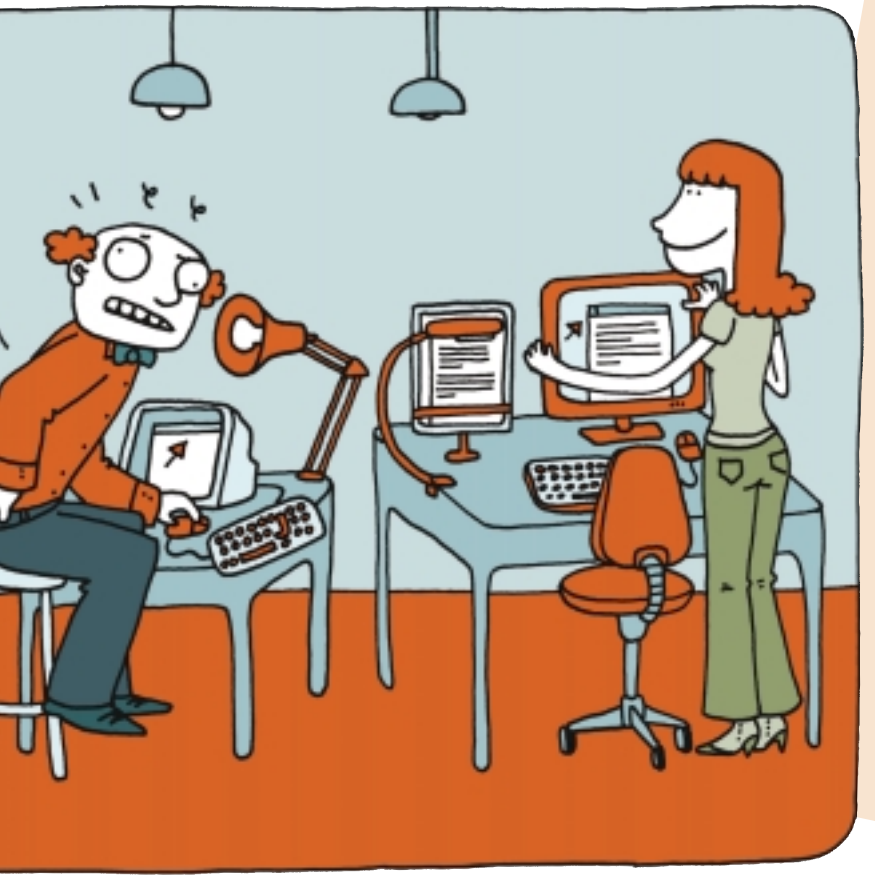
Institut National de Recherche et de Sécurité



Écrans de visualisation

Santé et ergonomie

L'Institut national de recherche et de sécurité (INRS)

Dans le domaine de la prévention des risques professionnels, l'INRS est un organisme scientifique et technique qui travaille, au plan institutionnel, avec la CNAMTS, les CRAM-CGSS et plus ponctuellement pour les services de l'État ainsi que pour tout autre organisme s'occupant de prévention des risques professionnels.
Il développe un ensemble de savoir-faire pluridisciplinaires qu'il met à la disposition de tous ceux qui, en entreprise, sont chargés de la prévention : chef d'entreprise, médecin du travail, CHSCT, salariés. Face à la complexité des problèmes, l'Institut dispose de compétences scientifiques, techniques et médicales couvrant une très grande variété de disciplines, toutes au service de la maîtrise des risques professionnels.

Ainsi, l'INRS élabore et diffuse des documents intéressant l'hygiène et la sécurité du travail : publications (périodiques ou non), affiches, audiovisuels, site Internet... Les publications de l'INRS sont distribuées par les CRAM.
Pour les obtenir, adressez-vous au service prévention de la Caisse régionale ou de la Caisse générale de votre circonscription, dont l'adresse est mentionnée en fin de brochure.

L'INRS est une association sans but lucratif (loi 1901) constituée sous l'égide de la CNAMTS et soumise au contrôle financier de l'État. Géré par un conseil d'administration constitué à parité d'un collège représentant les employeurs et d'un collège représentant les salariés, il est présidé alternativement par un représentant de chacun des deux collèges. Son financement est assuré en quasi-totalité par le Fonds national de prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles.

Les Caisses régionales d'assurance maladie (CRAM) et Caisses générales de sécurité sociale (CGSS)

Les Caisses régionales d'assurance maladie et les Caisses générales de sécurité sociale disposent, pour participer à la diminution des risques professionnels dans leur région, d'un service prévention composé d'ingénieurs-conseils et de contrôleurs de sécurité. Spécifiquement formés aux disciplines de la prévention des risques professionnels et s'appuyant sur l'expérience quotidienne de l'entreprise, ils sont en mesure de conseiller et, sous certaines conditions, de soutenir les acteurs de l'entreprise (direction, médecin du travail, CHSCT, etc.) dans la mise en œuvre des démarches et outils de prévention les mieux adaptés à chaque situation.
Ils assurent la mise à disposition de tous les documents édités par l'INRS.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'INRS, de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite.
Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction, par un art ou un procédé quelconque (article L. 122-4 du code de la propriété intellectuelle).
La violation des droits d'auteur constitue une contrefaçon punie d'un emprisonnement de deux ans et d'une amende de 150 000 euros (article L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle).
© INRS, 2005. Shémas techniques Atelier F. Causse. Illustrations Clémence Lallemand. Conception graphique Catherine Picard.

Écrans de visualisation

Santé et ergonomie

François Cail,
avec le concours de M. Aptel

ED 924
juin 2005

Sommaire

• **Introduction** 7

• **Santé** 11

1. Fatigue visuelle 12

1.1 Éclairage et confort visuel 12

1.2 Mécanismes physiologiques de la vision 12
Accommodation et convergence
Adaptation à la lumière
Éblouissement

1.3 Notion de fatigue visuelle 16

1.4 Symptômes 17

1.5 Facteurs individuels prédisposant à la fatigue visuelle 17
Âge
État de santé
Thérapeutiques générales
Défauts visuels
Corrections inadéquates

1.6 Facteurs de risque de fatigue visuelle 19
Affichage
Éclairement
Luminances
Reflets
Environnement thermique
Poste de travail
Contenu de la tâche
Organisation du travail

1.7 Prévention de la fatigue visuelle 23
Dépistage et correction des anomalies visuelles
Organisation du travail
Affichage
Implantation des postes

2. Stress 25

2.1 Facteurs de stress dans le travail informatisé 25
Tâche et contexte de travail
Attentes des réponses

2.2 Prévention du stress 26

Sommaire

3. Troubles musculosquelettiques (TMS) 27

3.1 Facteurs de risque de TMS 27
- Facteurs individuels
- Organisation du travail
- Stress et facteurs psychosociaux
- Charge cognitive
- Posture statique
- Écran
- Clavier et souris
- Documents papier

3.2 Prévention des TMS 32
- Organisation du travail
- Aménagement du poste
- Utilisation des périphériques d'entrée

• Ergonomie 35

1. Affichage de l'information 36

1.1 Technologies d'affichage 36
- Écrans cathodiques
- Écrans à cristaux liquides
- Autres technologies

1.2 Recommandations générales 38
- Formation et taille des caractères
- Contraste
- Couleur
- Organisation de l'information affichée
- Dialogue homme/ordinateur

1.3 Recommandations spécifiques aux écrans cathodiques ... 46
- Exigence de conception
- Stabilité de l'image

1.4 Comparatif entre écrans à cristaux liquides et écrans cathodiques 47

Sommaire

2. Espace de travail 48

2.1 Poste de travail 48
- Principes de base
- Posture de moindre inconfort
- Siège
- Repose-pied
- Écran
- Plan de travail
- Périphériques d'entrée
- Périphériques d'entrée pour handicapés
- Repose-paume
- Documents papier

2.1 Local 55
- **Implantation**
- **Câblage**

3. Environnement physique 57

3.1 Rayonnement électromagnétique des écrans 57
- Radiations ionisantes
- Radiations optiques
- Radiations et champs hertziens
- Champ électrostatique
- Vieillissement des écrans

3.2 Ambiance lumineuse 61
- Éclairement du local
- Éclairage naturel
- Eclairage artificiel
- Équilibre des luminances
- Filtres

3.3 Ambiance thermique 67
- Température et vitesse de l'air
- Humidité relative

3.4 Ambiance sonore 68
- Niveaux de bruit
- Moyens de prévention

Sommaire

4. Organisation du travail 70

4.1 Caractéristiques des tâches informatisées 70

4.2 Organisation temporelle du travail informatisé 72

Changement d'activité

Pauses

4.3 Participation des opérateurs 74

• **Bibliographie** 75

• **Lexique** 77

• **Annexes** 84

ANNEXE 1 - Réglementation 85

1. Décret du 14 mai 1991
2. Circulaire du 4 novembre 1991

ANNEXE 2 - Examens et corrections visuels 95

1. Rôle du médecin du travail

Étude du poste et des conditions de travail

Examens d'aptitude et de surveillance

Questionnaire

2. Rôle de l'ophtalmologiste
3. Corrections visuelles

ANNEXE 3 - Questionnaires 101

1. Questionnaire sur les caractéristiques des tâches et l'organisation du travail
2. Questionnaire sur la charge et la fatigue visuelles
3. Questionnaire sur les troubles musculosquelettiques

Le lecteur trouvera dans le lexique, à la fin de la brochure, la signification des principaux termes techniques et médicaux spécialisés, utilisés dans le texte. Les nombres entre crochets renvoient aux références bibliographiques.

Introduction

Conséquence socio-économique des technologies qui se développent dans le cadre d'une modernisation poussée du secteur tertiaire, l'informatique pénètre dans des domaines de plus en plus vastes : industries, services, métiers. L'emploi d'un ordinateur est donc désormais une situation courante pour une large fraction de la population. L'activité sur écran de visualisation engendre un changement profond des habitudes, des schémas opératoires et modifie l'environnement physique et psychologique du travail. Cette situation est souvent difficile à cerner et soulève une multitude de problèmes, certains réels et identifiables, d'autres moins évidents ou larvés. Des plaintes ou des inquiétudes sont souvent exprimées au sujet des effets du travail informatisé sur la santé.

Le décret n° 91-451 du 14 mai 1991, transposant la directive du conseil n° 90/270/CEE du 29 mai 1990, fixe les règles particulières de prévention des risques liés au travail sur des équipements munis d'écrans de visualisation. Les dispositions du décret concernent son champ d'application, l'analyse et l'organisation du travail sur écrans de visualisation, la formation des travailleurs, la surveillance médicale, l'équipement et les conditions d'ambiance. Certaines dispositions sont précisées par la circulaire DRT n° 91-18 du 4 novembre 1991. Ces textes réglementaires figurent intégralement en annexe de ce guide.

Le décret est en application depuis le 1er janvier 1997 pour tous les matériels, exceptés ceux mentionnés dans la loi. Selon ce décret, l'employeur est tenu de procéder à une analyse des risques professionnels et des conditions de travail pour tous les postes comportant un écran de visualisation. Il est à signaler que selon la juridiction européenne, cette réglementation s'applique également aux opérateurs affectés à la surveillance vidéo ou appartenant aux collectivités territoriales.

Par ailleurs, le travail sur écran fait l'objet d'une norme ISO (9241), qui est publiée dans un recueil intitulé *Ergonomie de l'informatique* [1]. Cette norme aborde l'affichage, les périphériques d'entrée, le poste de travail, l'environnement physique et les logiciels.

Ainsi, le cadre réglementaire et normatif est balisé et constitue autant de points de repère pour la prévention.
Ce guide a donc pour objectif d'apporter aux préventeurs et notamment aux médecins du travail, un certain nombre de connaissances et de recommandations qui leur permettront de prodiguer à l'employeur les conseils nécessaires à la mise en pratique des textes réglementaires et normatifs. Il convient de rappeler que le décret du 5 novembre 2001 impose à l'employeur de formaliser l'évaluation des risques par unité de travail dans un document dit unique ; la circulaire DRT n° 6 du 18 avril 2002 explicite cette évaluation et l'unité de travail.

Durant les années 1980, des questions étaient fréquemment posées par les usagers sur la nocivité des écrans de visualisation, notamment pour les femmes enceintes et sur les risques pour la vision. Les connaissances scientifiques acquises jusqu'à présent n'ont pas permis d'établir des relations entre travail informatisé et problème de grossesse, ni entre charge visuelle due au travail sur écran et pathologie oculaire. Depuis le début des années 2000, **les préoccupations portent principalement sur les troubles musculosquelettiques** (TMS) puisque les opérateurs sur écran peuvent être affectés par des pathologies du membre supérieur telles que le syndrome du canal carpien ou l'épicondylite. Qui plus est, le vieillissement de la population risque de majorer ce problème de santé.

Les facteurs professionnels déterminants de ces problèmes sont liés à la présentation de l'information sur écran, au poste de travail, aux équipements, à l'environnement physique, au contexte psychosocial et à l'organisation du travail. Il est donc indispensable de connaître les recommandations qui concernent tous ces domaines pour pouvoir réduire les astreintes et protéger la santé.

De ce fait, ce guide qui n'aborde que les problèmes posés par l'utilisation des écrans dans les bureaux, s'articule en deux grands volets :

1. Santé (fatigue visuelle, avec un rappel des mécanismes physiologiques de la vision impliqués par le travail sur écran, stress et troubles musculosquelettiques) ;

2. Ergonomie (affichage de l'information ; espace de travail ; environnement physique du poste de travail ; organisation du travail).

En annexes, figurent la réglementation, les examens et les corrections visuels (avec des précisions sur le rôle du médecin du travail) et divers questionnaires sur les conditions de travail et les problèmes de santé.

Enfin, malgré l'organisation didactique des informations contenues dans ce guide, le préventeur ne doit pas perdre de vue que seule une approche globale de la problématique du travail sur écran qui prend en compte toutes les dimensions des enjeux de ce travail est de nature à apporter une amélioration des conditions de travail des salariés.

Santé

1. Fatigue visuelle

Avant d'aborder ce problème de santé, il convient de rappeler quelques notions de base concernant la vision.

1.1 ÉCLAIRAGE ET CONFORT VISUEL

L'exécution d'une tâche visuelle demande un éclairage adapté, qui s'obtient par un niveau d'éclairement suffisant en quantité et qualité.

Le confort visuel suppose un équilibre des luminances dans le champ visuel. La règle préconise d'éclairer au maximum, en fonction des exigences de la tâche, la zone centrale du champ visuel et de décroître progressivement les luminances vers la périphérie. Pourtant, cette règle, qui peut être à peu près respectée dans les activités traditionnelles, est difficilement applicable dans la majorité des situations impliquant des activités sur écran de visualisation, notamment à fond sombre. En effet, quelle que soit la polarité de l'affichage, celui-ci est rendu visible par la lumière émise par l'écran et non par la lumière reçue comme pour les documents papier.

Un certain nombre de mécanismes physiologiques décrits ci-dessous permettent de comprendre la raison de certaines difficultés ou plaintes des opérateurs.

1.2 MÉCANISMES PHYSIOLOGIQUES DE LA VISION

Les principaux mécanismes qui concourent à la projection nette de l'image sur la rétine, notamment sur la fovéa, sont l'accommodation et l'adaptation. L'accommodation assure la focalisation de l'image sur la fovéa, par modification de la courbure du cristallin, en fonction de la distance œil-objet. L'adaptation assure l'ajustement de la sensibilité des récepteurs rétiniens aux conditions de luminance prédominantes.

Des mécanismes réflexes intègrent les variations du diamètre pupillaire et les contractions des muscles extrinsèques de l'œil dans l'ajustement des fonctions visuelles de près ou de loin, à la lumière et à l'obscurité.

Accommodation et convergence

Quand la vision passe de loin à celle de près, l'image nette se forme en arrière de la rétine. Par voie réflexe, la contraction du muscle ciliaire qui entoure le cristallin provoque une élévation de la puissance optique de ce dernier par augmentation de la courbure de sa face antérieure. L'image nette se forme ainsi sur la rétine : c'est le phénomène d'accommodation *(figure 1)*. En même temps, les deux axes visuels convergent de plus en plus, par une action réflexe coordonnée de contraction graduée des muscles extrinsèques de l'œil et le diamètre pupillaire diminue.

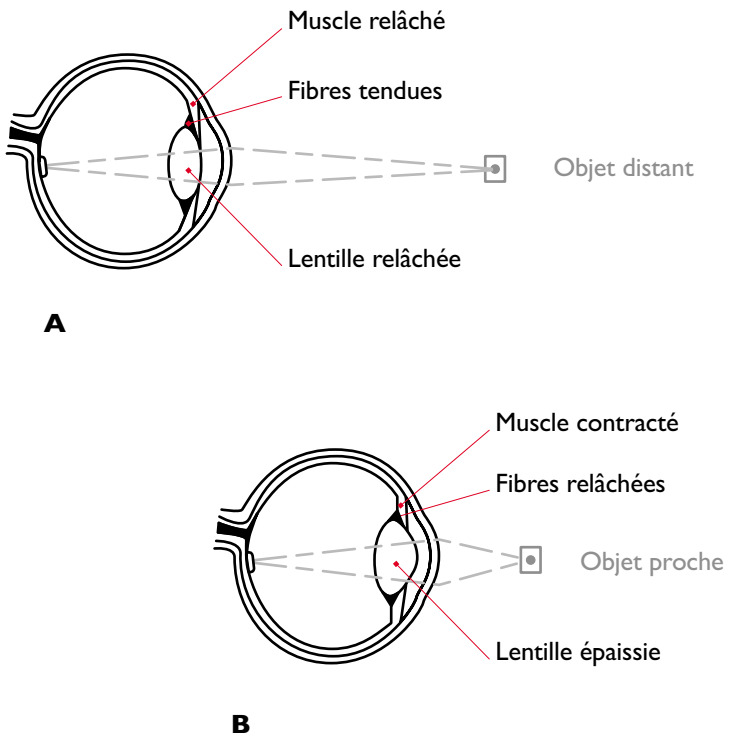


Fig. 1. Accommodation proximale et distale par la lentille de convexité variable.
A : la lentille est tendue pour la vision lointaine ; elle concentre peu.
B : la lentille se courbe pour la vision proche ; elle concentre davantage.
(D'après A. J. Wander, J. H. Sherman et D. S. Luciano - *Physiologie humaine*, Mc Graw-Hill, 1977).

Adaptation à la lumière

Lorsque la lumière ambiante est faible, la pupille se dilate pour augmenter la quantité de lumière parvenant à la rétine qui est tapissée de cônes et de bâtonnets.
Lorsque les luminances sont supérieures à 10^{2} cd.m^{-2} (vision photoptique), les cônes sont stimulés ; l'acuité visuelle et la vision colorée sont maximales.

Lorsque les luminances sont comprises entre 10^{-2} et 10^{2} cd.m^{-2} (vision mésopique ou crépusculaire), seuls les cônes à seuil bas sont stimulés en même temps que des bâtonnets. L'acuité visuelle et la vision colorée diminuent sensiblement.

Pour des luminances inférieures à 10^{-2} cd.m^{-2} (vision scotoptique), seuls les bâtonnets sont stimulés. L'acuité visuelle est fortement diminuée et la vision des couleurs est nulle.

Le passage de la vision photopique à la vision scotopique (ou réciproquement) demande un certain délai. En passant d'une pièce bien éclairée à une pièce sombre, on n'y voit rien pendant quelque temps et ce n'est que peu à peu que l'on s'adapte à l'obscurité.

Les modifications adaptatives sont de nature chimique. En effet, les bâtonnets utilisent le pourpre rétinien pour fonctionner. Or, le pigment se décolore lorsqu'il est soumis à une forte lumière. Des processus chimiques semblables ont lieu sur les cônes qui contiennent des photopsines. L'existence d'une étape chimique dans la régulation de la perception visuelle contribue à expliquer quelques particularités de cette fonction. La décomposition puis la recomposition d'une substance chimique sont en effet des phénomènes relativement lents, et cette lenteur a des conséquences perceptives observables.

Grâce au phénomène d'adaptation, le rétine peut, en fonction du degré d'illumination ambiante, faire glisser sa plage de sensibilité vers le bas ou vers le haut de l'échelle des luminances. Ainsi, pour l'œil adapté à l'obscurité, la flamme d'une bougie peut paraître très brillante, tandis que pour l'œil adapté à la lumière, cette flamme est à peine visible.

Éblouissement

Une augmentation brutale du flux lumineux éclairant la rétine provoque un éblouissement, car le temps de réflexe pupillaire en myosis est trop long.

L'éblouissement se définit comme une gêne visuelle accompagnée d'une diminution des facultés visuelles, provoquée par un excès de lumière par rapport à l'état d'adaptation où se trouve l'œil.

Deux degrés d'éblouissement peuvent être distingués : **l'éblouissement inconfortable**, sensation désagréable qui peut être légère et se traduire seulement à la longue par des céphalées et **l'éblouissement perturbateur**, qui provoque une incapacité visuelle transitoire.

En fait, l'éblouissement ne provient pas seulement d'une lumière excessive en quantité, mais aussi d'une distribution défectueuse des luminances dans le champ visuel. Ce mauvais équilibrage peut provenir, soit d'un contraste excessif dans le champ visuel à un moment donné, soit de la succession temporelle de luminances très différentes, d'où les deux formes d'éblouissement, simultané et successif, qui peuvent survenir dans le travail sur écran.

L'éblouissement peut être ressenti d'une manière plus aiguë par certains sujets qui ont une amétropie mal corrigée. Le sujet essaye inconsciemment d'améliorer une vision défectueuse par des efforts soutenus des muscles oculaires, ce qui entraîne des signes d'asthénopie, des céphalées, un picotement des yeux.

1.3 NOTION DE FATIGUE VISUELLE

Jusqu'à présent, il n'a pas été démontré que le travail informatisé peut engendrer des pathologies visuelles. Ainsi, des enquêtes épidémiologiques effectuées sur des durées de 7 à 8 ans n'ont pas constaté de dégradations sur le plan visuel autres que celles dues à l'âge. En revanche, le risque de fatigue visuelle demeure important malgré les progrès accomplis concernant l'affichage sur les écrans.

En effet, le travail sur écran sollicite énormément la fonction visuelle car il réunit diverses contraintes. Il y a plusieurs zones à regarder en deçà de la vision de loin : l'écran, le clavier, voire des documents papier. Si leurs distances par rapport à l'œil sont par trop différentes entre elles, le muscle ciliaire sera fortement sollicité lorsque le regard passera fréquemment d'une zone à l'autre. Qui plus est, l'axe du regard est proche de l'horizontale, ce qui accroît le risque de sécheresse oculaire [10] ainsi que le risque d'éblouissement si des sources lumineuses sont présentes dans le local de travail. Par ailleurs, la polarité peut être différente entre l'écran et les documents papier, d'où des difficultés d'adaptation de la rétine. Enfin, l'affichage sur écran peut être instable. La charge visuelle est donc importante dans le travail informatisé.

Après plusieurs heures consécutives de travail devant un écran de visualisation, un certain nombre d'opérateurs ressentent une fatigue visuelle. Cette fatigue apparaît plus rapidement lorsque le travail requiert une attention visuelle intense et prolongée. Certains symptômes apparaissent au cours du travail, d'autres à la fin de celui-ci ; certains signes peuvent même persister durant plusieurs jours de travail.

La fatigue visuelle implique un ensemble de symptômes d'inconfort visuel et oculaire qui accompagnent une réduction de la capacité fonctionnelle du système visuel. C'est un phénomène réversible qui constitue un signal d'alarme.

1.4 SYMPTÔMES DE FATIGUE VISUELLE

La fatigue visuelle se manifeste par des plaintes, des modifications physiologiques et une baisse de la performance visuelle.

Les plaintes sont des symptômes subjectifs qui peuvent être oculaires ou visuels ; on en compte une douzaine. Dans le travail sur écran, les principales plaintes sont les picotements des yeux, les éblouissements, une vision moins nette, des maux de tête et les yeux secs. Elles peuvent être recueillies au moyen de questionnaires.

Les principales modifications physiologiques sont un recul du punctum proximum d'accommodation (PPA) en vision binoculaire, une déviation vers la convergence (ésodéviation) de la parallaxe du regard et une baisse d'acuité visuelle. Toutes ces modifications peuvent être quantifiées à l'aide d'instruments tels que la réglette binoculaire pour le PPA ou la baguette de Maddox pour l'ésodéviation. Les mesures sont effectuées en début et en fin de travail [7].

1.5 FACTEURS INDIVIDUELS PRÉDISPOSANT À LA FATIGUE VISUELLE

Un certain nombre de facteurs influent sur l'apparition de la fatigue visuelle chez les opérateurs sur écran.

Âge

Le travail sur écran est généralement réalisé à une distance de 50 à 80 cm, mais s'accompagne souvent de la nécessité de consulter des documents relativement plus rapprochés (40 ou 50 cm) et de regarder le clavier ; l'apparition de la presbytie accélérera donc la survenue de la fatigue. Celle-ci devra être dépistée et corrigée.

L'âge entraîne également, mais à un moindre degré, une diminution physiologique des capacités visuelles, tant de la rétine que des autres éléments du globe oculaire.

État de santé

Une atteinte de l'état général entraîne une diminution des capacités de résistance musculaire et favorise l'apparition de la fatigue visuelle.

Thérapeutiques générales

Toute thérapeutique susceptible d'altérer le pouvoir accommodatif ou de déstabiliser l'équilibre binoculaire pourra également avoir un retentissement sur l'apparition de la fatigue. Il faudra se méfier tout particulièrement des produits neuroleptiques ainsi que des thérapeutiques belladonnées utilisées pour des troubles intestinaux ou pulmonaires.

Défauts visuels

Toute modification méconnue de l'appareil visuel peut évidemment favoriser la fatigue visuelle. Les anomalies oculaires, importantes elles aussi, seront des facteurs auxquels il faudra prêter attention, en particulier toutes celles entraînant un déséquilibre de vision entre les deux yeux, ou un déséquilibre de fusion binoculaire. De faibles défauts de réfraction (hypermétropie ou astigmatisme) peuvent être révélés par la fatigue qu'ils entraînent lors du travail.

Corrections inadéquates

Toute inadéquation de la correction peut entraîner un déséquilibre de fusion ou une acuité visuelle insuffisante.

1.6 FACTEURS DE RISQUE DE FATIGUE VISUELLE

Divers facteurs contribuent à la fatigue visuelle [14].

Affichage

Tandis que les caractères imprimés sont rendus visibles par la lumière qui les éclaire, les caractères affichés sur écran sont rendus visibles par la lumière qu'ils émettent ou émise par le fond.
Tandis que les documents imprimés ont des caractères stables et nets en contraste positif (caractères sombres sur fond clair), l'affichage de l'information sur écran est réalisé avec des caractères qui peuvent être moins bien définis, parfois en contraste négatif (caractères clairs sur fond sombre), qui peuvent papilloter et se caractérise par la mobilité des images. Plusieurs études ont montré qu'une mauvaise qualité de l'image (manque de netteté des caractères, scintillement, faible résolution de l'écran, etc.) entraîne une fatigue visuelle. Celle-ci est accentuée par un affichage alphanumérique de couleur rouge ou bleue, notamment lorsque ces couleurs sont saturées.

Éclairement

Quand la lisibilité des documents est considérée insuffisante, on accroît l'éclairement. Il n'en est pas ainsi lorsque les caractères émettent eux-mêmes la lumière ; lorsque l'éclairement d'un tel écran augmente, le contraste entre les caractères lumineux et le fond diminue, et la lisibilité devient mauvaise ; la focalisation de l'image s'effectue alors dans des conditions difficiles. Avec un contraste positif, le flux lumineux reçu par l'écran exerce moins d'influence sur le contraste.

Luminances

Le travail sur écran à fond sombre exige des conditions de vision mésopique. Dans ces conditions, une mydriase relative rend l'opérateur plus vulnérable à l'éblouissement. Le déplacement fréquent du regard entre l'écran sombre et les documents plus éclairés entraîne un effort continu d'adaptation à des luminances très différentes. Avec un affichage à fond clair, la vision est photopique et le risque d'éblouissement est moindre.

L'implantation d'écrans, notamment à fond sombre, dans des locaux dotés de larges baies vitrées favorise la répartition inadéquate des luminances (ou déséquilibre des luminances). L'orientation verticale de l'écran facilite l'apparition d'éblouissements. L'axe de vision subit un relèvement de 20° à 30° par rapport à une personne traitant des documents écrits ; de ce fait, l'opérateur perçoit dans son champ visuel de travail, outre l'écran de visualisation, tout un arrière-plan qui peut être de luminance élevée (surfaces et murs clairs, baies vitrées, etc.). Il se produit alors un effet d'éblouissement dû à la différence trop grande entre les luminances de l'arrière-plan et celle de l'écran. Le risque d'éblouissement avec l'éclairage artificiel est également important lorsqu'un opérateur assis devant son écran doit regarder quelqu'un qui se tient debout (cas des guichets).

Reflets

Il est nécessaire de faire une distinction entre les formes d'éblouissement, suivant que celui-ci est causé directement par des sources lumineuses (éblouissement direct) ou par leur réflexion ou des surfaces telles que murs, tables, écrans (éblouissement par réflexion). Les surfaces en verre des écrans de visualisation ont tendance à refléter une partie de la lumière incidente si le champ situé derrière l'opérateur est le siège de luminances relativement importantes (luminaires, baies vitrées, lampes de bureau, etc.).

On peut décrire les réflexions des écrans de visualisation et d'autres surfaces en y distinguant deux composantes : les réflexions spéculaires et les réflexions diffuses.

Les réflexions diminuent en général le contraste de l'écran et rendent la lecture des caractères affichés plus difficile ; elles entraînent des zones de luminances très différentes, génératrices d'inconfort. Les reflets spéculaires forment une image qui se superpose à celle des caractères affichés. Il en résulte une surcharge visuelle et nerveuse provenant des efforts de réglage de l'accommodation qui tente de focaliser l'information utile présentée sur l'écran, tout en étant sollicitée par l'image réfléchie correspondant à un objet plus lointain.
Le niveau d'éclairement sur l'écran caractérise assez bien la lumière que reçoit l'écran et qui est génératrice de reflets. De jour, ce niveau est surtout fonction de l'apport de lumière naturelle se propageant

horizontalement. Plus cet apport est important, plus l'éclairement et la probabilité d'existence de reflets sont élevés.

Ainsi, la gêne est maximale lorsque les baies vitrées se reflètent directement dans l'écran. Dans cette disposition, des reflets sont toujours présents, quelle que soit la qualité de l'écran.

Environnement thermique

Les facteurs d'ambiance thermique peuvent contribuer à l'irritation des tissus à la surface de l'œil. Des températures ambiantes élevées, une faible humidité de l'air et parfois la vitesse élevée de celui-ci, entraînent une déshydratation de la cornée.

Poste de travail

Une distance œil-écran n'excédant pas 50 cm accroît l'astreinte visuelle. Dans le traitement de texte, des distances par trop différentes entre œil-écran et œil-document sollicitent fréquemment l'accommodation. Enfin, une position haute de l'écran double environ la surface oculaire exposée comparativement à d'autres tâches effectuées en vision de près ; il en résulte une plus grande évaporation lacrymale dans le travail sur écran qui peut contribuer aux symptômes de l'œil sec [10].

Contenu de la tâche

Une tâche effectuée sur écran ne se traduit pas forcément par une astreinte visuelle dépassant celle rencontrée habituellement dans des activités non informatisées, exécutées en vision de près. Le degré de fatigue visuelle dépend fortement du contenu des tâches et des systèmes organisationnels mis en place ; ils ont davantage de poids que l'usage de l'écran dans la genèse des troubles rencontrés. L'exemple le plus typique est celui de la saisie, où la prise d'information sur des documents imprimés et manuscrits l'emporte largement en durée sur la consultation de l'écran. Les déplacements rapides du regard entre les documents, le clavier et l'écran, selon diverses angulations et distances

de vision, provoquent une sollicitation accrue de l'accommodation et de la convergence dans des conditions d'éclairement qui ne favorisent pas l'ajustement de la focalisation de l'image.

Par opposition aux activités de saisie, des tâches informatisées plus complexes sont moins fatigantes, car plus flexibles et variées (gestion de dossiers, dialogue. *Voir partie Ergonomie, § 4.1. Caractéristiques des tâches informatisées).*

Dans les tâches d'acquisition de données (recherche d'informations sur écran), des fixations fréquentes et prolongées du regard sur écran peuvent être sources de fatigue visuelle, du fait de la contraction statique du muscle ciliaire.

Enfin, dans un certain nombre de cas (tâches de programmation par exemple), la motivation peut masquer la fatigue perçue. Toutefois, lors de la cessation du travail sur écran, les signes de fatigue peuvent devenir manifestes (troubles visuels, douleurs musculaires, etc.).

Organisation du travail

Les effets de ces différents facteurs sur la vision prennent de l'importance avec la durée du travail sur écran. Généralement, la fatigue visuelle est manifeste après quatre heures de travail sur écran sans alternance avec d'autres activités. Par ailleurs, l'absence de « micropauses » ne permet pas un relâchement relatif des muscles intrinsèques et extrinsèques qui participent aux fonctions visuelles.

1.7 PRÉVENTION DE LA FATIGUE VISUELLE

Les principales pistes de prévention de la fatigue visuelle concernent le dépistage et la correction des anomalies visuelles, l'organisation du travail, l'affichage et l'implantation des postes.

Dépistage et correction des anomalies visuelles

Le dépistage des anomalies visuelles est capital pour prévenir la fatigue visuelle. Les examens effectués par les médecins du travail vont tendre à les préciser *(voir annexe 2)*.

Si besoin est, ces examens seront complétés par une consultation spécialisée chez un ophtalmologiste en vue d'une correction éventuelle.
Le niveau des radiations émises par les écrans ainsi que les données épidémiologiques ne justifient pas le port de lunettes à oculaires filtrants. La démarche ergonomique (adaptation optimale de la conception du poste de travail, du contenu de la tâche et du système organisationnel mis en place) doit être privilégiée et sa mise en place doit dispenser d'utiliser les protections individuelles.

Organisation du travail

L'organisation des tâches doit permettre un repos périodique des mécanismes d'accommodation et de convergence des yeux sollicités pendant le travail. L'alternance des activités, de même que le passage en vision de loin même brièvement, contribuent à la prévention de la fatigue visuelle.

> ***Des informations sur la durée de travail et les pauses sont fournies dans la partie Ergonomie, chapitre 4 « Organisation du travail ».***

Affichage

Les principales recommandations concernant l'affichage sont les suivantes :
- écran traité d'origine contre les reflets,
- caractères sombres sur fond clair.

> ***Ces informations sont détaillées dans la partie Ergonomie, chapitre 1 « Affichage de l'information ».***

Implantation des postes

Les principales recommandations concernant l'implantation des postes sont les suivantes :
- écran perpendiculaire aux prises de jour,
- pas de source lumineuse artificielle directement visible dans le champ visuel de travail,
- éclairement de la zone clavier de 200 à 300 lx avec les écrans à fond sombre et de 300 à 500 lx avec les écrans à fond clair.

> ***Ces informations sont détaillées dans la partie Ergonomie, chapitre 3 « Environnement physique ».***

2. Stress

Le stress psychique est défini comme l'état dans lequel se trouve l'organisme placé dans des situations qui menacent le bien-être, l'intégrité physique ou psychique de l'individu. Il survient lorsque la situation est perçue par l'opérateur comme étant menaçante, frustrante ou conflictuelle. Ainsi, dans les mêmes conditions de travail, un opérateur pourra être stressé sans que d'autres collègues le soient. Ce stress se traduit notamment par des troubles cardiovasculaires, des troubles gastro-intestinaux, des troubles de sommeil, de l'anxiété et de l'irritabilité qui peuvent devenir chroniques. L'état de stress des opérateurs peut être évalué par questionnaire ou par dosage d'hormones telles que le cortisol salivaire.
Seul le stress spécifique au travail sur écran sera abordé dans ce chapitre, étant donné que le stress au travail fait l'objet de documents publiés par l'INRS [(1)].

2.1 FACTEURS DE STRESS DANS LE TRAVAIL INFORMATISÉ

Tâche et contexte de travail

Le stress a été particulièrement mis en évidence dans des tâches de saisie de données [14]. En effet, divers facteurs peuvent être présents dans ce type d'activité tels que :
- la répétitivité du travail mental qui sollicite périodiquement des efforts compensatoires neuropsychiques ;
- le manque de contrôle sur le travail lorsque l'autonomie et la possibilité de décision sont réduites ;
- la possibilité d'un contrôle suivi de la performance puisque celle-ci et les erreurs de saisie peuvent être enregistrées par l'ordinateur ;
- les perspectives réduites de promotion.

Le stress est également un sujet de préoccupation dans les centres d'appel téléphoniques où un système taylorien a été implanté.

(1) • *le stress au travail*. ED 5021, coll. Le point des connaissances sur...
• *Stress au travail : diagnostic, évaluation, gestion et prévention*. NS 235, coll. Note scientifique et technique.

Le contexte de travail joue un rôle important dans la détermination du stress. Ainsi, une pression temporelle due à un travail sous court délai, un manque de participation dans les prises de décision qui concernent son travail ou une inquiétude pour son avenir professionnel sont sources de stress, même dans une tâche motivante comme la conception assistée par ordinateur.
Tous ces facteurs professionnels sont appelés **psychosociaux**. Parmi eux figurent également les exigences du travail (charge de travail quantitative perçue, pression du travail, demandes attentionnelles exigées par sa tâche), le contenu du travail (compétition, incertitude sur la tâche, habiletés requises) et les relations sociales (soutien social du supérieur hiérarchique et des collègues, interaction entre le travail et des clients difficiles). Tous ces facteurs sont sources de stress pour l'opérateur lorsque celui-ci les juge négatifs pour lui.

Attentes des réponses

Une source potentielle de stress dans le travail interactif (conversationnel ou dialogue) est constituée par les temps d'attente des réponses de l'ordinateur qui sont imprévisibles. Ces interruptions sont dues principalement aux surcharges des réseaux. Ces périodes, dont la durée est incertaine et pendant laquelle l'opérateur maintient un niveau élevé d'attention, sont particulièrement frustrantes quand la tâche est effectuée sous pression temporelle. Elles augmentent également la sensation d'incapacité à contrôler son travail.

2.2 PRÉVENTION DU STRESS

Des informations utiles à la prévention de ce problème de santé sont fournies dans les documents édités par l'INRS[1].

> ***Les recommandations fournies dans la partie Ergonomie et ses différents chapitres (affichage de l'information, espace de travail, environnement physique et surtout organisation du travail) peuvent contribuer à la prévention de ce problème de santé dans le cadre du travail sur écran.***

(1) • *le stress au travail.* ED 5021, coll. Le point des connaissances sur...
• *Stress au travail : diagnostic, évaluation, gestion et prévention.* NS 235, coll. Note scientifique et technique.

3. Troubles musculosquelettiques

Les troubles musculosquelettiques (TMS) recouvrent un ensemble de symptômes ou de lésions concernant tous les segments corporels qui permettent à l'homme de se mouvoir et de travailler. Ces troubles concernent les tendons, les nerfs et surtout les muscles. Les TMS sont des affections douloureuses qui atteignent donc essentiellement les tissus mous [11].

3.1 FACTEURS DE RISQUE DE TMS

Dans le travail informatisé, les principales plaintes de TMS concernent les épaules, le haut et le bas du dos et surtout le cou, mais de plus en plus d'opérateurs se plaignent des poignets *(figure 2)*. En effet, dans ce travail, la prise d'information sur l'écran s'effectue dans un plan presque vertical qui entraîne un relèvement de l'angle visuel habituel en lecture et détermine un certain degré de raideur de la colonne vertébrale. Par ailleurs, les opérateurs peuvent avoir des postures

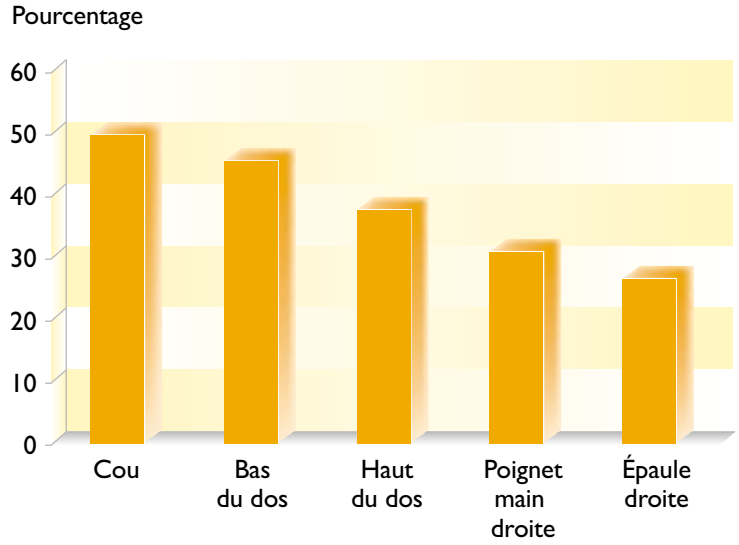


Fig. 2. Pourcentages de plaintes de TMS dans une tâche de saisie de données
(D'après F. Cail et M. Aptel - Biomechanical stresses in computer-aided design and in data entry. *Journal of Occupational Safety and Ergonomics,* 2003, 9, pp. 235-255.)

inconfortables : le cou en extension pour lire ce qui est affiché sur l'écran ou en flexion pour regarder les touches du clavier durant la frappe, les poignets en appui sur la table pour la saisie sur le bloc numérique, le coude en extension pour manipuler la souris. L'absence de formation à la frappe est en partie responsable de certaines de ces postures. Par ailleurs, l'utilisation intensive de la souris génère un déséquilibre des sollicitations entre les deux mains. Enfin, le travail sur écran est fortement statique. Or, toute posture fixe maintenue pendant un long moment devient pénible.

Les facteurs de risque qui jouent un rôle déterminant dans l'apparition des TMS sont nombreux. Il s'agit des facteurs individuels, organisationnels, du stress et des facteurs psychosociaux, de la charge cognitive et des sollicitations biomécaniques. Les sollicitations biomécaniques sont : la posture statique, les efforts, la répétitivité des gestes et les contraintes posturales. Ces trois dernières seront examinées en fonction du matériel informatique utilisé, c'est-à-dire selon la consultation de l'écran, l'emploi du clavier et de la souris et la lecture des documents papier.

Facteurs individuels

Les défauts visuels peuvent constituer une source de TMS. Les opérateurs, ayant des lunettes mal adaptées ou de légères amétropies non corrigées, essaient de compenser ces défauts en ajustant la distance de lecture sur écran (en se penchant en avant ou en arrière, en inclinant la tête, etc.). Si l'écran est trop haut placé, les porteurs de verres progressifs, dont la zone dédiée à la vision intermédiaire est basse, sont obligés de maintenir la tête droite, voire légèrement relevée, car c'est à travers cette zone qu'ils voient nettement les caractères affichés sur l'écran.

Organisation du travail

Sur le plan organisationnel, la présence de TMS est liée à la durée journalière de travail sur écran. Ainsi, les douleurs posturales sont plus fréquentes dans une tâche de saisie de données exécutée au rendement pendant au moins sept heures par jour devant l'écran, que dans une tâche de dialogue, plus flexible, avec liberté de mouvement et durée

de travail sur écran ne dépassant pas cinq heures par jour. Par ailleurs, une vitesse de frappe excessive est génératrice de TMS au niveau des membres supérieurs.

Stress et facteurs psychosociaux

Le stress psychique augmente la fréquence et modifie l'expression des TMS. Il amplifie la douleur et rend les opérateurs plus sensibles aux facteurs de risque de TMS. Le stress est donc souvent associé aux TMS et peut contribuer à leur survenue.

Diverses études ont montré que dans le travail informatisé, la présence de TMS du membre supérieur est associée à une perception négative des facteurs psychosociaux mentionnés au chapitre précédent.

Le stress et les facteurs psychosociaux pèsent donc lourdement dans l'apparition des TMS dans le travail sur écran. En conséquence, ils doivent absolument être pris en compte dans la problématique TMS de ce travail.

Charge cognitive

Il a été démontré que les exigences mentales liées au travail informatisé entraînent une augmentation de l'activité des muscles du cou, de l'épaule et de l'avant-bras. Cependant, l'activité musculaire est plus importante au niveau du cou avec l'emploi de la souris qu'avec celui du clavier, sans doute du fait des exigences visuelles plus élevées avec le premier périphérique d'entrée qu'avec le second.

Posture statique

La posture statique est une caractéristique du travail sur écran. La position assise fige la posture, davantage encore que dans un travail de bureau classique car les équipements utilisés sont plutôt fixes. Cette posture s'observe plus encore avec la souris qu'avec le clavier. Or, tout type de travail imposant aux sujets de rester dans la même position pour de longues périodes provoque des phénomènes de fatigue.

L'hypothèse Cendrillon postule que certaines unités motrices, notamment du muscle trapèze, sont continuellement actives durant un travail prolongé, même à faible sollicitation comme lors de l'emploi de la souris ; cela expliquerait les myalgies, notamment du cou et de l'épaule dans le travail informatisé.

Écran

L'écran est source de TMS si :
– il est placé trop haut, trop bas ou trop latéral par rapport à l'opérateur,
– sa surface est très réfléchissante,
– l'affichage est difficile à lire (caractères trop petits, contraste trop faible, etc.).

Avec les micro-ordinateurs à unité centrale horizontale, l'écran peut être situé trop haut par rapport à l'axe horizontal du regard lorsque le moniteur est posé sur cette unité centrale. À l'inverse, quelques études ont montré que, par rapport à l'emploi d'un micro-ordinateur traditionnel, l'utilisation d'un **micro-ordinateur portable** entraîne une inclinaison plus prononcée de la tête et du tronc, une flexion plus importante du cou et donc un raccourcissement de la distance œil-écran. En conséquence, la charge des muscles extenseurs du cou est plus grande avec l'emploi d'un portable qu'avec celle d'un micro-ordinateur traditionnel, de même que le risque de fatigue visuelle.

Par ailleurs, si l'écran est le siège de réflexions spéculaires, l'opérateur essaiera de tourner la tête jusqu'à ce qu'il trouve la position dans laquelle il ne voit plus les reflets. Cela peut entraîner une mauvaise posture.

Clavier et souris

Le clavier et la souris constituent les principaux périphériques d'entrée. Leur utilisation peut entraîner des TMS lorsqu'elle est inadéquate.

L'effort statique exercé par les avant-bras tenus élevés et sans soutien pendant la frappe au **clavier** peut engendrer de la fatigue dans les muscles des épaules. Cependant, l'appui des poignets sur la table, lors de l'utilisation du clavier, provoque leur extension ; celle-ci est alors

d'autant plus importante que le clavier est épais. Or, l'extension prolongée du poignet est l'un des facteurs déterminants de syndrome du canal carpien. De plus, l'appui du poignet empêche la main d'accompagner le déplacement des doigts ; cela entraîne des déviations cubitales ou radiales du poignet. Le risque de TMS de l'extrémité du membre supérieur est donc plus grand avec appui que sans.

Les claviers électriques modernes requièrent seulement 5 % de la force exigée pour la frappe sur les anciens claviers mécaniques. Pourtant, les forces d'appui sur les touches sont généralement au moins trois fois supérieures à celles nécessaires. Par ailleurs, l'absence de retour d'information tactile ou auditive lors de la frappe peut conduire l'opérateur à exercer également une force excessive, génératrice de troubles musculosquelettiques.

L'emploi de la **souris** s'est intensifié durant ces dernières années. Ainsi, en acquisition de données ou en conception assistée par ordinateur (CAO), elle est le périphérique d'entrée principalement utilisé. Or, les contraintes sont plus importantes avec la souris qu'avec le clavier. Ces contraintes sont la charge cognitive, la posture statique et parfois, les sollicitations biomécaniques. Ainsi, le maniement d'une souris éloignée du clavier favorise l'apparition de douleurs non seulement au poignet mais aussi à l'épaule. Par ailleurs, une souris dont la taille est inadaptée à celle de la main ou fortement serrée peut être responsable de TMS aux doigts. Cette force de serrage est la plus élevée lors du déplacement d'un objet sur l'écran.

Documents papier

Lors de la saisie, l'activité principale de l'opérateur consiste à lire les informations portées sur des documents. Si ces documents sont posés à plat à côté du clavier, l'opérateur doit tourner la tête et l'incliner vers l'avant pour réduire la distance de vision. S'ils sont situés entre l'opérateur et le clavier, l'antépulsion des épaules lors de la frappe devient excessive. La mauvaise qualité de l'écriture des manuscrits peut également contribuer à l'inadéquation de la posture.

3.2 PRÉVENTION DES TMS

Les principales pistes de prévention des TMS concernent l'organisation du travail, l'aménagement du poste et l'utilisation des périphériques d'entrée.

Organisation du travail

Les principales recommandations concernant l'organisation du travail sont les suivantes :
- limiter la durée journalière de travail sur écran,
- alterner le travail informatisé avec des tâches autres que sur écran,
- respecter un régime de pause adapté au contenu du travail.

> ***Ces informations sont détaillées dans la partie Ergonomie, chapitre 4 « Organisation du travail ».***

Aménagement du poste

Les principales recommandations concernant l'aménagement du poste sont les suivantes :
- positionner le haut du moniteur à hauteur des yeux (sauf pour certains porteurs de verres progressifs),
- maintenir un angle bras/avant-bras compris entre 90 et 135°,
- laisser un espace d'au moins 10 cm entre le bord de la table et la barre d'espacement du clavier,
- placer la souris le plus près possible du clavier.

> ***Ces informations sont détaillées dans la partie Ergonomie, chapitre 2 « Espace de travail ».***

Utilisation des périphériques d'entrée

Les principales recommandations concernant les périphériques d'entrée sont les suivantes :
- taper le plus souvent avec les poignets flottants,
- taper en douceur sur les touches,
- utiliser une souris dont la taille est adaptée à celle de la main.

> ***Ces informations sont détaillées dans la partie Ergonomie, chapitre 2 « Espace de travail ».***

34

Ergonomie

1. Affichage de l'information

1.1 TECHNOLOGIES D'AFFICHAGE[2]

Les écrans cathodiques sont encore largement majoritaires sur les lieux de travail mais ils sont de plus en plus concurrencés par les écrans plats, tels que les écrans à cristaux liquides. La taille de tous ces écrans est exprimée en pouces[3] par leur diagonale. Les tailles les plus fréquentes sont 15, 17 et 21 pouces.

Écrans cathodiques

Un tube cathodique est une ampoule de verre sous vide, comportant un « canon » à électrons à une extrémité et un écran, dont la surface intérieure est recouverte d'une substance fluorescente (phosphore), à l'autre extrémité.

Lorsque le canon à électrons est soumis à une tension de 12 à 15 kilovolts, il émet un faisceau d'électrons dirigé vers la surface de l'écran et dévié par des bobines de déflexion. Lorsque le faisceau rencontre l'écran, les électrons excitent les grains de phosphore qui s'illuminent à chaque point d'impact.

Le procédé le plus courant pour la formation de l'image est le balayage du type télévision. Le faisceau parcourt l'écran de gauche à droite suivant une ligne horizontale et ceci, du haut vers le bas, avec une périodicité fixe.

Ce balayage peut être entrelacé. L'écran n'est balayé complètement qu'en deux passages : l'un pour les lignes impaires et l'autre pour les lignes paires. La fréquence de régénération des images est alors la moitié de la fréquence de rafraîchissement vertical (FRV) de l'écran. L'entrelacement engendre un effet de scintillement de l'image si sa résolution et la FRV sont trop basses.

(2) Certaines informations techniques de ce chapitre sont extraites de revues telles que *PC Direct*, mars 1996 et *Science et Vie Micro*, févr. 2000, févr. 2001.

(3) 1 pouce = 2,54 cm.

Les écrans polychromes sont constitués de trois canons à électrons ou d'un seul. Pour exciter les trois substances phosphorescentes, ces électrons doivent traverser les trous d'un masque. Cependant, la majorité d'entre eux heurte ce masque et provoque ainsi un dégagement de chaleur de 200 à 250 watts : une énergie deux fois plus importante que celle d'un écran monochrome. Il existe actuellement trois types de tubes cathodiques. Avec les écrans plats à coins carrés, les images sont plus lumineuses que sur les moniteurs *shadow mask* de première génération. L'émission d'électrons par un seul canon limite les problèmes de convergence et affine la qualité de l'affichage ; cependant, le masque est sensible aux vibrations.

Un dédoublement de l'image ou des franges colorées à celle-ci apparaît sur les écrans polychromes lorsque les trois faisceaux d'électrons ne sont pas correctement alignés sur les triades de phosphore. Ce phénomène est d'autant plus visible que la distance œil-écran est courte. Il peut diminuer la performance de l'opérateur.

Écrans à cristaux liquides

Les molécules des cristaux liquides peuvent se déplacer les unes par rapport aux autres assez facilement, comme celles d'un liquide. Toutefois, les molécules d'un cristal liquide ont tendance à s'orienter de la même façon, comme dans un cristal solide. Lorsqu'un faible champ électrique est appliqué, le cristal change de teinte, passant d'une teinte claire à une teinte foncée. Les cristaux liquides possèdent donc la propriété d'être transparents ou opaques à la lumière suivant l'orientation de leurs molécules sous l'influence d'un champ électrique.

Autres technologies

Il existe d'autres types d'écrans plats tels que les écrans à plasma ou les écrans électroluminescents organiques (OLED).

Les écrans à plasma couleur exploitent les deux phénomènes physiques suivants : production de photons ultraviolets par une décharge

électrique dans un gaz et production de lumière visible par des matériaux photoluminescents excités par ces photons. Ces écrans possèdent un très grand angle de vue, une consommation proportionnelle au contenu de l'image qui permet de fortes luminances crêtes, une bonne colorimétrie. Des recherches sont menées pour obtenir la haute résolution ainsi que pour améliorer leur rendement lumineux et le rendu des mouvements. Étant donné leur possibilité d'être de grande taille, ils sont surtout proposés comme postes de télévision.

Les OLED sont des écrans autolumineux aussi fins, légers et flexibles qu'une feuille de plastique. Leur vitesse de réponse est de l'ordre de la microseconde mais ils présentent un moins bon contraste que les écrans à cristaux liquides en lumière naturelle. Ils devraient équipés les caméscopes, les appareils photo numériques et les téléphones portables.

1.2 RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES

> ***La qualité de l'image dépend en grande partie de l'interaction entre un certain nombre de facteurs : stabilité de l'image, dimensions, espace entre les caractères, contraste entre les caractères et le fond, chromaticité et surtout interférence entre cet ensemble et l'environnement lumineux.***
>
> ***Une bonne qualité de l'affichage sur un écran évite l'inconfort des opérateurs et agit favorablement sur leur performance.***
>
> ***Si la qualité de l'affichage est mauvaise, aucun ajustement de l'environnement ne pourra la compenser. Un affichage de bonne qualité se distingue par des images claires, nettes et stables ; dans ce cas, le texte affiché est lu facilement à la distance désirée.***

Selon le décret n° 91-451, l'écran doit être exempt de reflet. Il faut donc éviter les écrans et les claviers susceptibles de provoquer des réflexions et donner la préférence à des écrans ayant subi un traitement antireflet lors de leur fabrication, car il constitue une nette amélioration du confort visuel des opérateurs.

Pour les écrans cathodiques, les meilleures modalités de traitement antireflet sont :
- le dépôt par vaporisation d'une fine couche filtrante sur la surface du verre (traitement à couche mince) – pellicule très efficace pour réduire les reflets spéculaires mais sensible aux traces de doigts ;
- le traitement par décapage à l'acide du verre (surface à grain fin).

Formation et taille des caractères

Le moniteur affiche le texte et les images générées par la carte graphique (ou carte vidéo), voire par la carte-mère du système.

Les caractères sont construits à partir d'une matrice de points ou de courtes lignes. La lisibilité des différents caractères dépend du nombre de points ou de lignes de la matrice, de leur espacement, de la taille des caractères ainsi que de l'espace entre les caractères. Des caractères au graphisme voisin doivent être facilement distingués (par exemple : X et K, O et Q, S et 5). Si le nombre des points ou des lignes est réduit, l'espacement est plus large et la lisibilité mauvaise.

Le pas de masque (pitch) est l'espace (en mm) qui sépare 2 pixels contigus à l'écran. Avec les écrans cathodiques couleur, le pas de masque est la distance entre 2 points de même couleur primaire dans un groupe de luminophores. Plus ce pas est petit, meilleure est la qualité de l'image. Pour les écrans cathodiques de 15 à 17 pouces, il ne devrait pas excéder 0,28 mm.

En ce qui concerne les caractères, plus leur matrice est élevée, mieux ces caractères sont dessinés. Pour les tâches qui nécessitent une lecture continue, cette matrice doit être d'au moins 7 x 9[4] (ISO 9241-3) [1].

(4) Une matrice de 7 x 9 signifie qu'un caractère est constitué de 9 points en hauteur et 7 points en largeur.

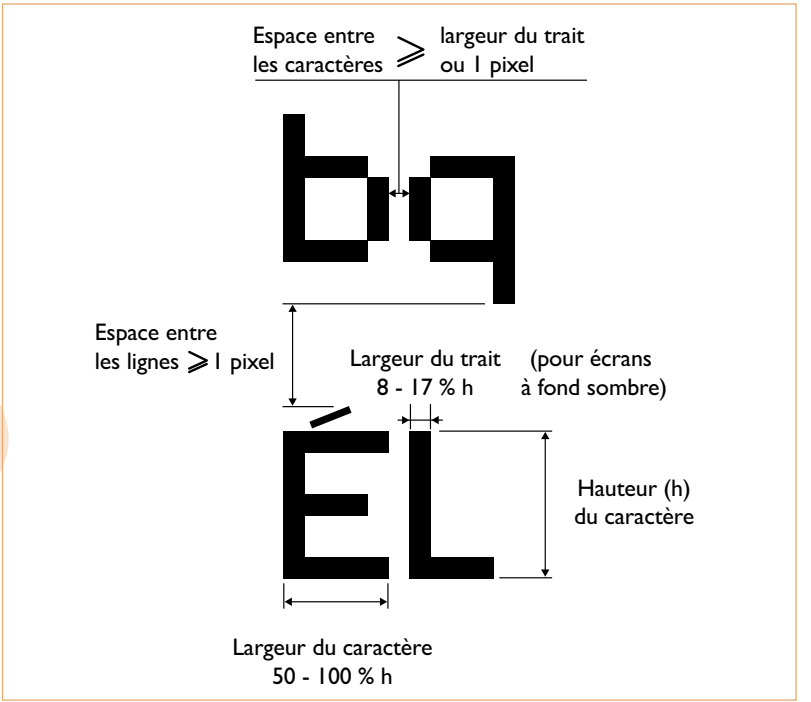


Fig. 3. Dimensions recommandées des caractères et de l'espace entre les lignes *(d'après la norme ISO 9241-3)*

La *figure 3* donne des recommandations portant sur les dimensions des caractères et l'espace entre les caractères et les lignes. Pour les écrans à fond clair, l'épaisseur des traits doit être plus importante que sur les écrans à fond sombre.

Avec certaines cartes graphiques dites « haute résolution », le nombre maximal de pixels pouvant être allumés sur l'écran dépasse le million. Or, l'augmentation de la résolution diminue la taille des caractères affichés. Ceux-ci peuvent alors devenir illisibles si la taille de l'écran est trop réduite. Il existe donc une taille d'écran appropriée à la résolution utilisée. Les résolutions les plus courantes sont 640 x 480 pour un écran cathodique de 14 pouces, 800 x 600 pour un écran cathodique de 15 pouces, 1024 x 768 pour un écran cathodique de 17 pouces et 1280 x 1024 pour un écran cathodique d'au moins 19 pouces.

La dimension des caractères lisibles sans difficulté est fonction de la distance œil-écran, le paramètre fondamental étant l'angle visuel sous

lequel les caractères sont perçus en vision fovéale *(figure 4)*. Par exemple, pour une hauteur de caractère de 3 mm, la distance optimale est d'environ 50 cm ; pour 4 mm, elle est d'environ 65 cm. Il est important de préciser que les caractères, présentés sur écran et lus à une distance de 60 cm, peuvent être saisis avec une acuité visuelle de 3/10 ou de 4/10. La charge visuelle imposée par la lecture sur écran n'est donc pas uniquement un problème de dimension.

Pour une image, la distance optimale œil-écran est 4,5 fois la diagonale de cette image.

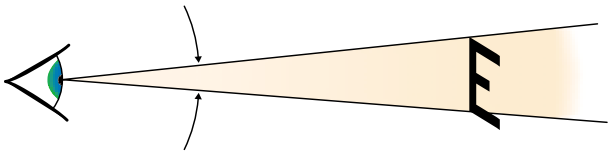


Fig. 4. L'angle visuel sous lequel sont perçus les caractères détermine leur taille (entre 16′ et 22′ d'arc)

Contraste

Une fois la taille des caractères fixée, leur lisibilité est largement déterminée par le contraste avec le fond.

Le contraste des caractères sur un écran est conventionnellement exprimé comme un rapport entre la luminance du caractère et la luminance du fond ou inversement, selon la polarité d'affichage.

En **contraste négatif**, la luminance du caractère nécessaire pour avoir un contraste adéquat dépend de la luminance du fond, et cette luminance du fond dépend des propriétés réfléchissantes de l'écran et de l'environnement lumineux dans lequel est situé l'écran. Les rapports compris entre 3/1 et 14/1 donnent les meilleures mesures de performance et ont la préférence des opérateurs (les rapports optimaux se situent entre 5/1 et 10/1). Avec cette polarité d'affichage, il est préférable que la luminance du fond soit de 5 à 10 $cd.m^{-2}$.

Cette polarité est à privilégier pour lire un affichage à plus de 1,5 m de distance ainsi que pour les opérateurs ayant une acuité visuelle anormalement faible car ils voient mieux des caractères clairs sur fond sombre que des caractères sombres sur fond clair.

En **contraste positif**, le contraste est moindre entre les images réfléchies et le fond de l'écran. Par rapport aux écrans en contraste négatif, les écrans en contraste positif présentent les avantages suivants :
- le diamètre pupillaire est plus petit afin d'éviter l'éblouissement ; en conséquence, la profondeur de champ est accrue ce qui facilite l'accommodation,
- la vision est photopique, ce qui réduit le risque d'éblouissement,
- l'équilibre des luminances est préservé à l'intérieur de la tâche visuelle (en particulier entre l'écran et les documents),
- les reflets sont moins visibles,
- la fatigue visuelle est moindre,
- l'éclairement du plan de travail peut être proche de celui employé pour un travail de bureau.

> ***L'opérateur doit avoir la possibilité de contrôler et d'ajuster lui-même la luminance des caractères et/ou du fond.***
>
> ***Les affichages à fond clair sont à privilégier. Avec de tels affichages, il est recommandé, pour le clavier, d'utiliser des caractères sombres sur fond clair (ISO 9241-4) [1] ; le carter du moniteur devrait être également de couleur claire.***
> ***Lors d'un changement d'affichage de fond sombre à fond clair, il faut s'assurer que les caractères restent bien contrastés. Par ailleurs, il faut éviter d'afficher un fond blanc et un fond noir simultanément sur une même page d'écran.***

Couleur

La couleur peut améliorer la perception et le traitement de l'information visuelle et avoir un effet positif sur la performance et la satisfaction de l'opérateur. Elle est parfois utilisée de manière excessive et inappropriée.

La couleur des caractères apparaissant sur les écrans est le résultat de l'intégration par l'œil des diverses longueurs d'onde générées par les phosphores. Le système optique de l'œil diffracte de manière différente la lumière selon sa couleur. Ainsi, le vert-jaune d'une image est focalisé exactement sur la rétine ; la projection d'une lumière bleue se fait devant la rétine et celle d'une couleur rouge, derrière. La couleur des caractères peut donc contribuer à une bonne focalisation de l'image sur la rétine. Les défauts de la vision des couleurs peuvent entraîner d'importantes erreurs si la couleur est utilisée comme codage.

Sur fond sombre, les couleurs verte, jaune, orange, blanche et cyan (bleu-vert) sont à privilégier pour l'affichage des caractères alphanumériques. Sur fond clair, le rouge et le bleu sont bien contrastés mais le bleu est à éviter pour les détails fins (caractères à petite police, curseurs, etc.) car la fovéa est peu sensible à cette couleur. De plus, la transparence du cristallin est particulièrement réduite avec cette couleur chez les personnes âgées. L'affichage simultané des couleurs bleue et rouge engendre un effet de relief (effet chromostéréoscopique) surtout lorsque ces couleurs sont saturées. Les recommandations de la norme ISO 9241-8 [1] concernant l'emploi de ces 2 couleurs pour du texte, des caractères alphanumériques et des symboles à des fins de lecture sont illustrées par la *figure 5*. Par ailleurs, il est à signaler qu'un fond gris permet d'identifier un maximum de couleurs. Enfin, le choix des couleurs devrait également tenir compte de l'éclairage, si celui-ci n'est pas modulable, ainsi que de la distance œil-écran.

Fig. 5. Recommandations concernant les couleurs situées aux extrêmes du spectre selon la norme ISO 9241-8

En général, le nombre de couleurs utilisées devrait être limité (par exemple, trois au maximum pour le traitement de texte, en plus de la couleur du fond) pour la plupart des tâches du secteur tertiaire. Si l'opérateur doit se rappeler la signification d'une couleur ou s'il est nécessaire d'effectuer des recherches visuelles rapides basées sur la distinction des couleurs, ce nombre ne devrait pas excéder 6 ; pour une identification précise, pas plus de 11 couleurs (ISO 9241–8) [1].

Organisation de l'information affichée

Un affichage très dense conduit à des confusions, augmente le taux d'erreurs et accroît le temps nécessaire pour localiser une information sur l'écran.

Le format est le mode de présentation et de structuration des informations. Il peut être aussi important que le contenu. En effet, même des données pertinentes peuvent accroître la charge mentale si elles ne sont pas présentées sous une forme utilisable. Selon le type de tâche, un format peut se révéler adéquat ou non.

En ce qui concerne la disposition de l'information, les mêmes données doivent apparaître aux mêmes endroits sur l'écran. Pour la saisie de données, il faudrait que les informations soient affichées avec la même disposition que sur le document source.

La surbrillance peut être employée pour orienter la perception vers une zone contenant un message devant être lu en priorité.

L'inversion vidéo devrait être réservée aux surfaces de petites dimensions dont l'apparition est éphémère.

Le clignotement devrait être réservé à des zones peu étendues et périphériques, ainsi qu'aux erreurs, anomalies ou situations nécessitant une intervention rapide.

La présentation des données peut être effectuée sous la forme de multifenêtre qui permettent la visualisation simultanée de plusieurs opérations. Les opérateurs novices sont plus performants avec une seule fenêtre qu'avec un multifenêtrage.

Il est recommandé de limiter le nombre de fenêtres à trois ou quatre sur un même écran. Si la tâche présente un caractère régulier, les informations peuvent être logées dans des fenêtres préformatées, sans recouvrement.

Dialogue homme/ordinateur

Le logiciel doit répondre à un certain nombre de critères ergonomiques et pour cela il doit :

- être adapté à l'utilisateur. Ainsi, un guidage pas à pas est nécessaire pour le néophyte mais il est contraignant pour l'informaticien. Pour son dialogue avec l'ordinateur, l'opérateur devrait pouvoir utiliser le vocabulaire qu'il emploie dans sa tâche ;
- être adapté à la tâche. Par exemple, les données les plus fréquemment utilisées peuvent être regroupées sur une même page d'écran ; une vue d'ensemble du processus peut être affichée ;
- reposer sur un langage cohérent. Une syntaxe identique devrait régir les divers programmes d'un même dialogue ;
- être convivial. L'opérateur doit avoir la possibilité d'interrompre à tout moment une tâche pour en exécuter une autre, puis retourner au point d'interruption de la première. Le logiciel doit empêcher les fausses manœuvres. En cas d'attente, un message devrait signaler que la procédure se déroule normalement ;
- fournir des aides à l'utilisateur. L'opérateur doit pouvoir faire appel à une assistance du logiciel en cas de difficulté. Les messages d'erreurs doivent être explicites et, si possible, décrire clairement la cause de l'erreur.

1.3 RECOMMANDATIONS SPÉCIFIQUES AUX ÉCRANS CATHODIQUES

Exigence de conception

Selon la norme ISO 9241-8 [1], pour les écrans des tubes à rayons cathodiques polychromes à masque perforé, le défaut de convergence en tout point de l'écran ne doit pas excéder 3,4' d'arc ; il est préférable qu'il soit inférieur à 2,3' d'arc.

Stabilité de l'image

Afin de garder l'image visible sur l'écran, les caractères doivent être constamment régénérés ou rafraîchis.
Le papillotement de l'image est un effet de scintillement dû à la fréquence d'excitation du phosphore du tube cathodique. Non seulement cet effet distrait l'attention des opérateurs, mais il peut aussi leur imposer une contrainte visuelle.

La perception du papillotement dépend également d'autres facteurs, dont les plus importants sont le niveau de luminance, la surface et la densité de l'affichage ainsi que l'âge des opérateurs.

Pour éviter le phénomène de scintillement, la fréquence de rafraîchissement vertical (FRV) doit, au minimum, être égale à la fréquence de fusion des images. La FRV doit être d'autant plus élevée que la rémanence du phosphore est faible. Cette FRV diminue avec l'augmentation de la résolution et du nombre de couleurs. Avec une résolution de 1024 x 768, cette fréquence peut descendre à 60 Hz. Pour éviter de percevoir un papillotement de l'image, la fréquence minimale conseillée pour cette résolution est de 70 Hz. Pour des résolutions de 640 x 480 et 800 x 600, elle est de 72 Hz.

La perception d'une instabilité de l'image peut être due également à des variations de l'alimentation électrique ou à une mauvaise synchronisation du balayage.

1.4 COMPARATIF ENTRE ÉCRANS À CRISTAUX LIQUIDES ET ÉCRANS CATHODIQUES

Avec les écrans à cristaux liquides (LCD), l'image n'est pas déformée dans les coins et les défauts de convergence n'existent pas. De plus, ils sont beaucoup moins encombrants et consomment moins d'énergie que les écrans cathodiques. Ils émettent encore moins de radiations que les écrans cathodiques *(voir plus loin, chapitre 3 « Environnement physique »)*.

Qui plus est, les écrans à cristaux liquides présentent également les avantages suivants, par rapport aux écrans cathodiques :

- leur dalle est mate, donc sans reflet miroir ;
- leur affichage est sans balayage, donc très stable ;
- leur dégagement de chaleur est beaucoup moindre (30 à 40 watts pour les moniteurs) ;
- leur surface d'affichage est entièrement remplie ; ainsi, un écran LCD de 15 pouces a la même surface d'affichage qu'un écran cathodique de 17 pouces et cette équivalence est valable pour les tailles supérieures ;
- leur durée de vie est double.

Enfin, l'affichage des écrans LCD les plus récents est autant lisible de biais que celui d'un écran cathodique, ce qui n'était pas le cas autrefois. Actuellement, la technologie dominante est celle des écrans à matrice active qui utilise un réseau de transistors en couche mince (*Thin Film Transistor* – TFT). Chaque pixel est commandé par un transistor. Cette technologie intensifie les couleurs et assure un fort contraste.

2. Espace de travail

2.1 POSTE DE TRAVAIL

Principes de base

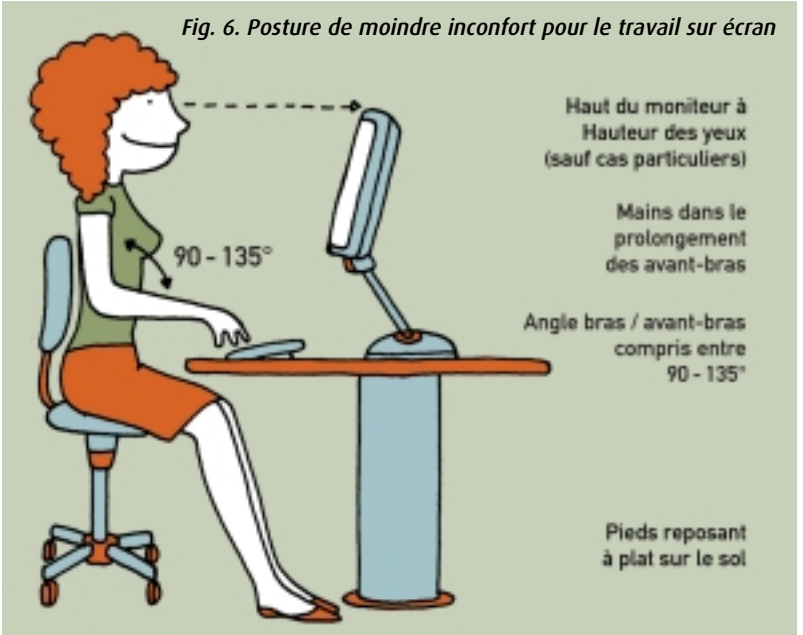
Selon la norme ISO 9241-5 [1], il convient de s'assurer que l'aménagement du lieu de travail, la tâche et le mobilier encouragent l'utilisateur à changer volontairement de posture. La tendance actuelle est aux recommandations souples avec possibilité d'ajustement individuel.

Un poste de travail réglable peut contribuer, dans une large mesure, à l'adoption de postures confortables et appropriées. Le mobilier modulaire permet de répondre à l'ensemble des impératifs portant sur l'aménagement. Concernant le matériel informatique, les tours verticales sont à privilégier.

La consultation et la participation des usagers en matière de choix du mobilier et d'aménagement du poste de travail donnent des résultats satisfaisants.

Posture de moindre inconfort *(figure 6)*

Fig. 6. Posture de moindre inconfort pour le travail sur écran



La posture idéale n'existe pas. En revanche, il existe une posture de moindre inconfort dont les caractéristiques sont les suivantes :
- la hauteur optimale du centre de l'écran doit correspondre à une direction du regard inclinée de 10 à 20° au-dessous du plan horizontal passant à la hauteur des yeux (sauf exception, *voir ci-après § « Écran »*) ;
- l'angle bras/avant-bras doit être compris entre 90 et 135° ;
- les mains doivent être situées dans le prolongement des avant-bras ;
- les pieds reposent de préférence à plat sur le sol mais un repose-pied est parfois indispensable, notamment pour les opérateurs de petite taille.

Siège

Pour une position assise confortable, il convient de respecter une certaine distance entre la paume de la main et le dessous des cuisses. Le niveau optimal se situe entre 20 et 26 cm pour un sujet assis.

Afin de permettre le maniement confortable des périphériques d'entrée, la hauteur de l'assise mesurée au point A doit être réglable. Selon la norme NF EN 1335-1 [3] pour les sièges de travail de bureau, la plage de réglage préconisée est 42-51 cm ; la profondeur minimale du plateau d'assise est de 38 cm.

> ***La hauteur idéale de l'assise est déterminée en posant les pieds à plat sur le sol avec les cuisses horizontales.***

La facilité de réglage est un argument important dans le choix des sièges. Les dispositifs de réglage doivent pouvoir être actionnés depuis la position assise (NF EN 1335–2) [4]. Le bord antérieur de l'assise doit être galbé vers le bas, pour éviter la compression de la partie postérieure du genou.

Selon la norme ISO 9241-5 [1], il convient que le dossier maintienne le dos de l'utilisateur dans toutes les positions assises. Un dossier d'une hauteur d'environ 50 cm est nécessaire pour le soutien des omoplates lorsque le travail sur écran est majoritaire. La hauteur et l'angle d'inclinaison du dossier doivent pouvoir être réglés. Un dossier mobile permet de bouger tout en restant assis.

Si le siège est équipé d'accoudoirs, il est utile que ces derniers soient réglables en hauteur ou escamotables, notamment lorsque le plan de travail est arrondi, pour ne pas être gêné lors de rotations du siège.

Un piètement à cinq branches est indispensable pour obtenir une parfaite stabilité. Des roulettes sont nécessaires si la tâche exige une bonne mobilité.

Enfin, le revêtement du siège doit être en tissu rugueux et souple.

> ***Il faut informer l'opérateur sur les possibilités de réglage de son siège.***

Repose-pied

Les personnes de petite taille ne peuvent obtenir une position correcte des jambes – surtout lorsque la table est de hauteur fixe – qu'à l'aide d'un repose-pied. Selon le décret n° 91-451, il sera mis à la disposition des travailleurs qui en font la demande.

Les cuisses doivent être horizontales et l'angle cuisse-jambe doit être droit ou légèrement obtus.

Le repose-pied doit être assez large (minimum 40 cm), réglable en hauteur (4-15 cm) et incliné de 10° (ou réglable de 0 à 15°). La surface d'appui doit être antidérapante.

Écran

L'écran doit être orientable et inclinable facilement pour s'adapter aux besoins de l'utilisateur (décret n° 91-451). C'est une des raisons essentielles pour lesquelles il faut déconseiller l'utilisation prolongée d'écrans fixés au poste de travail ou intégrés directement au clavier, comme sur la majorité des micro-ordinateurs portables actuels.

Pour l'opérateur porteur de verres à doubles foyers ou de verres progressifs, dont la zone dédiée à la vision intermédiaire n'est pas suffisamment basse, l'écran devrait être semi-encastré dans la table ou, à défaut, le moniteur devrait être posé sur la table.

Par ailleurs, si le moniteur est installé sur un bras pivotant, la hauteur de la première ligne sur l'écran ne doit pas être supérieure à la hauteur de l'œil et, pour son utilisation, le clavier doit être placé sur le plan de travail (ISO 9241-5) [1].

Lorsque l'écran est situé trop bas par rapport à l'axe horizontal du regard, un rehausseur d'écran peut être installé sous le moniteur. De même, pour une utilisation prolongée d'un micro-ordinateur portable dans un bureau, il convient de le placer sur un support incliné afin de remonter l'écran, sauf si l'opérateur porte des verres progressifs comme ceux mentionnés ci-dessus, et de connecter un clavier traditionnel sur ce portable pour que la distance œil-écran soit d'au moins 50 cm.

Plan de travail

Pour les travaux sur écran en continu, une table réglable permettant d'ajuster indépendamment la hauteur des périphériques d'entrée et celle de l'écran convient bien, car elle permet à l'opérateur de tenir les avant-bras et la tête dans une position qui réduit la fatigue posturale. Pour les personnes qui se déplacent en fauteuil roulant, il est nécessaire de disposer d'un mobilier réglable en hauteur.

L'espace libre, disponible sous le support écran-périphériques d'entrée, sera d'au moins 70 cm de profondeur au niveau des pieds.

Le niveau de la rangée des touches proximales doit tenir compte de la hauteur du support clavier et de l'épaisseur du clavier. Si le support clavier est réglable en hauteur, ce niveau devrait pouvoir varier entre 65 et 74 cm. Si le support clavier est fixe, le niveau devrait être de 73 cm ± 1 cm.

La profondeur du support écran-périphériques d'entrée doit être au moins de 80 cm. Avec des écrans cathodiques de 19 ou 21 pouces, elle doit être au moins de 110 cm.

Il convient que les surfaces de travail ne présentent ni arête vive, ni angle saillant (ISO 9241-5) [1].

Périphériques d'entrée

Parmi les nombreux périphériques d'entrée, le clavier et la souris sont les plus utilisés.

> ***Le clavier doit être mobile et séparé de l'écran, cela permettant de régler la distance de lecture en fonction du confort visuel et de l'usage optimal du plan de travail.***

Avec le **clavier**, la hauteur recommandée pour la rangée de touches sur laquelle reviennent généralement les doigts en cours de frappe n'est pas supérieure à 30 mm (ISO 9241-4) [1]. Les claviers actuels satisfont cette condition puisque leur épaisseur est inférieure à 4 cm au niveau de la rangée moyenne des touches. Un clavier mince évite également de diminuer la hauteur de la table, en permettant de garder une position confortable des mains et des bras pendant la frappe.

L'inclinaison recommandée du clavier est comprise entre 5 et 12° par rapport à l'horizontale (ISO 9241-4) [1]. Il est préférable que les pieds (côté moniteur) du clavier soient repliés car leur dépliage accentue l'extension du poignet lors de l'appui de celui-ci.

Les recommandations les plus usuelles concernant les touches sont les suivantes :
- force nécessaire pour enfoncer une touche : 0,5 à 0,8 N ;
- course d'une touche lors de son enfoncement : 2-4 mm ;
- taille d'une touche carrée : 12 à 15 mm ;
- distance de centre à centre de touches alphanumériques « voisines » : 18 à 20 mm ;
- touches mates, avec caractères sombres sur fond clair ;
- l'activation d'une touche doit s'accompagner d'une réaction tactile ou audible ou des deux.

Selon le décret n° 91-451, l'espace devant le clavier doit être suffisant pour permettre un appui pour les mains et les avant-bras de l'utilisateur. La norme ISO 9241-5 [1], recommande un espace d'au moins 10 cm sur la surface d'appui située immédiatement devant le périphérique d'entrée.

> ***En ce qui concerne la posture de frappe au clavier, il est recommandé de taper légèrement et de ne pas appuyer continuellement les poignets sur la table pendant la frappe. En revanche, ceux-ci et les avant-bras peuvent être reposés de temps à autre sur la surface comprise entre le bord de la table et la barre d'espacement du clavier pour soulager les épaules.***

Il existe d'autres types de claviers que le clavier standard comme, par exemple, les **claviers éclatés**. Ces claviers sont fractionnés en deux parties qui assignent à chaque main un groupe de touches. Par rapport aux claviers traditionnels, les claviers éclatés atténuent la gêne au niveau des poignets parce qu'ils réduisent la déviation cubitale. Toutefois, ils entraînent une augmentation de la charge musculaire de l'épaule et éloignent la souris de l'opérateur car ils sont plus longs que les claviers traditionnels.

L'emploi de la **souris** s'intensifie et devient un périphérique d'entrée indispensable. Ainsi, la souris peut être employée pendant plus des trois quarts du temps de travail en conception assistée par ordinateur (CAO). Son utilisation nécessite un certain espace sur le plan de travail. Il convient de concevoir la souris de façon à ce que, en cours d'utilisation, les doigts atteignent et activent les boutons sans déviation excessive par rapport à la posture neutre (ISO 9241-9) [1]. La taille de la souris doit être adaptée à celle de la main.

> ***La souris doit être placée à côté du clavier, aussi près que possible.***

La souris doit se situer dans le prolongement de l'épaule et être manipulée avec l'avant-bras appuyé sur la table.

Pour les **boules roulantes** non intégrées au clavier, il faut privilégier celles dont la boule est centrée sur le boîtier afin de pouvoir l'activer avec le majeur, l'index et l'annulaire.

Il est à signaler que bon nombre de nouveaux périphériques d'entrée tels que les claviers à accord, le *track point*[5] ou la surface sensitive, censés réduire les TMS notamment du poignet, ont été insuffisamment évalués sur le plan des risques.

(5) Dispositif de la taille de la gomme qui équipe certains portemines.

Périphériques d'entrée pour handicapés

De nombreux périphériques d'entrée sont proposés aux opérateurs présentant un handicap. Ainsi, pour les malvoyants, des logiciels permettent d'agrandir les textes et les graphiques et les non-voyants peuvent utiliser des terminaux braille. Pour les opérateurs handicapés moteur, la souris peut être difficile à utiliser ; en revanche, il existe pour eux un large choix de claviers, comme par exemple à une main.

Repose-paume

Avec les claviers minces, de même qu'avec l'emploi de la souris, l'utilisation d'un repose-paume n'a aucune justification. En effet, cet appui, comme sur la table, bloque le poignet et empêche la main d'accompagner le mouvement des doigts.

Documents papier

Les documents doivent être placés sur un support à proximité de l'écran : soit à gauche ou à droite de celui-ci, soit entre le clavier et l'écran à la base de ce dernier, selon le choix de l'opérateur et le matériel informatique utilisé. Selon le décret n° 91-451, ce support doit être stable et réglable.

Les distances œil-écran et œil-document ne doivent pas différer entre elles de plus de 25 %, sinon l'accommodation est trop sollicitée lorsque le regard passe de l'une de ces plages à l'autre.

2.2 LOCAL

L'opérateur doit avoir assez d'espace pour bouger et se déplacer ainsi que pour entreposer ses affaires. La communication avec les collègues de travail doit être facilitée.

Selon la norme NF X 35-102 [2] sur la conception des espaces de travail en bureaux, la surface minimale recommandée est de 10 m^2 par personne, que le bureau soit individuel ou collectif. Si l'activité principale des occupants d'un bureau collectif est fondée sur des communications verbales, il est nécessaire de prévoir au moins 15 m^2 par personne pour limiter les interférences entre locuteurs, sauf s'il s'agit de communications entre les occupants eux-mêmes.

> ***Il faut éviter les locaux vastes, les bureaux paysagers qui engendrent des difficultés en matière d'éclairage, de bruit, mais aussi des problèmes psychologiques.***

Une personne qui se trouve dans un bureau dont l'espace est complètement ouvert, tout en appréciant l'accès à chaque aspect de l'activité du bureau, aura tendance à sentir une dépersonnalisation, un manque de sécurité et de protection. Des systèmes modulaires, des panneaux mobiles qui peuvent être réunis pour former des modules à côtés multiples, sont susceptibles d'améliorer la situation en ce qui concerne le bruit et l'éclairage ; ils permettent une meilleure définition du territoire, une intimité acceptable, ainsi qu'une participation et un accès permanent à l'activité collective. Quant aux locaux aveugles, ils sont déconseillés pour le travail sur écran en continu.

Pour plus d'informations sur l'aménagement des bureaux, le lecteur peut consulter la fiche pratique de sécurité ED 23[6] éditée par l'INRS.

(6) *L'aménagement des bureaux. Principales données ergonomiques.* Paris, INRS, coll. Fiches pratiques de sécurité, ED 23.

Implantation

Lorsque le travail informatisé est majoritaire, il est déconseillé d'avoir le moniteur en butée contre un mur car il est alors impossible de repasser en vision de loin dans le champ visuel de travail dès que l'on quitte l'écran des yeux. Par ailleurs, il est à signaler qu'un opérateur peut être gêné lorsqu'il est placé dos à une porte.

Câblage

Les câbles doivent être de longueur suffisante pour s'adapter aux besoins réels et prévisibles de l'utilisateur, compte tenu des réaménagements possibles des locaux. Il convient également que les raccordements soient fixés de manière à ne présenter aucun risque lorsqu'ils passent sur les plans de travail ou sur le sol et de les faire passer dans des gaines orientées à l'horizontale ou à la verticale jusqu'au point où ils sont nécessaires (ISO 9241-5) [1].

3. Environnement physique

3.1 RAYONNEMENT ÉLÉCTROMAGNÉTIQUE DES ÉCRANS

Sont concernés principalement les écrans à tubes cathodiques qui émettent, outre des radiations visibles, des rayons X, des ultraviolets, de l'infrarouge et possèdent des champs électrique, magnétique et électrostatique. L'emplacement de ces radiations dans le spectre des fréquences des ondes électromagnétiques est présenté *figure 7*.

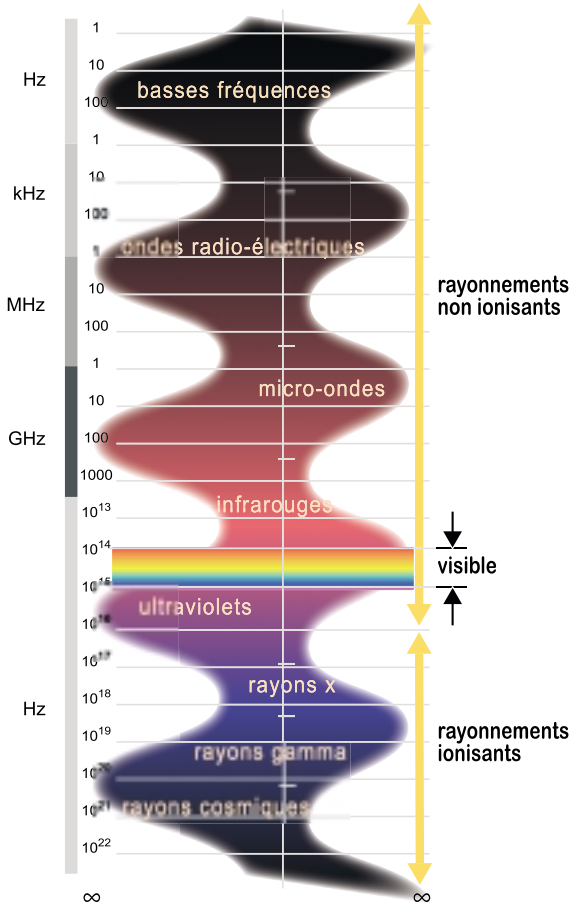


Fig. 7. Le spectre des fréquences des ondes électromagnétiques
(source : www.inrs.fr-dossier : nuisances physiques au travail)

Radiations ionisantes

Les radiations X des écrans cathodiques sont émises en très faible quantité. En ce qui concerne ces radiations, le débit d'équivalent de dose des tubes cathodiques ne doit pas être supérieur à 1 microsievert par heure (0,1 millirem par heure) à 10 cm de tout point accessible de leur surface (décret n° 86-1103, oct. 1986). Ces radiations sont interceptées par le blindage interne. Diverses enquêtes, effectuées indépendamment les unes des autres, ont révélé que le rayonnement n'était presque plus mesurable à la surface de l'écran. Des recherches de laboratoire et de terrain ont été effectuées dans des conditions d'utilisation dégradées avec augmentation du potentiel d'émission (survoltage, contraste maximal, niveau élevé de luminance, etc.). Ces études concluent que, même dans ces conditions, le niveau des radiations émises est bien inférieur aux limites maximales d'exposition admises par les normes de sécurité. Enfin, plusieurs enquêtes sur le terrain n'ont pas permis de distinguer les émissions de radiations X de l'écran cathodique de celles présentes naturellement dans l'environnement.

Les écrans à cristaux liquides n'émettent pas de rayons X.

Radiations optiques

Les niveaux des rayonnements ultraviolets (UV) et infrarouges des écrans cathodiques ont été également difficilement distingués des niveaux émis par l'environnement. Les émissions UV des écrans cathodiques sont plus faibles que celles des luminaires à tubes fluorescents. Elles sont si faibles qu'il faudrait demeurer plus de 650 ans devant l'écran pour présenter une cataracte ! En ce qui concerne l'exposition, un mois de travail à temps plein sur écran équivaut à rester une minute au soleil. Il n'y a donc pas non plus de risque dans cette bande du spectre électromagnétique.

Radiations et champs hertziens

Ces rayonnements se situent dans la partie la plus basse du spectre électromagnétique. Ils concernent notamment les très basses fréquences (3-30 KHz) et les extrêmes basses fréquences (30-300 Hz).

Pour les écrans cathodiques, leurs champs électrique et magnétique sont dus respectivement aux circuits électriques du système de déviation horizontal et vertical du faisceau d'électrons et aux bobines magnétiques qui canalisent ce faisceau. Il est à signaler qu'à intensité égale, le champ électrique est plus étendu derrière le moniteur et du côté de son transformateur, que devant. Des campagnes de mesures [14] ainsi qu'une étude effectuée par l'INRS [6] ont montré que les niveaux de ces rayonnements sont inférieurs aux valeurs limites d'exposition définies par l'ACGIH (American conference of govermental industrial hygienists) et l'IRPA (International radiation protection association) *(voir circulaire DRT n° 91-18 en annexe 1)*.

Des expérimentations animales ont montré des effets du champ magnétique d'extrêmes basses fréquences sur des embryons de souris ou de poulet mais la réplication de ces expériences n'a pas confirmé ces résultats. Par ailleurs, des effets de ce champ ont été constatés sur la membrane cellulaire mais il s'agit d'actions transitoires sans « trouble clinique » et il n'est pas possible de transposer ces résultats, obtenus sur des cellules, à l'homme. Enfin, aucune enquête épidémiologique (environ une vingtaine à ce jour) n'a démontré que les radiations émises dans les champs hertziens par les écrans cathodiques augmentaient le risque d'avortement spontané ou de malformations congénitales.

Pour les écrans à cristaux liquides, leur champ magnétique de basse fréquence présente une induction nettement inférieure à celle des écrans cathodiques.

Champ électrostatique

Selon certains auteurs, le champ électrostatique des écrans cathodiques serait responsable des affections dermatologiques (érythème facial, éruptions, dermatites de contact, etc.) survenues chez quelques opérateurs. Cependant, aucune relation causale n'a pu être établie entre les valeurs généralement très faibles des champs électrostatiques des écrans et les affections cutanées. Pour que celles-ci apparaissent, trois facteurs non spécifiques au travail informatisé sont nécessaires : un faible taux d'humidité dans l'air, qui favorise une accumulation de charges électrostatiques sur l'opérateur, la présence de polluants dans l'air (par exemple, fumée de cigarettes) et la sensibilité individuelle de cet opérateur. Le stress est également susceptible d'être à l'origine de certaines manifestations cutanées.

Le respect d'un taux d'humidité supérieur à 40 % est donc très important. Cela est parfois difficile à réaliser car la climatisation a souvent pour effet de produire un air sec (humidité relative < 30 %). Le revêtement des surfaces ne doit pas entraîner de stockage d'électricité statique dans le corps. À cet effet, on peut poser des revêtements de sol antistatiques.

Vieillissement des écrans

Le vieillissement des tubes cathodiques peut nécessiter l'augmentation des niveaux de réglage de luminance des caractères. Toutefois, dans ce cas, le taux d'émission des radiations non visibles n'augmente pas.

> ***En conclusion, dans l'état actuel des connaissances, les rayonnements émis par les écrans cathodiques ne sont pas considérés comme dangereux pour la santé [14]. De plus, les fabricants d'écrans informatiques s'alignent depuis plus de 10 ans sur des normes sévères comme les standards suédois MPR2, TCO92, TCO95 puis TCO99. Celles-ci définissent des niveaux de rayonnements électromagnétiques nettement inférieurs à ceux des standards internationaux retenus par la réglementation. Quant aux écrans à cristaux liquides, dont le nombre augmente rapidement dans les bureaux, ils émettent encore moins de radiations que les écrans cathodiques.***

3.2 AMBIANCE LUMINEUSE

Les données présentées dans les chapitres précédents permettent de mettre en évidence quelques principes qui doivent être respectés lors de l'aménagement des postes de travail utilisant des écrans de visualisation :

- ***Assurer des éclairements et des rapports de luminance tant sur l'écran qu'entre les différentes zones de l'espace visuel (tâche, parois latérales, plafonds, sol, prises de jour, luminaires), qui permettent une performance visuelle satisfaisante et une adaptation aux caractéristiques de la tâche et des opérateurs.***

- ***Implanter le poste de manière à se soustraire aux reflets de l'écran.***

- ***Veiller à l'harmonie des couleurs, élément important de l'ambiance, à la composition spectrale de la lumière et s'assurer que les couleurs des surfaces ne nuisent pas à la qualité de la perception et à l'agrément du local.***

Éclairement du local

Les éclairements relativement élevés requis par les activités de bureau ne conviennent pas au travail sur écran en contraste négatif. En effet, la lumière ambiante augmente alors la luminance du fond de l'écran, diminue les contrastes et, au final, réduit sensiblement la visibilité. En outre, elle entraîne un déséquilibre des luminances qui peut nuire au confort des opérateurs. Avec les écrans en contraste positif, c'est plutôt un éclairement insuffisant qui s'avérera gênant pour l'opérateur car le fond lumineux de l'écran lui paraîtra alors trop éblouissant.

Par ailleurs, l'éclairage du local doit tenir compte du fait que l'opérateur utilise non seulement l'écran, mais qu'il trouve dans des documents de différentes natures l'information dont il a besoin pour travailler sur l'écran. Il doit pouvoir lire aisément ces documents, au même titre que le texte affiché sur l'écran. L'obtention d'un éclairement optimal sur les documents et le clavier est indispensable car des éclairements trop faibles ou trop élevés sont préjudiciables.

Le dispositif d'éclairage doit donc permettre de conserver un bon contraste, tout en fournissant un éclairement horizontal correct. Ainsi, l'éclairage général des locaux doit assurer un éclairement homogène des plans de travail de l'ordre de 200 à 300 lux[7] pour les écrans à fond sombre et de 300 à 500 lux pour les écrans à fond clair. Ces éclairements sont considérés comme un compromis acceptable, tant sur le plan de la performance que sur celui du confort. Avec l'emploi d'écrans polychromes, l'éclairement du plan de travail est fonction du fond d'écran utilisé.

Étant donné les éclairements mis en jeu, il faudrait éviter de placer les écrans dans des locaux à surface vitrée très importante. La surface vitrée doit être inférieure ou égale à 25 % de la surface du sol.

Éclairage naturel

Pour limiter les reflets sur l'écran et le déséquilibre des luminances, il serait souhaitable d'éloigner au maximum les écrans des **prises de jour**. Selon la circulaire DRT n° 91-18, il faut s'abstenir de placer les postes à écrans à proximité immédiate des fenêtres, notamment face ou dos à ces dernières, lorsqu'elles ne sont pas suffisamment voilées par des stores, des rideaux ou, le cas échéant, des cloisons mobiles. D'une manière générale, il est recommandé de placer l'écran perpendiculairement aux fenêtres, afin que la direction moyenne du regard soit parallèle aux prises de jour.

Les **stores** sont évidemment indispensables si, au cours de la journée, l'opérateur a directement la lumière du soleil dans les yeux ou sur son écran. Certains éclairagistes donnent la préférence aux stores à lamelles horizontales, réglables en fonction de la luminosité extérieure. Lorsqu'elles sont orientées obliquement vers le haut, elles permettent de renvoyer une partie de la lumière sur le plafond qui la diffuse dans le local. Lorsqu'ils sont à moitié descendus, ces stores permettent également de voir à l'extérieur sans être trop éblouis. Il est préférable de les placer à l'intérieur, afin d'éviter les réflexions parasites dues à la surface des vitrages, mais cela peut parfois accroître fortement la

(7) Si l'opérateur effectue une tâche de CAO sur écran à fond sombre, l'éclairement peut être de 200 lx.

contrainte thermique. Il est à signaler que les stores en tissu maillé, ou ajourés, ne protègent pas suffisamment l'opérateur de la lumière directe du soleil.

Dans les bureaux paysagers qui comportent des surfaces vitrées très importantes, disposées sur plusieurs côtés du local, on peut installer aussi des **cloisons mobiles** d'une hauteur suffisante pour masquer les zones à forte luminance aux opérateurs. Les mobiliers présentant une partie haute permettent également de masquer les zones à forte luminance que sont les baies vitrées.

Eclairage artificiel

L'éclairage artificiel doit être conçu de façon à ne pas éblouir les opérateurs et à provoquer le moins de reflets possibles sur l'écran.

En **éclairage direct**, on doit préférer les luminaires à basse luminance (direct intensif) ayant une température de couleur comprise entre 3 000 et 5 000 K, selon la fourchette d'éclairement, et un bon indice de rendu des couleurs (supérieur à 80). Ces luminaires sont équipés de grilles de défilement qui canalisent la lumière comme l'eau sous la douche. Lorsque les lignes de vision s'écartent vers le haut du plan horizontal, comme dans le cas des guichets, il convient de prendre des précautions supplémentaires pour réduire l'éblouissement (ISO 9241-6) [1].

L'**éclairage indirect** (plus de 90 % de la lumière dirigée vers le plafond) constitue aussi un bon moyen d'obtenir à la fois une diffusion optimale et une réduction des risques d'éblouissement, à condition qu'il ne soit pas produit par des sources ponctuelles : le plafond doit réfléchir une lumière uniforme. L'éclairage indirect est jugé moins fatigant pour les yeux que l'éclairage direct, surtout lorsqu'il est associé à un éclairage localisé des documents de travail. Il est à privilégier pour les tâches de CAO, ainsi que dans les petits locaux. Cependant, l'éclairage indirect est déconseillé dans le cas des écrans présentant des reflets spéculaires et il peut être source d'éblouissement ou de reflet lorsqu'il est mural.

L'**éclairage semi-indirect** (60 à 90 % de la lumière dirigée vers le plafond) est également approprié à condition que la luminance maximale du plafond ne soit pas trop élevée (ISO 9241-6) [1].

En tout état de cause, on doit éviter les éclairages non protégés. Les sources lumineuses ne doivent pas être directement visibles dans un angle de 30° au-dessus du niveau des yeux *(figure 8)*. Pour réduire les risques d'éblouissement, les luminaires d'éclairage direct devraient être disposés parallèlement à la direction du regard de l'opérateur et de part et d'autre des postes à écran. En éclairage indirect, la lumière est dirigée vers le plafond à l'aplomb ou à proximité immédiate des postes de travail informatisés. Des commutateurs, par zone ou pour chaque source de lumière, doivent être prévus. Un support écran inclinable peut permettre d'échapper aux reflets des luminaires sur l'écran.

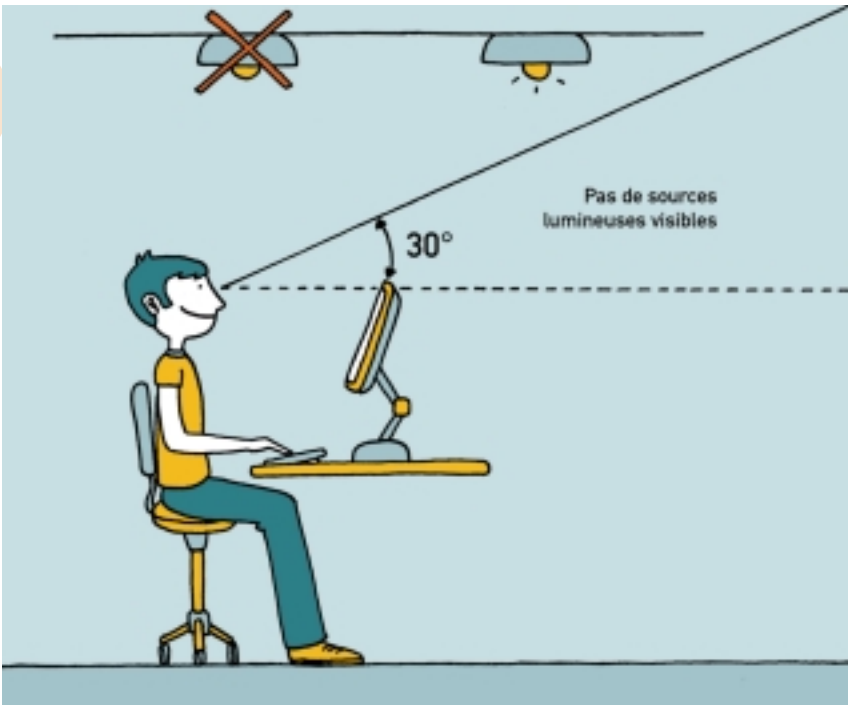


Fig. 8. Angle de défilement des sources lumineuses

Un éclairage localisé fourni par une **lampe d'appoint** est nécessaire lorsque l'éclairement des documents papier est inférieur à 200 lx, (voire à 300 lx si l'opérateur a plus de 40 ans). Il faut s'assurer que cet éclairage n'éblouit pas l'opérateur et/ou son voisin (en étant dirigé vers les yeux ou en se reflétant sur la surface de travail), et ne cible que les documents. Il est préférable d'avoir une lampe ayant un bras réglable permettant plusieurs positions. Les lampes conçues pour le travail sur écran sont équipées de tubes fluorescents, dont la puissance est d'environ 10 à 20 W.

Les lampes d'appoint, possédant un réflecteur asymétrique ou une grille de défilement, satisfont aux exigences ergonomiques du travail sur écran, car elles permettent d'éclairer uniquement les documents et de respecter un certain équilibre des luminances au niveau du poste de travail. Ces lampes sont montées sur socle ou sur étau. Certaines sont orientables dans toutes les directions.

Équilibre des luminances

Les **rapports de luminance** ne devraient pas excéder 5 à 1 entre les différentes zones de travail et 10 à 1 entre l'environnement et celles-ci. Par ailleurs, les contrastes entre les luminances des luminaires et du plafond d'une part, et celles des fenêtres et des parois d'autre part, devront être réduits le plus possible.

Le confort visuel peut être également amélioré par une recherche de couleurs d'ambiance favorisant les contrastes utiles et susceptibles de lutter contre une certaine monotonie née des luminances trop uniformes. Les luminances d'écrans, notamment à fond sombre, étant assez faibles, celles des parois devront être plus faibles que pour d'autres activités ; d'où la nécessité d'utiliser des revêtements ayant un assez faible facteur de réflexion (0,4 en éclairage direct, 0,6 en éclairage indirect). En revanche, le plafond doit être de teinte assez claire (facteur de réflexion ≥ 0,7), afin que la lumière soit diffusée uniformément dans le local.

Les plans de travail doivent avoir des **coefficients de réflexion** inférieurs à ceux des documents utilisés (entre 0,3 et 0,5). Ces valeurs permettent d'obtenir une luminance similaire entre le dessus de la table et l'écran d'affichage posé sur cette table, dont la peinture doit être mate. Le mobilier blanc, les tables vernies, les bureaux sombres recouverts d'une glace, les claviers brillants sont à éviter ; le noir, souvent rencontré, n'est pas une couleur appropriée pour la table. Un revêtement de sol ayant un facteur de réflexion d'environ 0,3 présente un certain avantage, car il peut contribuer aussi à la diffusion de la lumière.

Pour les grandes surfaces et les arrière-plans, il est recommandé de choisir des couleurs pâles à faible saturation (nuances pastel). Cependant, lorsque le travail effectué est monotone, il est recommandé de placer des objets de couleur plus vive et plus stimulante dans l'environnement (ISO 9241-6) [1].

Filtres

La qualité du traitement antireflet de nombreux écrans cathodiques, la dalle mate des écrans à cristaux liquides et l'affichage de fonds clairs sur les écrans ont rendu les filtres inutiles. Toutefois, pour des affichages n'appartenant pas à ces catégories et en présence de reflets inévitables, les filtres constituent une solution de dernier recours. Ces filtres sont à polarisation ou en verre traité.

Les filtres à polarisation doivent être placés verticalement et le haut du moniteur doit être au niveau des yeux de l'opérateur. Sinon, les filtres eux-mêmes présentent des reflets spéculaires gênants. Pour les filtres en verre traité, certains sont de bonne qualité ; d'autres, en revanche, peuvent présenter des reflets spéculaires.

Le fait qu'un filtre supprime les rayons ultraviolets et atténue le rayonnement infrarouge provenant du tube cathodique, ne présente aucun avantage car ces émissions sont très faibles *(voir chapitre 3 « Environnement physique »)*. L'élimination, par le filtre, du champ électrostatique de l'écran ne présente d'autre intérêt que celui d'empêcher la poussière de s'accumuler sur ce filtre.

3.3 AMBIANCE THERMIQUE

La production de chaleur augmente avec le nombre d'opérateurs et le nombre d'appareils et de luminaires en fonctionnement. La climatisation, fréquemment installée dans les locaux, réduit la chaleur mais crée souvent un courant d'air ressenti comme désagréable.

Les conditions de confort thermique mentionnées ci-dessous sont extraites de la norme ISO 7730 (indice de classement : X 35-203) relatives aux ambiances physiques modérées (1995).

Température et vitesse de l'air

Dans les périodes hivernales (période de chauffage) :
- la température doit être comprise entre 20 et 24 °C ;
- la différence verticale de la température de l'air entre 1,1 et 0,1 m au-dessus du sol (niveau de la tête et niveau des chevilles) ne doit pas dépasser 3 °C ;
- la vitesse moyenne de l'air ne doit pas dépasser 0,15 $m.s^{-1}$.

Dans les conditions estivales (périodes de refroidissement) :
- la température doit être comprise entre 23 et 26 °C ;
- la différence verticale de la température de l'air entre 1,1 et 0,1 m au-dessus du sol (niveau de la tête et niveau des chevilles) ne doit pas dépasser 3 °C ;
- la vitesse moyenne de l'air ne doit pas dépasser 0,25 $m.s^{-1}$;

Humidité relative

Idéalement, une humidité relative de 60 à 65 % est souhaitable ; un minimum de 40 % est requis pour éviter un dessèchement des muqueuses buccales, nasales et oculaires.

3.4 AMBIANCE SONORE

Le bruit est une source de fatigue et de stress. Il est d'autant plus gênant que la tâche effectuée demande de la concentration. La norme ISO 9241-6 [1] relative à l'environnement de travail stipule que plus la tâche effectuée est difficile et complexe, plus les effets indésirables liés au bruit, tels que la diminution des performances, la gêne et les réactions du système nerveux risquent de se manifester. À titre indicatif, un bruit devient gênant à partir de 60 dB(A) lorsque la tâche est complexe.

Niveaux de bruit

Dans les bureaux, le bruit provient du téléphone, des conversations, des imprimantes, de la ventilation des micro-ordinateurs et de la climatisation. Ainsi, les niveaux sonores suivants ont été mesurés dans un bureau paysager destiné au travail sur écran :
- téléphone : **61-62 dB(A)** au poste de travail et **74 dB(A)** à proximité de l'appareil ;
- unité centrale horizontale posée sur le bureau : **42-43 dB(A)** au poste de travail et **56 dB(A)** derrière l'unité ;
- imprimante : **57-64 dB(A)** au poste de travail et **60-66 dB(A)** derrière l'imprimante.

Moyens de prévention

Selon la norme NF X 35-102 [2] concernant la conception ergonomique des espaces de travail en bureaux, le niveau acoustique continu équivalent (hors communications) ne doit pas dépasser 50 dB(A) dans les locaux où l'activité principale consiste en communications verbales. Par ailleurs, le bruit émis par chacun des équipements, mesuré à 1 m, ne doit pas dépasser 40 dB(A). À titre indicatif, l'ancienne norme NF X 35-121 préconisait que le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A, sur une journée de travail, n'excède pas 55 dB dans un environnement de bureau où sont implantés des postes à écran.

Il existe divers moyens de prévention pour abaisser le niveau sonore :
- un plafond acoustique est très absorbant lorsque son coefficient d'absorption Sabine est proche de 1 pour les fréquences medium et

aiguës. Les murs et allèges peuvent être recouverts de moquettes ou tissu mural, dont le coefficient d'absorption Sabine est ≥ 0,3. Au sol, le bruit est atténué par de la moquette antistatique, dont le coefficient d'absorption Sabine est ≥ 0,4 ;
- les installations de ventilation ne doivent pas entraîner d'augmentation significative (> 3 dB) des niveaux sonores résultant des activités envisagées dans les bureaux ;
- les unités centrales horizontales peuvent être posées verticalement au sol lorsque le lecteur de CD-ROM n'est pas utilisé ou s'il est équipé de pattes de retenue écartées pour le CD-ROM. Ces unités centrales peuvent être maintenues par des pieds stabilisateurs ;
- les unités centrales et les imprimantes peuvent être placées dans des caissons ;
- pour les unités centrales, il existe des boîtiers insonorisés, des ventilateurs plus silencieux, des dispositifs qui régulent la vitesse de rotation des ventilateurs en fonction de la température à l'intérieur du boîtier et des disques durs insonorisés ;
- les imprimantes bruyantes peuvent être remplacées par des imprimantes laser ou à jet d'encre. Ces dernières s'avèrent particulièrement silencieuses lorsqu'elles sont en attente d'impression.

La norme ISO 9241-6 [1] indique que, lors du remplacement ou de l'achat d'équipements et de machines destinés aux bureaux, il convient de prendre en compte les données pertinentes fournies dans la description de l'équipement quant au bruit émis par ces machines et équipements.

Toutefois, si trop de bruit s'avère gênant, un faible niveau sonore peut l'être tout autant. En effet, la norme ISO 9241-6 [1] mentionne que dans un environnement « trop silencieux », même les sons faibles des conversations voisines et des équipements peuvent être source de distraction. Cette norme signale que dans le cas des bureaux à poste de travail multiples, un fond sonore peut être utile dans l'environnement de travail. Selon le guide « Le travail à l'écran de visualisation » de la Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents [15], la valeur à atteindre se situe entre 35 et 45 dB(A), le bruit de la climatisation ne devant pas présenter de pointes de fréquence discrète (sons audibles distincts).

4. Organisation du travail

L'informatique offre un tel éventail de possibilités pour concevoir des postes ou des types d'organisation du travail, que la tâche à effectuer peut être enrichie ou appauvrie selon la façon dont l'informatisation a été menée. En fait, l'informatisation d'un établissement n'est pas obligatoirement liée à des formes exclusives de division du travail et à la déqualification. La satisfaction professionnelle peut croître avec le travail demandé. A l'opposé d'une tendance à l'éclatement des processus de travail ayant pour corollaire l'émiettement et la spécialisation des tâches, il faut favoriser la décentralisation, la polyvalence et l'accentuation des formes collectives de travail. Les changements caractérisés par l'augmentation de la maîtrise du processus de travail, la diversification des tâches et l'élargissement des connaissances sont largement approuvés par les salariés. En revanche, les activités répétitives, fragmentaires, non motivantes, diminuent la satisfaction au travail.

4.1 Caractéristiques des tâches informatisées

Des enquêtes ont montré que les caractéristiques de la tâche, et non pas seulement l'utilisation en tant que telle de l'écran de visualisation, sont déterminantes des conditions de travail et de leurs effets sur les opérateurs. En effet, une structure adéquate de la tâche a autant d'importance qu'une bonne ergonomie du poste de travail. L'analyse des activités de travail est donc un préalable à toute évaluation de la charge de travail et de ses conséquences sur le bien-être des opérateurs.

Bien que les limites entre les différents types de tâches informatisées soient assez arbitraires, on peut pourtant tenter de les classifier. On estime qu'approximativement 80 % des utilisateurs d'écran travaillent dans le tertiaire et que les composantes de leurs tâches peuvent inclure :
- la saisie de données ;
- l'acquisition de données ;
- la communication interactive ou dialogue ;
- le traitement de texte.

Dans des activités qui impliquent surtout **la saisie** (l'entrée) **de données**, l'interaction avec l'ordinateur est extrêmement réduite ; elle est limitée à la frappe sur le clavier, principalement de chiffres ou symboles, souvent sous la pression du temps.

Dans **l'acquisition de données**, la tâche primordiale des opérateurs est de demander des informations à une banque de données et de les utiliser dans le cadre d'un dossier ou pour fournir des renseignements. Généralement, ce type de tâche suppose plus de dialogue entre l'opérateur et l'ordinateur que dans la saisie des données.

Dans la **communication interactive**, le dialogue avec l'ordinateur est plus suivi (gestion de dossiers, réservation de places pour voyageurs, prestations de services aux consommateurs, etc.). Les deux tâches précédentes sont présentes mais ce type d'activité a un contenu plus varié, les opérateurs ayant accès à différents types d'informations. Ils ont un plus grand degré de liberté. Le niveau de l'activité mentale est plus élevé du fait d'un traitement différencié de l'information et des décisions, impliquant une participation plus active des opérateurs à l'ensemble du processus de travail.

Le **traitement de texte** consiste en la saisie (souvent avec correction) d'informations, dont le contenu « a un sens » pour l'opérateur. Ce type de tâche se rencontre notamment dans les secrétariats et les imprimeries de presse ou de labeur.

Par opposition à ces catégories où les activités sont définies et organisées autour des caractéristiques du système, dans certaines activités professionnelles (programmation, CAO, etc.), les tâches ont une dominante de créativité et l'usager a un contrôle presque complet sur les modalités d'utilisation de l'ordinateur. Ces tâches sont appelées **tâches créatives**.

Cependant, le préventeur doit éviter le piège d'une classification trop simpliste des tâches où la saisie est systématiquement équivalente à tâche répétitive, monotone et stressante et la conception assistée par ordinateur (CAO), par exemple, à tâche variée, intéressante et moins stressante. En effet, l'organisation du travail et son contexte peuvent moduler sensiblement ces associations. Ainsi, un bon soutien social, une certaine autonomie peuvent adoucir les conditions de travail en saisie de données. Par ailleurs, il existe des différences individuelles

quant aux préférences pour une certaine complexité des tâches informatisées. Généralement, plus l'opérateur a un niveau d'instruction élevé, plus il aspire à une tâche complexe et enrichissante.

> ***Les opérateurs devraient recevoir la formation nécessaire pour comprendre le système mis en place et avoir ainsi la possibilité d'influencer sa conception.***

Selon le décret n° 91-451, aucun dispositif de contrôle quantitatif ou qualitatif ne peut être utilisé à l'insu des travailleurs.

4.2 Organisation temporelle du travail informatisé

Selon le décret n° 91-451, chapitre II, l'employeur est tenu de concevoir l'activité du salarié de telle sorte que son temps quotidien de travail sur écran soit périodiquement interrompu par des pauses ou par des changements d'activité réduisant la charge de travail sur écran.

Changement d'activité

Une activité continue devant l'écran n'est pas souhaitable pour toute une journée de travail. Ainsi, tout travail sur écran d'une durée journalière supérieure à 4 heures devrait être alterné avec d'autres activités. Selon la circulaire DRT n° 91-18, par changement d'activité, il faut entendre l'alternance du travail sur écran avec par exemple les tâches de bureau, étant entendu que cette activité sans écran doit être en rapport avec celle du salarié, sauf dispositions contractuelles contraires. Cela permet de diversifier les sollicitations et donc de réduire le risque de fatigues visuelle et posturale. Si le travail sur écran alterne avec d'autres activités, l'organisation temporelle du travail ne pose pas de problème particulier car cette alternance a valeur de « pause active » pour le travail sur écran. Ainsi, un travail intermittent sur écran, qui par nature comprend des changements d'activité, ne nécessitera pas, sauf exception, de pause spécifique.

Pauses

Lorsque l'organisation et la nature de la tâche du travailleur sur écran ne permettent aucun changement d'activités, l'interruption périodique du travail se fait par des pauses spécifiques ; c'est le plus souvent le cas des activités de saisie de données (circulaire DRT n° 91-18).

La pause peut être définie comme une interruption de travail, un temps de repos déterminé, une période d'inactivité, une période de transition entre différentes phases d'activité. La pause doit permettre aussi un repos des mécanismes d'accommodation et de convergence des yeux sollicités pendant le travail ainsi que des muscles sollicités par la posture. En ce qui concerne le travail sur écran, le terme « pause » devrait être utilisé pour décrire une période de récupération après la tension physiologique et psychologique éprouvée pendant la période de travail qui précède. La nature de cette tension et l'importance relative des composants physiques et psychologiques de la fatigue peuvent varier en fonction de la nature spécifique du travail demandé. Le régime de pause doit donc être fonction de la nature de la tâche et de son intensité.

Pour les activités de saisie, caractérisées par une forte contrainte visuelle et posturale, ainsi que par la répétitivité et l'uniformité des opérations, il est recommandé de prendre une pause d'au moins 5 minutes après environ 45 minutes de travail sur écran ; lorsque ce travail est sous contrainte temporelle, il est préférable que l'interruption soit d'au moins 10 minutes. Dans les tâches conversationnelles, qui sont moins astreignantes que les tâches de saisie, la pause active sera d'au moins 15 minutes après environ 2 heures de travail sur écran. Dans les tâches d'acquisition de données, selon la charge de travail, le régime de pause préconisé est celui de la saisie ou du mode conversationnel. Dans les tâches créatives qui comportent une charge mentale importante mais aussi une grande autonomie, il est difficile de faire des propositions autres que le respect des exigences ergonomiques, valables pour tout travail sur écran [13].

> ***Durant les pauses prescrites, l'opérateur doit quitter son poste de travail et bouger.***

Dans la plupart des travaux sur écran, les temps d'attente des réponses de l'ordinateur pourraient être considérés comme périodes d'inactivité. Mais cette attente ne fait pas nécessairement baisser la tension à laquelle le sujet est soumis. Cela s'applique en particulier aux temps

d'attente qui supposent une charge neuropsychique, parce que leur durée est imprévisible et parce qu'ils arrivent à des moments critiques dans le processus de traitement des informations. Selon la circulaire DRT n° 91-18, les temps d'attente de réponses qui imposent la surveillance de l'écran ne peuvent être considérés comme des pauses. Il serait souhaitable à ce sujet d'éviter les saturations de l'ordinateur qui provoquent des attentes fréquentes, mal ressenties par les opérateurs. Ces attentes ne devraient pas excéder 4 secondes.

4.3 Participation des opérateurs

L'informatisation des tâches, de même que des changements de matériels informatiques, voire de logiciels, nécessite la participation des salariés, une planification par étapes des réorganisations et des restructurations des tâches en évitant le plus possible de fixer des tâches rigides.

Les personnes concernées par un projet d'informatisation devraient être informées à temps et intégrées au déroulement du projet. Les améliorations possibles impliquent la participation du personnel à l'élaboration des programmes, à sa préparation et à l'implantation des écrans.

Cette participation peut élargir la compréhension, l'intérêt et la signification du travail restructuré.

Bibliographie

[1] Ergonomie de l'informatique. Aspects logiciels, matériels et environnementaux. Saint-Denis-la Plaine, AFNOR, Recueil de normes, 2003, 185 p. + 1 cd-rom.

[2] NF X 35-102 – Conception ergonomique des espaces de travail en bureaux. Saint-Denis-la Plaine, AFNOR, 1998, 13 p.

[3] NF EN 1335-1 – Mobilier de bureau. Sièges de travail de bureau Partie 1 : Dimensions. Déterminations des dimensions. Saint-Deni la Plaine, AFNOR, 2000, 25 p.

[4] NF EN 1335-2 – Mobilier de bureau. Sièges de travail de bureau. Partie 2 : Exigences de sécurité. Saint-Denis-la Plaine, AFNOR, 2000, 165 p.

[5] Association française de l'éclairage – Éclairage de travail sur écrans de visualisation. Paris, Société d'éditions Lux, 1997, 50 p.

[6] Barlier A., Salsi S., Cail F., Clauzade B., Klein R. – Rayonnements divers et ultrasons émis par les matériels vidéo et informatiques. Paris, INRS, coll. notes scientifiques et techniques, NS 135, 59 p.

[7] Cail F. – Méthodes de terrain pour l'investigation de la fatigue visuelle. *Documents pour le médecin du travail*, 1992, TC 41, pp. 159-166.

[8] Cail F. – Présentation de l'information sur écran de visualisation. Paris, INRS, ND 1928, 1998, 8 p.

[9] Cail F. – Travail sur écran : les perspectives de la recherche. *Travail et sécurité*, sept. 1997, pp. 38-42.

[10] Cail F. – Travail sur écran et sécheresse oculaire. Paris, INRS, Dossier médico-technique, TC 88, 2002, 6 p.

[11] Cail F., Aptel M. – Les troubles musculosquelettiques du membre supérieur. INRS, ED 797, 2001, 64 p. (nouvelle édition ED 957, à paraître courant 2005).

Bibliographie

[12] Cail F., Aptel M. – Travail sur écran et santé : facteurs de contraintes du membre supérieur. Soumis pour publication à la revue *Le Travail Humain*.

[13] Cail F., Floru R. – Organisation temporelle du travail sur écran de visualisation. Paris, INRS, ND 1944, 1993, 6 p.

[14] Cail F., Floru R. – Travail sur écran de visualisation et santé. Paris, INRS, ND 1938, 1997, 17 p.

[15] Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents – Le travail à l'écran de visualisation. Lucerne, SUCA, 2001, 107 p.

[16] Suivi médical des opérateurs devant écran de visualisation. Paris, EDF-GDF, 1991, 92 p.

[17] Floru R. – Éclairage et vision. Paris, INRS, 1996, coll. Notes scientifiques et techniques, NS 149, 135 p.

[18] Garron J., Fumery J.-L. – L'examen visuel par le médecin du travail au cours de la visite d'embauchage pour le travail sur écran. *Archives des maladies professionnelles*, 1984, 45, n° 1, pp. 57-61.

Lexique

Antépulsion
Elévation du bras vers l'avant.

Astreinte de travail
Effets de la contrainte de travail sur l'homme en rapport avec les caractéristiques et aptitudes individuelles. Les conséquences sont d'ordre psychologique et physiologique.

Boule roulante
Boule montée dans un logement fixe qui peut être actionnée dans n'importe quelle direction par les doigts pour déplacer le curseur.

Candela (cd)
Unité d'intensité lumineuse.

Candela par mètre carré ($cd.m^{-2}$)
Voir luminance.

Coefficient d'absorption Sabine
Coefficient qui caractérise la capacité d'une surface à absorber les sons.

Contrainte de travail
Éléments de l'environnement, de l'organisation, du poste de travail et de la tâche qui peuvent avoir des répercussions physiologiques et psychologiques sur l'homme au travail.

Contraste
Appréciation subjective de la différence d'apparence entre deux parties du champ visuel vues simultanément. Il peut s'agir d'un contraste de couleur, d'un contraste de luminance, d'un contraste simultané ou successif.

Contraste négatif
Caractères affichés en clair sur fond sombre.

Contraste positif
Caractères affichés en sombre sur fond clair.

Conversationnel (dialogue)
Activité dans laquelle les messages entrés dans le système alternent avec les réponses fournies par l'ordinateur.

Déviation cubitale
Flexion de la main au niveau du poignet dans la direction du petit doigt.

Déviation radiale
Flexion de la main au niveau du poignet en direction du pouce.

Éclairage d'appoint
Éclairage supplémentaire nécessité par la tâche. Un des éléments importants du confort visuel est l'harmonisation entre l'éclairage général et l'éclairage d'appoint.

Éclairement
Flux lumineux reçu par une unité de surface (lux).
1 lux = 1 lumen par mètre carré.
L'éclairement est une fonction de :
– l'intensité de la source (lumen) ;
– la distance de la source à la surface éclairée (l'éclairement diminue avec le carré de la distance) ;
– l'inclinaison de la surface par rapport aux rayons lumineux.

Epicondylite
Pathologie consécutive à l'inflammation des tendons des muscles qui s'insèrent sur la saillie osseuse externe du coude (épicondyle).

Épilepsie photosensible
La fréquence des cas d'épilepsie « photosensible » provoquée par des fluctuations de la lumière est probablement de 1 sur 10 000 personnes.
Cette maladie est plus courante chez les femmes que chez les hommes et concerne en particulier les enfants de 6 à 12 ans. À partir de 16 à 18 ans, la régression est nette.
On suppose que certaines périodes de croissance favorisent l'éclosion de cette maladie ; un facteur héréditaire pourrait aussi intervenir. Une grande proportion d'épileptiques photosensibles sont sujets à des crises lorsqu'ils regardent la télévision. L'épilepsie télévisuelle est une forme d'épilepsie visuelle réflexe causée par une sensibilité particulière aux fluctuations de lumière (la sensibilité la plus forte a été notée entre 15 et 20 Hz).
D'après une étude, les écrans de visualisation sont beaucoup moins susceptibles de provoquer une crise d'épilepsie photosensible que les écrans de télévision car le papillotement de l'image est plus faible sur les écrans de visualisation.
Bien que cette affection concerne un groupe très restreint de personnes, une certaine prudence s'impose ; le médecin du travail doit demander à l'opérateur s'il n'a pas été sujet à des crises d'épilepsie photosensible. Si l'éventualité d'une telle affection ne peut pas être exclue, il faudrait envisager une forme d'activité sans écran cathodique de télévision.

Facteur de réflexion
Rapport du flux réfléchi par une surface au flux incident. Ce rapport est toujours inférieur à l'unité.

Glaucome à angle étroit
Il s'agit d'une variété anatomique de glaucome dans laquelle la position de la racine de l'iris par rapport à l'angle cornéoscléral entraîne la formation d'un angle très étroit, qui pourra, à l'occasion d'une mydriase, soit spontanée

(accommodative), soit médicamenteuse, entraîner une fermeture de l'angle et donc un glaucome par obstruction des voies d'évacuation normale de l'humeur aqueuse. En dehors des mydriases, l'angle reste ouvert et le tonus oculaire peut rester tout à fait normal.

Gradateur de lumière
Dispositif permettant de faire varier le flux lumineux des lampes d'une installation d'éclairage afin de modifier l'éclairement.

Grille de défilement
Grille destinée à dissimuler les sources lumineuses à la vue directe afin de réduire l'éblouissement.

Hétérophorie
Lorsque les yeux ont tendance à dévier l'un par rapport à l'autre, mais que cette déviation est maintenue latente par le réflexe de fusion des images, on dit qu'il y a « hétérophorie ». Cet effort de fusion inconsciente peut être plus ou moins important et entraîner une fatigue plus ou moins grande. On dit qu'il y a :
- ésophorie lorsque la déviation se produit en dedans ;
- exophorie lorsque la déviation se produit en dehors ;
- hyperphorie droite ou gauche selon que l'axe de l'œil droit ou de l'œil gauche est plus haut ;
- cyclophorie si la déviation se produit en torsion.

Hétérophorométrie
La mise en évidence et la mesure des hétérophories, c'est-à-dire des déséquilibres oculomoteurs, peuvent être effectuées par la technique de la baguette de Maddox ou à l'aide d'hétérophoromètres.
a) Baguette (ou verre) de Maddox : baguette formée d'un ou plusieurs cylindres très convergents. On place une baguette, dite de Maddox, devant un œil et on demande au sujet de regarder avec l'autre œil une source lumineuse. La baguette déforme l'aspect de la source ponctuelle, qui apparaît alors sous la forme d'une longue strie lumineuse. Si la strie et la source coïncident, l'équilibre est considéré comme satisfaisant (orthophorie). Sinon, il existe une hétérophorie. Les déviations horizontales et verticales peuvent alors être mesurées :
- soit directement, à l'aide d'une croix (croix de Maddox) dont les bras horizontaux et verticaux sont gradués en centimètres, 5 centimètres correspondant à une dioptrie si le sujet est placé à 5 mètres et 1 centimètre correspondant à une dioptrie si le sujet est placé à 1 mètre ;
- soit indirectement, à l'aide de prismes qui ramènent la strie et la source en coïncidence ; la correction est également mesurée en dioptries ;

b) Hétérophoromètre **:** petit appareil qui comporte d'un côté un verre de Maddox et de l'autre un prisme tournant gradué, sur lequel on peut lire directement la mesure ; celle-ci est limitée à 10 dioptries.

Hétérotropie
Strabisme. Contrairement au cas de l'hétérophorie, la déviation est apparente

et non pas latente ; la fusion est impossible (il y a neutralisation de l'un des deux yeux).

Inverse vidéo
Possibilité de certains écrans d'inverser le contraste entre les caractères et le fond sur toute ou sur une partie de leur surface.

Logiciel
Ensemble des programmes et des procédures nécessaires au fonctionnement d'un système informatique.

Lumen (lm)
Unité de flux lumineux. On l'utilise pour décrire la quantité de lumière émise ou reçue par une surface.

Luminaire
Appareil servant à répartir, filtrer ou transformer la lumière des lampes et comprenant toutes les pièces nécessaires pour fixer ou protéger les lampes, et pour les relier au circuit d'alimentation.

Luminance
L'œil regardant une surface ou un objet placé sur cette surface est sensible non pas à l'éclairement reçu par cette surface, mais à la quantité de lumière réfléchie ou transmise par cet objet ou cette surface en direction de l'œil. La luminance est une grandeur qui détermine l'aspect lumineux d'une surface éclairée ou d'une source dans une direction donnée et dont dépend la sensation visuelle de luminosité. Elle est exprimée en candela par mètre carré : 1 $cd.m^{-2}$ = 1 nit.

Luminance de voile
Effet de voile produit par des sources ou des surfaces éblouissantes situées dans le champ visuel, qui conduit à une réduction du contraste perçu, donc à une diminution de la performance visuelle et de la visibilité.

Lux
Unité d'éclairement lumineux ; éclairement produit par un flux lumineux de 1 lumen uniformément réparti sur une surface dont l'aire est de 1 m^2 : 1 lux = 1 lumen par mètre carré.

Maddox (baguette ou verre de)
Voir *Hétérophorométrie*.

Matrice
Canevas à l'intérieur duquel un caractère peut être dessiné. Dans une matrice de 7 x 9, le caractère représenté sur l'écran est formé par une combinaison de 7 points en horizontal et de 9 points en vertical.

Mesures de luminance
Les mesures sont effectuées à l'aide de luminancemètres ayant une réponse spectrale correspondant à la sensibilité spectrale photopique moyenne de l'œil

définie par la CIE (Commission internationale de l'éclairage) et possédant un dispositif de visée réflexe permettant de s'assurer de l'orientation correcte de l'appareil et de connaître avec précision la zone couverte par la visée.
Pour les mesures courantes, les luminancemètres, dont l'angle d'ouverture est voisin de 1°, conviennent ; toutefois, pour mesurer la luminance des caractères affichés, des angles d'ouverture plus petits (quelques minutes d'angle) sont nécessaires.

Niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A (LAeq, T)
Selon la norme NF S31-013 « Évaluation de l'exposition au bruit en milieu professionnel et estimation du déficit auditif, induit par le bruit, de populations exposées », c'est la valeur du niveau de pression acoustique pondéré A d'un son continu stable, qui, au cours d'une période spécifiée T, a la même pression acoustique moyenne quadratique qu'un son considéré, dont le niveau varie en fonction du temps.

Papillotement
Sensation de discontinuité de la perception des images lumineuses, due à l'intervalle de temps séparant les images successives. Le papillotement ou scintillement disparaît dès lors que les images se renouvellent à une fréquence supérieure à la fréquence de fusion.

Périphériques d'entrée
Ce terme désigne tout outil (clavier, souris, surface sensitive...) qui permet de communiquer avec l'ordinateur.

Phorie
Position relative des axes visuels des deux yeux au repos physiologique, c'est-à-dire en l'absence de la tendance à la fusion (dissociation).

Phosphore
Substance fluorescente qui recouvre la face interne du tube cathodique. Émet une lumière visible lorsqu'il est bombardé par les électrons.

Pixel
C'est le plus petit élément d'affichage.

Point A
C'est le point d'intersection de l'axe de rotation du siège et du plateau d'assise chargé du mannequin de 64 kg en forme de postérieur (NF EN 1335-1).

Punctum proximum d'accommodation
C'est le point le plus proche que l'œil puisse voir nettement en accommodant au maximum. Il se détermine en rapprochant de l'œil un test composé de petites lettres ou symboles jusqu'à ce qu'il apparaisse flou (punctum proximum d'accommodation). On relève sur la règle graduée la distance en centimètres.

Punctum proximum de convergence
C'est le point le plus proche que les yeux puissent fixer en fusion. On le déter-

mine à l'aide d'une règle graduée sur laquelle se déplace un curseur avec un petit trait vertical. Lorsque le trait se dédouble, on note sur la graduation en centimètres la distance qui sépare ce petit trait des yeux. Ce trait peut, pour certains sujets, ne pas se dédoubler ; l'observateur note le punctum proximum au moment où il constate la déviation de l'un des deux yeux du sujet examiné.

Rafraîchissement (fréquence de)
Action qui consiste à régénérer régulièrement (par exemple 50 à 60 fois par seconde) l'ensemble de l'affichage sur un écran.

Réflexions diffuses
Ces réflexions sont générées par des surfaces mates, ont des contours flous et sont moins gênantes que les réflexions spéculaires.

Réflexions spéculaires
Ces réflexions suivent les lois applicables aux miroirs. La luminance des reflets est voisine de celle des sources qui les produisent.

Rémanence
Capacité du phosphore à continuer à émettre de la lumière après l'arrêt de la « stimulation » électronique.

Rendu des couleurs
Une émission de lumière doit contenir toutes les radiations colorées en proportion convenable pour donner un rendu satisfaisant de toutes les couleurs. La Commission internationale de l'éclairage a défini un indice de rendu des couleurs variant de 1 à 100. Pour obtenir un excellent rendu des couleurs, on choisira des tubes ayant un indice d'au moins 90, pour un bon rendu des couleurs des tubes d'au moins 80. Les lampes à incandescence n'ont pas un bon rendu des couleurs : les bleus sont atténués et les rouges renforcés.

Résolution (ou définition)
La résolution correspond au nombre maximal de pixels affichés en largeur, multiplié par le nombre maximal de pixels affichés en hauteur.

Saisie des données
Entrée des données dans un système informatique, le plus souvent à partir d'un clavier et d'une frappe manuelle.

Saturation des couleurs
La caractéristique du stimulus physique correspondant aux variations de saturation est la « pureté » de la longueur d'onde. Ainsi, lorsque le stimulus consiste en ondes lumineuses de même longueur, on perçoit une couleur saturée. Lorsque les longueurs d'onde sont différentes, on perçoit une couleur légèrement moins saturée. Plus grande est la variété des longueurs d'onde présentes dans le stimulus, plus faible sera la saturation.

Syndrome du canal carpien
Pathologie consécutive à la compression du nerf médian dans le canal carpien.

Dans ce canal, qui se situe dans le poignet, passent les neuf tendons fléchisseurs des doigts ainsi que ce nerf.

Température de couleur
Température du corps noir, qui émet un rayonnement ayant la même chromaticité que le rayonnement considéré. Elle est exprimée en Kelvin (K).

Temps de réponse
Intervalle de temps entre la fin de l'entrée d'un message par un opérateur sur écran et l'apparition sur ce même écran du début de la réponse correspondante.

Test de vision stéréoscopique
Celui-ci est fondé sur différents principes. Certains systèmes nécessitent l'emploi de lunettes polarisées. D'autres permettent, sans lunettes spéciales, la perception, en relief, d'images qui n'apparaissent pas si la vision binoculaire n'existe pas.

Test de Wirt
Test de vision stéréoscopique de près, utilisant des planches et des lunettes polarisées.

Triade
Ensemble constitué par la juxtaposition de trois luminophores : un vert, un rouge et un bleu.

Unité motrice
Ensemble constitué par un motoneurone, son axone et les fibres musculaires qu'il innerve.

Vision mésopique
Vision intermédiaire entre les visions photopique et scotopique. Les limites entre ces deux types de vision ne sont pas franches et peuvent varier selon le degré d'adaptation de l'œil. La transition est plus ou moins lente selon le sens de passage.

Annexes

Annexe 1

Réglementation

1. DÉCRET DU 14 MAI 1991

Décret n° 91-451 du 14 mai 1991 relatif à la prévention des risques liés au travail sur des équipements comportant des écrans de visualisation

Chapitre Ier

Champ d'application

Art. 1er. – Sont soumis aux dispositions du présent décret les établissements visés à l'article L. 231-1 du code du travail dans lesquels des travailleurs utilisent de façon habituelle et pendant une partie non négligeable du temps de travail des équipements à écran de visualisation. Toutefois le présent décret ne s'applique pas aux équipements suivants :

a) Les postes de conduite de véhicules ou d'engins.
b) Les systèmes informatiques à bord d'un moyen de transport.
c) Les systèmes informatiques destinés à être utilisés en priorité par le public.
d) Les systèmes portables dès lors qu'ils ne font pas l'objet d'une utilisation soutenue à un poste de travail.
e) Les machines à calculer, les caisses enregistreuses et tout équipement possédant un petit dispositif de visualisation de données ou de mesures nécessaires à l'utilisation directe de cet équipement.
f) Les machines à écrire de conception classique dites « machines à fenêtre ».

Art. 2. – Au sens du présent décret, on entend par :
• **Écran de visualisation**, un écran alphanumérique ou graphique, quel que soit le procédé d'affichage utilisé ;
• **Poste de travail**, l'ensemble comprenant : un équipement à écran de visualisation, muni, le cas échéant, d'un clavier ou d'un dispositif de saisies de données ou d'un logiciel déterminant l'interface homme/machine, d'accessoires optionnels, d'analyses, y compris l'unité de disquettes, d'un téléphone, d'un modem, d'une imprimante, d'un support-document, d'un siège et d'une table ou d'une surface de travail, ainsi que l'environnement de travail immédiat.

Chapitre II

Analyse et organisation du travail sur écrans de visualisation

Art. 3. – L'employeur est tenu de procéder à une analyse des risques professionnels et des conditions de travail pour tous les postes comportant un écran de visualisation. L'employeur prend toutes les mesures qui s'imposent pour remédier aux risques constatés.
Il est tenu, en outre, de concevoir l'activité du travailleur de telle sorte que son temps quotidien de travail sur écran soit périodiquement interrompu par des pauses ou par des changements d'activité réduisant la charge de travail sur écran.

Art. 4. – Pour l'élaboration, le choix, l'achat et la modification de logiciels ainsi que pour la définition des tâches impliquant l'utilisation d'écrans de visualisation, l'employeur tiendra compte des facteurs suivants, dans la mesure où les exigences ou les caractéristiques intrinsèques de la tâche ne s'y opposent pas :

a) Le logiciel doit être adapté à la tâche à exécuter.
b) Le logiciel doit être d'un usage facile et doit être adapté au niveau de connaissance et d'expérience de l'utilisateur ; aucun dispositif de contrôle quantitatif ou qualitatif ne peut être utilisé à l'insu des travailleurs.
c) Les systèmes doivent fournir aux travailleurs des indications sur leur déroulement.
d) Les systèmes doivent afficher l'information dans un format et à un rythme adapté aux opérateurs.
e) Les principes d'ergonomie doivent être appliqués en particulier au traitement de l'information par l'homme.

Chapitre III

Formation des travailleurs

Art. 5. – L'employeur est tenu d'assurer l'information et, dans les conditions de l'article 231-1-1 du code du travail, la formation des travailleurs sur tout ce qui concerne la sécurité et la santé liées à leur poste de travail et notamment sur les modalités d'utilisation de l'écran et de l'équipement dans lequel cet écran est intégré.

Chaque travailleur doit en bénéficier, avant sa première affectation à un travail sur écran de visualisation et chaque fois que l'organisation du poste de travail est modifiée de manière substantielle.

Chapitre IV

Surveillance médicale

Art. 6. – Un travailleur ne peut être affecté à des travaux sur écran de visualisation que s'il a fait l'objet d'un examen préalable et approprié des yeux et de la vue par le médecin du travail. Cet examen doit être renouvelé à intervalles réguliers et lors des visites médicales périodiques.

L'employeur est tenu de faire examiner par le médecin du travail tout travailleur se plaignant de troubles pouvant être dus au travail sur écran de visualisation.
Si les résultats des examens médicaux le rendent nécessaire, un examen ophtalmologique est pratiqué.

Si les résultats de la surveillance médicale rendent nécessaire une correction et si les dispositifs de correction normaux ne peuvent être utilisés, les travailleurs sur écran doivent recevoir des dispositifs de correction spéciaux en rapport avec le travail concerné ; ceux-ci ne doivent en aucun cas entraîner des charges financières additionnelles pour les travailleurs.

Chapitre V

Équipement

Art. 7. – Les caractères sur l'écran doivent être d'une bonne définition et formés d'une manière claire, d'une dimension suffisante et avec un espace adéquat entre les caractères et les lignes.

L'image sur l'écran doit être stable.

La luminance ou le contraste entre les caractères et le fond de l'écran doivent être facilement adaptables par l'utilisateur de terminaux à écran et être également facilement adaptables aux conditions ambiantes.

L'écran doit être orientable et inclinable facilement pour s'adapter aux besoins de l'utilisateur.

Il peut être installé sur un pied séparé ou sur une table réglable.

L'écran doit être exempt de reflets et de réverbérations susceptibles de gêner l'utilisateur.

Art. 8. – Le clavier doit être inclinable et dissocié de l'écran pour permettre au travailleur d'avoir une position confortable qui ne provoque pas de fatigue des avant-bras ou des mains.

L'espace devant le clavier doit être suffisant pour permettre un appui pour les mains et les avant-bras de l'utilisateur.

Le clavier doit avoir une surface mate pour éviter les reflets.

La disposition du clavier et les caractéristiques des touches doivent tendre à faciliter son utilisation.

Les symboles des touches doivent être suffisamment contrastés et lisibles à partir de la position de travail normale.

Art. 9. – Le plateau de la table ou de la surface de travail doit avoir une surface peu réfléchissante et de dimensions suffisantes pour permettre de modifier l'emplacement respectif de l'écran, du clavier, des documents et du matériel accessoire.

Le support de documents doit être stable et réglable et se situer de telle façon que les mouvements inconfortables de la tête, du dos ou des yeux soient évités au maximum.

L'espace de travail doit être suffisant pour permettre une position confortable pour les travailleurs.

Art. 10. – Sans préjudice des dispositions de l'article R. 232-4 du code du travail, pour les travailleurs sur écran de visualisation, les sièges doivent être, s'il y a lieu, adaptables en hauteur et en inclinaison. Un repose-pieds sera mis à la disposition des travailleurs qui en font la demande.

Art. 11. – Les dimensions et l'aménagement du poste de travail doivent assurer suffisamment de place pour permettre au travailleur de changer de position et de se déplacer.

Art. 12. – Les dispositions des articles 7 à 11 ci-dessus ne s'appliquent que dans la mesure où les éléments considérés existent dans le poste de travail et où les caractéristiques de la tâche en rendent l'application possible.

Chapitre VI

Conditions d'ambiance

Art. 13. – I. – Les équipements des postes de travail ne doivent pas produire un surcroît de chaleur susceptible de constituer une gêne pour les travailleurs.

II. – Toutes radiations, à l'exception de la partie visible du spectre électromagnétique, doivent être réduites à des niveaux négligeables du point de vue de la protection de la sécurité et de la santé des travailleurs.

III. – Une humidité satisfaisante doit être établie et maintenue dans les locaux affectés au travail sur écran de visualisation.

IV. – Le bruit émis par les équipements du poste de travail doit être pris en compte lors de l'aménagement du poste de façon, en particulier, à ne pas perturber l'attention et l'audition.

V. – En ce qui concerne l'éclairage, les dispositions des articles R. 232-7 à R. 232-7-10 du code du travail sont applicables.

Chapitre VII

Dispositions finales

Art. 14. – Les dispositions du présent décret entrent en vigueur à compter du 1er janvier 1993 ; toutefois, pour les matériels mis en service avant cette date, les dispositions des articles 7 à 11 ne sont applicables qu'au 1er janvier 1997.

Art. 15. – Le ministre de l'Agriculture et de la forêt et le ministre du Travail, de l'Emploi et de la Formation professionnelle sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

2. CIRCULAIRE DU 4 NOVEMBRE 1991

Circulaire DRT n° 91-18 du 4 novembre 1991 relative à l'application du décret n° 91-451 du 14 mai 1991 concernant la prévention des risques liés au travail sur des équipements comportant des écrans de visualisation

(Non parue au *Journal officiel*)

Le décret n° 91-451 du 14 mai 1991, transposant la directive du Conseil n° 90/270/CEE du 29 mai 1990, fixe les règles particulières de prévention des risques liés au travail sur des équipements munis d'écrans de visualisation.

Ce décret, premier texte à réglementer globalement le travail sur écran, concerne un nombre croissant de travailleurs en raison du développement important de l'informatique et de la bureautique.

La présente circulaire a pour objet de préciser – compte tenu notamment des explications fournies par les autorités communautaires lors de l'élaboration de la directive et de celles développées au cours des discussions devant le Conseil supérieur de la prévention des risques professionnels – l'interprétation qu'en l'absence de jurisprudence, il paraît raisonnable de retenir pour certaines dispositions du décret.

Les points abordés concernent le champ d'application et les dates d'entrée en vigueur du décret, les modalités de mise en œuvre de l'interruption périodique du travail sur écran, les conditions de la surveillance médicale et enfin les caractéristiques auxquelles doivent satisfaire l'équipement et les conditions d'ambiance.

I. Champ d'application et dates d'entrée en vigueur

Champ d'application

Le décret dispose en son article 1er que sont exclus du domaine d'application les systèmes portables lorsqu'ils ne font pas l'objet d'une utilisation soutenue à un poste de travail ; dès lors, les travailleurs qui les utilisent de façon habituelle pendant une partie non négligeable de leur temps de travail, bénéficient des différentes prescriptions du décret.

Bien entendu il appartient alors aux employeurs, après consultation des salariés concernés et du Comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail ou, à défaut, des délégués du personnel, de déterminer quels sont les postes de travail visés par les dispositions réglementaires.

Il est toutefois légitime de considérer qu'un établissement au sein duquel un travailleur utilise un équipement, par exemple un ordinateur portable, plus de la moitié de son temps effectif de travail, est, pour le poste de travail considéré, soumis à l'ensemble des prescriptions du décret.

Est également exclu du champ d'application du décret (art. 1er) tout équipement possédant un petit dispositif de visualisation de données ou de mesures ; c'est notamment le cas des appareils utilisés exclusivement en tant qu'agendas électroniques.

Dates d'entrée en vigueur

Le décret s'applique à compter du 1er janvier 1993 pour les matériels mis en service à partir de cette date. Toutefois, pour les matériels mis en service avant le 1er janvier 1993, les dispositions des articles 7 à 11 du chapitre V relatif à l'équipement ne seront effectives qu'à compter du 1er janvier 1997.

II. L'interruption périodique du travail sur écran

Afin de prévenir tout symptôme d'astreinte visuelle et de fatigue posturale, le décret en son article 3 dispose, que l'activité du travailleur doit être aménagée de manière que le temps quotidien de travail sur écran soit périodiquement interrompu par des pauses ou des changements d'activité.

Par changement d'activité, il faut entendre l'alternance du travail sur écran avec par exemple les tâches de bureau, étant entendu que cette activité sans écran doit être en rapport avec celle du salarié sauf dispositions contractuelles contraires.

En revanche, la pause se définit ici comme un temps de repos spécifique qui s'ajoute, en temps que de besoin, aux pauses traditionnelles. Il convient à cet égard de préciser que les temps d'attente de réponses qui imposent la surveillance de l'écran ne peuvent être considérés comme des pauses.
La périodicité et la durée de ces pauses spécifiques sont déterminées dans chaque établissement en fonction de l'organisation et des caractéristiques des tâches.

Ainsi, lorsque l'organisation et la nature de la tâche du travailleur sur écran ne permettent aucun changement d'activités, l'interruption périodique du travail se fait par des pauses spécifiques ; c'est le plus souvent le cas des activités de saisies de données. À l'inverse, un travail intermittent sur écran, qui, par nature comprend des changements d'activités, ne nécessitera pas, sauf exception, de pause spécifique.

III. La surveillance médicale

L'article 6 du décret confirme en ce qui concerne les écrans de visualisation la surveillance médicale spéciale introduite par l'arrêté du 11 juillet 1977.

Le médecin du travail doit effectuer un examen préalable et approprié des yeux et de la vue de chaque travailleur avant qu'il ne soit affecté à des travaux sur écran. Il s'agit là d'un examen de dépistage des anomalies, qui comprend un contrôle de l'acuité visuelle, des phories et, s'il y a lieu, de la vision stéréoscopique et de celle des couleurs.

Si les résultats de ces examens médicaux le rendent nécessaire un examen supplémentaire et approfondi des yeux et de la vue est pratiqué par un ophtalmologiste, sur proposition du médecin du travail, dans le cas notamment où il existe un doute sur les qualités visuelles du candidat ou sur la nature des troubles ophtalmologiques apparus avant ou après l'affectation du travailleur à des travaux sur écran.

Au terme de ces examens une correction peut se révéler indispensable.

Ainsi, lorsque ces examens révèlent un dysfonctionnement jusque-là ignoré, un dispositif de correction normal peut apparaître nécessaire. Dans la mesure où ce dernier bénéficie à l'intéressé dans sa vie courante et qu'il est suffisant pour assurer de façon satisfaisante le travail sur écran, il est à la charge financière du travailleur sauf si l'employeur décide d'en supporter une partie voire la totalité.

A contrario, si un dispositif de correction normal ne permet pas l'exécution du travail sur écran dans de bonnes conditions et que d'éventuels aménagements du poste de travail s'avèrent importants, le travailleur doit alors bénéficier d'un dispositif de correction spécial, qui étant exclusivement en rapport avec le travail concerné est en conséquence à la charge financière de l'employeur ; c'est le cas des dispositifs visant uniquement à améliorer la vision intermédiaire.

C'est pourquoi, les dispositifs qui facilitent la vision progressive ne seront pas considérés comme des dispositifs spéciaux au sens du décret.

Quand l'utilisation d'un dispositif de correction spécial s'impose et qu'il est techniquement possible de l'intégrer à un dispositif de correction normal, seul le surcoût de ce dispositif de correction mixte est à la charge de l'employeur.

IV. L'équipement et les conditions d'ambiance

L'article R. 232-4 du code du travail dispose qu'« un siège approprié doit être mis à la disposition de chaque travailleur à son poste de travail ou à proximité de celui-ci ».

L'article 10 du décret précise en outre que le siège doit, s'il y a lieu, être adaptable en hauteur et en inclinaison.

Cette disposition n'implique pas que le dossier doit être systématiquement désolidarisé de l'assise et que le réglage de l'un s'effectue dans tous les cas indépendamment de l'autre. L'ajustement en hauteur et en inclinaison du dossier, tel que le préconise la directive, vise à prendre en compte les caractéristiques anatomiques et physiologiques du travailleur.

Cet objectif peut être réalisé avec des sièges d'un seul tenant – dits « monocoques » – dans la mesure où ils permettent un basculement synchronisé de l'assise et du dossier et qu'ils assurent à leurs utilisateurs une position confortable.

Pour l'application de l'article R. 232-6 du code du travail, en vertu duquel le chauffage doit être assuré de façon à maintenir une température convenable, l'alinéa 1er de l'article 13 du décret précise qu'il doit être tenu compte dans le local affecté au travail sur écran, de la chaleur provenant de tous les éléments constituant le poste de travail, par exemple des photocopieuses et des imprimantes.

En outre l'humidité de ces locaux doit être maintenue à un niveau satisfaisant pour éviter un éventuel dessèchement des muqueuses buccales, nasales et oculaires.

Notons à cet égard que l'INRS (Institut national de recherche et de sécurité) préconise un taux minimal d'humidité relative de 40 % et un taux idéal de 60 à 65 %.

Concernant l'application de l'alinéa 2 de l'article 13 du décret, il convient de préciser que les radiations ionisantes éventuellement émises par les écrans de visualisation ne sauraient en aucun cas dépasser les seuils établis par le décret n° 86-1103 du 2 octobre 1986 relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants.

En effet l'article 1er du décret susvisé dispose que les tubes cathodiques ne doivent présenter en aucun point situé à 0,1 m des parties accessibles de leur surface un débit d'équivalent de dose supérieur à 1 microsievert par heure (0,1 millirem par heure).

En outre, doivent être respectées les normes et les recommandations relatives aux taux d'émission de rayonnements non ionisants par les écrans, en particu-

lier celles concernant le rayonnement infrarouge et le rayonnement radiofréquence, de manière à soustraire les travailleurs sur écran à tout risque d'élévation radio-induite de la température du corps.

À ce propos, il conviendra de se reporter aux normes internationales [1].

Enfin, concernant l'éclairage, l'article 13 point V du décret renvoie aux articles R. 232-7 à R. 232-7-10 du code du travail.

Il convient en particulier d'éviter toute cause d'éblouissement et tout relief parasite sur l'écran. L'implantation des postes de travail et la disposition des points d'éclairage naturel ou artificiel doivent permettre une répartition homogène des luminances dans le champ visuel des travailleurs sur écran.

En outre, il faut s'abstenir de placer ces postes à proximité immédiate des fenêtres notamment en face ou de dos à ces dernières lorsqu'elles ne sont pas suffisamment voilées par des stores, des rideaux ou, le cas échéant, des cloisons mobiles. D'une manière générale, il est recommandé de placer l'écran perpendiculairement aux fenêtres de telle sorte que l'opérateur ne soit pas gêné par la lumière naturelle interférant avec celle produite par l'écran.

Par ailleurs, s'il apparaît nécessaire de compléter l'éclairage d'ambiance par un éclairage individuel, celui-ci doit être d'utilisation facultative et dans la mesure du possible réglable en puissance.

De nombreuses études ayant formellement démontré que l'utilisation de l'écran de visualisation dans des conditions inadéquates contribue à l'apparition de troubles de santé, les inspecteurs du travail veilleront à ce que les dispositions du décret soient strictement appliquées.

Vous voudrez bien me rendre compte des difficultés rencontrées lors de la mise en œuvre de ce décret.

Pour accéder aux textes officiels : http://legifrance.gouv.fr

(1) a) American Conference of Governmental and Industrial Hygienists (ACGIH) 1990-1991 – Threshold Limit Values for Physical Agents in the Work Environment. In : 1990-1991 – Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. Cincinnati, ACGIH, 1990.

b) International Non-Ionizing Radiation Committee of the International Radiation Protection Association (IRPA) – Guidelines on limits of exposure to radiofrequency electromagnetic fields in the frequence range from 100 kHz to 300 GHz. *Health Physics*, 1998, vol. 54.

c) International Non-Ionizing Radiation Committee of the International Radiation Protection Association (IRPA) – Interim guidelines on limits of exposure to 50/60 Hz electric and magnetic fields. *Health Physics*, 1998, vol. 58.

Annexe 2

Examens et corrections visuels[1]

Avant le 1er janvier 1993, le travail sur écran faisait partie des travaux donnant lieu à surveillance médicale spéciale au sens de l'arrêté du 11 juillet 1977 prévu par le second alinéa de l'article R. 241-50 du code du travail.
Selon la circulaire n° 10 du 29 avril 1980 relative à l'application de cet arrêté, cette surveillance devait s'exercer de deux manières :
– par l'étude du poste de travail ;
– par examen d'aptitude des individus travaillant sur terminal à écran.

Désormais, les travaux sur écran de visualisation font partie des travaux donnant lieu à surveillance médicale spéciale au sens des décrets dits « spéciaux », pris en application de l'article L. 231-2 du code du travail. L'article 6 du décret n° 91-451 et le chapitre III de la circulaire DRT n° 91-18 en déterminent précisément les modalités.

1. Rôle du médecin du travail

1.1 Étude du poste et des conditions de travail

L'étude du poste et des conditions de travail doit se faire dans le cadre du tiers temps. Lors de cette activité, il est conseillé de vérifier certaines relations possibles entre les réponses à un questionnaire-type, tel celui proposé ci-après, et les conditions de travail.

1.2 Examens d'aptitude et de surveillance

Les examens doivent se faire obligatoirement :
– avant l'affectation à un travail sur écran ;
– à intervalles réguliers et lors des visites médicales périodiques ;
– lorsque le travailleur se plaint de troubles pouvant être dus au travail sur écran de visualisation.

Il s'agit d'un examen de dépistage des anomalies qui, selon la circulaire DRT n° 91-18, comprend un contrôle de l'acuité visuelle, des phories et, s'il y a lieu, de la vision stéréoscopique et de celle des couleurs.

(1) Ce chapitre a été rédigé avec le concours de Monsieur Boissin, médecin ophtalmologiste.

Cet examen peut comporter, par exemple :
- le contrôle de l'acuité visuelle mono et binoculaire, sans et avec correction, de loin et surtout de près ;
- la mesure des phories également de loin et/ou de près, qui peut être faite à l'aide du verre de Maddox associé à une règle de prismes ou tout autre hétéro - phoromètre. Il n'est pas nécessaire d'avoir une orthophorie, les hétérophories comprises entre 8 dioptries d'ésophorie et 6 dioptries d'exophorie sont compatibles avec un travail visuel normal.

Et, s'il y a lieu :
- le contrôle de la vision stéréoscopique de près, par exemple avec le test de Wirt ou le test TNO ;
- l'étude de la vision des couleurs dans les cas où des travaux sur écran polychrome sont effectués. Le test le plus simple et le plus complet est celui de Fletcher ou City University Test ; il est moins discriminatif que le test d'Ishihara.

Éventuellement, le médecin du travail peut encore faire la mesure du punctum proximum de convergence, qui donne un élément supplémentaire de la qualité de la vision binoculaire prévisible. Elle peut être réalisée à l'aide de la réglette binoculaire RAF de Clement Clarke.

Si les résultats de ces examens médicaux le rendent nécessaire un examen supplémentaire et approfondi des yeux et de la vue est pratiqué par un ophtalmologiste, sur proposition du médecin du travail. Quoi qu'il en soit, le médecin du travail reste le seul juge de la décision d'aptitude, car lui seul possède à ce moment les éléments nécessaires à la synthèse.

● **Les examens d'embauchage ou de première mise au travail sur écran**

Le médecin du travail doit effectuer un examen préalable et approprié des yeux et de la vue de chaque travailleur avant qu'il ne soit affecté à des travaux sur écran.
Le médecin du travail doit non seulement procéder à l'examen de la vue, mais également prendre en compte les autres aspects liés aux caractéristiques des tâches et aux problèmes posturaux.

Il faut se rappeler que, dans l'état actuel des connaissances et de l'avis unanime des spécialistes, le travail sur écran de visualisation n'entraîne pas d'atteinte organique. Compte tenu des caractéristiques spécifiques à ce travail (luminance de l'écran, effets de contraste et de densité lumineuse, reflets éventuels, qualité des signes, etc.), l'utilisation d'un écran modifie le travail traditionnel de bureau. C'est pourquoi un examen de la vue semble nécessaire.

Il n'est pas question pour le médecin du travail de pratiquer un examen ophtalmologique approfondi, mais il doit faire un dépistage, à l'aide soit d'un appareillage permettant un ensemble de mesures rapides, soit d'un appareillage plus simplifié qu'il peut avoir à sa disposition.

Au terme de cet examen, si l'interrogatoire ne révèle pas durant les travaux antérieurs une fatigabilité apparemment anormale et s'il n'y a pas de doute sur la qualité visuelle du candidat ou si le sujet n'a pas présenté d'affection ophtalmologique, le médecin du travail est tout à fait en droit de prononcer une aptitude. En revanche, s'il existe un doute sur la qualité visuelle du candidat, ou si le sujet a présenté des affections ophtalmologiques, le médecin du travail peut toujours proposer un essai au poste et revoir le candidat au bout de quelques semaines. C'est à ce moment-là qu'il peut envisager un complément d'information ou la réponse définitive à l'aptitude.

En tout état de cause, la consultation spécialisée chez l'ophtalmologiste ne doit présenter aucun caractère systématique ou obligatoire.

Il est indiscutable que le travail sur écran présente **très peu de véritables contre-indications**, mais peut nécessiter, dans certains cas, une surveillance ophtalmologique régulière. En dehors d'anomalies oculaires graves ou évolutives (par exemple le glaucome à angle étroit), il n'y a pas de risque supplémentaire pour l'œil. Cependant, les amétropies élevées peuvent être une contre-indication par l'accroissement de la fatigue qu'elles sont susceptibles d'entraîner. De même, un très mauvais équilibre oculomoteur avec une vision binoculaire imparfaite sera un facteur de fatigue, mais ne sera pas nécessairement une contre-indication absolue et définitive. Ainsi le strabisme et la monophtalmie fonctionnelle n'entraînent pas de problème particulier.

- **Les visites médicales périodiques**

Elles s'intéressent essentiellement à l'apparition de troubles subjectifs, à l'aide de questionnaires simples. L'examen de contrôle sera effectué dans des conditions identiques à celles de l'examen initial.

En l'absence de troubles, l'aptitude est évidemment conservée. En revanche, si des modifications ou des troubles fonctionnels importants apparaissent, le médecin du travail doit vérifier les conditions de travail et peut demander un complément d'information médicale.

- **Les examens occasionnels**

L'employeur est tenu de faire examiner par le médecin du travail tout travailleur se plaignant de troubles pouvant être dus au travail sur écran de visualisation.

1.3 Questionnaire

Les renseignements suivants sont à fournir à l'ophtalmologiste lors des examens demandés.

Nom - Prénom - Sexe - Âge - Activité - Durée de travail sur écran.

1. **Date du dernier examen de la vue :**

2. **Date du début d'activité sur écran :**

3. **Nombre d'heures journalières d'utilisation de l'écran :**
   ≤ 2 h > 2 h et ≤ 4 h > 4 h

4. **Durée des séquences d'utilisation de l'écran :**
   Continue Discontinue

5. **Nature de l'affichage :**
   Lettres Chiffres Graphiques

6. **Contrastes de l'écran :**
   Positif Négatif

7. **Couleurs :**
   Des caractères Du fond Polychrome

8. **Caractéristiques des documents :**
   Manuscrits Imprimés Copies
   Papier brillant

9. **L'écran est :**
   Orientable Fixe

10. **Position de l'écran par rapport aux yeux :**
    Au-dessus Au même niveau Au-dessous

11. **Les documents imprimés sont consultés :**
    Souvent Rarement

12. **Position des documents :**
    À plat Sur support orientable

13. **Distance entre les yeux et respectivement :**
    L'écran : Le clavier : Les documents :

14. **Symptômes pouvant être en liaison étroite avec le travail sur écran**
    (voir en annexe 3 le questionnaire sur la charge et la fatigue visuelles)

2. Rôle de l'ophtalmologiste

Qu'il s'agisse d'un examen de première mise au travail sur écran ou d'une modification découverte lors d'une visite systématique, le médecin du travail qui adresse un sujet en consultation à un ophtalmologiste doit fournir le maximum de renseignements possibles concernant le type de travail sur écran, la durée de l'utilisation quotidienne et hebdomadaire et, éventuellement, un certain nombre de données sur les caractéristiques proprement dites de l'écran, et cherche à obtenir du spécialiste le maximum de renseignements sur les points suivants :

- l'acuité visuelle de loin, de près et intermédiaire (P5 – P6 à 60 – 70 cm) ;
- la mobilité oculaire et l'équilibre oculomoteur en vision de loin et de près (vision simultanée, mesure des hétérophories, vision stéréoscopique, degré d'amplitude de fusion, de convergence et d'accommodation) ;
- le contrôle du sens coloré ;
- le contrôle de l'acuité visuelle, avec ou sans éblouissement, avec diminution de contraste ;
- le contrôle du champ visuel, central et paracentral ;
- l'examen des globes oculaires proprement dits.

L'ophtalmologiste jugera de la nécessité éventuelle de tout examen complémentaire.

Lors des examens demandés à la suite d'une visite systématique, quelle qu'en soit la raison, l'ophtalmologiste pratiquera le même type d'examen, en attachant une attention toute particulière au contexte psychologique, à l'interrogatoire du sujet quant à l'existence éventuelle de troubles subjectifs.

Dans les deux cas, l'ophtalmologiste ne se prononce que sur le diagnostic, l'éventualité d'une thérapeutique et le pronostic, la décision d'aptitude étant du ressort du seul médecin du travail.

Il convient toujours, au moindre doute, que s'établisse un dialogue entre médecin du travail et ophtalmologiste, pour que l'un et l'autre puissent parfaitement jouer leur rôle respectif.

3. Corrections visuelles

Au terme des examens, une correction peut se révéler indispensable.

Si les résultats de la surveillance médicale rendent nécessaire une correction et si les dispositifs de correction normaux ne peuvent être utilisés, les travailleurs sur écran doivent recevoir des dispositifs de correction spéciaux en rapport avec le travail concerné ; ceux-ci ne doivent en aucun cas entraîner des charges financières additionnelles pour les travailleurs (décret n° 91-451).

Le texte mentionné ci-après est extrait de la circulaire DRT n° 91-18.

Lorsque les examens révèlent un dysfonctionnement jusque-là ignoré, un dispositif de correction normal peut apparaître nécessaire. Dans la mesure où ce dernier bénéficie à l'intéressé dans sa vie courante et qu'il est suffisant pour assurer de façon satisfaisante le travail sur écran, il est à la charge financière du travailleur sauf si l'employeur décide d'en supporter une partie voire la totalité.

A contrario, si un dispositif de correction normal ne permet pas l'exécution du travail sur écran dans de bonnes conditions et que d'éventuels aménagements du poste de travail s'avèrent importants, le travailleur doit alors bénéficier d'un dispositif de correction spéciale, qui étant exclusivement en rapport avec le travail concerné est en conséquence à la charge financière de l'employeur ; c'est le cas des dispositifs visant uniquement à améliorer la vision intermédiaire.

C'est pourquoi, les dispositifs qui facilitent la vision progressive ne seront pas considérés comme des dispositifs spéciaux au sens du décret.

Quand l'utilisation d'un dispositif de correction spécial s'impose et qu'il est techniquement possible de l'intégrer à un dispositif de correction normal, seul le surcoût de ce dispositif de correction mixte est à la charge de l'employeur.

Annexe 3

Questionnaires

En l'utilisant avec une certaine précaution, la méthode des questionnaires peut constituer un moyen utile pour la mise en évidence des manifestations et surtout des causes de l'inadaptation du travail à l'homme.

Trois questionnaires sont proposés. Ils portent sur les caractéristiques des tâches et l'organisation du travail, la charge et la fatigue visuelle et enfin, les troubles musculosquelettiques.

L'élaboration de ces questionnaires succincts tient compte des conditions spécifiques de travail sur les écrans de visualisation et de leurs éventuelles répercussions sur l'état de santé et de bien-être des opérateurs. Toutefois, il est rappelé aux préventeurs qu'on ne peut pas séparer nettement ces trois groupes puisque des relations causales, des combinaisons d'effets et une certaine dépendance peuvent les réunir.

Annexe 3

1. Questionnaire sur les caractéristiques des tâches et l'organisation du travail

Nom - Prénom - Sexe - Âge - Activité - Durée de travail sur écran.

1. **Contenu principal de la tâche :**
   Saisie de données — Acquisition de données
   Dialogue interactif — Traitement de texte
   Tâches créatives — Autres

2. **Le travail sur écran alterne-t-il avec d'autres activités ?**
   Non — Oui

3. **Combien d'heures par jour travaillez-vous en moyenne sur écran ?**

4. **Le rythme de travail est-il :**
   Libre ? — Imposé ?

5. **Le travail que vous faites est-il intéressant ?**
   Non — Oui
   Pourquoi ?

6. **Votre tâche est-elle monotone ?**
   Non — Oui

7. **L'indisponibilité de l'écran, due aux pannes ou aux délais d'attente de l'ordinateur, constitue-t-elle, pour vous, un facteur de gêne ?**
   Souvent — Quelquefois — Rarement — Jamais

2. Questionnaire sur la charge et la fatigue visuelles

Nom - Prénom - Sexe - Âge - Port de verres progressifs - Activité - Durée de travail sur écran.

Pendant le travail, vous arrive-t-il d'être gêné par :

1. **La taille des caractères affichés ?** Non Oui
2. **L'instabilité de l'image ?** Non Oui
3. **Les reflets de l'écran ?** Non Oui
4. **L'éclairage artificiel ?** Non Oui
5. **L'éclairage naturel ?** Non Oui
6. **Autre (s) ?**

Pendant ou après le travail, ressentez-vous :

1. **Des picotements des yeux ?**
   Souvent Quelquefois Rarement Jamais
2. **Une baisse de l'acuité visuelle ?**
   Souvent Quelquefois Rarement Jamais
3. **Une sensation de vision trouble ?**
   Souvent Quelquefois Rarement Jamais
4. **Des maux de tête ?**
   Souvent Quelquefois Rarement Jamais
5. **Des éblouissements ?**
   Souvent Quelquefois Rarement Jamais
6. **Une sécheresse des yeux ?**
   Souvent Quelquefois Rarement Jamais
7. **Autre(s) sensation(s) ?**

Après le travail :

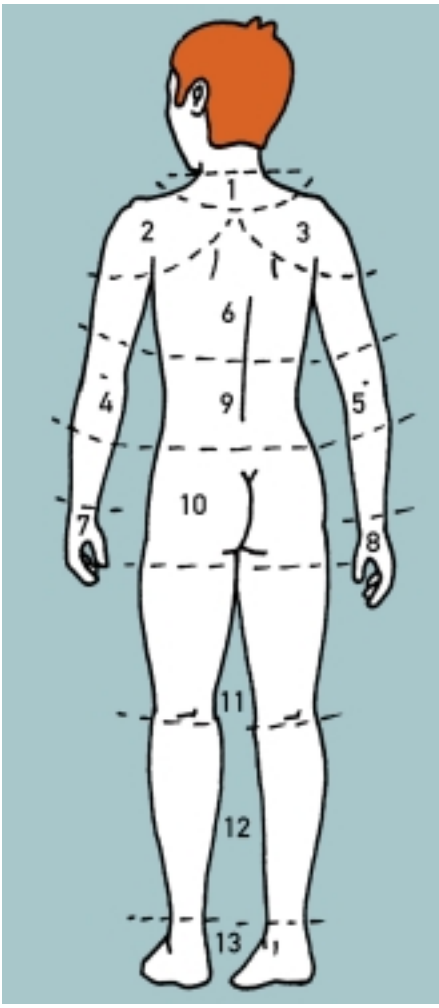
1. **Êtes-vous gêné en regardant la télévision ?**
   Souvent Quelquefois Rarement Jamais Non concerné
2. **Avez-vous du mal à lire les journaux ?**
   Souvent Quelquefois Rarement Jamais Non concerné
3. **Êtes-vous ébloui le soir en conduisant votre voiture ?**
   Souvent Quelquefois Rarement Jamais Non concerné

3. Questionnaire sur les troubles musculosquelettiques

Nom - Prénom - Sexe - Âge - Activité - Durée de travail sur écran.

Siège de la douleur (voir schéma corporel) :

1. **Nuque ?**
   Non ❑ Oui ❑
2. **Épaule gauche ?**
   Non ❑ Oui ❑
3. **Épaule droite ?**
   Non ❑ Oui ❑
4. **Coude gauche ?**
   Non ❑ Oui ❑
5. **Coude droit ?**
   Non ❑ Oui ❑
6. **Haut du dos ?**
   Non ❑ Oui ❑
7. **Main et/ou poignet gauche ?**
   Non ❑ Oui ❑
8. **Main et/ou poignet droit ?**
   Non ❑ Oui ❑
9. **Bas du dos ?**
   Non ❑ Oui ❑
10. **Assise ?**
    Non ❑ Oui ❑
11. **Cuisses ?**
    Non ❑ Oui ❑
12. **Jambes ?**
    Non ❑ Oui ❑
13. **Chevilles ?**
    Non ❑ Oui ❑



Il est à signaler que l'INRS propose en version informatisée un questionnaire plus détaillé concernant le risque de TMS dans le travail sur écran : CD-Rom *TMS dépistage. Trois questionnaires informatisés pour la prévention des troubles musculosquelettiques,* réf. CD 8, 2002.

Pour commander les films (en prêt), les brochures et les affiches de l'INRS, adressez-vous au service prévention de votre CRAM ou CGSS.

Services prévention des CRAM

ALSACE-MOSELLE
(67 Bas-Rhin)
14 rue Adolphe-Seyboth
BP 10392
67010 Strasbourg cedex
tél. 03 88 14 33 00
fax 03 88 23 54 13
www.cram-alsace-moselle.fr

(57 Moselle)
3 place du Roi-George
BP 31062
57036 Metz cedex 1
tél. 03 87 66 86 22
fax 03 87 55 98 65
www.cram-alsace-moselle.fr

(68 Haut-Rhin)
11 avenue De-Lattre-de-Tassigny
BP 70488
68018 Colmar cedex
tél. 03 89 21 62
fax 03 89 21 62 21
www.cram-alsace-moselle.fr

AQUITAINE
(24 Dordogne, 33 Gironde, 40 Landes, 47 Lot-et-Garonne, 64 Pyrénées-Atlantiques)
80 avenue de la Jallère
33053 Bordeaux cedex
tél. 05 56 11 64 00
fax 05 56 39 55 93
documentation.prevention@cramaquitaine.fr

AUVERGNE
(03 Allier, 15 Cantal, 43 Haute-Loire, 63 Puy-de-Dôme)
48-50 boulevard Lafayette
63058 Clermont-Ferrand cedex 1
tél. 04 73 42 70 22
fax 04 73 42 70 15
preven.cram@wanadoo.fr

BOURGOGNE et FRANCHE-COMTÉ
(21 Côte-d'Or, 25 Doubs, 39 Jura, 58 Nièvre, 70 Haute-Saône, 71 Saône-et-Loire, 89 Yonne, 90 Territoire de Belfort)
ZAE Cap-Nord
38 rue de Cracovie
21044 Dijon cedex
tél. 03 80 70 51 22
fax 03 80 70 51 73
prevention@cram-bfc.fr

BRETAGNE
(22 Côtes-d'Armor, 29 Finistère, 35 Ille-et-Vilaine, 56 Morbihan)
236 rue de Châteaugiron
35030 Rennes cedex
tél. 02 99 26 74 63
fax 02 99 26 70 48
www.cram-bretagne.fr

CENTRE
(18 Cher, 28 Eure-et-Loir, 36 Indre, 37 Indre-et-Loire, 41 Loir-et-Cher, 45 Loiret)
36 rue Xaintrailles
45033 Orléans cedex 1
tél. 02 38 79 70 00
fax 02 38 79 70 30
prev@cram-centre.fr

CENTRE-OUEST
(16 Charente, 17 Charente-Maritime, 19 Corrèze, 23 Creuse, 79 Deux-Sèvres, 86 Vienne, 87 Haute-Vienne)
4 rue de la Reynie
87048 Limoges cedex
tél. 05 55 45 39 04
fax 05 55 79 00 64
doc.tapr@cram-centreouest.fr

ÎLE-DE-FRANCE
(75 Paris, 77 Seine-et-Marne, 78 Yvelines, 91 Essonne, 92 Hauts-de-Seine, 93 Seine-Saint-Denis, 94 Val-de-Marne, 95 Val-d'Oise)
17-19 place de l'Argonne
75019 Paris
tél. 01 40 05 32 64
fax 01 40 05 38 84
prevention.atmp@cramif.cnamts.fr

LANGUEDOC-ROUSSILLON
(11 Aude, 30 Gard, 34 Hérault, 48 Lozère, 66 Pyrénées-Orientales)
29 cours Gambetta
34068 Montpellier cedex 2
tél. 04 67 12 95 55
fax 04 67 12 95 56
prevdoc@cram-lr.fr

MIDI-PYRÉNÉES
(09 Ariège, 12 Aveyron, 31 Haute-Garonne, 32 Gers, 46 Lot, 65 Hautes-Pyrénées, 81 Tarn, 82 Tarn-et-Garonne)
2 rue Georges-Vivent
31065 Toulouse cedex 9
tél. 05 62 14 29 30
fax 05 62 14 26 92
doc.prev@cram-mp.fr

NORD-EST
(08 Ardennes, 10 Aube, 51 Marne, 52 Haute-Marne, 54 Meurthe-et-Moselle, 55 Meuse, 88 Vosges)
81 à 85 rue de Metz
54073 Nancy cedex
tél. 03 83 34 49 02
fax 03 83 34 48 70
service.prevention@cram-nordest.fr

NORD-PICARDIE
(02 Aisne, 59 Nord, 60 Oise, 62 Pas-de-Calais, 80 Somme)
11 allée Vauban
59662 Villeneuve-d'Ascq cedex
tél. 03 20 05 60 28
fax 03 20 05 63 40
www.cram-nordpicardie.fr

NORMANDIE
(14 Calvados, 27 Eure, 50 Manche, 61 Orne, 76 Seine-Maritime)
Avenue du Grand-Cours, 2022 X
76028 Rouen cedex
tél. 02 35 03 58 21
fax 02 35 03 58 29
catherine.lefebvre@cram-normandie.fr
dominique.morice@cram-normandie.fr

PAYS DE LA LOIRE
(44 Loire-Atlantique, 49 Maine-et-Loire, 53 Mayenne, 72 Sarthe, 85 Vendée)
2 place de Bretagne
BP 93405, 44034 Nantes cedex 1
tél. 02 51 72 84 00
fax 02 51 82 31 62
prevention@cram-pl.fr

RHÔNE-ALPES
(01 Ain, 07 Ardèche, 26 Drôme, 38 Isère, 42 Loire, 69 Rhône, 73 Savoie, 74 Haute-Savoie)
26 rue d'Aubigny
69436 Lyon cedex 3
tél. 04 72 91 96 96
fax 04 72 91 97 09
preventionrp@cramra.fr

SUD-EST
(04 Alpes-de-Haute-Provence, 05 Hautes-Alpes, 06 Alpes-Maritimes, 13 Bouches-du-Rhône, 2A Corse Sud, 2B Haute-Corse, 83 Var, 84 Vaucluse)
35 rue George
13386 Marseille cedex 5
tél. 04 91 85 85 36
fax 04 91 85 75 66
documentation.prevention@cram-sudest.fr

Services prévention des CGSS

GUADELOUPE
Immeuble CGRR
Rue Paul-Lacavé
97110 Pointe-à-Pitre
tél. 05 90 21 46 00
fax 05 90 21 46 13
lina.palmont@cgss-guadeloupe.fr

GUYANE
Espace Turenne
Radamonthe
Route de Raban,
BP 7015
97307 Cayenne cedex
tél. 05 94 29 83 04
fax 05 94 29 83 01

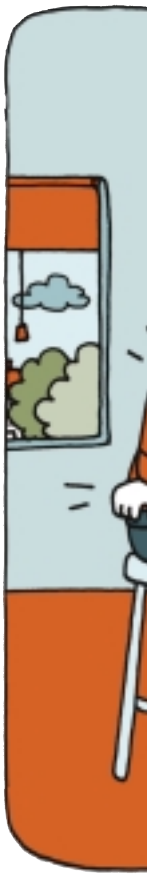
LA RÉUNION
4 boulevard Doret
97405 Saint-Denis cedex
tél. 02 62 90 47 00
fax 02 62 90 47 01
prevention@cgss-reunion.fr

MARTINIQUE
Quartier Place-d'Armes
97210 Le Lamentin cedex 2
tél. 05 96 66 51 31
05 96 66 51 33
fax 05 96 51 81 54
prevention@cgss-martinique.fr

Réalisé en liaison avec des médecins du travail et des ophtalmologistes, ce guide tente de faire la synthèse des connaissances et des méthodes nécessaires à la mise en pratique des textes réglementaires et des normes qui s'appliquent au travail sur écran de visualisation.

Ce travail peut engendrer fatigue visuelle, stress et troubles musculosquelettiques. Les facteurs professionnels qui déterminent ces problèmes de santé sont liés, plus ou moins, à l'affichage de l'information, à l'espace de travail, à l'environnement physique et à l'organisation du travail. En conséquence, ce guide comporte deux volets, l'un axé sur la santé et l'autre, sur l'ergonomie de l'informatique.

Ce guide, au caractère multidisciplinaire, s'adresse non seulement aux médecins du travail mais également à tous les autres préventeurs en matière de santé au travail.



Institut national de recherche et de sécurité
pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles
30, rue Olivier-Noyer 75680 Paris cedex 14 • Tél. 01 40 44 30 00
Fax 01 40 44 30 99 • Internet : www.inrs.fr • e-mail : info@inrs.fr

Édition INRS ED 924

1re édition • juin 2005 • 10 000 ex. • ISBN 2-7389-1208-7