles obtenues ici et il devra en être tenu compte dans l'exploitation pour mieux apprécier les relations de travail (Cf. questionnaires Cadences et Bruit).

.../..