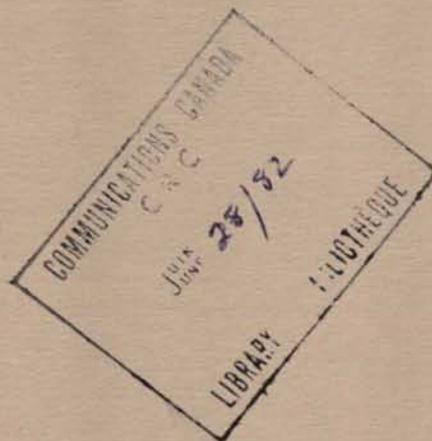


Centre de Recherches sur les Communications

REVUE DES ASPECTS SANTÉ ET SÉCURITÉ DES TERMINAUX
À ÉCRAN D'AFFICHAGE

par
W.C. TREURNIET



NOTE TECHNIQUE N° 712-F DU CRC



Ministère des
Communications

Department of
Communications

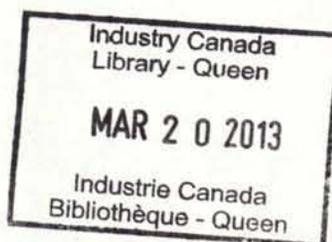
OTTAWA, FÉVRIER 1982

IC

LKC
TK
5102.5
.R48f
#712
c.2

CENTRE DE RECHERCHES SUR LES COMMUNICATIONS

MINISTÈRE DES COMMUNICATIONS
CANADA

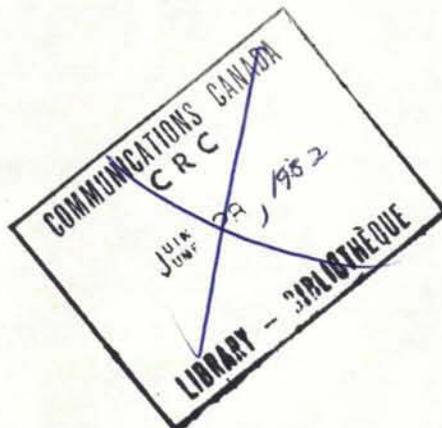


REVUE DES ASPECTS SANTÉ ET SÉCURITÉ DES TERMINAUX À ÉCRAN D'AFFICHAGE

par

W.C. Treurniet

(Gestion des applications de l'informatique)



NOTE TECHNIQUE N° 712-F DU CRC

Février 1982

OTTAWA

ATTENTION

Ces renseignements sont fournis à la condition expresse que les droits de propriété et les droits de brevet soient protégés.

ADL 4490952
ADL 5365073

TX
5102.5
R 48f
#712
C.b

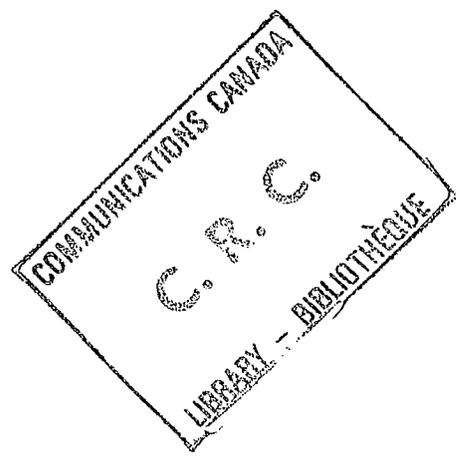


TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	1
1. INTRODUCTION	1
2. FATIGUE	2
2.1 Fatigue visuelle	2
2.1.1 Reflets	3
2.1.2 Éblouissement par contraste	3
2.1.3 Qualité de l'affichage	4
2.1.4 Ophthalmopathies	4
2.2 Fatigue musculaire	6
3. CONDITIONS DU MILIEU	7
4. CARACTÉRISTIQUES DE LA TÂCHE	7
5. ÉMISSIONS ÉLECTROMAGNÉTIQUES	9
6. CONCLUSIONS	9
7. RÉFÉRENCES	10
APPENDICE A — Bibliographie annotée	15
A1. Effets sur la vision	15
A2. Effets de la posture	32
A3. Caractéristiques de l'emploi	34
A4. Rayonnement	35

REVUE DES ASPECTS SANTÉ ET SÉCURITÉ DES TERMINAUX À ÉCRAN D'AFFICHAGE

par

W.C. Treurniet

RÉSUMÉ

Le présent article fait la revue des facteurs causant les plaintes des travailleurs à l'introduction de terminaux à écran d'affichage dans leur lieu de travail. Les données recueillies par enquête dans le milieu indiquent qu'un certain nombre de facteurs ergonomiques et certaines caractéristiques de l'emploi peuvent contribuer aux plaintes de malaises des usagers de TÉA. De façon spécifique, les plaintes de troubles visuels sont reliées à un éclairage ambiant inadapté (pouvant causer des reflets ennuyeux et des éblouissements par contraste), à une mauvaise qualité d'affichage, et à des ophtalmopathies. Les plaintes de douleurs musculaires et de fatigue sont reliées à une mauvaise conception du lieu de travail: hauteur inappropriée de la chaise, du clavier et de l'écran d'affichage, ainsi qu'absence de porte-copie et de supports pour les avant-bras et les poignets. De plus, la littérature suggère que l'attitude du travailleur envers sa tâche joue sur la fréquence de ce genre de plaintes: une attitude négative due au fait qu'on effectue une tâche routinière ou qu'on ne possède pas de possibilité d'avancement, provoque plus de plaintes contre les déficiences ergonomiques.

La revue envisage aussi la question des émissions électromagnétiques par les écrans d'affichage. Des études récentes montrent que les TÉA modernes n'émettent aucun rayonnement détectable.

1. INTRODUCTION

Les terminaux à écran d'affichage (TÉA) deviennent rapidement de lien principal entre les humains et l'appareillage moderne de traitement de l'information dans divers environnements. L'accroissement de leur usage a créé des craintes quant au danger potentiel pour les préposés. Les plus graves accusaient les TÉA d'émettre des rayonnements électromagnétiques capables de produire des modifications biologiques indésirables. Il en est résulté une concentration de l'attention scientifique sur les TÉA dans les

lieux de travail permettant d'identifier diverses exigences ergonomiques qui souvent, n'étaient pas satisfaites. On a considéré que la conception inadéquate des T_ÉA et des lieux de travail étaient responsable d'un certain nombre des plaintes des usagers de ces appareils. On a aussi identifié des troubles de la vue comme des causes possibles de plaintes. Enfin, des effets psychologiques de la structure des tâches ont récemment poussé à examiner la relation entre l'emploi tel qu'il est conçu et l'acceptation des T_ÉA par les travailleurs. L'évaluation des effets négatifs possibles de l'usage des T_ÉA dans le contexte de l'environnement global du travail est beaucoup plus complexe que si l'on ne devait considérer que le T_ÉA et l'opérateur.

La présente revue examine la connaissance actuelle des effets de l'usage des T_ÉA sur la santé et la sécurité du préposé. On considèrera la question sous les aspects suivants: (1) fatigue visuelle et musculaire due à une conception inadéquate du T_ÉA et du lieu de travail, (2) caractéristiques de l'environnement et de la tâche, et (3) émissions électromagnétiques. On a obtenu la plupart des données subjectives d'études sur les lieux manquant de façon notoire d'un contrôle expérimental adéquat. Par exemple, le groupe témoin peut ne pas effectuer exactement la même tâche que le groupe expérimental, ou le pourcentage des questionnaires retournés peut être si faible que les différences entre les conditions expérimentales pourraient facilement être attribuées à un échantillonnage biaisé. Malgré ces difficultés méthodologiques, il a été possible de tirer de la littérature un consensus quant aux sources de problèmes reliés à l'introduction des T_ÉA sur les lieux de travail. L'appendice A, ci-joint, constitue une bibliographie annotée des articles pertinents.

2. FATIGUE

Les plaintes des opérateurs de T_ÉA se divisent habituellement en deux catégories: l'une d'elles décrit les effets de la fatigue visuelle, et l'autre les effets de la fatigue musculaire. La fatigue visuelle provient de diverses caractéristiques de l'écran et de son entourage, comme la luminance et le contraste. La fatigue musculaire est accélérée par une posture ou un support inappropriés en raison d'une mauvaise conception du lieu de travail. Le présent chapitre traite de ces deux sortes de fatigue.

2.1 FATIGUE VISUELLE

Les symptômes de fatigue visuelle éprouvés par les opérateurs de T_ÉA sont décrits dans la littérature. Par exemple citons: irritation, mal aux yeux, larmes, céphalées diffuses, perte d'acuité visuelle, brouillage ou dédoublement visuel, et difficulté à garder les yeux ouverts (*Ostberg, 1975; Bedwell, 1978; Elias et coll., 1980; Smith, 1979*). Des études sur les lieux de travail avec T_ÉA ont attribué la responsabilité des plaintes en question à certaines caractéristiques de l'opérateur, de l'affichage et de l'environnement. Reflets, éblouissement, mauvaise qualité de l'image et un certain nombre d'ophtalmopathies sont nommément les facteurs principaux blâmés pour la fatigue visuelle.

2.1.1 Reflets

Les reflets sur l'écran d'un TÉA et sur les boutons de certains claviers peuvent être diffus ou directs. Les reflets diffus proviennent d'un éclairage indirect et peuvent réduire le contraste de l'écran d'affichage en augmentant sa luminance de fond. Il ne s'agit pas là d'un sérieux problème dans la mesure où la luminance de fond ne dépasse pas environ 20 cd/m². Habituellement, l'utilisateur peut augmenter la luminance de l'affichage pour obtenir le contraste recommandé de 10/1 entre l'affichage et le fond (*Cakir et coll.*, 1980). Par contre, les reflets directs ont des conséquences plus graves. Ils se produisent lorsque l'écran, agissant comme un miroir, réfléchit l'image de l'environnement immédiat pouvant contenir des sources d'éclairage direct ou d'autres objets. Les reflets directs peuvent interférer d'au moins deux façons avec la vision de l'affichage: la luminance additionnelle de l'image réfléchie peut causer un malaise dû à l'éblouissement si la source est suffisamment brillante; la distraction de l'attention causée par le reflet pose un problème plus sérieux. La charge mentale de travail est augmentée lorsque le préposé doit séparer les éléments de son champ visuel qu'il doit considérer ou négliger. De plus, puisque les plans focaux des renseignements affichés et réfléchis sont situés à des distances différentes de l'oeil, l'une ou l'autre des images apparaît dédoublée. Les tentatives de correction du dédoublement font perdre la mise au point sur l'autre image. La position d'accommodation a donc tendance à osciller entre les deux plans en question (*Cakir*, 1980).

La principale source de reflets sur les écrans TÉA est la lumière provenant des fenêtres. On minimise le reflet en plaçant l'écran de façon à ce qu'il soit perpendiculaire au plan des fenêtres. La littérature recommande aussi que les écrans soient perpendiculaires à l'éclairage fluorescent du plafond. Une autre recommandation: des écrans filtres qu'on doit cependant choisir avec soin, car certains produisent une diminution marquée de la luminance de l'écran, et peuvent même produire des reflets additionnels à leur surface. La finition des touches des claviers devrait être mate pour causer le moins de reflets possible.

2.1.2 Éblouissement par contraste

L'éblouissement par contraste est une autre source de plaintes des préposés due aux caractéristiques de l'appareil et de son environnement (*Ostberg*, 1975; *Stewart*, 1979). Lorsqu'un opérateur de TÉA fait face à une fenêtre éclairée ou lorsqu'il se trouve dans une salle fortement éclairée, la taille de sa pupille varie de façon radicale lorsque le champ de vision passe des endroits éclairés à la surface relativement sombre de l'écran. À ces exigences soudaines du système iridomoteur sont reliées des sensations de malaise. Une solution apparente serait de diminuer l'intensité de la lumière dans la salle pour qu'elle s'approche davantage de la luminance de l'écran. Cependant, pour bien des tâches, l'opérateur de TÉA doit aussi lire des documents sur papier, ce qui nécessite suffisamment de lumière. À cause de ces besoins conflictuels, on a recommandé comme compromis une luminosité d'environ 300 lux dans la salle (*Cakir et coll.*, 1980).

2.1.3 Qualité de l'affichage

La qualité de l'affichage influe sur l'effort qu'un opérateur doit faire pour le lire. Cette qualité a plusieurs dimensions et il faut tenir compte de diverses caractéristiques. La matrice de points des caractères devrait être au moins 5x7 et, d'habitude, on préfère 7x9 pour une bonne lisibilité. La hauteur des caractères devrait être au moins de 3 ou 4 mm, et l'angle sous-tendu devrait évaluer au moins 15 à 20 minutes d'arc. La largeur des caractères devrait être d'environ 0,7 ou 0,8 fois leur hauteur. La taille des points devrait être suffisamment grosse pour créer une impression de continuité. Les recommandations concernant l'espacement entre les caractères d'une rangée varient d'un espace tout juste perceptible à la moitié de la hauteur des caractères. En général, on recommande que l'espace entre les rangées soit d'environ 100 à 150 % de la hauteur des caractères. Le contraste entre ces derniers et la luminance de fond de l'écran devrait être 10/1 (p. ex., *Cakir et coll.*, 1980).

Même si la plupart des TÉA affichent présentement des caractères brillants sur fond sombre (contraste positif), des travaux récents indiquent que des caractères foncés sur fond brillant (contraste négatif) favorisent une meilleure performance de l'opérateur. De plus, les observateurs ont préféré de façon presque unanime le contraste négatif au contraste positif (*Radl*, 1980; *Bauer et Cavonius*, 1980). Cependant, pour éviter la présence de clignotement de l'affichage à contraste négatif, le balayage doit être de l'ordre de 70 à 100 Hz. Un affichage à contraste négatif a une luminance plus grande qu'un à contraste positif. La sensibilité de l'oeil au contraste est donc améliorée, la contraction résultante de la pupille permet d'améliorer la profondeur de champ, et il y a aussi augmentation de la vitesse d'accommodation (*Bauer et Cavonius*, 1980). L'augmentation de la profondeur de champ peut être spécialement importante pour les opérateurs les plus âgés ayant perdu beaucoup de leurs capacités d'accommodation.

La couleur préférable pour affichage monochrome a aussi été le sujet d'une certaine recherche. On recommande souvent le vert parce qu'il semble que le système visuel soit plus sensible à cette couleur (*Stewart*, 1979). Cependant, à la suite d'une étude comparant les effets de caractères vert et jaune sur la performance au travail et un certain nombre de paramètres visuels, dont l'acuité et l'adaptation à la couleur, il semble que le jaune soit préférable au vert (*Haider et coll.*, 1980).

Une autre étude comparait les préférences et les performances relatives avec du vert, du jaune-vert, deux teintes de jaune, deux teintes d'orange et du blanc, là encore, des deux points de vue, les deux teintes de jaune ont donné de meilleurs résultats que le vert. Ce sont les deux tons d'orange qui ont donné les pires performances et qui ont obtenu les notes les plus basses pour la préférence (*Radl*, 1980).

2.1.4 Ophtalmopathies

On a affirmé que la vue d'au moins 30 % de la population n'était pas corrigée ou l'était de façon inadéquate (*Cakir et coll.*, 1980; *Stewart*, 1979). Ce sont vraisemblablement ces gens qui souffrent le plus de tension oculaire, même lorsqu'ils se servent d'un appareil bien conçu dans l'environnement approprié. Parmi les affections les plus répandues citons: presbytie,

cataractes, déséquilibre oculomoteur, et défaut de convergence.

La presbytie, dont la prévalence augmente avec l'âge, est la diminution progressive de l'amplitude d'accommodation du cristallin. Elle constitue un handicap lorsque l'écran et les documents sources sont situés à des distances différentes de l'oeil. Par conséquent, on recommande souvent qu'il soient placés à des distances semblables pour diminuer la fatigue due à l'accommodation et pour aider les préposés presbites (*Stewart, 1979*).

Le défaut de convergence est une affection de la vision binoculaire caractérisée par un flou ou un dédoublement de la vision. Ces symptômes sont causés par une fusion imprécise des influx propres à chaque oeil pour former l'image binoculaire. Ils peuvent mener à diagnostiquer des troubles de réfraction qu'on traite à tort par des verres plutôt que par des exercices orthoptiques. Environ 10 % des patients en ophtalmologie peuvent souffrir de cette affection (*Mahto, 1972*).

Six muscles contrôlent les mouvements de l'oeil. Pour effectuer un mouvement donné, au moins deux muscles doivent travailler en coopération, la tension de l'un augmentant, et celle de l'autre diminuant. Il se produit un déséquilibre oculomoteur lorsque une mauvaise coopération entre les muscles provoque des tensions non nécessaires. Une tension anormale peut provoquer douleurs et fatigue (*Ostbert, 1975*).

Les cataractes sont des points troubles dans le cristallin. Lorsque ces points deviennent suffisamment gros, ils peuvent provoquer la cécité partielle ou totale. Même si la fréquence des cataractes augmente avec l'âge, on en a signalé environ 4 % chez des personnes relativement jeunes, soit entre 35 et 45 ans (*Marshall, 1981*).

On a suggéré que, même pour des personnes sans troubles de réfraction, l'observation d'écrans de TÉA peut être facilitée par le port de verres permettant de faire le point à l'infini lorsqu'on regarde l'écran. Même si cela peut combattre les spasmes accommodatifs apparaissant à la suite de beaucoup d'observations à courte distance, il existe aussi des indications qu'un conflit avec le sous-système de convergence peut en résulter. Accommodation et convergence sont interdépendants, et si le besoin d'accommodation est éliminé, la nécessité toujours présente de la convergence peut provoquer une tension dans l'oeil (*Hartbridge, 1919*). Peut-être pourrait-on combiner des prismes avec les verres pour éliminer à la fois le besoin d'accommodation et de convergence à une distance d'observation prédéterminée. Cependant, l'hypothèse d'une distance d'observation unique n'est probablement pas valable pour la plupart des environnements de travail.

Pour un certain nombre de personnes, la prescription de verres à double foyer permet de satisfaire le besoin d'éloigner le punctum proximum sans rapprocher le punctum remotum. Cependant, les verres conçus pour faciliter la lecture d'un texte sur papier peuvent demander l'adoption de postures fatigantes lorsqu'on les utilise pour lire sur un écran de TÉA (*Stewart, 1979*). Par conséquent, les optométristes doivent prescrire des verres à double foyer appropriés à l'observation d'écran de TÉA (*Bedwell, 1978*).

Il est évident que les troubles existants de la vision augmentent la probabilité de fatigue à l'observation d'un TÉA. Il n'est pas aussi évident que l'observation prolongée peut causer des affections visuelles permanentes. On accuse l'observation continue à courte distance d'encourager le développement de la myopie. Par exemple, Young (1981) a trouvé que la pression intraoculaire chez les singes augmentait de façon directe avec le pouvoir d'accommodation. Il suggérait que l'augmentation de pression maintenue pendant de longues périodes était responsable de l'allongement de l'oeil produisant une myopie permanente. Cependant, Taylor (1981) maintenait que des études épidémiologiques n'ont fourni aucune preuve que le travail à courte distance provoque une évolution à long terme vers la myopie. Ostberg (1980, 1981) a trouvé que l'observation prolongée de TÉA provoquait une presbytie temporaire en provoquant l'éloignement du punctum proximum. Haider et coll., (1980) ont trouvé que l'observation de TÉA avait des effets sur l'acuité et la perception des couleurs, mais que ces effets aussi étaient temporaires. Il semble donc que l'observation prolongée de TÉA affecte de façon temporaire le fonctionnement de l'oeil. Cependant, il n'y a pas de preuve que des changements permanents se produisent.

2.2 Fatigue musculaire

Nelson et Ladan (1976) ont montré que les travailleurs de bureau ressentent des variations systématiques de la fatigue subjective au cours d'une journée ou d'une semaine. La fatigue était relativement élevée et constante durant la matinée, mais elle diminuait graduellement l'après-midi. Elle était en outre relativement élevée le lundi et le vendredi, mais faible entre temps. Les auteurs expliquent ces modifications tant par des facteurs motivationnels et cognitifs que par la fatigue musculaire.

Corlett et Manenica (1980) ont étudié les plaintes de douleurs et de malaises afin de mesurer l'effet du maintien d'une posture. Il appert que le malaise est fonction du temps d'endurance maximum. C'est-à-dire que l'intensité du malaise signalé par les sujets à un moment donné était proportionnel au pourcentage déjà écoulé du temps d'endurance total. De plus, une pause de 3/4 d'heure diminuait assez faiblement l'intensité de la douleur signalée et n'avait aucun effet sur le taux d'augmentation du malaise. Les auteurs en concluent que le maintien des mêmes postures pour la plus grande partie de la journée de travail provoque une douleur considérable.

Ces deux études suggèrent a priori que les opérateurs de TÉA éprouvent un malaise corporel lorsqu'ils travaillent de façon continue pendant des périodes relativement longues. Par conséquent, il n'est pas surprenant que des études dans le milieu montrent que les douleurs se développent dans certaines parties du corps des opérateurs de clavier (*Hunting, Laubli et Grandjean, 1980; Elias et coll., 1980; Hunting, Grandjean et Maeda, 1980*). Bien que tous les opérateurs de clavier signalaient plus de douleurs que tous les autres travailleurs de bureau, la fréquence des plaintes était beaucoup plus élevée chez les opérateurs de terminaux d'introduction de données que chez les opérateurs de terminaux conventionnels et les dactylos. Les premiers restent assis pendant des périodes de temps plus longues dans une posture contraignante qui suscite le développement de douleurs dans le cou, les épaules, le bras droit ainsi que la main droite. Un support adéquat du dos, de l'avant-bras ou du poignet et un porte-copie aiderait à diminuer la fatigue musculaire.

Il existe des données anthropométriques pour la conception d'un poste de travail approprié. Vu les variations de taille des gens, les meubles devraient être facilement réglables (*Stewart, 1979*). L'écran du TÉA et le clavier devraient pouvoir s'ajuster séparément afin d'accueillir les opérateurs de tailles différentes ayant des exigences de travail différentes. Les pieds devraient reposer à plat sur le plancher, les avant-bras être à peu près horizontaux lorsque les doigts sont sur la rangée de lettres médiane du clavier, et le champ de vision devrait s'étendre entre 20 et 40 degrés sous l'horizontale. On recommande aussi que la distance soit la même entre les yeux et le document source, le clavier ou l'écran. Des variations de la posture durant la période de travail semblent nécessaires pour réduire l'accumulation de la fatigue. Le réglage des composantes du poste de travail rendent ces variations possibles.

3. CONDITIONS DU MILIEU

Les postes de travail avec TÉA constituent une addition nouvelle à l'environnement de bureau, et peuvent contribuer aux bruits présents. Celui provenant des ventilateurs de refroidissement de certains modèles peut être irritant. Certains postes de travail incluent des imprimantes qui produisent un bruit allant jusqu'à 75 dB(A), dépassant le niveau de 55 à 65 dB(A) considéré souhaitable dans les bureaux (*Stewart, 1979*).

Les TÉA produisent de la chaleur qu'il faut dissiper. Il est utile de régler l'humidité pour prévenir l'irritation de l'oeil et les sensations de picotement dues à une sécheresse excessive de l'air (*Stewart, 1979*). Une chaleur excessive peut contribuer au développement d'hémorroïdes, surtout chez un travailleur exposé à la chaleur d'appareils avoisinants.

Un travail prolongé avec un TÉA demande beaucoup d'accommodation visuelle à courte distance. Par conséquent, l'environnement du bureau doit être conçu de façon à ce que les yeux puissent se reposer en regardant un espace non uniforme à une certaine distance; ce peut être une vue par la fenêtre ou un aménagement de bureau intéressant comprenant des plantes ou des murales (*Stewart, 1979*).

4. CARACTÉRISTIQUES DE LA TÂCHE

La fatigue provient d'un effort physique, et elle peut être exagérée par un aspect négatif de la tâche du point de vue cognition et motivation. À cause de la nature multi-dimensionnelle du milieu de travail, il est difficile de préciser les facteurs sociaux et personnels qui contribuent à la fatigue.

Smith et coll. (1980) ont constaté que les travailleurs dans un milieu où l'avancement dans la carrière était une source d'inquiétude avait tendance à être plus anxieux et irritables que ceux d'un autre milieu où il n'en était pas ainsi. Les auteurs estimaient qu'une conception inadéquate de la tâche contribuait à la fréquence des plaintes de la part des opérateurs de TÉA.

Elias et coll. (1980) ont trouvé qu'un nombre significativement plus élevé de préposés à la saisie des données que d'opérateurs de terminaux conversationnels étaient insatisfaits de leur travail, et qu'ils avaient plus de symptômes de tension psychologique, psychosomatique et visuelle. La saisie des données était plus limitative, demandait moins d'apprentissage, et elle comptait des cycles de travaux plus courts que l'emploi demandant plus d'interaction.

Les études en question montrent qu'on ne peut pas parler des opérateurs de TÉA comme d'un groupe homogène. Le genre de gestion et de tâches effectuées avec le TÉA influencent les effets sur l'opérateur. Bertinuson (1981) classe les tâches effectuées avec des TÉA en les cotant vaguement selon une échelle allant de bas niveau à haut niveau. L'échelle témoigne sans doute de l'importance de la latitude que le préposé a pour fixer l'allure de son travail, et de la quantité de créativité faisant partie de la tâche. Voici des exemples de tâches incluses dans l'échelle en question: introduction des données, saisie des données, dialogue, traitement des mots, programmation, composition de textes, conception graphique et travail scientifique. Les trois premiers genres d'emploi limitent le préposé à des programmes déterminés d'avance, alors que les autres se servent du TÉA comme d'un outil à fonction créatrice. À cause de la définition préalable des programmes dans les trois premières places d'emploi, les employeurs peuvent se servir d'ordinateurs pour surveiller la productivité des employés, ce que ces derniers perçoivent souvent comme menaçant. Il existe aussi une attente à diviser les tâches en travaux plus petits (les rendant plus routiniers) peut-être dans le but de diminuer la durée de la formation, ou parce que les programmes des ordinateurs ont tendance à être rigides. Gregory (1981) suggérerait la possibilité d'améliorer la tâche d'introduction de données en y intégrant plus de capacités, soit en donnant aux préposés plus de latitude dans le choix de leur allure de travail et de la façon de l'effectuer, soit en faisant plus de formation au travail, en augmentant les chances d'avancement, les pauses et le salaire ou en diminuant la durée de la semaine de travail. Sauter (1981) a noté que, bien qu'un logiciel intelligent puisse servir d'une façon négative à surveiller la productivité des employés, il peut aussi aider le préposé en guidant son processus de cognition et en diminuant la charge de connaissances. Guion (1981) a suggéré que la complexité de la tâche devrait être adaptée aux capacités des employés. Certaines personnes, ne voulant pas effectuer des tâches constituant un défi, peuvent préférer la monotonie de l'introduction des données.

Les pauses peuvent aider à réduire la tension visuelle résultant d'un travail avec TÉA (Haider et coll., 1980). Cependant, le rapport optimum de périodes de travail et de repos dépend probablement de la tâche (Ostberg, 1975). On a suggéré de permettre 15 minutes de repos pour chaque heure de travail ou une demi-heure pour deux heures. Par ailleurs, on suggère aussi de planifier le travail d'un employé de façon à ce que deux heures de travail avec TÉA soient suivies de deux heures passées à effectuer d'autres tâches ne demandant pas d'accommodation visuelle à courte distance. Ces choix sont disponibles pour un directeur intéressé à préserver la santé et le bien-être de ses employé(e)s et à améliorer leur productivité.

5. ÉMISSIONS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Individus, syndicats, gouvernements et industries se sont inquiétés du danger potentiel de rayonnement par les TÉA. À cause de ces inquiétudes, un certain nombre de recherches ont étudié les niveaux d'émission de rayonnements ionisants et non ionisants par des échantillons représentatifs de TÉA et de téléviseurs en couleur (p. ex., *Moss et coll., 1977; Buckler, 1980; Wang, 1975; Murray et coll., 1981*). Les études les plus récentes montrent que les TÉA modernes n'émettent pas de niveau détectable de rayonnement à quelque fréquence que ce soit. Des articles de journaux récents suggéraient que les microondes émises par les TÉA étaient responsables des cataractes de deux employés du New York Times et que, au Toronto Star, les rayons-X provenant de TÉA étaient la cause de quatre cas de malformations congénitales. Cependant, dans les deux cas, des essais sur les TÉA n'ont montré aucun signe de rayonnement (*Marshall, 1981*).

Les autorités gouvernementales au Canada et aux États-Unis soutiennent que les téléviseurs et les TÉA modernes ne produisent pas de niveau détectable de rayonnements ionisants (*Létourneau, 1981; Marshall, 1981*). Le *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) américain prétend que ses appareils ont une sensibilité de cinq fois le niveau de rayonnement de fond (*Murray et coll., 1981*). Santé et Bien-être social Canada peut mesurer des niveaux de rayon-X du millième de la valeur de fond (*Létourneau, 1981*). De plus, Zuk (communication personnelle) a indiqué que Santé et Bien-être social Canada demande aux fabricants de retirer du marché canadien les téléviseurs émettant des rayons-X au cours d'essais systématiques. Cette règle de conduite est justifiable puisque, avec la technologie actuelle, il n'est besoin que d'un coût minime pour s'assurer que les tubes de téléviseurs n'émettent aucun rayon-X détectable.

L'effet d'un champ électrique statique sur les opérateurs de TÉA est une nouvelle cause supplémentaire d'inquiétude. Ostberg (1981) a noté qu'environ 100 opérateurs de TÉA dans les pays scandinaves ont souffert d'éruptions faciales. Il a émis l'hypothèse que les particules ionisées dangereuses d'environnements donnés sont attirées vers le visage à cause d'un gradient de champ électrique d'environ 2 000 volts entre ce dernier et l'écran de TÉA. Ce gradient de voltage agirait aussi sur le mouvement des molécules d'air ionisées. Il existe une littérature controversée au sujet des effets bénéfiques des ions chargés négativement dans l'air sur la chimie du corps et les états d'âmes (revu dans *Soyka et Edmonds, 1977*). Le potentiel négatif d'un opérateur aurait tendance à repousser les ions négatifs de l'air, et pourrait causer des malaises comme migraines, irritabilité et dépression. L'effet des champs électriques existant aux postes de travail avec TÉA demande une recherche plus poussée.

6. CONCLUSIONS

La plupart de la recherche pour coter les réponses subjectives aux questions concernant les TÉA procède d'une méthodologie imparfaite. Certaines imperfections proviennent d'une mauvaise conception, alors que d'autres sont indépendantes du chercheur. Guion (1981) mentionne cinq exigences qui sont souvent violées lors d'enquêtes: (a) échantillonnage approprié, (b) analyse

appropriée de la profession, (c) mesures appropriées des variables d'intérêt, tout en s'assurant de leur fiabilité et de leur validité, (d) groupe témoin approprié (échantillonnage ou statistique), et (e) analyse appropriée des données.

Malgré les difficultés que rencontrent les chercheurs, la littérature laisse manifestement entendre que les lieux de travail et les emplois ne sont pas toujours conçus avec toute la considération nécessaire pour le bien-être du travailleur. Les exigences ergonomiques ne sont pas toujours remplies, provoquant des tensions oculaires et des malaises corporels chez les travailleurs. L'environnement psychologique peut être négatif à cause de conflits entre travailleurs et direction, d'incertitudes dans la carrière, et d'insensibilité de la direction. Les travailleurs très motivés tolèrent souvent les carences ergonomiques comme telles. Cependant, ces mêmes travailleurs commencent à se plaindre lorsque leur motivation et leur propre estime diminuent à cause d'une mauvaise conception de l'emploi. Un bon milieu de travail semble être celui où la direction s'occupe sérieusement des besoins physiques et psychologiques de ses employés.

Le présent rapport examine aussi la question de la sécurité du préposé en ce qui concerne les émissions de rayonnement électromagnétique des téléviseurs. À quelque fréquence que ce soit, les téléviseurs modernes n'émettent pas de niveaux détectables de rayonnement. Par conséquent, il n'y a aucun danger d'émissions électromagnétiques.

7. RÉFÉRENCES

- Anderson, G.E., Tell, R.A. et Youmans, H.D. *Spectral Transmission and Attenuation of X-Radiation by Glasses and Resins used in Color Television Picture Tubes*. IEEE Trans. on Broadcast and Television Receivers, Vol. BTR-16 (2): 82-88, 1970.
- Bauer, D. et Cavonius, C.R. *Improving the Legibility of Visual Display Units through Contrast Reversal* dans Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean et E. Vigliani, (eds.), Londres: Taylor et Francis, 1980.
- Bedwell, C.H. *Assessment of Eye Strain and Difficulty in Viewing Visual Display Units*. Proc. of the Ergonomics Society Conference on Eyestrain and VDUs, Loughborough Univ. of Technology, décembre 1978.
- Bertinuson, J. Expert participant au Symposium on Video Display Terminals and Vision of Workers, Washington, D.C., 1981.
- Braestrup, C.B. et Mooney, R.T. *X-Ray Emission from Television Sets*. Science, 130: 1071-1074, 1959.
- Buckler, G. *VDT Radiation Levels not Harmful, Tests Show*. Computing Canada, p. 4, 25 novembre, 1980.

- Cakir, A.E. *Human Factors of VDU Design*. Dans P.A. Kolers, M.E. Wrolstad et H. Bouma (Eds.), *Processing of Visible Language 2*, New York: Plenum Press, 1980.
- Cakir, A., Hart, D.J., et Stewart, T.F.M. *Visual Display Terminals*, Toronto: John Wiley & Sons, 1980.
- Charlton, M.H. et Hoefler, P.F.A. *Television and Epilepsy*. *Archives of Neurology*, 1964, 11: 239-247.
- Corlett, E.N. et Manenica, I. *The Effects of Measurement of Working Postures*. *Applied Ergonomics*, 1980, 11: 7-16.
- Eleccion, M. *X-Radiation from Colour Television Receivers*. *IEEE Spectrum*, pp. 95-104, juillet 1968.
- Elias, R., Cail, F., Tisserand, M., et Christmann, H. *Investigations in Operators Working with CRT Display Terminals: Relationships between Task Content and Psychophysiological Alterations* dans *Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals*, E. Grandjean et E. Vigliani, (Eds.), Londres: Taylor et Francis, 1980.
- Gregory, J. Expert participant au Symposium on Video Display Terminals and Vision of Workers, Washington, D.C., 1981.
- Guion, R. Expert participant au Symposium on Video Display Terminals and Vision of Workers, Washington, D.C., 1981.
- Haider, M., Kundi, M., et Weibenbock, M. *Worker Strain Related to VDUs with Differently Coloured Characters* dans *Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals*, E. Grandjean et E. Vigliani, (Eds.), Londres: Taylor et Francis, 1980.
- Hartridge, H. *Physiological Eye-Strain*, *Proc. of the Physiological Society*, mai 1919.
- Harvey, T.S. *Experiments with White Rats, Bush Beans, and Tradescantia Plants in the Vicinity of Television Receivers*. *IEEE Trans. Broadcast and Television Receivers*, Vol. BTR-13: 51-63, juillet 1967.
- Santé et Bien-être social du Canada. *Les téléviseurs et les rayons X*. N° 31 (Révisé), Services éducatifs, Direction générale de la protection de la santé, été 1978.
- Hopkinson, R.G. *Glare Discomfort and Pupil Diameter*. *J. Opt. Soc. Am.*, 1956, 46: 649-656.
- Hunting, W., Laubli, T. et Grandjean, E. *Constrained Postures of VDU Operators* dans *Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals*, E. Grandjean et E. Vigliani, (Eds.), Londres: Taylor et Francis, 1980.
- Hunting, W., Grandjean, E., et Maeda, K. *Constrained Postures in Accounting Machine Operators*. *Applied Ergonomics*, 1980, 11: 145-149.
- Kelly, R.B. *The Effect of Direction of Contrast on TV Legibility under Varying Ambient Illumination*. Revu dans *Legibility of Alphanumeric Characters and Other Symbols*, D.Y. Cornog et F.C. Rose, National Bureau of Standards Misc. 262-2, 1967.
- Laubli, T., Hunting W., et Grandjean, E. *Visual Impairments in VDU Operators Related to Environmental Conditions* dans *Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals*, E. Grandjean et E. Vigliani (Eds.), Londres: Taylor et Francis, 1980.

- Létourneau, E.G. *Are Video Display Terminals Safe?* Journal de l'Association médicale canadienne, 1981, 125: 534.
- Mahto, R.S. *Eye Strain from Convergence Insufficiency.* British Medical Journal, 1972, 2: 564-565.
- Marshall, E. *FDA Sees no Radiation Risk in VDT Screens.* Science, 212: 1120-1121.
- Moss, C.E., Murray, W.E., Parr, W.H., Messite, J., et Karches, G.J. *A Report on Electromagnetic Radiation Surveys of Video Display Terminals.* National Institute for Occupational Safety and Health, rapport n° NIOSH 78-129, décembre 1977.
- Murray, W.E., Moss, C.E., Parr, W.H., et Cox, C. *A Radiation and Industrial Hygiene Survey of Video Display Terminal Operations.* Human Factors, 1981, 23: 413-420.
- Nelson, T.M. et Ladan, C.J. *Patterns and Correlates of Fatigue among Office Workers.* J. Occup. Psychol., 1976, 49: 65-74.
- NYCOSH, *New Technology: Danger and Opportunity for Workers.* New York Committee for Occupational Safety and Health, 1980.
- Ostberg, O. *CRTs Pose Health Problems for Operators,* Int. J. Occup. Health and Safety, 44(6): 24-26, 1975.
- Ostberg, O. *Accommodation and Visual Fatigue in Display Work* dans Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean et E. Vigliani, (Eds.), Londres: Taylor et Francis, 1980.
- Ostberg, O. Expert participant au Symposium on Video Display Terminals and Vision of Workers, Washington, D.C., 1981.
- Radl, G.W. *Experimental Investigation for Optimal Presentation Mode and Colours of Symbols on the CRT-Screen* dans Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean et E. Vigliani, (Eds.), Londres: Taylor et Francis, 1980.
- Sauter, S. Expert participants au Symposium on Video Display Terminals et Vision of Workers, Washington, D.C., 1981.
- Smith, M.J., Stammerjohn, L.W., Cohen, B.G.F., et Lalich, N.R. *Job Stress in Video Display Operations* dans Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean et E. Vigliani, (Eds.) Londres: Taylor et Francis, 1980.
- Smith, W.J. *A Review of Literature Relating to Visual Fatigue.* Proc. of the Human Factors Society, 23^e réunion annuelle, Boston, Mass., pp. 362-366.
- Soyka, F. et Edmonds, A. *The Ion Effect,* Toronto: Lester et Orpen, 1977.
- Sperling, G. *Flicker in Computer-Generated Visual Displays: Selecting a CRO Phosphor and other Problems.* Behav. Res. Meth. & Instrum., 1971, 3: 151-153.

Stewart, T.F.M. *Eyestrain and Visual Display Units: A Review*. *Displays*, 1: 25-32, avril 1979.

Taylor, H. Expert participant au Symposium on Video Display Terminals and Vision of Workers, Washington, D.C., 1981.

Young, F. Expert participant au Symposium on Video Display Terminals and Vision of Workers, Washington, D.C., 1981.

Wang, Y-S. *Measurement of Ionizing Radiation from Color Television Receivers by Thermoluminescent Dosimeters*. *Health Physics*, 28(1): 78-80, 1975.

APPENDICE A

Bibliographie annotée

Le présent appendice contient une bibliographie annotée de la littérature relative à la question de la santé et de la sécurité des terminaux d'affichage visuel. On a inclus les articles qu'on jugeait capables d'apporter une contribution significative à la connaissance. Les études originales et les revues détaillées satisfaisaient à ce critère. On n'a pas considéré comme utiles les courtes revues parues dans les journaux, spécialisés ou non.

A1. EFFETS SUR LA VISION

Bauer, D. et Cavonius, C.R. *Improving the Legibility of Visual Display Units through Contrast Reversal* dans *Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals*, E. Grandjean et E. Vigliani, (eds.), Londres: Taylor et Francis, 1980.

Cette recherche étudiait l'influence du sens du contraste sur les mesures de la performance et la préférence. Normalement, sur un écran de T_ÉA, les lettres apparaissent en clair sur fond sombre. L'inversion du sens du contraste a plusieurs avantages. La luminance accrue de l'écran augmente la sensibilité de l'oeil au contraste. De plus, l'amélioration du niveau d'adaptation aide à une accommodation plus rapide, et la diminution du diamètre de la pupille augmente la profondeur de champ et réduit les distorsions optiques. L'augmentation de la profondeur de champ est particulièrement importante pour les personnes plus âgées ayant perdu beaucoup de leurs facultés d'accommodation.

Le désavantage de l'inversion du contraste est l'augmentation de la perception du clignotement à cause de la plus forte luminance de l'écran. On a permis à huit observateurs d'augmenter la fréquence de régénération de leur T_ÉA dont l'écran, un P4 (blanc) fonctionnait au phosphore avec une luminance de 200 cd/m², sans affichage, jusqu'à ce que le clignotement disparaisse. Pour la vision périphérique, cela se produisait lorsque la fréquence atteignait 90 Hz. Pour obtenir une absence complète de clignotement, une fréquence de 100 Hz a été utilisée pendant les expériences suivantes. On a fixé la luminance de l'écran à 80 cd/m² pour qu'elle soit la même que celle de documents typiques posés sur un bureau dans une salle illuminée avec 550 lux.

La première expérience consistait à reconnaître un mot de quatre lettres sans signification affiché sur le T_ÉA. On a défini le contraste positif comme résultant de l'usage des lettres conventionnelles en clair balayées à 50 Hz sur fond sombre, 4 cd/m², et le contraste négatif, de lettres foncées sur un fond de 80 cd/m² balayé à 100 Hz. Dans le cas du contraste négatif, on a obtenu 26 % d'erreurs en moins que dans le cas du contraste positif conventionnel.

Dans une deuxième expérience, on détectait la différence entre l'épellation de mots sans signification apparaissant sur un écran de TĒA en comparaison de l'épellation de mots semblables dactylographiés sur papier. Encore là, on obtenait 23 % moins d'erreurs dans le cas du contraste négatif que dans le cas du contraste positif. De plus, la performance dans le cas du contraste négatif était plus rapide d'environ 8 %.

Des 13 hommes et 10 femmes qui ont participé à l'une ou l'autre des expériences, tous sauf un(e) ont préféré l'écran à contraste négatif. D'après les commentaires, la lecture sur ce dernier était plus facile et son usage, plus confortable. On a dit du contraste positif qu'il demandait plus d'efforts et qu'il causait plus de fatigue.

Bedwell, C.H. *Assessment of Eye Strain and Difficulty in Viewing Visual Display Units*. Proc. of the Ergonomics Society Conference on Eyestrain and VDUs, Loughborough Univ. of Technology, décembre 1978.

Cette revue considère les divers facteurs que l'on croit contribuer à la tension oculaire due à l'observation de TĒA. Les symptômes de l'observation prolongée peuvent consister en maux de tête ou d'yeux, ainsi qu'en sensation de tiraillements au front ou autour des yeux, en stress des muscles faciaux ou oculaires, en fatigue des yeux, en clignement ou contraction des paupières, en difficulté de garder les yeux ouverts, en une sensation d'étourdissement, en larmolement ou rougissement des yeux. L'observation dans des conditions stressantes peut s'accompagner de tension due à la posture et de malaises derrière la tête et dans le bas du cou ainsi que dans le dos, de même que de nausées si la convergence des yeux est maintenue avec difficulté. Il peut y avoir aussi augmentation de la sensibilité à la lumière. Des aspects secondaires du milieu, comme pression trop grande de l'emploi, fort bruit de fond, chaleur excessive, absence de changement de la tâche visuelle ou de repos, peuvent augmenter le malaise. Même si les conditions optiques sont adéquates, il peut se produire encore une lecture erronée d'une ligne ou d'une colonne de caractères à cause d'affections visuelles comme confusion, brouillement ou dédoublement des caractères. Il est plus probable que ces anomalies se produiront lors d'un transfert rapide du regard, surtout si la coordination binoculaire est moins utilisée ou stable.

La distance d'observation devrait se situer entre les limites normales pour la lecture ordinaire (40 à 50 cm). Cela éviterait des pressions trop fortes sur la convergence, et serait dans la plage de recouplement binoculaire stable. Si le travail visuel s'effectue dans des zones inhabituelles, il peut être difficile de parvenir à une superposition binoculaire dynamique stable et il peut en résulter une confusion de l'image binoculaire et des troubles comme le dédoublement de la vision. En général, la difficulté de convergence est plus grande à (ou au-dessus de) l'horizontale plutôt qu'en dessous puisque habituellement nous lisons en regardant vers le bas. Les zones de travail visuel comprennent le clavier du TĒA, les documents sur papier contenant les données à traiter, ainsi que l'écran du TĒA. La grandeur de chacun des foyers des verres que portent les opérateurs doit être suffisante pour permettre de voir toutes les zones à observer sans mouvements excessifs de la tête.

Cakir, A.E. *Human Factors of VDU Design*. Dans P.A. Kolers, M.E. Wrolstad et H. Bouma (Eds.), *Processing of Visible Language 2*, New York: Plenum Press, 1980.

Cet article rapporte une étude dans le milieu incluant plus de 1 000 sujets et 30 endroits. En général, l'auteur a trouvé que la tension oculaire est l'un des problèmes les plus significatifs du travail avec TÉA. Cependant, on ne peut la mesurer de façon objective. Il y a une forte corrélation entre la tension oculaire et les propriétés optiques des tubes à rayon cathodique (TRC) ainsi que des documents sur papier et des claviers. En particulier, il y a augmentation des maux de dos, de cou et de tête lorsqu'augmente la durée du travail avec des TÉA ($r = 0,59$), les documents sur papier sont plus difficiles à lire que sur TÉA; par rapport au clavier gris, on relie le clavier noir à une plus grande incidence de l'irritation de l'oeil et de la fatigue en général.

Recommandations pour un bon environnement:

- le fond de l'affichage devrait avoir au moins une luminance de 10 cd/m^2 .
- le contraste optimum entre l'affichage et le fond se situe entre 8/1 et 10/1. Par conséquent, la luminance des caractères devrait être environ de 80 à 100 cd/m^2 .
- les caractères devraient sous-tendre au moins 18 minutes d'arc à 50 cm. Leur taille devrait être d'au moins 3 mm.
- on devrait minimiser les reflets sans rendre les caractères diffus (comme certains filtres le font).
- on devrait éviter clignotements et sautilllements.
- la partie supérieure des touches du clavier devrait être de couleur claire et de fini mat (environ 40 à 60 % de réflexion).
- il devrait y avoir un code de couleur pour les touches fonctionnelles afin de réduire le temps de recherche.
- pour un éclairage façon jour, une salle éclairée à la lumière artificielle devrait l'être par au moins 300 lux.

On a trouvé que les reflets constituaient une source importante de distractions et de malaises. Ils réduisent le contraste de la luminance d'un écran. Il est possible de réduire la diminution de contraste en déplaçant l'écran, ou en utilisant un certain genre de filtre pour écran. Parmi les filtres disponibles, ceux qui sont préférés sont: recouvrement antireflet à grain fin ou gravure de bonne qualité sur la surface d'un écran. En fait, les filtres à mailles microscopiques diminuent les reflets, mais ils réduisent aussi la luminance de l'écran.

La réflexion d'images masque l'affichage d'au moins deux façons: premièrement, les images réfléchies se mêlent à celles projetées par l'écran; deuxièmement, les reflets étant situés dans un plan focal différent de celui de l'affichage, ils provoquent des difficultés d'accommodation qui se fait tantôt sur l'affichage et tantôt sur l'image réfléchie. En général, on peut minimiser ce genre d'inconvénient en s'assurant que les sources de lumière

sont diffuses et qu'elles ne sont pas plus brillantes qu'il ne le faut pour lire les documents sur papier. Les reflets peuvent être une source d'éblouissement ce qui serait en soi irritant.

Cakir, A., Hart, D.J., et Stewart, T.F.M. *Visual Display Terminals*, Toronto: John Wiley & Sons, 1980.

Le sous-titre de ce livre indique qu'il s'agit d'un manuel traitant d'ergonomie, de conception du lieu de travail, de santé et de sécurité, d'organisation de tâches. Les auteurs discutent de ces sujets de façon complète en fonction des connaissances actuelles concernant l'utilisation appropriée des TÉA.

Le chapitre 1 décrit l'opération d'un TÉA, y compris le TRC, le clavier, les émissions de rayonnement, et l'intégration d'un TÉA dans un système plus complexe. Le chapitre 2 parle de la lumière, de la vision et des caractéristiques optiques des écrans d'affichage. Le chapitre 3 traite des exigences ergonomiques des TÉA y compris les exigences de lisibilité, la stabilité de l'image, la conception du clavier. Le chapitre 4 traite des exigences ergonomiques des lieux de travail avec TÉA y compris les aspects anthropomorphiques, et l'optimisation du milieu de travail. Le chapitre 5 s'intéresse à la santé, à la sécurité et à l'aspect organisation du travail avec TÉA. On discute des facteurs contribuant aux malaises posturaux et visuels, de même que les aspects psychologiques du travail. Cette dernière division inclut l'étude de la charge mentale de travail, l'aliénation, la fatigue et la monotonie, la satisfaction de l'emploi, la charge de travail et les contraintes de temps ainsi que le besoin de pauses. Les appendices comprennent une liste de contrôle ergonomique des TÉA et des postes de travail avec TÉA, ainsi qu'une discussion sur des tests oculaires pour opérateurs de TÉA.

Ce livre semble inestimable pour toute personne sérieusement intéressée à optimiser le milieu de travail des utilisateurs de TÉA. Une bibliographie complète permet à ceux qui le veulent de consulter les sources originales des renseignements donnés.

Charlton, M.H. et Hoefler, P.F.A. *Television and Epilepsy*. *Archives of Neurology*, 1964, 11: 239-247.

Cet article décrit l'étude de neuf cas de crises d'épilepsie survenues aux États-Unis et apparemment dues au fait de regarder la télévision. Ces cas s'ajoutent à trois déjà rapportés aux États-Unis et à au moins 55 en Europe.

1. Pendant qu'il regardait la télévision un garçon de 14 ans s'est plaint de maux de tête et d'étourdissement, et il a ensuite perdu connaissance. Quelques semaines plus tard le même fait s'est produit pendant qu'il changeait les canaux du téléviseur. Pendant un examen médical la stimulation lumineuse intermittente (entre 7 et 50 éclairs par seconde) a induit des convulsions. On a aussi obtenu une réponse avec une lumière brillante à des vitesses supérieures à la fréquence de fusion.

2. Un garçon de 10 ans a souffert d'une période de 30 minutes de convulsions pendant qu'il regardait la télévision avant le petit déjeuner. Dans les mêmes circonstances quelques semaines plus tard, il a subi une crise.

La stimulation lumineuse intermittente (entre 10 et 18 éclairs par seconde) pendant un examen médical a provoqué des convulsions. Par la suite, le patient a souffert de convulsions deux autres fois alors qu'il regardait la télévision avant le petit déjeuner.

3. Une patiente a souffert de deux attaques de grand mal alors qu'elle regardait la télévision à des âges de 13 et 14 ans. On a noté des convulsions en réponse à une stimulation lumineuse intermittente (de 12 à 20 éclairs par seconde).

4. Un garçon de 6 ans s'est comporté comme s'il subissait une crise alors qu'il regardait la télévision. Deux ans plus tard, il a subi une deuxième attaque alors qu'il regardait la télévision avant le déjeuner. L'ÉEG au repos montrait des paroxysmes épileptiques, et la stimulation lumineuse intermittente (au-dessus de 10 éclairs par seconde) provoquait des convulsions. À 10 éclairs par seconde, le patient perdait connaissance.

5. Entre les âges de 9 et 11 ans, une patiente souffrait de maux de tête, de nausées, et de vomissements, toujours lorsqu'elle regardait la télévision. Elle blâmait surtout un canal du téléviseur familial en disant qu'il "fonctionnait mal". L'ÉEG a montré un tracé de décharge indicatrice du petit mal provoqué par stimulations lumineuses intermittentes (fréquence supérieure à 10 éclairs par seconde). Il se produisait aussi une réponse à un clignotement irrégulier à fréquence relativement élevée.

6. Un garçon de 10 ans a souffert de deux crises alors qu'il regardait la télévision. L'ÉEG montrait une activité concordant avec des troubles convulsifs. Cependant, la stimulation lumineuse intermittente ne produisait aucun changement dans l'activité de fond de l'ÉEG.

7. Un garçon de 10 ans a souffert de deux crises d'épilepsie, les deux alors qu'il regardait la télévision. À l'âge de 11 ans, il subit trois autres crises qu'on ne pouvait relier au fait de regarder la télévision. À l'âge de 13 ans, un examen neurologique montra que la stimulation lumineuse intermittente produisait une réponse photoconvulsive dans la plage de 10 à 20 éclairs par seconde.

8. En Angleterre, une fillette de 9 ans a souffert de convulsion alors qu'elle réglait un téléviseur. Cinq jours plus tard, elle subissait une autre crise alors qu'elle ouvrait le téléviseur, et un après, ainsi que deux fois à 12 ans, d'autres attaques survenaient alors qu'elle regardait la télévision. Lorsqu'elle eût 14 ans, on fit son examen neurologique: l'ÉEG au repos montrait des traces de crise spontanée, et des convulsions en réponse à une stimulation de fréquence supérieure à 10 éclairs par seconde.

9. En moins d'un mois, une fillette de 8 ans eut deux crises, toutes deux alors qu'elle regardait la télévision. Une enquête n'a pas démontré que le téléviseur avait fonctionné anormalement. L'anormalité de l'ÉEG au repos était remarquable, mais une stimulation lumineuse intermittente ne produisait aucune réponse.

L'auteur note que la majorité des cas relatés d'épilepsie associés à l'observation de la télévision sont des enfants (c'est-à-dire qu'ils ont de 6 à 14 ans). Ce fait signifie que cet âge peut être particulièrement sensible

à la stimulation lumineuse intermittente. Dans deux cas, la crise s'est produite avant le petit déjeuner, suggérant que l'hypoglycémie peut être un facteur aggravant.

Occasionnellement, les crises ont été provoquées lors d'une perte de synchronisation verticale ou pendant un changement de canal. La perte de la synchronisation verticale provoque une stimulation lumineuse intermittente. Cependant, on a montré que des éclairs irréguliers ou qu'un seul éclair sont capables de provoquer une réponse convulsive. On a pensé qu'une fréquence de régénération de 25 à 30 Hz des trames vidéo entrelacées peut, dans certains cas, provoquer l'épilepsie. On a demandé aux patients de ne pas regarder un téléviseur défectueux, de rester à une bonne distance de l'écran, et de faire syntoniser les canaux par quelqu'un d'autres.

Haider, M., Kundi, M., et Weibenbock, M. *Worker Strain Related to VDUs with Differently Coloured Characters* dans *Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals*, E. Grandjean et E. Vigliani, (Eds.), Londres: Taylor et Francis, 1980.

Cette étude examinait les effets de l'affichage en différentes couleurs sur diverses mesures obtenues de 13 opératrices de TÊA dont les âges variaient de 21 à 41 ans. Neuf travailleuses de bureau, dont les âges variaient de 23 à 45 ans, ont servi de témoins. Les couleurs mises à l'essai étaient le vert et le jaune. Bien que ce ne soit pas énoncé de façon spécifique, on assume que ces couleurs étaient celles d'un texte affiché sur fond sombre. Les variables dépendantes mesurées étaient: "état subjectif", acuité visuelle, effets secondaires dépendant de la couleur, organisation de la perception, et activation montrée par le rythme cardiaque. On mesurait aussi la performance lors de plusieurs tâches effectuées pendant une période de trois heures consistant en comparaison de textes d'un écran à un autre, en copie sur écran de groupes de caractères alphabétiques à partir d'un exemplaire sur papier, en copie sur écran de groupes de caractères alphabétiques à partir d'un autre écran, en traduction de mots Swahélis d'une copie à un écran, en recherches et en calculs d'un écran à un autre, et finalement, en comparaison de textes d'une copie à un écran.

Dans les deux groupes, la performance s'améliorait au cours des trois heures. Cependant, la performance avec les caractères jaunes était moins bonne au début et meilleure à la fin que celle avec les verts. On a cru que cette interaction était due à un manque relatif d'expérience des caractères jaunes et que, une fois éliminé l'effet de nouveauté, la performance des sujets était meilleure avec ces derniers.

On a mesuré des changements d'acuité visuelle pendant un maximum de 15 minutes à la suite de la période de travail. Les caractères jaunes produisaient une réduction d'acuité plus faible que les verts. On a aussi mis en évidence le fait qu'une pause après la première heure empêche une perte additionnelle d'acuité après la deuxième heure. Cependant, une période de quatre heures incluant des pauses provoque une perte considérable d'acuité. Ces données confirment le besoin de périodes plus courtes de travail, ainsi que de pauses.

La mesure, à l'aide d'un anomaloscope, des effets secondaires dus à la couleur a montré qu'ils étaient plus faibles pour l'utilisation de caractères jaunes plutôt que verts. Après le travail, les valeurs mesurées avaient

tendance à revenir au point de départ, mais, même après 15 minutes, les capacités de départ n'étaient pas complètement récupérées.

On déduisait les effets de la couleur sur l'organisation visuelle de l'importance de l'illusion de Müller-Lyer après la période de travail. Immédiatement après la période de travail, l'illusion était plus forte pour ceux ayant lu les caractères jaunes. Cependant, ils revenaient plus rapidement à la normale que ceux qui avaient lu des caractères verts. On peut aussi relier cette interaction à la différence d'expérience avec les deux couleurs.

Des cotes subjectives ont montré que les opératrices de TÉA étaient, de façon significative, plus fatiguées et plus endormies que les travailleuses de bureau témoins après une période de trois heures de travail. Cependant, il n'y avait pas de différence significative causée par le travail avec affichage vert ou jaune.

Les auteurs concluent que l'utilisation de caractères jaunes sur les TÉA devrait être recommandée dans le futur. Cependant, du point de vue psychophysologique, les deux couleurs sont satisfaisantes.

Hartridge, H. *Physiological Eye-Strain*, Proc. of the Physiological Society, mai 1919.

L'auteur note que la tension oculaire est souvent considéré comme due à une accommodation excessive dans les cas d'hypermétropie. Il est difficile d'appliquer cette explication à la tension oculaire chez les personnes myopes. La fatigue des muscles ciliaires ne peut pas expliquer les malaises ressentis. L'auteur note aussi la relation étroite qu'il y a entre l'effort de convergence et d'accommodation du système visuel. Il soumet l'hypothèse que la tension oculaire se produit lorsqu'on impose des exigences d'accommodation ou de convergence séparément, et que le système visuel est plus confortable lorsque l'accommodation et la convergence se font simultanément.

Cette hypothèse est appuyée par l'observation du fait qu'une tension oculaire se développe rapidement lorsqu'on lit avec des verres spéciaux ayant une distance focale équivalente à celle du texte lu. Avec ces verres, il n'est pas besoin d'accommodation, mais il faut toujours que la convergence des yeux se produise pour éviter le dédoublement de l'image.

Hopkinson, R.G. *Glare Discomfort and Pupil Diameter*. J. Opt. Soc. Am., 1956. 46:649-656.

Cette étude examine la relation entre le diamètre de la pupille et la sensation de malaise résultant de l'apparition d'une source de lumière brillante dans le champ de vision. Même si la lumière incidente influence le diamètre de la pupille, on n'a pas observé de relation évidente entre celui-ci et l'importance de la sensation d'éblouissement. On a observé qu'une source très brillante cause une variation cyclique irrégulière du diamètre de la pupille dont la période est de quelques secondes. En soi, cette variation n'est pas inhabituelle, car elle se produit lorsqu'un observateur fixe normalement quelque chose sans éblouissement. L'auteur suppose que le malaise se produit lorsque des signaux contradictoires tentent d'adapter la taille de la pupille d'abord à l'éclat, ensuite au fond. L'auteur cite aussi une communication avec H.C. Weston qui suggère que la variation de diamètre de la pupille peut être une réaction émotionnelle à la douleur: celle-ci provoque la dilation de la pupille, augmentant l'admission de la lumière venant de la

source éblouissante; cette augmentation de la lumière signale à la pupille de se contracter. Il pourrait en résulter une oscillation du diamètre de la pupille, puisque les effets de la douleur et du message sensoriel continuent à produire des actions opposées.

Kelly, R.B. *The Effect of Direction of Contrast on TV Legibility under Varying Ambient Illumination.*

Revu dans Legibility of Alphanumeric Characters and Other Symbols, D.Y. Cornog et F.C. Ross, National Bureau of Standards Misc. 262-2, 1967.

On a étudié l'effet de l'éclairage ambiant sur la lisibilité à la télévision. Douze sujets regardaient pendant 15 secondes 20 caractères en blanc sur noir ou en noir sur blanc en circuit fermé sur un téléviseur à 675 lignes. Ces caractères avaient 1/8 de pouce de haut et s'étendaient sur cinq lignes de balayage. La performance diminuait à mesure que l'éclairage ambiant augmentait. On a conclu que les caractères blanc sont appropriés à un éclairage ambiant faible (0,28 lux), alors que les caractères noirs correspondent davantage à un éclairage ambiant fort (plus de 2 000 lux).

Laubli, T., Hunting W., et Grandjean, E. *Visual Impairments in VDU Operators Related to Environmental Conditions* dans Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean et E. Vigliani (Eds.),

Londres: Taylor et Francis, 1980.

On a étudié les causes de la détérioration visuelle chez quatre groupes d'employés de bureau. Les groupes étaient constitués d'utilisateurs de terminaux d'introduction des données, de terminaux conversationnels, de machines à écrire de bureau, ainsi que de personnes effectuant un travail de bureau classique. Ces derniers effectuaient la même tâche que les utilisateurs de terminaux conversationnels, mais à la phase précédant l'introduction des TÉA.

Les données étaient collectées à l'aide d'enquête sur les troubles physiques de diverses parties du corps, sur la consommation de médicaments, et sur les conditions de travail. On effectuait aussi un examen médical des extrémités supérieures et des yeux.

On a défini une variable appelée "Uniformity Figure" (UF) pour décrire un aspect des trames d'affichage. La régénération périodique provoque des variations à peu près sinusoïdales de l'intensité d'un élément d'image (pixel). De plus, il existe une intensité de base fonction de la luminance de fond sous laquelle la sinusoïde ne peut descendre. Soit "a" la hauteur de base et "b" l'amplitude de la sinusoïde, $UF = a/b$. La UF est par conséquent une mesure de l'oscillation de la luminance. On a mesuré la UF de caractères en mettant le système optique d'un photomètre au point sur un champ d'environ 1 mm^2 complètement illuminé, celle de l'écran, en mettant au point sur ce dernier en entier. La fréquence de régénération était de 50 Hz, et l'on utilisait des substances phosphorescentes (luminophores) blanches et vertes.

On mesurait la UF dans des conditions d'éclairage choisies par l'opérateur. La UF d'un caractère était plus élevée d'une façon significative dans le cas des terminaux d'introduction de données que dans celui des terminaux conversationnels. On peut relier cette observation au fait que les opérateurs de ces derniers terminaux augmentaient le contraste de l'affichage afin d'améliorer les conditions de lecture. Les préposés à l'introduction des données regardaient surtout le document source plutôt que l'écran du TÉA.

L'analyse des données de l'enquête montrait que l'incidence des détériorations visuelles était élevée chez les deux groupes d'opérateurs de TÉA et chez les dactylos, mais modérée chez les travailleurs de bureau classiques. Les détériorations semblaient reliées à la fatigue oculaire ou à l'irritation et à une diminution de la capacité d'accommodation. Souvent, elles persistaient après les heures de travail et nuisaient à l'observation de la télévision et à la lecture durant les heures de loisirs. La fréquence des cas de détérioration visuelle était reliée directement à la mesure du contraste de l'affichage et à une oscillation prononcée de la luminance (c'est-à-dire faible UF). En général, le contraste dépassait le niveau recommandé. La mesure de l'intensité des reflets était reliée directement à la quantité de plaintes d'agacement, mais ne montrait aucune relation avec les cas de détérioration visuelle.

Une forte oscillation de la luminance (c'est-à-dire faible UF) était reliée aux plaintes d'irritation oculaire, mais semblait indépendante des griefs de diminution de la capacité d'accommodation. Une faible UF était aussi fortement reliée à une diminution de l'acuité visuelle mesurée. Les variations du contraste ne montraient aucun effet sur l'acuité visuelle. En fait, les auteurs notent que la perceptibilité du clignotement des caractères ne dépend pas de façon significative du niveau d'oscillation défini par la UF. Ils concluent que le degré de clignotement ainsi que d'oscillation de la luminance sont tous les deux des critères importants pour évaluer les terminaux d'affichage.

Mahto, R.S. *Eye Strain from Convergence Insufficiency*. British Medical Journal, 1972, 2:564-565.

Cet article affirme qu'une des causes communes de la tension oculaire et des maux de tête est le défaut de convergence. Sur une population de 310 patients, 34 souffraient de ce problème à divers degrés. Parmi ces 34 personnes, 70,5 pour cent était des femmes et 29,4 pour cent des hommes. On confond souvent défaut de convergence et troubles de réfraction, et des verres correcteurs sont d'habitude prescrits plutôt que des exercices orthoptiques. On devrait conseiller aux patients de chercher à obtenir des traitements ophtalmologiques si les symptômes persistaient après traitement pour troubles de réfraction.

New Technology: Danger and Opportunity for Workers. New York Committee for Occupational Safety and Health, 1980.

Cet article fait la revue des problèmes reliés à l'utilisation de TÉA dans l'environnement de bureau, et discute des mesures que l'on peut prendre pour en réduire les effets négatifs. Les plaintes fréquentes exprimées par les opérateurs de TÉA sont: (a) irritation, (b) douleurs dans le cou et dans le dos, (c) maux de tête diffus, (d) perte d'acuité visuelle (vision d'images floues ou dédoublées et de franges floues et colorées), (e) étourdissement et nausées, (f) difficultés avec les lunettes et lentilles cornéennes. Les problèmes de santé énoncés sont souvent causés par la combinaison d'une mauvaise conception et d'un entretien inadéquat de l'appareil, d'aménagements et d'éclairages incorrects du bureau, et de manque de pauses.

Une cause de la tension oculaire peut être la fatigue des muscles oculomoteurs, des muscles de la pupille et des muscles ciliaires. La fonction

des muscles ciliaires est de compresser le cristallin pour focaliser de près. On pense que le fait de regarder de façon prolongée à courte distance est très fatigant pour ces muscles. On recommande des périodes de repos pendant lesquelles le préposé devrait regarder plus loin. On estime que la durée maximale que l'on devrait passer à travailler en continu sur écran devrait être de deux heures. Cette façon administrative de limiter un danger pour la santé pourrait demander une pause de quinze minutes chaque heure ou une d'une demi-heure chaque deux heures, ou les travailleurs pourraient alterner de sorte qu'ils passent une heure à travailler avec un TÉA et l'heure suivante à faire une autre sorte de travail où il faut regarder à des distances plus grandes.

Le reflet d'une fenêtre sur l'écran du TÉA, les surfaces de travail luisantes, les claviers, et l'éclairage artificiel trop fort peuvent causer une tension oculaire. L'éblouissement peut aussi provoquer des douleurs dans le cou et le dos lorsque les préposés se contorsionnent pour en minimiser l'interférence. On peut le réduire en munissant les TÉA d'écrans anti-réflats. On peut prendre d'autres mesures pour prévenir l'éblouissement: (a) installation de stores ou d'auvents aux fenêtres voisines, (b) déplacements des appareils ou de l'éclairage, (c) installation d'un éclairage indirect conçu de façon appropriée, (d) diminution de l'éclairage général sans nuire à la lecture des documents sur papier, et (e) installation de rhéostats afin que les préposés puissent régler le niveau d'éclairage vertical.

L'éblouissement par contraste causé par un fond beaucoup plus brillant que l'écran de TÉA est une autre cause de tension oculaire. Lorsque la pupille s'adapte à la lumière totale pénétrant dans l'oeil, les images sur l'écran deviennent difficiles à voir. Là aussi, il peut en résulter des douleurs dans le dos et le cou à cause de la prise de posture inconfortable pour cacher la source de lumière plus brillante. On peut minimiser ce problème en réduisant la brillance de l'arrière plan, en voilant les fenêtres ou en changeant la couleur des murs. Les réglages de la luminance du TÉA devraient toujours être accessibles afin que l'opérateur maîtrise toujours l'éblouissement par contraste.

Le phénomène de clignotement provoqué par la fréquence de régénération peut être irritant lui aussi. La diminution de la luminance de l'affichage réduit la possibilité de clignotement. Ici aussi, le besoin de réglage de la luminance est évident.

Une mauvaise conception de la taille de l'écran et de sa couleur peuvent empêcher d'obtenir une lisibilité optimale. Il est préférable d'utiliser un écran relativement grand et des caractères dont la hauteur est au moins de 3/16 de pouce, et de regarder d'une distance dépassant deux pieds. Un clavier amovible permet à l'opérateur de régler la distance d'observation. On recommande que la couleur de l'écran soit vert foncé et que les caractères soient verts pâles ou jaunes. Cependant, la question de la combinaison optimale de couleurs est encore un sujet de recherches.

Les imperfections de la qualité d'affichage qui apparaissent au cours de l'utilisation de l'appareil (p. ex. flous) doivent être corrigées par un entretien adéquat.

Les concepteurs de verres correcteurs doivent tenir compte du fait que les utilisateurs travaillent avec des TÉA, puisqu'il est possible que des

verres spéciaux soient nécessaires. Ceux qui portent des doubles foyers doivent être spécialement prudents pour que l'observation ne cause pas de problèmes de posture.

La fatigue musculaire est provoquée par le maintien d'une même posture pendant une longue période. Cependant, certaines positions sont moins fatigantes que d'autres: on est plus confortable lorsqu'on regarde légèrement vers le bas. Comme la taille des personnes varie, le préposé devrait pouvoir régler la hauteur de l'écran et son angle. On recommande aussi un clavier amovible pour permettre d'ajuster indépendamment clavier et affichage.

Le fait de rester assis pendant de longues périodes dans de mauvaises conditions peut causer d'autres problèmes de santé comme des douleurs dans le dos, des varices et des hémorroïdes. Cette dernière affection est plus probable lorsqu'on s'assied à un endroit exposé à la chaleur des appareils voisins. Toute condition d'emploi qui augmente le stress, comme la sensation d'un manque de maîtrise, peut aggraver les effets stressants de la mauvaise conception du poste de travail.

On conseille aux employés de suggérer aux employeurs de répondre aux exigences de sécurité et de santé au travail et pour ce ce faire:

1. Se servir de pressions syndicales pour obtenir des pauses appropriées, des examens des yeux aux frais de l'employeur, des améliorations spécifiques du milieu de travail, et la participation du syndicat aux décisions concernant l'achat du matériel.
2. Fournir des sessions de formation à tous les employés ainsi que des documents éducatifs sur la sécurité et la santé professionnelles.
3. Garder des dossiers des problèmes de chaque appareil et des plaintes des opérateurs.

Cet article se termine en envisageant la possibilité de dangers d'émission de rayonnement par les TÉA. Bien que le gouvernement et l'industrie aient effectué des essais limités, leurs résultats sont mis en doute, car certaines fréquences n'ont pas été testées; par ailleurs, la plupart des appareils n'ont pas été testés du tout. On soutient que des défauts de fabrication ou un mauvais entretien pourraient causer l'émission de forts niveaux de rayonnement et qu'il n'existe pas de niveau connu d'exposition sûre.

Ostberg, O. *CRTs Pose Health Problems for Operators*, Int. J. Occup. Health and Safety 44(6):24-26, 1975.

La littérature touchant l'ergonomie de l'environnement de bureau est revue. Les problèmes dus à la conception du lieu de travail peuvent provoquer de la fatigue, qui peut s'exprimer par des symptômes spécifiques ou avoir un effet plus général sur tout l'organisme et l'esprit. Il y a de grandes différences entre les conditions pouvant provoquer de la fatigue chez les individus.

La probabilité de fatigue est augmentée par l'adoption de mauvaises postures causées aussi bien par une mauvaise conception de l'équipement de bureau que par les exigences de la tâche. Par exemple, il arrive souvent que les tâches visuelles ne s'effectuent pas là où sont situées les surfaces de

travail des mains. De mauvaises postures peuvent être causées par des tâches visuelles demandant des positions non naturelles du corps.

La fatigue peut provenir du traitement en continu de l'information, même s'il n'y a pas demande d'efforts physiques. Ceci est particulièrement le cas lorsqu'il n'y a pas assez de pauses. Les opérateurs de TÉA s'arrêtent souvent en attendant la réponse de l'ordinateur. Cependant, comme la durée de la pause est imprévisible, elle devient en fait stressante. Même si une bonne organisation du travail et des pauses appropriées sont importantes pour réduire la fatigue, on ne fait pas de recommandations concernant le rapport optimum entre travail et périodes de repos.

Il est plus probable qu'on observe les malaises dus à la fatigue lorsque la participation au travail est diminuée. Une aliénation de ce genre se produit facilement lorsque le travail est informatisé, à cause d'efforts insuffisants pour éviter des tâches hautement spécialisées et routinières.

Les symptômes de fatigue visuelle décrits par les opérateurs de TÉA ainsi que par les autres employés, se regroupent en quatre catégories: les symptômes oculaires qui comprennent de fortes sensations de brûlures inconfortables autour des yeux; les symptômes visuels qui se présentent sous forme de troubles de la vision comme dédoublement et apparition de franges d'interférence colorés autour des objets, ainsi que difficultés à fixer les objets; les symptômes généraux, les plus fréquents, sont des douleurs dans la tête, le cou et les bras; enfin, les symptômes de comportement sont les mesures prises par les individus pour rendre leur tâche visuelle plus facile ou pour éviter des distractions comme l'éblouissement.

Les affections oculaires comme les troubles de réfraction et les cataractes nuisent à la tâche visuelle. Une amplitude d'accommodation insuffisante peut diminuer la capacité de voir des objets situés à des distances très différentes. On pense que le déséquilibre oculomoteur (phorie) est une source fréquente de fatigue.

Des conditions inappropriées d'éclairage provoquant éclats et reflets peuvent causer de la fatigue. Les spécifications des meilleures conditions d'éclairage doivent tenir compte des tâches visuelles particulières.

Les caractéristiques de l'objet à voir peuvent causer de la fatigue. La taille de l'objet et le contraste (luminance et couleur) entre l'objet et le fond doivent satisfaire certaines exigences. La distance de vision peut jouer sur la capacité de voir des objets situés à des profondeurs différentes. Le flou des objets contribue à la fatigue oculaire tout comme le clignotement et les variations relativement lentes de la luminance moyenne qui demandent une adaptation. Le fait de regarder vers le bas à un angle de 20 degrés augmente le confort de la vision.

Puisque la fatigue générale facilite la fatigue visuelle, le genre de travail est important. La fatigue généralisée est causée par un travail monotone ainsi que par le stress causé par l'incompréhension ou le refus des particularités de l'ordinateur. Dans le cas de l'introduction des données, la fatigue peut provenir du fait que la tâche est à la fois ennuyeuse et exigeante. Le dialogue personne-ordinateur peut causer de la fatigue si l'interaction frustre l'opérateur par sa logique, sa synthèse, sa présentation et son temps de réponse.

L'éblouissement par contraste est une autre cause plus spécifique de la fatigue visuelle lorsque les yeux s'adaptent à une luminance de fond relativement forte et non pas à celle de l'écran. Le besoin de suffisamment de lumière pour lire les documents sur papier entre en conflit avec la nécessité d'un éclairage ambiant faible afin de lire l'affichage d'un TÉA.

Le clignotement est un autre phénomène irritant les yeux lorsqu'on regarde l'affichage d'un TÉA. On estime qu'au moins 40 pour cent des employés de bureau trouvent inconfortable un clignotement de 60 Hz. Des considérations de coûts empêchent les fabricants de faire des TÉA à fréquence de régénération plus élevée et non perceptible.

Radl, G.W. *Experimental Investigation for Optimal Presentation Mode and Colours of Symbols on the CRT-Screen* dans *Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals*, E. Grandjean et E. Vigliani, (Eds.), Londres: Taylor et Francis, 1980.

La première étude examinait les façons d'améliorer la lisibilité d'un écran de TÉA situé dans un mauvais environnement optique contenant des sources d'éblouissement comme fenêtres ou murs clairs. On réduisait l'éblouissement par contraste en entourant l'écran de cadres noirs de largeurs variées. On évaluait l'efficacité des cadres à la fois par une mesure de performance et par une cotation du confort visuel. La performance s'améliorait jusqu'à un certain point avec l'augmentation de la largeur du cadre, après quoi elle diminuait. On a émis l'hypothèse qu'un cadre trop large provoquait un niveau trop faible d'adaptation de l'oeil. On a trouvé une amélioration additionnelle en utilisant un cadre dont la luminance suivait un gradient allant de noir, à l'écran, jusqu'à blanc, à l'extérieur. On a recommandé l'utilisation d'un cadre dans les cas où l'on ne peut pas éviter l'éblouissement par contraste.

La deuxième étude cherchait la meilleure couleur pour afficher les symboles sur fond sombre d'un écran de TÉA. Les critères étaient une mesure de la performance et des cotations de préférence. Les couleurs utilisées étaient vert, blanc, trois teintes de jaune, et deux teintes d'orange. Les résultats ont montré que les pires performances s'obtenaient avec les deux teintes d'orange, et que c'était aussi les couleurs les moins appréciées.

La troisième étude tentait d'évaluer les effets de la variation des combinaisons de couleur sur la mesure de la performance. Cependant, les résultats ne sont pas évidents, puisqu'il y a aucune indication dans le rapport que la luminance ait été réglée.

La quatrième étude évaluait les effets relatifs du contraste positif ou négatif sur la mesure de la performance et la cotation du confort visuel. Contraste positif signifie lettres claires sur fond sombre, et contraste négatif, lettres sombres sur fond clair. On diminuait le clignotement en régénérant l'affichage à une fréquence de 66 Hz. L'éclairage de la salle était de 500 lux. Avec le contraste négatif, la performance s'améliorait de façon significative, de même que le confort visuel. On recommandait aussi le contraste négatif parce qu'il exige une adaptation minima lorsque l'oeil va de l'écran au document sur papier, qu'il y a diminution de la gêne due à l'éblouissement, et que les reflets sur l'écran sont moins perceptibles.

Rohmert, W. et Lucyak, H. *Ergonomics in the Design and Evaluation of a System for Postal Video Letter Coding*. Applied Ergonomics, 1978: 9:85-95.

Cette étude examinait les différentes options pour améliorer la conception du poste de travail prévu pour un nouveau système de "codage de lettres par vidéo" que le bureau de poste central allemand devait adopter. L'intérêt de l'expérience en question vient du fait qu'elle étudie l'effet de cinq variables de conception de l'appareil, soit: tube à rayons cathodiques (TRC) gros ou petits, contraste positif ou négatif, un ou deux écrans, disposition horizontale ou verticale de deux écrans, et luminance de la pièce. La taille des écrans, leur disposition et le sens du contraste n'avaient aucun effet sur la performance. Cependant, les petits écrans semblaient clignoter moins que les grands. Deux écrans produisaient une augmentation significative de la performance par rapport à un seul, étant donné que l'adresse postale suivante affichée sur le second TRC pouvait être regardée pendant la perforation du code correspondant à la première adresse. Un éclairage ambiant dépassant 500 lux semblait diminuer la performance et produire de l'irritation oculaire. Comme compromis, on a proposé un niveau de 100 lux.

Smith, W.J. *A Review of Literature Relating to Visual Fatigue*. Proc. of the Human Factors Society, 23^e réunion annuelle, Boston, Mass., pp. 362-366.

Cette revue a été provoquée par l'inquiétude au sujet de la possibilité que l'observation à courte distance et à long terme d'affichages vidéo contribue à la fatigue visuelle. La discussion se limite aux aspects pertinents des systèmes accommodatifs et pupillaires.

En général, la fatigue se définit comme suit: "épuisement à la suite d'un effort ou perte temporaire du pouvoir fonctionnel provoqué dans un récepteur sensoriel ou un organe moteur par une stimulation continue". On a identifié trois genres de fatigue: la fatigue aiguë, affectant surtout les muscles, causée par un travail bref mais fatigant (on s'en remet grâce au repos); la fatigue chronique faisant intervenir des effets physiologiques cumulatifs (on ne s'en remet pas toujours grâce au repos); la fatigue due à la tâche, causée par l'accomplissement d'une certaine tâche pendant longtemps (on s'en remet rapidement en changeant de tâche).

On a mis au point quatre méthodes différentes pour évaluer la fatigue (1) évaluations subjectives, (2) examen de la dégradation du travail fourni en fonction du temps, (3) mesure des corrélations neurosensorielles, et (4) mesure des corrélations physiologiques. Il semble que les deux dernières méthodes soient les plus souvent utilisées. Le temps de réaction et les erreurs de performance sont deux critères utilisés servant à évaluer la fatigue neurosensorielle. On évalue la fatigue physiologique par des variables comme rythme cardiaque, tonus musculaire, temps de réflexe pupillaire à la lumière, fusion binoculaire, et temps d'accommodation visuelle au punctum proximum et au punctum remotum.

Parmi les symptômes de fatigue visuelle citons: incapacité de garder la focalisation et de fixer, vision trouble ou dédoublée, yeux injectés ou brûlants, qui pleurent ou qui sont tendus ou lourds, paupières enflammées, et clignements fréquents.

La revue de la littérature a fourni un certain appui pour quelques modes de mesure de la fatigue visuelle. Les mesures de l'évolution du punctum proximum et du punctum remotum ont suggéré que le changement d'un des deux ou des deux à la fois diminuait la plage d'accommodation. On a rapporté que

l'alternance de l'accommodation de près et de loin augmentait le temps d'accommodation. On a trouvé que quatre heures de lecture diminuaient l'acuité visuelle. On a relié la fatigue à une constriction du diamètre de la pupille, croyant que son changement continu provoquait la fatigue. Parce que les gens dont l'iris était absent de façon congénitale ne ressentaient pas de photophobie, on a relié davantage le système iridomoteur aux malaises oculaires.

À la suite de sa revue, l'auteur conclut que l'acuité visuelle et des réactions physiologiques, comme la taille de la pupille et sa régularité, sont probablement en corrélation avec le stress oculaire. Cependant, ces relations doivent être confirmées par des expériences adéquatement contrôlées.

Sperling, G. *Flicker in Computer-Generated Visual Displays: Selecting a CRO Phosphor and other Problems*. Behav. Res. Meth. & Instrum., 1971, 3:151-153.

L'auteur discute des raisons provoquant l'apparition de clignotements sur les oscilloscopes cathodiques (OC). On minimise ou élimine ce désagrément soit en régénérant l'image à une fréquence suffisamment élevée, soit en choisissant un luminophore ayant une durée d'émission suffisamment longue. On propose un modèle représentant la réaction du système visuel aux clignotements comme une série d'étapes de résistances-capacitances (RC). Le luminophore de l'OC représenterait une étape supplémentaire de RC. Par conséquent, l'accroissement de la fréquence de régénération est beaucoup plus efficace pour réduire le clignotement apparent que l'augmentation de la durée d'émission du luminophore. De plus, cette dernière ne doit pas être suffisamment longue laisser des traînées sur les images en mouvement.

La fréquence critique de fusion du clignotement pour un individu donné est influencée par un certain nombre de facteurs dont la luminance, la taille et le chromatisme du champ qui clignote, ainsi que la région rétinienne stimulée. En général, la fréquence critique se trouve quelque part entre 40 et 70 Hz.

Stewart, T.F.M. *Eyestrain and Visual Display Units: A Review*. Displays, 1: 25-32, avril 1979.

Il existe bien des théories expliquant l'origine de la fatigue visuelle. La plus satisfaisante est celle qui intègre les autres théories conflictuelles et soutient que "la fatigue visuelle peut être une sensation résultant de la réponse du système à la rétroaction indiquant que l'image n'est pas claire". Si l'image se détériore, on fera des tentatives suivies pour obtenir une perception satisfaisante. L'article discute des cinq facteurs causant ou aggravant la fatigue visuelle: aspects visuels, posture, environnement général, conception du travail, et caractéristiques individuelles.

Facteurs visuels:

Une mauvaise qualité de l'image peut provoquer la fatigue visuelle. Les paramètres affectant la qualité sont entre autres: grosseur et taille des caractères, espace entre les caractères, stabilité, résolution, luminance, contraste, et chromatisme.

La hauteur optima d'un caractère sous-tend 20 minutes d'arc, sa largeur, 70-80 pour cent de cette valeur et l'espace entre deux caractères devrait avoir 20-50 pour cent de la hauteur.

On peut améliorer la forme des caractères sur un écran à affichage entrelacé en ajoutant un point à l'un des champs là où deux points, un dans chaque champ, se rencontrent de façon diagonale. Cependant, puisque chaque champ est régénéré à la moitié de la fréquence ligne, les points appartenant à un seul champ vont "sautiller" ou "miroiter". En fait, on sait qu'un clignotement de cette fréquence peut induire des crises épileptiques chez les personnes susceptibles. La perception du clignotement est affectée par diverses caractéristiques de l'affichage comme couleur, taille et luminance de l'image. De plus, l'instabilité du courant peut causer la fluctuation de toute l'image en ondes rythmiques lentes.

Comme l'oeil humain est plus sensible à partie jaune/verte du spectre, on recommande souvent l'utilisation de luminophores verts, car ils sont reposants. Cependant, ceci n'a pas d'appui empirique. Pour les affichages monochromes, le contraste de la luminance est plus important que la couleur.

Les reflets sur la surface du TÉA constituent un problème important pour l'utilisateur, car ils le distraient. Le contraste entre les caractères et le fond de l'écran est diminué, d'où diminution de la lisibilité du texte; comme l'image réfléchie se situe à une distance d'observation légèrement différente des caractères affichés, l'oeil va essayer de focaliser sur l'une ou l'autre des deux images, augmentant l'effort de mise au point. L'adoption d'un écran de protection et le déplacement approprié de l'appareil peuvent réduire l'éblouissement, et l'on peut obtenir divers genres de filtres pour diminuer les reflets.

L'éblouissement par contraste provoqué par un environnement trop clair augmente les difficultés d'observation des TÉA. Comme les préposés regardent l'écran du TÉA de façon fréquente mais brève, il s'ensuit une adaptation insuffisante et probablement une accommodation inadéquate. On peut réduire la quantité d'éblouissement par contraste en choisissant comme compromis un niveau d'éclairage de la pièce qui soit assez brillant pour lire sur le papier, mais qui ne réduise pas le contraste de l'écran de façon significative. On recommande un niveau d'éclairage entre 300 et 500 lux. Les rapports des luminances du TÉA, du bureau et de la pièce ne devraient pas dépasser 1/3/10.

La réflexion de la lumière sur des claviers brillants peut aussi causer des difficultés. Ils devraient avoir une surface mate et être de couleur neutre.

Posture:

Les personnes adoptent des postures qui améliorent les choses à court terme, mais qui leur cause un accroissement de tension et de fatigue à long terme. Le fait que l'écran et le clavier soient mal disposés provoque des postures inconfortables. La hauteur optimale du clavier est celle où les avant-bras sont à peu près horizontaux. La hauteur optimale de l'écran, celle où la ligne de vision du préposé est à environ 30-40 degrés sous l'horizontal. Puisque la taille des opérateurs varie, l'équipement devrait être conçu de façon à ce que ces composantes puissent être réglés indépendamment. L'absence de surface appropriée pour placer les documents est une autre cause de problèmes. Le genre de porte-copie utilisé pour les conférences peut réduire les contorsions causées par la lecture sur un papier posé sur une surface

horizontale. Idéalement, la copie sur papier, le clavier et l'écran devraient tous être à la même distance des yeux.

Même la posture idéale est fatigante si on la maintient pendant une longue période. L'adaptabilité des composantes de l'équipement permet à l'opérateur d'effectuer de légères variations de sa posture.

Environnement général:

Il devrait y avoir possibilité d'observer des surfaces en relief pour permettre aux yeux de l'opérateur de se reposer en regardant un espace aménagé à une certaine distance, peut-être un coin clair, ou des plantes, ou une vue par la fenêtre.

Il est nécessaire d'avoir un conditionnement adéquat de l'air pour éliminer la chaleur produite par les TÉA. Le réglage de l'humidité est nécessaire pour prévenir l'assèchement des sécrétions à la surface de l'oeil, ainsi que l'irritation et les sensations de démangeaison ou de fatigue.

Le bruit des imprimantes reliées à beaucoup de TÉA dépasse souvent les niveaux de 55 à 65 dB(A) recommandés pour les bureaux, et peut être très distrayant et extrêmement désagréable. Les hautes fréquences émises par le circuit à haut voltage du vidéo peuvent incommoder certaines personnes à l'oreille sensible.

Conception du travail:

Lorsque le travail d'un employé est valorisant et qu'il en a la maîtrise, de petites imperfections de la conception du lieu de travail auront probablement des conséquences minimales. Des consultations avec les usagers à propos de leur lieux de travail et de la conception de leur travail sont utiles pour améliorer les attitudes et réduire les plaintes.

On devrait planifier les pauses pour réduire la fatigue et la tension visuelle. On devrait organiser les tâches informatisées de façon à laisser à l'employé la fierté de son travail. La formation et l'aide apportées aux usagers devraient être adéquats afin d'éviter tout stress et fatigue additionnels.

Caractéristiques individuelles:

L'apparition de la tension visuelle dépend aussi de certains facteurs personnels comme santé générale, fatigue générale, habitude de fumer ou de boire. On sait aussi que la qualité de la vision se détériore avec l'âge. Cependant, il se peut que les vieux employés aient moins de difficultés à lire sur un TÉA que sur des documents sur papier, car, dans le premier cas, la distance est habituellement plus grande. Il semble que le travail avec TÉA fait prendre davantage conscience aux gens de leurs défauts de vision. Il se peut que jusqu'à 30 pour cent de la population ait des problèmes visuels non corrigés ou corrigés de façon inadéquate.

Les opérateurs qui portent des verres correcteurs puissants, peuvent avoir une profondeur de champ très faible. Il est spécialement important pour ces personnes que clavier, écran et documents sur papier soient tous à

la même distance. Les verres à double foyer peuvent causer des problèmes s'ils ne sont pas conçus pour travailler avec TÉA, car on place normalement ce dernier à une distance plus grande que celle utilisée pour lire un texte sur papier. Les doubles foyers favorisent aussi l'adoption de postures qui ne sont pas naturelles lorsque la position de l'écran n'est pas facilement réglable.

A2. EFFETS DE LA POSTURE

Corlett, E.N. et Manenica, I. *The Effects and Measurement of Working Postures*. Applied Ergonomics, 1980, 11:7-16.

On fait la revue de l'utilisation des plaintes de douleur comme indicateur de postures inadéquates sur les lieux de travail. On a montré qu'une mauvaise posture même soit à un effet à moyen terme (douleur qui se poursuit après les heures de travail), soit à un effet à long terme (distorsion corporelle). On a tendance à ne pas voir les effets à court terme, mais ils ont une influence importante sur la performance.

Dans une série d'expériences, ayant demandé aux travailleurs d'indiquer dans l'ordre décroissant les parties de leur corps souffrant davantage, on a quantifié leurs malaises. On posait aussi une question concernant leur confort en général et il semble qu'ils ressentent un malaise général lorsque plus d'une partie du corps souffrait de douleurs modérées à fortes.

La douleur augmentait avec la durée du travail. De plus, on a trouvé qu'une pause de 3/4 d'heure pour déjeuner contribuait à une récupération relativement faible, et que le taux d'augmentation des malaises était à peu près le même après la pause qu'auparavant. On a trouvé que l'intensité de la douleur était une fonction linéaire du pourcentage du temps d'endurance maximum: c'est-à-dire que lorsque la charge de travail faisait varier le temps d'endurance maximum, le niveau de douleur était proportionnel au pourcentage du temps d'endurance total. Les auteurs concluent que l'on ne peut pas espérer maintenir des postures pendant une partie importante de la journée de travail sans provoquer de douleurs considérables.

Hunting, W., Laubli, T. et Grandjean E. *Constrained Postures of VDU Operators* dans Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, E. Grandjean et E. Vigliani, (Eds.), Londres: Taylor et Francis, 1980.

L'article rapporte les résultats d'une étude sur des opérateurs de clavier et des employés de bureau qui ne tapaient pas. On a évalué les détériorations physiques et la conception du lieu de travail. On a déterminé les détériorations physiques par questionnaire, on a mesuré les dimensions des lieux de travail, et l'on a fait des examens médicaux des muscles et des jointures. Les réponses au questionnaire montraient qu'environ 10-15 pour cent des opérateurs de terminaux d'introduction des données signalaient de façon "presque quotidienne" des douleurs dans le cou, les épaules, ainsi que le bras et la main droite. Environ moitié moins d'opérateurs de terminaux conversationnels et de dactylos rapportaient des douleurs dans ces zones, et presque aucune des personnes étudiées qui ne tapaient pas n'a rapporté de douleurs.

Des constatations médicales concernant les points douloureux de pression dans la zone des épaules, et les douleurs dans le cou et les muscles de l'avant-bras, ont corroboré cet état de fait.

On a interprété ces résultats comme une évidence du fait que des postures tendues peuvent produire des lésions permanentes des muscles et des tendons. Les mesures des dimensions du lieu de travail auraient pu indiquer qu'une cause des problèmes était la hauteur excessive du bureau et du clavier. En fait, on a trouvé qu'il y avait une relation entre une hauteur supérieure du clavier et une diminution de l'incidence des plaintes de malaises physiques. On a pensé que cette relation inattendue s'était produite pour deux raisons: premièrement, lorsque les documents sources étaient posés sur un bureau relativement élevé, la posture de la tête et du tronc était améliorée, réduisant l'incidence des détériorations; deuxièmement, les opérateurs se servant de claviers élevés ont tendance à se reposer les avant-bras et les mains plus souvent. Les auteurs ont recommandé les hauteurs les plus faibles des claviers mais avec un support réglable adéquat pour les documents sources. On devrait aussi fournir des supports pour la main et l'avant-bras, surtout si la tâche se caractérise par de fréquents temps d'attente.

Hunting, W., Grandjean, E., et Maeda, K. *Constrained Postures in Accounting Machine Operators*. *Applied Ergonomics*, 1980, 11:145-149.

On a étudié les effets de postures gênantes sur la fréquence des plaintes d'affection physique chez un groupe de 119 opératrices de machines comptables, ainsi qu'un groupe témoin de 57 caissières d'un magasin à rayons. La tâche des opératrices de machine consistait à retourner avec la main gauche des coupons déposés sur une table, et à introduire au clavier les données numériques qui s'y trouvaient. La vitesse d'introduction variait de 8 000 à 12 000 frappes/heure. Pendant une journée moyenne, les caissières marchaient 58 minutes, se tenaient debout 5 h 25 min, et penchées 62 min.

Pour chaque partie du corps, on a évalué des symptômes comme raideur, fatigue, douleurs et crampes avec une échelle à trois valeurs numériques. Il n'y eut pas de différence entre les deux groupes en ce qui concerne le tronc. Cependant, les opératrices de machine rapportaient des douleurs aux mains et aux bras (plus souvent du côté droit que du côté gauche) à une fréquence significativement plus élevée que les caissières. De façon importante, ces dernières signalaient plus fréquemment que les premières des douleurs intenses aux jambes. Aux questions concernant la santé en général, passablement plus d'opératrices de machines que de caissières rapportaient de la "tension visuelle" et des "douleurs aux yeux".

Les plaintes des opératrices de machines étaient reliées à de mauvaises conceptions du poste de travail, comme orientation impropre du clavier, hauteur inadéquate de celui-ci et des sources de documents, ainsi qu'à l'absence d'un support pour la main et l'avant-bras droit.

Nelson, T.M. et Ladan, C.J. *Patterns and Correlates of Fatigue among Office Workers*. *J. Occup. Psychol.*, 1976, 49:65-74.

On a noté qu'on pouvait relier des caractéristiques individuelles se manifestant sous forme de fatigue et d'ennui à la satisfaction au travail, et qu'on devrait tenir compte des manifestations de fatigue pour planifier les

pauses. L'article rapporte les résultats d'une étude utilisant la liste de contrôle des sensations (Feeling Tone Checklist), mise au point par Pearson et Byars (1957), pour mesurer les variations de la fatigue pendant une journée ou une semaine de travail. Les sujets étaient 89 employés de bureau, dont 28 travaillaient quatre jours par semaine pendant 10 heures par jour en permutant leur jour de congé chaque semaine. Les autres travaillaient cinq jours par semaine pendant 8 heures.

Pendant la semaine, les sensations variaient comme une fonction en U, le lundi et le vendredi étant les maxima, le minimum correspondant au mardi. Des moyennes à l'intérieur de chaque jour montraient que les sensations étaient relativement bonnes et constantes pendant la matinée, mais tombaient de façon très rapide pendant l'après-midi. On n'a pas trouvé de différence significative entre les groupes travaillant quatre ou cinq jours. Les auteurs préviennent que des différences individuelles peuvent causer une variation des résultats, mais les données en question ne sont pas rapportées.

Comme le niveau des sensations étaient élevé en matinée et ne baissait que faiblement, la fatigue pourrait être soulagée en changeant les horaires de l'après-midi. La fatigue ne semblait pas s'accumuler en relation avec les jours de repos, puisque les groupes travaillant quatre ou cinq jours montraient la même variation. Par conséquent, les résultats semblaient dûs à des facteurs de motivation ou de cognition. Cette hypothèse était renforcée par l'observation que les plus vieux employés se sentaient mieux à la fin de la journée. Les auteurs suggèrent que les symptômes de fatigue peuvent être assimilés à ceux résultant d'un manque de stimuli.

A3. CARACTÉRISTIQUES DE L'EMPLOI

Elias, R., Cail, F., Tisserand, M., et Christmann, H. *Investigations in Operators Working with CRT Display Terminals: Relationships between Task Content and Psychophysiological Alterations* dans *Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals*, E. Grandjean et E. Vigliani, (Eds.), Londres: Taylor et Francis, 1980.

Les plaintes de malaise furent recueillies grâce à un questionnaire chez deux groupes d'opératrices de TÊA. Un groupe dialoguait avec un ordinateur dans le contexte d'une maison d'édition et d'une compagnie de distribution pharmaceutique. L'autre travaillait dans des banques à la saisie en autonome des données. À l'aide d'un enregistreur des mouvements oculaires, on a défini que la saisie des données était une tâche morcelée, comportant une fréquence de va-et-vient plus grande entre l'affichage et les documents que la tâche de dialogue. Elle était aussi plus limitante, demandait moins d'apprentissage et était faite de cycles de travail plus courts.

Le questionnaire montrait que d'une façon importante plus d'opératrices affectées à la saisie des données étaient insatisfaites de leur travail que celles participant au dialogue. De plus, le groupe employé à la saisie des données signalait plus de troubles psychosomatiques comme enflures, constipation, palpitations et douleurs à la poitrine, de malaise psychiques comme anxiété, irritabilité et dépression, ainsi que de sommeil agité. Le groupe travaillant à la saisie des données signalait aussi d'une façon significative plus de symptômes de tension visuelle comme sensations de picotement, flou de la vision, éblouissements, faiblesse de l'acuité visuelle et céphalées. Ce même groupe rapportait aussi passablement plus de douleurs dans le cou, l'épaule droite, le haut et le bas du dos.

Smith, M.J., Stammerjohn, L.W., Cohen, B.G.F., et Lalich, N.R. *Job Stress in Video Display Operations* dans *Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals*, E. Grandjean et E. Vigliani, (Eds.) Londres: Taylor et Francis, 1980.

L'article rapporte les résultats d'une enquête effectuée aux États-Unis par le NIOSH sur des opérateurs de TÉA, qui évaluait leur stress psychosocial et leurs plaintes de malaises. L'étude incluait aussi des groupes témoins. Aux trois endroits, les taux de réponse tendaient à être assez bas pour le groupe expérimental et le groupe témoin.

Les résultats de l'enquête ont montré que tous les groupes de travailleurs signalaient de forts niveaux de stress psychosocial. De même, les résultats indiquaient que les exigences de l'emploi étaient responsables d'une bonne portion du stress et des plaintes de malaises des opérateurs de TÉA, indépendamment de fait qu'ils se servent de TÉA. Comme les opérateurs de TÉA à un endroit se plaignaient davantage de stress et de malaises que leur groupe témoin et les opérateurs de TÉA des deux autres endroits, il semble que l'utilisation de TÉA interagisse avec des facteurs indépendants. Les facteurs d'exigence de l'emploi semblent avoir aussi influencé la sorte de plaintes: à un endroit, les griefs typiques des opérateurs de TÉA étaient, comme prévu, d'origine visuelle et musculaire; aux deux autres endroits, où le futur de l'emploi et les perspectives d'avancement causaient plus d'inquiétude, les opérateurs montraient plus de problèmes psychologiques, comme anxiété et irritabilité.

Les auteurs concluent que des solutions ergonomiques à une conception inadéquate du poste de travail doivent s'accompagner d'une conception appropriée de l'emploi pour maximiser la protection de la santé des opérateurs.

A4. RAYONNEMENT

Anderson, G.E., Tell, R.A. et Youmans, H.D. *Spectral Transmission and Attenuation of X-Radiation by Glasses and Resins used in Color Television Picture Tubes*. IEEE Trans. on Broadcast and Television Receivers, Vol. BTR-16(2): 82-88, 1970.

L'article rapporte une étude déterminant les variables affectant les propriétés anti-rayons X de résine d'assemblage et de verres choisis servant à la fabrication des tubes écrans de téléviseur. Les résultats ont montré que les panneaux de verres de sécurité, normalement collés à la résine à l'avant du tube, réduisaient de 75 % l'émission de photons. On a effectué les mesures en affichant une trame verte, puisque d'autres auteurs avaient trouvé que la production de rayons X était plus efficace avec ce luminophore. Il faut spécifier la tension du tube (dans le cas présent, 27,5 kV), puisque la plaque avant devient de plus en plus transparente à mesure que l'énergie des photons augmente. On a rapporté que le flux photonique était maximum à la normale de la surface de l'écran, et que sa densité à un angle d'environ 30° autour de l'axe du tube était la moitié de celle trouvée sur l'axe.

On a étudié les coefficients d'atténuation des différents verres et résines à l'aide d'un émetteur de rayons X dont le spectre d'émission correspondait à celui d'un tube image. En général, on a trouvé que le coefficient dépendait d'une façon prononcée de l'énergie des photons et de l'épaisseur du matériau. Il y avait aussi de grandes différences entre les différents matériaux testés.

Braestrup, C.B. et Mooney, R.T. *X-Ray Emission from Television Sets*. Science, 130: 1071-1074, 1959.

L'article rapporte des résultats d'études évaluant les doses auxquelles les gonades de la population sont soumises à cause des rayons X émis par les tubes images des téléviseurs. Des autorités comme la Commission internationale de protection radiologique, la National Academy of Sciences, et le British Medical Research Council sont d'accord pour dire "que les doses auxquelles les gonades sont soumises devraient être limitées autant que faire se peut, sans sacrifier les nombreux avantages reliés à l'utilisation des rayonnements". Les téléviseurs sont une source potentielle de rayonnement inutile et, comme un fort pourcentage de la population les regardent, même l'émission d'une faible quantité de rayonnement est importante, à cause des effets possibles sur le patrimoine génétique.

On trouvé que l'émission de rayons X changeait beaucoup avec la tension du tube: les auteurs affirment qu'elle varie en fonction de la vingtième puissance de la tension. Si l'on veut que les mesures de rayonnement aient une signification quelconque, il est donc nécessaire que la tension en question soit stable.

Le voltage de la plupart des téléviseurs va de 10 à 25 kV. Le niveau de rayonnement émis par le tube dépend de la distance entre ce dernier et la sonde à mesurer. A cause de la grande surface de la source, il n'y a pas d'effet de distance à moins de 8 cm. Entre 8 et 100 cm, le taux de diminution est moindre qu'à des distances dépassant 100 cm, distance à partir de laquelle l'affaiblissement suit la loi de l'inverse du carré. Le niveau de rayonnement à des distances données dépend de la grosseur de la trame et du potentiel du tube.

Les expériences sur la télévision ont indiqué que le niveau de rayonnement était beaucoup réduit par un mince écran de verre. On a aussi noté que la tension du tube ainsi que la présence ou l'absence de constituants contenant des atomes lourds affectaient grandement l'atténuation.

On a fait des estimations de la dose en profondeur à l'aide d'un fantôme à eau à une distance de 100 cm d'une source de rayons X fonctionnant à 25 kV et 20 mA. On a fait les mesures à 1 et 5 cm dans l'eau, profondeur respective des testicules et des ovaires. On a rapporté que, relativement à l'exposition dans l'air, les doses à ces profondeurs étaient de 75 % à 1 cm et de 10,8 % à 5 cm. L'effet de la tension du tube est mis en évidence par l'observation du fait que la dose à une profondeur de 5 cm était de 0,01 % à 15 kV et de 2 % à 20 kV. La tension du tube est donc ce qui influence le plus la dose en profondeur atteignant les gonades. Un changement de 1 kV peut faire varier la dose que les ovaires subissent par un facteur de six.

La dose administrée aux gonades de la population par les téléviseurs est estimée en se basant sur une moyenne de 1 000 heures d'écoute par personne et par an (on fait l'hypothèse que le niveau de rayonnement est le niveau maximum permmissible actuel de 0,5 mR/h à une distance de 5 cm de l'écran). On calcule les valeurs correspondant à des distances d'observation de 100 et 200 cm. Pour les femmes, on estime que la dose annuelle atteignant les gonades à 100 cm est de 4,4 millirads, et, à 200 cm, de 1,1 millirad. Pour les hommes, cette dose à 100 cm est 30 millirads et, à 200 cm, 7,5 millirads. A titre de comparaison, les doses dues au niveau de rayonnement de

fond naturel moyen sont de 100 millirads par année. Les auteurs concluent que l'exposition additionnelle reçue à des distances "normales" d'observation est acceptable.

Buckler, G. *VDT Radiation Levels not Harmful, Tests Show*. Computing Canada, p. 4, 25 novembre, 1980.

Cet article d'un journal rapporte les résultats d'une étude sur 86 TÉA de la compagnie d'assurance-vie Métropolitaine à Ottawa et à Toronto. L'étude, effectuée par une firme-conseil privée, mesurait les niveaux de rayons X et de radiofréquences (RF). Le niveau mesuré le plus élevé de RF était 50 fois inférieur au niveau maximum permmissible toléré par le gouvernement. Le compte maximum de rayons X émis par un TÉA était 0,05 mR/h, ce qui est 10 fois moins que le niveau maximum permmissible de 0,5 mR/h. On a pensé que des augmentations momentanées de 0,75 mR/h étaient dues à des sources de rayonnement de fond, puisqu'on les a observées aussi en faisant la lecture du niveau de fond. Le rayonnement de fond moyen (rayons X) variait de 0,01 à 0,04 mR/h.

Eleccion, M. *X-Radiation from Colour Television Receivers*. IEEE Spectrum, pp. 95-104, juillet 1968.

L'article résume les questions discutées à la conférence sur la détection et la mesure des rayons X émis par les téléviseurs couleurs tenue par le National Center for Radiological Health (NCRH) du Public Health Service en coopération avec l'Electronics Industries Association (EIA).

Le NCRH a défini le niveau maximum sûr de rayons X émis par un téléviseur comme étant une moyenne de 0,5 mR/h sur une surface de 10 cm² à n'importe quel endroit distant de 5 cm (à l'extérieur) de la surface dans des conditions normales de fonctionnement. A une distance d'observation de 2,3 m, ce niveau de rayonnement serait plus faible que le niveau de rayonnement de fond (0,01 à 0,02 mR/h). Par conséquent, l'auteur conclut que la norme de sécurité recommandée par le NCRH est conservatrice.

Un conférencier du NCRH concluait que les normes concernant l'émission de rayons X devraient être basées sur des critères de santé, et devraient souligner l'importance de l'"absence virtuelle" d'émission de rayons X par toute surface d'un téléviseur couleur.

On note que les cibles de masse moléculaire élevée émettent de plus grandes quantités de rayons X, et que plus la vitesse des électrons de la cathode est grande, plus les rayons X émis sont pénétrants ou durs. Un article présenté par la Zenith Radio Corporation indiquait que le masque perforé interceptait 80 % des électrons du faisceau de balayage des téléviseurs couleurs, et que les 20 % résiduels excitaient les luminophores de l'écran. La plus grande partie de l'émission de rayons X provient donc du masque perforé. Les luminophores de différentes couleurs émettent des quantités différentes de rayons X, les niveaux les plus élevés étant obtenus avec le vert, ensuite le bleu, et enfin le moins élevé avec le rouge. Les différences en question proviennent probablement de la différence de masse atomique des luminophores. On a trouvé que le niveau de rayonnement était sensible au voltage du circuit d'alimentation: une augmentation de 5 volts peut le faire doubler.

Une autre communication du NCRH concluait que, même s'il est très peu probable que le rayonnement émis par les téléviseurs puisse produire des effets aigus, on doit s'inquiéter des effets différés d'une exposition chronique. De plus, il faut mettre au point l'instrumentation pouvant fournir des renseignements détaillés sur les faisceaux étroits à haute intensité.

Un exposé en provenance de l'université de Chicago concluait que seulement une dose négligeable de rayonnement pénétrait à la profondeur de la plupart des organes critiques. Seuls les yeux et les testicules étaient situés suffisamment près de la surface pour courir quelque risque.

En conclusion, le recueil indique à M. Eleccion qu'un téléviseur fonctionnant de la façon adéquate émet un niveau de rayonnement ionisant trop faible pour causer des dommages somatiques. Cependant, on reconnaît que la question d'effets possibles à long terme n'est pas résolue, et qu'il faut prendre des dispositions pour maintenir aussi bas que possible le niveau de rayonnement émis.

Harvey, T.S. *Experiments with Rats, Bush Beans, and Tradescantia Plants in the Vicinity of Television Receivers.* IEEE Trans. Broadcast and Television Receivers, Vol. BTR-13: 51-63, juillet, 1967.

Le rapport décrit des expériences sur les effets biologiques possibles dûs aux rayons X à cause de la proximité d'un téléviseur. Comme les téléviseurs couleurs type ne produisent pas plus de 0,05 mR/h, on a considéré que les rayons X qu'ils émettaient étaient négligeables par rapport au niveau de fond continu.

Le niveau le plus élevé employé pendant l'expérience a été de 1,5 mR/h. La dose accumulée allait jusqu'à 240 fois la dose moyenne pouvant être reçue par un téléspectateur exposé au niveau maximum sûr recommandé pendant 1 000 heures à une distance de 1 mètre. Les rats se sont développés normalement et ont donné des rejetons normaux. Des analyses histologiques n'ont montré aucune anomalie du cerveau, des gonades, de la rate et du sternum. Les plantes sont aussi parvenues à maturité et se sont reproduites normalement.

Santé et Bien-être social Canada. *Les téléviseurs et les rayons X.* La Dépêche n° 31 (Revisée), Services éducatifs, Direction générale de la protection de la santé, été 1978.

Le document de trois pages discute brièvement de la nature et des effets des rayons X, il mentionne certaines sources de rayons X présentes dans les services de santé, dans l'industrie, au foyer, et à d'autres endroits comme les aéroports, et il discute des normes fixées pour les téléviseurs. Ce qui nous intéresse surtout ici ce sont ces derniers.

Les téléviseurs en noir et blanc fonctionnent à une tension beaucoup plus basse que les téléviseurs couleurs, et ne constituent donc pas une source d'inquiétude. Une enquête canadienne, effectuée sur des téléviseurs achetés en 1969 ou avant, montrait qu'environ 11 % des appareils testés émettaient des rayonnements au-dessus de la norme internationale acceptée de 0,5 mR/h. On pense que cette norme comporte une grande marge de sécurité. La Loi sur les dispositifs émettant des radiations exige que l'émission de tous les nouveaux téléviseurs vendus au Canada depuis 1975 ne dépasse pas cette norme, même dans le cas de panne ou de défektivité d'un ou de plusieurs

composants. Les inspecteurs de la Direction générale de la protection de la santé font appliquer la loi en inspectant régulièrement les usines canadiennes fabricant des téléviseurs, et les laboratoires de la Direction générale de la protection de la santé inspectent de façon systématique des échantillons d'appareils importés.

Marshall, E. *FDA Sees no Radiation Risk in VDT Screens*. Science, 212:1120-1121, 1981.

L'article rapporte des témoignages produits par des ingénieurs et des spécialistes en radiologie au sous-comité d'investigation du House Committee on Science and Technology (É.-U.). Les témoignages disaient essentiellement qu'il n'y avait pas lieu de croire que les terminaux à écran d'affichage (TÉA) émettaient des rayonnements dangereux.

On discutait de la possibilité de danger des rayonnements micro-ondes des TÉA. On avait trouvé que ces rayonnements produisaient des cataractes chez les lapins. Lorsque deux opérateurs de TÉA du New York Times furent atteints de cataractes, on a soupçonné les TÉA d'en être responsables. Cependant les mesures ont montré que les TÉA ne produisaient pas de rayonnement micro-onde.

Le directeur du Bureau of Radiological Health de la Food and Drug Administration a souligné que 4 % de la population entre 35 et 45 ans souffre de cataractes par cause naturelle. Comme environ 7 millions de personnes se servent régulièrement de TÉA aux É.-U., il serait statistiquement normal que 280 000 de ces usagers souffrent de cataractes à un âge assez jeune.

Moss, C.E., Murray, W.E., Parr, W.H., Messite, J., et Karches, G.J. *A Report on Electromagnetic Radiation Surveys of Video Display Terminals*. National Institute for Occupational Safety and Health, rapport n° NIOSH 78-129, décembre 1977.

On a mesuré le rayonnement électromagnétique (ÉM) émis par plusieurs modèles et plusieurs genres de TÉA. On a examiné la région des rayons X du spectre ÉM, la région visible s'étendant dans l'ultraviolet et l'infrarouge, et la région des radiofréquences (RF). On n'a pas examiné la région des micro-ondes. Le rayonnement ultraviolet émis par les TÉA avait six ordres de grandeur de moins que la norme pour exposition professionnelle. On ne pouvait pas détecter de rayonnement infrarouge ni de RF. L'émission de rayons X par les TÉA étaient d'environ le tiers de la norme pour exposition professionnelle de 2,5 mR/h. Le rapport concluait que le rayonnement ÉM des TÉA est considérablement plus faible que les normes actuelles de sécurité.

Murray, W.E., Moss, C.E., Parr, W.H., et Cox, C. *A Radiation and Industrial Hygiene Survey of Video Display Terminal Operations*. Human Factors, 1981, 23: 413-420.

A la demande de plusieurs syndicats de travailleurs représentant trois compagnies différentes, le NIOSH a effectué une enquête. Des mesures de rayonnement électromagnétique ont été effectuées sur 136 échantillons choisis parmi 530 TÉA, et des échantillons d'air de la salle de travail ont été analysés pour mesurer les niveaux ambiants d'hydrocarbures, de monoxyde de carbone, de formaldéhyde, et d'acide acétique. L'étude n'a trouvé aucune indication de danger causé soit par le rayonnement, soit par les contaminants chimiques. Des taux d'exposition aux rayons X aussi faibles que 0,05 mR/h pouvaient être mesurés avec une précision globale de plus ou moins 15 %.

Wang, Y-S. *Measurement of Ionization Radiation from Color Television Receivers by Thermoluminescent Dosimeters*. *Health Physics*, 28(1):78-80, 1975.

L'article présente une nouvelle technique de thermoluminescence très sensible à de faibles doses de rayons X. À Taïwan, on a utilisé cette technique pour mesurer l'émission de rayonnements ionisants par 28 téléviseurs couleurs domestiques choisis au hasard. Dans des conditions normales de fonctionnement, les niveaux de rayonnement variaient de 0,001 à 0,255 mR/h. Les données concernaient des tubes images de 12, 14, 16, 17, 18, 19, 20 et 25 pouces. En moyenne, les niveaux de rayonnement mesurés à côté des appareils étaient d'environ 27 % de ceux mesurés en face. Les niveaux émis en face des appareils de 20 et 25 pouces étaient environ le double de ceux des appareils de 19 pouces et moins. Les niveaux d'émission mesurés en face d'appareils de 20 pouces étaient d'environ 17 % de ceux mesurés à l'intérieur des téléviseurs, autour du tube image.

DONNÉES DE CONTRÔLE DE DOCUMENT DU CRC

1. ORIGINE: Ministère des communications/Centre de recherches sur les communications

2. N° DU DOCUMENT: Note Technique N° 712-F du CRC

3. DATE: Février 1982

4. TITRE DU DOCUMENT: Revue des aspects santé et sécurité des terminaux à écran d'affichage

5. AUTEUR(s): W.C. Treurniet

6. MOTS-CLÉS: (1) Vidéo

(2) Terminaux

(3) Santé

7. DOMAINE D'APPLICATION ET GROUPE (COSATI)

05 Sciences sociales et du comportement

05 05 Étude des facteurs humains

8. RÉSUMÉ: Comme le résumé de la page 1

9. CITATION: _____



Gouvernement
du Canada

Government
of Canada

