

**Blindage des terminaux  
à écran cathodique (T.É.C.)**



# **BILANS DE CONNAISSANCES**

Lambert Laliberté

Septembre 1988 B-005

**RAPPORT**



**IRSST**  
Institut de recherches  
en santé et en sécurité  
du travail du Québec

## La recherche, pour mieux comprendre

L'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST) est un organisme de recherche scientifique voué à l'identification et à l'élimination à la source des dangers professionnels, et à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes. Financé par la CSST, l'Institut réalise et finance, par subvention ou contrats, des recherches qui visent à réduire les coûts humains et financiers occasionnés par les accidents de travail et les maladies professionnelles.

Pour tout connaître de l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par la CSST et l'Institut.

Les résultats des travaux de l'Institut sont présentés dans une série de publications, disponibles sur demande à la Direction des communications.

Il est possible de se procurer le catalogue des publications de l'Institut et de s'abonner à *Prévention au travail* en écrivant à l'adresse au bas de cette page.

### ATTENTION

Cette version numérique vous est offerte à titre d'information seulement. Bien que tout ait été mis en œuvre pour préserver la qualité des documents lors du transfert numérique, il se peut que certains caractères aient été omis, altérés ou effacés. Les données contenues dans les tableaux et graphiques doivent être vérifiées à l'aide de la version papier avant utilisation.

Dépôt légal  
Bibliothèque nationale du Québec

IRSST - Direction des communications  
505, boul. de Maisonneuve Ouest  
Montréal (Québec)  
H3A 3C2  
Téléphone : (514) 288-1 551  
Télécopieur: (514) 288-7636  
Site internet : [www.irsst.qc.ca](http://www.irsst.qc.ca)  
© Institut de recherche en santé  
et en sécurité du travail du Québec,

# Blindage des terminaux à écran cathodique (T.É.C.)

Lambert Laliberté  
Programme soutien-analytique, IRSST

PLANS DE  
COMMANDES

**RAPPORT**



En 1986 au Québec, plus de 83 000<sup>1</sup> T.É.C. étaient utilisés au travail [33]

Photo Michel Chartrand

---

<sup>1</sup> Ce nombre représente les terminaux reliés aux ordinateurs centraux et mini-ordinateurs; il exclut tous les micro-ordinateurs qui fort probablement les surclassent de beaucoup en nombre.

## TABLE DES MATIÈRES

	PAGE
Remerciements.....	i
Sommaire.....	1
1.- Introduction.....	5
2.- Identification des sources et types de radiations électromagnétiques émises par un T.É.C.....	11
3.- Valeurs des champs électromagnétiques et électrostatiques	21
4.- Blindage des T.É.C.....	25
5.- Les normes actuelles.....	53
6.- Exemples de blindage des T.É.C. par ordre croissant d'efficacité et de coût.....	55
7.- Lexique.....	65
8.- Bibliographie.....	71

## LISTE DES FIGURES

	PAGE
1.- Spectre électromagnétique.....	14
2.- Diagramme polaire des intensités crêtes du champ électrique pulsé dans un plan horizontal.....	15
3 a) Forme du courant circulant dans la bobine de déflexion verticale d'un T.É.C.....	16
3 b) Forme du courant circulant dans le filament d'une lampe de bureau.....	17
4 a) Contenu harmonique du courant circulant dans la bobine de déflexion verticale d'un T.É.C.....	18
4 b) Contenu harmonique du courant circulant dans le filament d'une lampe de bureau.....	19
5.- Champ proche et champ éloigné.....	28
6a.- Illustration conceptuelle de l'intensité des champs versus le type de source et la distance.....	29
6b.- Illustration conceptuelle de l'intensité des champs versus le type de source et la distance.....	29
7.- Représentations du phénomène de blindage.....	32
8.- Pertes par réflexion pour le fer, le cuivre et l'aluminium avec une source de basse impédance (champ magnétique)...	35
9.- Pertes par absorption pour des blindages d'une épaisseur de 1 millimètre.....	38
10.- Pertes par réflexion pour le fer, le cuivre et l'aluminium avec une source de haute impédance (champ électrique)...	42
11.- Tube cathodique d'un T.É.C.....	56
12.- Sources d'émissions principales d'un T.É.C.....	57

## LISTE DES TABLEAUX

	PAGE
1- Valeurs calculées des pertes par réflexion ( $R_1$ & $R_2$ ) en dB pour des feuilles métalliques.....	34
2- Propriétés électriques de matériaux de blindage à 150 kHz	36
3- Pertes par absorption (A) pour des feuilles de métal d'une épaisseur de 1 millimètre.....	37
4- Formules pour calculer l'efficacité de blindage (SE) dB.	45
5- Facteur de correction C en dB pour une seule feuille de métal.....	46
6- Valeurs calculées de l'efficacité de blindage.....	48
7- Efficacité de blindage mesurée en dB pour des feuilles de matériaux non perforé.....	51
8- Tableau synthèse d'exemples de blindages pour les T.É.C. par ordre croissant d'efficacité et de coût.....	58
Exemple de blindage # 1.....	59
Exemple de blindage # 2.....	60
Exemple de blindage # 3.....	61
Exemple de blindage # 4.....	62
Exemple de blindage # 5.....	63

## LISTES DES ANNEXES

	PAGE
Annexe 1: Liste des fabricants de matériaux de blindage.....	A1
Annexe 2: Champs électrique et magnétique dans la maison et autour des appareils domestiques.....	A2
Annexe 3: Ondes radioélectriques émises par des T.É.C.....	A3
Annexe 4: Intensité du champ magnétique aux F.E.B. en A/m pour divers appareils.....	A4
Annexe 5: Mesures d'émissions de rayons X.....	A5
Annexe 6: Nouveaux appareils pour mesurer les champs électriques et magnétiques émis par les T.É.C.....	A6

## REMERCIEMENTS

Des remerciements sont adressés à messieurs Karel Marha et David Charron du centre canadien d'hygiène et de sécurité du travail à Hamilton, Ontario, pour leur aide et conseils précieux.

Il faut souligner également l'excellent travail de mesdames Christine Lecours et Claudette Tessier pour la mise en page et la dactylographie du présent document et à tous les membres de l'Institut qui ont de près ou de loin collaboré à la réalisation du présent ouvrage.

Une reconnaissance particulière est adressée aux personnes suivantes pour avoir bien voulu fournir leurs commentaires sur le présent rapport: madame Dominique L. Bernardes, rédactrice en chef, revue *Urba*; madame Diane Berthelette, étudiante au doctorat, département de médecine sociale et préventive, Université de Montréal; monsieur Roch Desrochers, ingénieur, Direction médecine du travail et épidémiologie, Commission de la santé et de la sécurité du travail; et monsieur Maurice d'Halewyn, technicien senior, compagnie Honeywell.

N.B.: Les personnes et leur organisme respectif, ci-haut mentionnés, n'endossent pas nécessairement les idées ou les valeurs exprimées dans le présent rapport.

**SOMMAIRE<sup>1</sup>****SOURCES**

Quatre principales sources de champs électrique et magnétique ont été identifiées dans les terminaux à écran cathodique (T.É.C.).

Il s'agit:

- de la partie avant du tube cathodique où l'on retrouve un champ électrostatique;
- de la bobine de déflexion verticale qui émet un champ magnétique de fréquence extrêmement basse;
- de la bobine de déflexion horizontale qui émet un champ magnétique de fréquence très basse;
- du transformateur et du conducteur de haute tension qui sont responsables du champ électrique de fréquence basse.

Aucun rayon X n'est émis par les T.É.C. sans lampe. Des rayons X dangereux<sup>2</sup> peuvent être émis par des T.É.C. défectueux qui utilisent une lampe rectificatrice à l'étage haut voltage.

Aucun rayon ultraviolet n'est émis. Aucune micro-onde n'est émise. Les rayons infrarouges émis ne représentent aucun danger.

**VALEURS**

Indépendamment des gammes de fréquences, l'intensité efficace globale du champ électrique à la surface d'un T.É.C. non blindé est d'environ quarante à deux cents fois plus élevée que celle d'un appareil domestique non blindé, mesurée à sa surface.

---

<sup>1</sup>: Vous trouverez les références aux affirmations émises dans le sommaire dans les sections correspondantes du document.

<sup>2</sup>: Au-dessus de la norme recommandée pour la population en général soit: 5 mSv/an ou 0.5 rem./an et pour les opérateurs(trices) de T.É.C.: 0.25 mrem/heure pour 40 heures/semaine et 50 semaines/année de travail continu [25].

Par contre, le champ électrique efficace à 30 cm devant l'écran (position de l'opérateur) d'un T.É.C. non blindé est similaire en intensité seulement (non en fréquence, en nature pulsée ni en densité spectrale) à certains appareils domestiques mesurés à 30 cm. Cela est dû au fait que le champ électrique n'est pas uniformément distribué autour d'un T.É.C.

Indépendamment des gammes de fréquences, l'intensité des champs magnétiques à la surface d'un T.É.C. est parfois supérieure, parfois inférieure à celle émise à la surface des appareils domestiques. Ces champs ne sont similaires qu'en intensité seulement, non en nature pulsée ou en densité spectrale.

Le champ électrostatique à 30 cm devant un T.É.C. est similaire en intensité seulement, non en sa nature modulée, au champ naturel moyen juste au-dessus du niveau du sol lors d'une journée ensoleillée. Il est parfois aussi similaire en intensité seulement à des champs beaucoup plus forts qui sont produits avant et durant les orages électriques. Les vêtements synthétiques, selon les conditions, produisent un champ beaucoup plus intense que ne le ferait un T.É.C.

### BLINDAGE

Tous les types de champs de basses, très basses et extrêmement basses fréquences émis par un T.É.C. peuvent être atténués à différents niveaux par un blindage approprié. Un blindage contre les champs électrique et électrostatique peut être réalisé pour un coût d'environ 100,00\$<sup>1</sup>. Toutefois, il s'avère plus difficile et coûteux d'éliminer les champs magnétiques. (environ 700,00\$)<sup>1</sup>.

Le prix d'un T.É.C. varie de 300,00\$ à 2 000,00\$ et le prix moyen est d'environ 1 200,00\$.

Le blindage contre les rayons X et ultraviolets, de même que les micro-ondes, n'a pas été envisagé en raison de l'absence d'émission par les T.É.C. modernes (sans lampe de rectification haut voltage).

### NORMES ACTUELLES

Il n'existe présentement au Canada aucune norme réglementant le niveau acceptable d'exposition aux champs électriques et magnétiques aux fréquences extrêmement basses (0 à 3 kHz) et très basses (3 à 30 kHz). Comme mesure préventive l'organisation mondiale de la santé recommande de tenir les opérateurs à une distance suffisante des côtés et de l'arrière des T.E.C. (1 mètre minimum). Cette recommandation ne s'applique pas si l'intensité du champ électrique est inférieure à 10 V/m à une distance de 0.3 mètre.

---

<sup>1</sup> : prix unitaire excluant la main d'oeuvre

## 1.- INTRODUCTION

À la suite de la publication (N° : E-008, mars 1984) par l'IRSST du Rapport du groupe de travail sur les terminaux à écran de visualisation et la santé des travailleurs, dans lequel on évaluait les risques pour la santé susceptibles d'être associés aux radiations électromagnétiques émises par les T.É.C., le Conseil d'administration de l'IRSST a manifesté le désir de voir établir un bilan de connaissances sur les possibilités de blindage des T.É.C.

Le présent document se veut une réponse à ces attentes.

Nous nous sommes fixés les quatre (4) objectifs que voici:

- 1.- Identifier les sources de champ électromagnétique dans un T.É.C.
- 2.- Quantifier ces mêmes sources.
- 3.- Trouver des matériaux capables d'atténuer ces champs et quantifier leur degré d'atténuation.
- 4.- Donner des exemples pratiques de blindage réalisés en laboratoire avec les coûts encourus et les niveaux d'atténuation obtenus.

Au moment où ce document a été mis sous presse, le quatrième objectif était en parachèvement et fera l'objet d'une troisième édition ou d'un document complémentaire. Afin de mieux comprendre une terminologie technique, un lexique est présenté à la section 7 du présent document.

### 1.1- INFORMATION TECHNIQUES

L'exposition d'un travailleur à une source d'ondes électromagnétiques est mesurée par la densité de puissance et/ou la grandeur des champs électrique et magnétique. La distance à laquelle se trouve le travailleur de la source d'émission et la fréquence de celle-ci, imposera l'utilisation de l'une ou l'autre de ces expressions.

La grandeur des champs électriques et magnétiques sinusoïdaux doit être exprimée respectivement en volt par mètre (V/m) et ampère par mètre (A/m) efficace (r.m.s. en anglais) ou crête à crête (peak to peak). Dans le cas de champs non sinusoïdaux, telle la majorité des champs émis par un T.É.C., on doit utiliser des valeurs efficaces réelles (true r.m.s.) ou crête à crête.

Or certains chercheurs utilisent des appareils qui sont incapables de donner la valeur efficace réelle (même si le cadran affiche "valeur efficace") d'un signal pulsé<sup>1</sup> (même remarque pour la valeur crête à crête) tel qu'émis par un T.É.C. car ces appareils ont été conçus et étalonnés pour mesurer les signaux sinusoïdaux purs tels qu'émis par un générateur d'ondes de laboratoire et non pas des signaux complexes tels que ceux des T.É.C. Le résultat est une sur-évaluation ou sous-évaluation des champs selon le type d'appareils utilisés.

Il est également nécessaire de spécifier la distance et l'orientation de la sonde par rapport à l'appareil lorsque la mesure a été prise si l'on veut permettre une comparaison entre les champs obtenus pour différents T.É.C. car la distribution des champs autour d'un T.É.C. n'est pas uniforme. (Voir figure 2, page 14).

---

1: Voir le dernier paragraphe de la page 10 pour la définition.

Dans le cas du champ électrostatique, le champ est constant et sa valeur efficace ou crête à crête ne s'applique pas. Une valeur exprimée en V/m, mesurée à une distance donnée, suffit. Par contre, le terme cc, courant continu (dc en anglais), rajouté après le V confirmera qu'il s'agit d'un champ constant et on évitera de chercher s'il s'agit d'une valeur efficace réelle ou crête à crête. On retrouve également, pour le champ magnétique, la densité de flux magnétique exprimée en tesla (T) dans le Système International d'Unités.

En champ éloigné,<sup>1</sup> champ électrique, champ magnétique et densité de puissance sont reliés par les équations suivantes:

$$\text{densité de puissance (W/m}^2\text{)} = \text{champ électrique (V/m)} \\ \text{X champ magnétique (A/m)}$$

ou

$$\text{densité de puissance (mW/cm}^2\text{)} = (\text{champ électrique V/m})^2 / 3770 \text{ ohms} \\ = (\text{champ magnétique A/m})^2 \times 37.7 \text{ ohms}$$

En champ proche<sup>1</sup> (et c'est presque toujours le cas pour les mesures concernant les T.É.C.), les relations simples ci-dessus ne sont plus valides. Les expositions sont alors exprimées en fonction de l'amplitude des champs électrique (E) et magnétique (H).

On retrouve souvent dans les publications scientifiques une densité de puissance équivalente calculée de façon erronée à partir des mesures d'amplitudes effectuées en champ proche et de la relation entre champ et densité de puissance utilisées en champ éloigné. (équations ci-haut)

---

<sup>1</sup> Voir la section 4, page 24 pour la définition de champ proche et champ éloigné

Deux champs ne peuvent se comparer que si l'on retrouve les mêmes unités et les mêmes conditions du milieu : s'agit-il de valeurs prises dans un champ perturbé (par la présence d'une opératrice) ou non perturbé (aucun corps ne pouvant changer la densité des lignes de force électriques)? Ainsi, dans le cas des T.É.C. uniquement, les valeurs crête à crête sont 3,5 à 4 fois les valeurs efficaces [9]. On peut ainsi passer d'une unité à l'autre.

Également un champ de :

$$1 \text{ V/cm} = 100 \text{ V/m.}$$

La densité de flux magnétique (B) exprimée en Tesla (T) (surtout utilisé en Europe) est reliée à l'intensité du champ magnétique (H) (surtout utilisé en Amérique) exprimée en ampère par mètre (A/m) par la relation suivante :

$$B = \mu H$$

où  $\mu$  est la perméabilité du milieu.

Dans le cas de l'air,  $\mu$  vaut :  $12,6 \times 10^{-7}$  Weber/ampère-mètre et donc :

$$1 \text{ T} = 7,96 \times 10^5 \text{ A/m}$$

et

$$1 \text{ A/m} = 1,26 \times 10^{-6} \text{ T}$$

Lorsque l'on compare les champs entre les appareils domestiques et les T.É.C., on doit se rappeler qu'un appareil domestique émet un champ concentré à 60 Hz (fondamentale) alors qu'un T.É.C. émet des champs non seulement concentrés à 60 Hz mais aussi à environ 20 kHz (fondamentales).

De plus, un appareil domestique n'émet que très peu d'harmoniques <sup>1</sup> (sauf s'il est muni d'un régulateur électronique d'intensité ou de vitesse) alors qu'un T.É.C. émet beaucoup d'harmoniques (15 à 220 kHz) à cause de la nature pulsée de ses ondes.

On doit donc tenir compte de l'intensité et de la fréquence de tous les champs lors d'une comparaison, contrairement à certains auteurs qui se limitent à ceux de 60 Hz, car chaque fréquence d'émission contribue à l'énergie totale émise par une source.

De plus, les appareils (domestique et T.É.C.) n'émettent pas un champ isotropique (de même valeur dans toutes les directions). Il faut donc indiquer à quel endroit la mesure a été prise à moins d'indiquer qu'il s'agit d'une valeur maximale (worst case).

En tenant compte de tous ces points, vous serez en mesure de juger de la pertinence des mesures présentées par un auteur.

---

<sup>1</sup> Fréquences multiples de la fondamentale

## 2 - IDENTIFICATION DES TYPES ET SOURCES DE RADIATIONS ÉLECTROMAGNÉTIQUES ÉMISES PAR UN T.É.C.

### a) Radiation non ionisante

Quatre (4) principaux types de champs électriques et magnétiques ont été identifiés et émettent tous dans la partie la plus basse du spectre électromagnétique (0 à 220 kHz) (Voir figure 1 page 10). L'intensité des sources de radiations électromagnétiques provenant des T.É.C. varie d'un modèle à l'autre. Par ordre de fréquence croissante, on retrouve le champ électrostatique (0 Hz) modulé par un flux électronique, associé au haut potentiel appliqué à la surface interne de l'écran cathodique; le champ magnétique de fréquences extrêmement basses et très basses (30 à 60 Hz pour la fondamentale et jusqu'à environ 8,5 kHz pour ses harmoniques importantes), généré par la bobine de déflexion verticale; le champ magnétique de fréquences très basses et basses (15 à 30 kHz pour la fondamentale et jusqu'à environ 220 kHz pour ses harmoniques importantes) généré par la bobine de déflexion horizontale; et finalement, un champ électrique de fréquences basses (15 à 30 kHz pour la fondamentale et jusqu'à environ 220 kHz pour ses harmoniques importantes) généré par le transformateur de haute tension (flyback transformer) et le conducteur de haute tension reliant l'écran cathodique à ce transformateur [1], [2] (Voir la figure 12, page 55).

Tous ces champs sont pulsés, sauf le champ électrostatique qui est modulé par le flux d'électrons en provenance du canon à électrons du tube cathodique lorsque l'écran s'illumine.

Un champ pulsé signifie un champ dont l'intensité varie brusquement et de façon cyclique. Les champs autour d'un T.É.C. (sauf le champ électrostatique) sont formés par une variation brusque du courant dont la forme, dans la bobine de déflexion verticale, est

similaire à une dent de scie (voir figure 3 a, page 15). Cette transition rapide de l'intensité du courant donne naissance à une multitude de composantes de l'onde appelées harmoniques, qui s'étendent sur une large bande de fréquences (voir figure 4 a, page 17).

Plus l'émission du champ, engendré par le courant, se fait sur un grand nombre de fréquences, plus il y a de chance de tomber sur une ou des fréquences qui peuvent agir sur l'organisme (window effect) [5],[7].

Les champs que l'on retrouve autour des lignes de distribution électrique sont formés par une variation relativement lente du courant. La forme du courant est une sinusoïde (voir figure 3 b, page 16) et n'engendre pratiquement aucune composante ou harmonique. L'émission n'a donc lieu que sur quelques fréquences (voir figure 4 b, page 18).

Il existe également des sources secondaires de champs électrique et magnétique d'intensité très faible et de fréquences extrêmement basses (60 Hz) associées au transformateur d'alimentation. D'autres sont situées à des fréquences élevées et très élevées (3 à 300 MHz) dont l'intensité du champ électrique est inférieur à 0,2 V/m pour les T.É.C. possédant des circuits numériques pilotés par une horloge. [26]

Les rayons infrarouges ne semblent causer aucun problème car aucun cas d'exposition excessive aux infrarouges n'a été rapporté parmi les opérateurs de T.É.C. [25]. De plus, les mesures effectuées par N.I.O.S.H.<sup>1</sup> aux États-Unis rapporte que toutes les valeurs étaient sans exception bien inférieures à toutes les normes

---

<sup>1</sup> : National Institute of Occupational Safety and Health

de protection établies pour les personnes [3]. On rapporte également, que les infra-rouges mesurés devant des T.É.C. étaient inférieurs à ceux émis par la main d'une personne [37].

Par ailleurs, aucune émission de micro-ondes supérieure à l'intensité naturelle de fond n'a été décelée, les circuits électroniques des T.É.C. ne pouvant produire de micro-ondes [38].

### **b) Radiation ionisante**

Toutes les études sur les T.É.C. modernes (sans lampe rectificatrice à l'étage haut voltage) démontrent l'absence de rayons "X" qui pourraient être émis par le tube cathodique [3], [25] (Voir annexe 4).

Notons que les rayons X sont absorbés par la couche épaisse du verre qui forme la face avant du tube cathodique.

Seuls les vieux modèles de T.É.C., en état de mauvais fonctionnement, et qui utilisent les lampes sous vide à l'étage du haut voltage peuvent émettre des rayons X au dessus de la norme<sup>1</sup> spécifiée pour la population en général [25].

La mesure des rayons ultraviolets révèlent aucune valeur au-dessus de l'intensité naturelle de fond car le peu de rayonnement ultraviolet qui pourrait être émis par le phosphore de l'écran est absorbé par le verre de l'écran [25].

---

<sup>1</sup>: Au-dessus de la norme recommandée pour la population en général soit: 5 mSv/an ou 0.5 rem./an et pour les opérateurs(trices) de T.É.C.: 0.25 mrem/heure pour 40 heures/semaine et 50 semaines/année de travail continu [25].

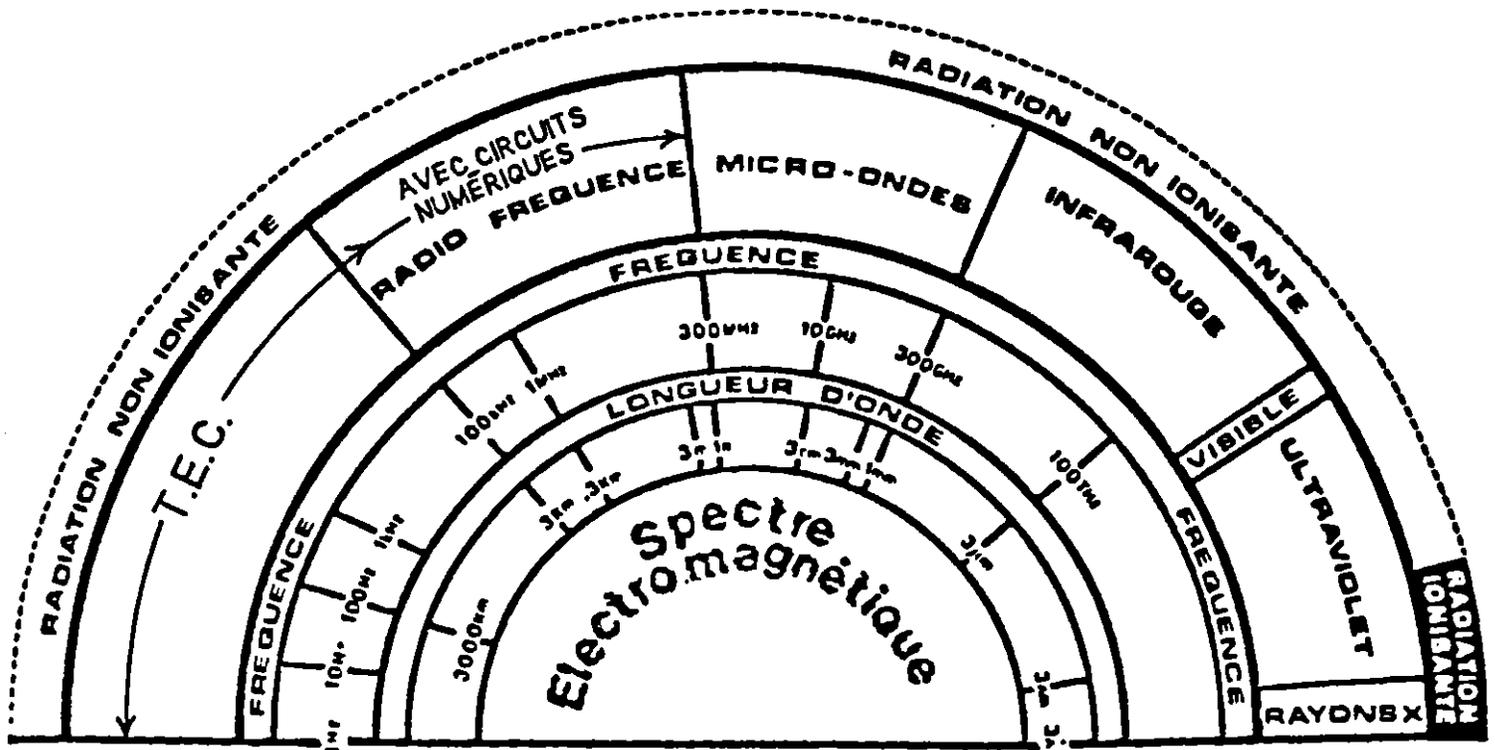


Figure 1 : Spectre électromagnétique

Les T.É.C. émettent dans la zone 30 Hz à 220 kHz et possiblement dans celle de 3 à 300 MHz pour ceux possédant des circuits numériques pilotés par une horloge

Source du graphique : Santé et Bien-Être Social du Canada [28]

Les renseignements additionnels sont de l'auteur.

Intensités crêtes du champ électrique autour d'un T.É.C. dont le transformateur haute tension est situé du côté arrière gauche. Le lobe serait dirigé vers la droite pour un T.É.C. dont le transformateur haute tension serait situé du côté arrière droit.

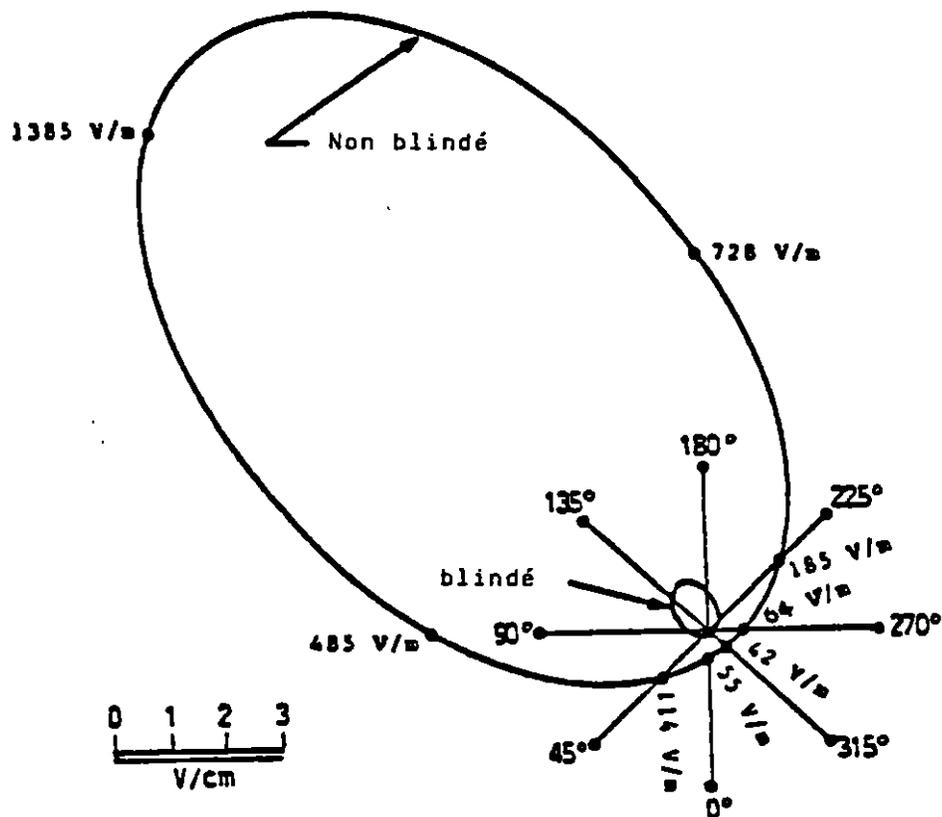


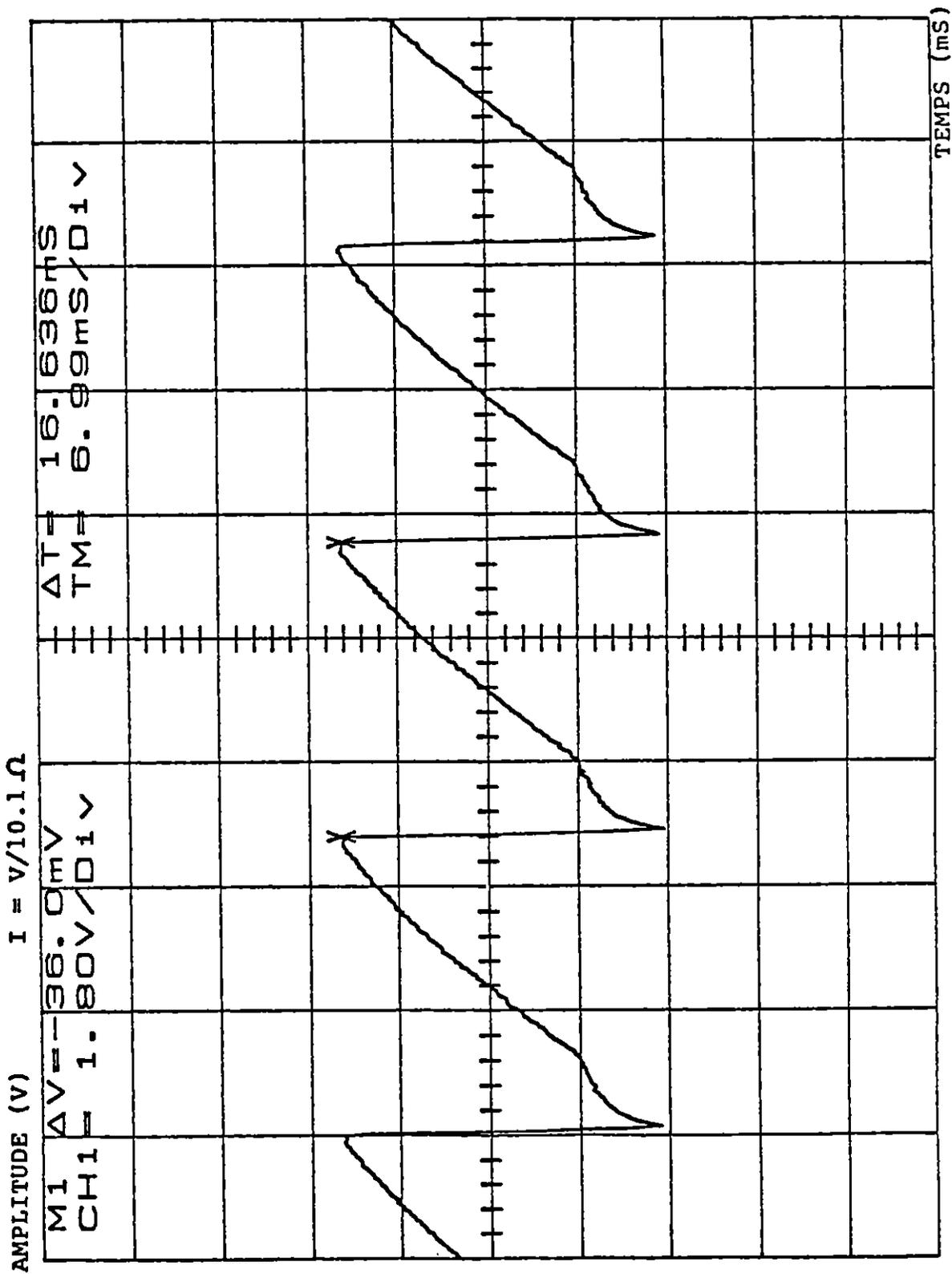
Figure 2 : Diagramme polaire des intensités crêtes du champ électrique pulsé dans un plan horizontal

Source : Harvey, SM. [11]

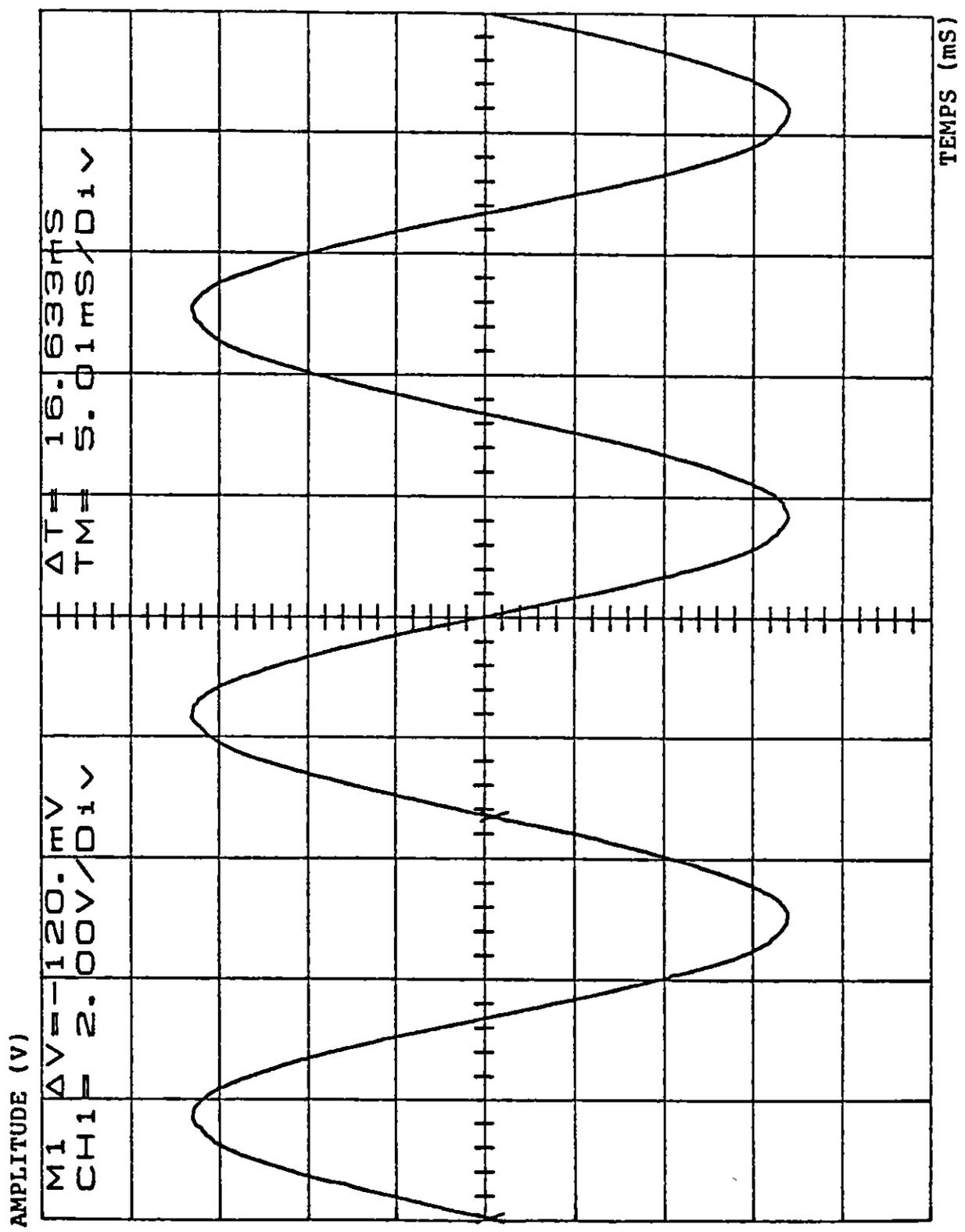
Figure 3a

FORME DU COURANT CIRCULANT DANS LA BOBINE DE DÉFLEXION VERTICALE D'UN T.É.C.

(Réf.: Perkin Elmer Mod. 550B N/S 515427)



**Figure 3b**  
FORME DU COURANT CIRCULANT DANS LE FILAMENT D'UNE LAMPE DE BUREAU  
(Réf: Ampoule de 60W alimentée à 115V 60 hz)  
 $I = V/10.1 \Omega$

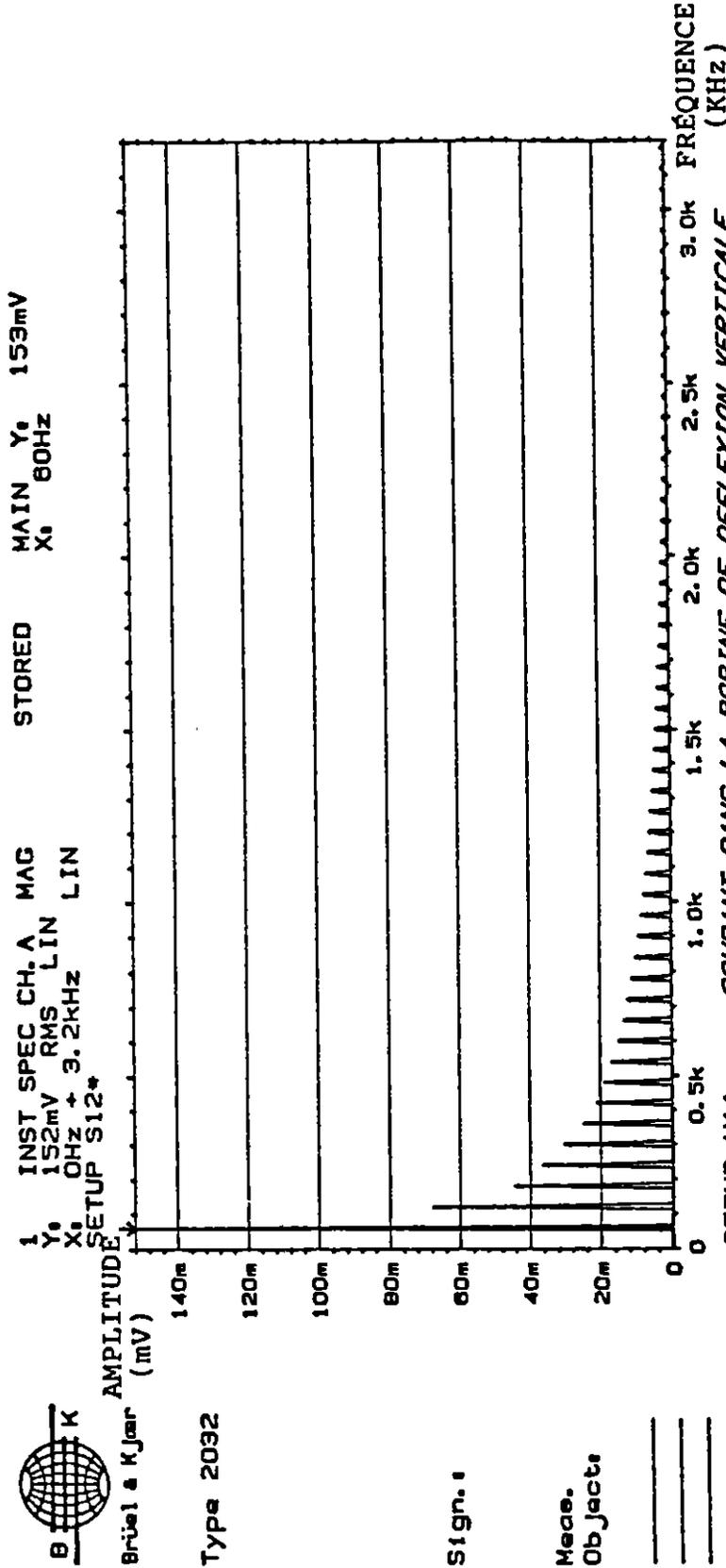


CONTENU HARMONIQUE DU COURANT CIRCULANT DANS LA BOBINE DE DÉFLEXION VERTICALE D'UN T.É.C.

Figure 4a

NOTE: MULTIPLIER TOUS LES VOLTAGES PAR 10

FONDAMENTALE



Briel & Kjaer

Type 2032

Sign. :

Meas. Ob ject:

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Comment:

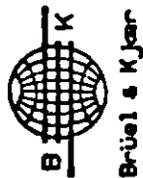
\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Figure 4b

CONTENU HARMONIQUE DU COURANT CIRCULANT DANS LE FILAMENT D'UNE LAMPE DE BUREAU

(Réf: Ampoule de 60W alimentée à 115V. 60 Hz)

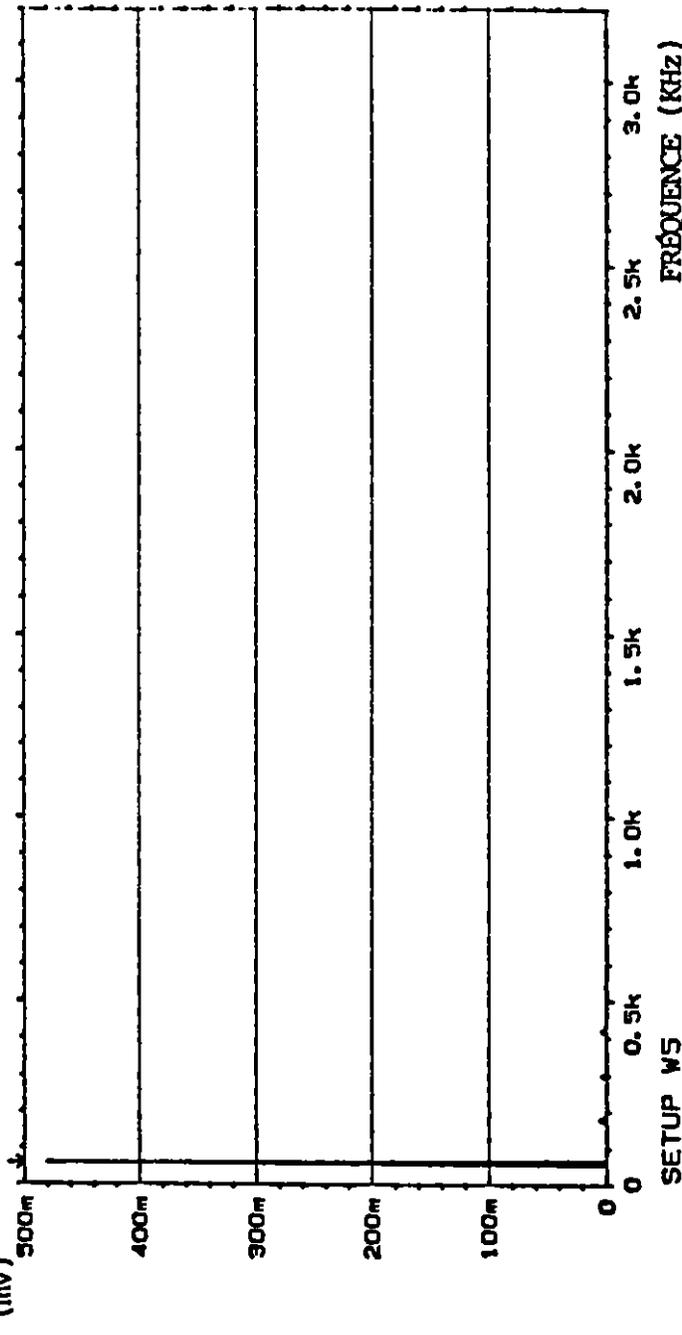
NOTE: MULTIPLIER TOUS LES VOLTAGES PAR 10  
 $I = V/10.1 \Omega$



Bruel & Kjaer

Type 2032

W5 INST SPEC CH. A MAG FONDAMENTALE MAIN Y<sub>0</sub> 481mV  
 Y<sub>0</sub> 500mV RMS LIN X<sub>0</sub> 60Hz  
 X<sub>0</sub> 0Hz + 3.2kHz LIN  
 AMPLITUDE SETUP W5\*



FRÉQUENCE (kHz)

SETUP W5

MEASUREMENT: CH. A SPECTRUM AVERAGING  
 TRIGGER: FREE RUN

AVERAGING: LIN 100 OVERLAP: MAX

FREQ SPAN: 3.2kHz ΔF: 4Hz T: 250ms ΔT: 122μs  
 CENTER FREQ: BASEBAND  
 WEIGHTING: HANNING

CH. A: 1V + DC-DIRECT FILTER: BOTH 1V/V  
 CH. B: 30mV + 3Hz DIR FILTER: 25.6kHz 1V/V  
 GENERATOR: DISABLED  
 PLOT: #0; DESTINATION: ..... PLOTTER

Sign.:

Meas. Object:

Comment:

### 3 - VALEURS DES CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES ET ÉLECTROSTATIQUES

L'utilisateur d'un T.É.C. ou d'un appareil domestique est situé dans une zone d'émissions appelée champ proche (Voir la section 4, page 25, pour plus d'explications). Or, en champ proche, l'intensité du champ électrique (E) est proportionnelle au voltage du circuit irradiant et l'intensité du champ magnétique (H) est proportionnelle au courant du circuit irradiant. Comme les voltages importants dans un T.É.C. varient entre 10 000 et 25 000 volts efficaces alors que le voltage d'alimentation d'un appareil domestique dépasse rarement 120 ou 240 volts efficaces, on peut en conclure qu'indépendamment des gammes de fréquences, l'intensité efficace globale du champ électrique à la surface d'un T.É.C. non blindé est environ quarante à deux cents fois plus élevée que celle d'un appareil domestique non blindé mesurée à sa surface.

Par contre, l'intensité efficace du champ électrique à 30 cm devant l'écran (position de l'opérateur) d'un T.É.C. non blindé est comparable en intensité seulement (non en fréquence, en nature pulsée ni en densité spectrale) à certains appareils domestiques mesurées à 30 cm [27]. Cela est dû au fait que le champ électrique n'est pas uniformément distribué autour d'un T.É.C. (Voir figure 2, page 15).

Les courants dans un T.É.C. peuvent excéder ou non les courants des appareils domestiques. On peut en conclure qu'indépendamment des gammes de fréquences, l'intensité des champs magnétiques à la surface d'un T.É.C. est supérieure ou inférieure à celle émise à la surface des appareils domestiques. Ces champs ne sont comparables qu'en intensité seulement, non en nature pulsée ou en densité spectrale. Généralement, les appareils domestiques n'engendrent pas de champs pulsés, à moins d'être munis d'un contrôle électronique de vitesse ou d'intensité.

Les champs électriques de fréquences très basses sont les plus intenses. Ils atteignent des valeurs crête à crête aussi hautes que 38 kV/m près du transformateur de haute tension, mais décroissent très rapidement, comme toutes les émissions d'un T.É.C., approximativement à l'inverse du cube de la distance [8] [9] (Voir aussi la figure 5, page 28).

Les plus hauts niveaux de courant induits<sup>1</sup> dans les tissus pour une exposition à un T.É.C. sont dus à une exposition à un champ électrique qui peut atteindre des valeurs crêtes de 10 à 100 kV/m pour un contact direct de la main avec la surface du T.É.C. [8] [9]

Par contre, pour un usage normal d'un T.É.C., les valeurs efficaces (r.m.s.) des champs électriques sont d'environ 50 V/m (200 V/m crête à crête) à la position de l'opérateur (25 à 30 cm de l'écran) pour certains vieux modèles de T.É.C. et au moins 10 fois plus bas pour les nouveaux modèles<sup>2</sup>. [8] [9]

---

<sup>1</sup> : Le corps humain étant relativement un bon conducteur, il doit donc s'y trouver des charges libres i.e. non retenues aux atomes. Or, comme le champ électrique exerce une force sur les charges, celles-ci se déplaceront donc tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre selon la polarité de ce champ. Ce déplacement de charges, par un champ extérieur aux corps, est appelé courant induit. Certains atomes ou molécules peuvent même s'ioniser sous l'action du champ électrique s'il est suffisamment intense et ainsi augmenter le courant induit.

<sup>2</sup> : L'auteur de l'article ne définit pas ce qu'il entend par vieux et nouveaux. Par contre, certains auteurs utilisent le terme vieux pour les T.É.C. fabriqués antérieurement à 1980, date d'entrée en vigueur des normes émises par le Fédéral Communication Commission (U.S.) sur les émissions radio des T.É.C. susceptibles de causer du brouillage.

Le champ magnétique de fréquence très basse possède une amplitude maximum d'environ 0,8 A/m efficace (2,9 A/m crête à crête) à 3,5 cm de l'écran et 0,14 A/m efficace (0,5 A/m crête à crête) à la position de l'opérateur (25 à 30 cm de l'écran) pour les vieux modèles et 0,3 A/m efficace et 0,04 A/m efficace pour les mêmes positions respectives pour les nouveaux modèles [8] [9].

La plus grande partie de l'énergie des champs magnétiques et électriques pulsés de fréquences basses et très basses est contenue dans la bande 15 à 200 kHz. Les valeurs crête à crête des champs sont de 3,5 à 4 fois plus élevées que les valeurs efficaces [8] [9].

Le champ magnétique pour les fréquences extrêmement basses (0 à 3 kHz) est généralement au-dessous de 0,22 A/m à la position de l'opérateur. [8] [9]

Les valeurs observées du champ électrostatique sont de l'ordre de + 150 Vcc/m à 30 cm de l'écran. [10] D'autres valeurs ont été mesurées et atteignent 7 kVcc/m à 30 cm de l'écran [16], 75 kVcc/m à 10 cm [17] et 45 kVcc/m à 5 cm. [18]

Les intensités de ces champs sont comparables aux champs naturels. Le champ électrostatique moyen juste au-dessus du niveau du sol lors d'une journée ensoleillée est d'environ 130 V/m, mais varie selon l'altitude, la température et l'humidité. Des champs beaucoup plus forts, jusqu'à 3 000 V/m, (distance non mentionnée) sont produits avant et durant les orages électriques. Qui plus est, les gens à l'intérieur des édifices à bureaux peuvent eux-mêmes être chargés à un haut potentiel. Selon leurs vêtements, le revêtement du sol et les conditions ambiantes, des valeurs de + 10 000 V/m (distance non mentionnée) autour de personnes chargées n'est pas rare. [10]

Il est donc important que la personne placée devant un écran cathodique blindé contre le champ électrostatique soit elle-même reliée à la terre. Ceci peut être fait en étant relié à un conducteur de mise à la terre afin de permettre aux surplus de charges accumulées sur la personne de s'écouler à la terre, de sorte qu'il n'existe aucun champ entre la personne et l'écran protecteur, également relié à la terre.

**4 - BLINDAGE DES T.É.C.** [35] [57] [80]

La distinction entre champ proche et champ éloigné, de même que l'identification du type de champs présent, sont importantes pour la réalisation de mesures fiables des émissions ainsi que pour la conception de blindage.

Une onde électromagnétique est formée d'un champ électrique d'intensité E et d'un champ magnétique d'intensité H mutuellement perpendiculaires. Ces champs ont tous deux une amplitude et une direction, et en un point donné du milieu de propagation, le rapport entre E et H nous donne l'impédance intrinsèque du champ de propagation.

Lorsque la dimension de la source émettrice (D) est beaucoup plus petite que sa longueur d'onde ( $\lambda$ ) émise ( $D \ll \lambda$ ), le champ proche est défini comme étant la région située en deça de  $1/2\pi$  de la longueur d'onde émise, c'est-à-dire  $\lambda/2\pi$  à partir de la source.

Voyons les dimensions des sources électromagnétiques dans un T.É.C.

1.- transformateur de haute tension :

D  $\approx$  5 cm et la fréquence la plus haute (10<sup>e</sup> harmonique) du courant qui y circule est d'environ 220 kHz, ce qui implique que la longueur d'onde dans l'air ( $\lambda$ ) est égale à la vitesse de la lumière dans l'air (c) divisée par la fréquence du courant qui cause l'émission (220 kHz).

$$\lambda = 3 \times 10^8 \text{ m/s} / 220 \times 10^3 \text{ Hz}$$

$$\lambda = 1,4 \text{ km}$$

On voit bien que D  $\approx$  5 cm  $\ll$  1,4 km.

## 2.- bobine de déflexion horizontale :

$D \approx 6$  cm et la fréquence du courant est d'environ 220 kHz, par conséquent,  $\lambda = 1,4$  km.

Encore une fois,  $D \approx 6$  cm  $\ll 1,4$  km.

## 3.- bobine de déflexion verticale :

$D \approx 6$  cm et la fréquence la plus élevée (10<sup>e</sup> harmonique) du courant qui y circule est de 600 Hz, ce qui implique que sa longueur d'onde est de :

$$\lambda = 3 \times 10^8 \text{ m/s} / 600 \text{ Hz}$$

$$\lambda = 500 \text{ km,}$$

d'où  $D \approx 6$  cm  $\ll 500$  km.

Toutes les dimensions des sources sont de beaucoup inférieures aux longueurs d'onde émises par celles-ci. Nous pouvons maintenant établir la zone de champ proche des émissions d'un T.É.C.

Pour les T.É.C., la plus haute fréquence d'énergie significative est de 220 kHz. La longueur d'onde correspondante dans l'air est de 1,4 km.

$$D'où \lambda/2\pi = 1,4 \text{ km}/6,3$$

$$= 223 \text{ m} \quad \text{distance de l'étendue du champ proche d'un T.É.C.}$$

Or, l'opératrice est située à 30 cm du T.É.C. ce qui la place visiblement dans la zone du champ proche. Dans cette région, les ondes émises par le T.É.C. auront une composante électrique ou magnétique prédominante (le rapport E/H qui est l'impédance du champ n'est pas 377<sup>1</sup> ohms), on parle alors de champ électrique ou magnétique.

---

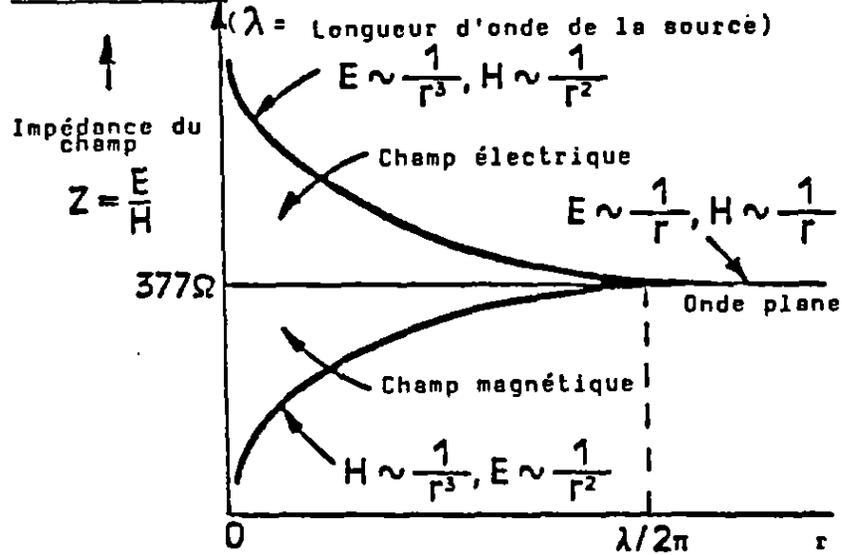
<sup>1</sup>: En champ éloigné, le rapport E/H s'approche de 377 ohms, c'est-à-dire de l'impédance intrinsèque de l'air libre (d'obstacles) ou de l'espace.

Par ailleurs le champ éloigné est la région au delà de  $1/2\pi$  de la longueur d'onde émise. (Voir la figure 5, page 28).

En champ proche, l'intensité du champ électrique (E) est proportionnelle au voltage du circuit irradiant (c'est-à-dire la source émettrice), (Voir la figure 6a, page 29). L'intensité du champ magnétique (H) est proportionnelle au courant du circuit irradiant et l'impédance du champ (E/H) est proportionnelle à l'impédance du circuit irradiant.

La distinction entre champ proche et champ éloigné est importante pour les mesures d'émissions et la conception de blindages.

Pour  $D \ll \lambda$  ( $D =$  Dimension de la source radiante)



r : Distance de la source

Champ proche :

$$\text{Distance} < \frac{\lambda}{2\pi}$$

$$E \propto V, H \propto I, E/H \propto Z$$

Champ éloigné

$$\text{Distance} > \frac{\lambda}{2\pi}$$

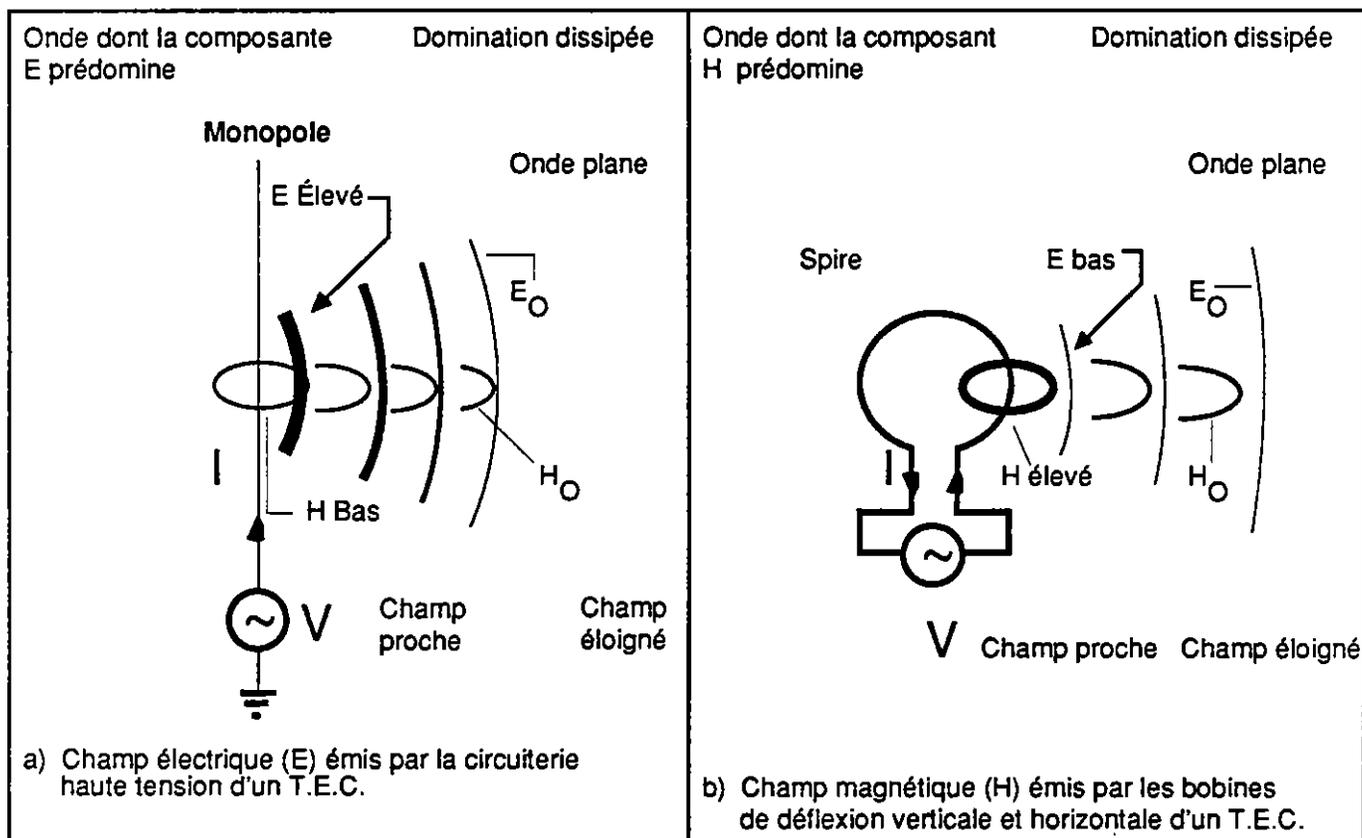
$$\frac{E}{H} = 377\Omega$$

Pour  $D \geq \frac{\lambda}{2}, r = \frac{D^2}{2\lambda}$

est la distance où il y a transition entre champ proche et champ éloigné

Figure 5 : Champ proche et champ éloigné

Source : [35]



**Figure 6a et 6b : Illustration conceptuelle de l'intensité des champs versus le type de source et la distance.**

Source : [80]

Traduction et notes additionnelles de l'auteur.

Si le circuit irradiant a une impédance moins élevée que 377 ohms, nous observons en champ proche, la présence d'une onde électromagnétique dont la composante magnétique prédomine sur la composante électrique: on parle alors de champ magnétique.

Si le circuit irradiant a une impédance plus élevée que 377 ohms, alors l'inverse se produit et l'on parle de champ électrique en champ proche (voir la figure 5, page 28).

Puisque nous sommes en présence de champs électrique et magnétique et non d'une onde électromagnétique dont aucune composante ne prédomine (c'est ce que l'on nomme onde plane (Plane wave)), nous choisirons le type d'antenne approprié à la mesure des émissions afin d'éviter des erreurs de mesures importantes.

Le choix des matériaux de blindage dépendra largement du type de champ présent et des fréquences d'émissions. Les expériences biologiques en cours qui permettent de vérifier les hypothèses des effets des ondes électromagnétiques sur les tissus humains, dépendent entre autres largement, du type d'ondes ou de champs émis.

L'efficacité du blindage (Shielding Effectiveness SE) est une mesure de la capacité d'un matériau à contrôler le passage de l'énergie électromagnétique irradiée. Un champ irradié sera réfléchi et atténué lorsqu'il frappe du métal (Voir la figure 7, page 32). Cet effet est analogue à la propagation de la lumière lorsqu'elle passe du milieu de l'air à l'eau. La relation mathématique est décrite par l'équation suivante :

$$SE = R + A + C \text{ si } A < 10 \text{ dB}$$

$$SE = R + A \quad \text{si } A > 10 \text{ dB}$$

où SE : efficacité totale du blindage (dB)

$R = R_1 + R_2$  : coefficient de perte d'énergie irradiée par réflexion aux frontière airs - métal ( $R_1$ ) et métal-air ( $R_2$ ) (dB)

A : coefficient de perte d'énergie par absorption (dB) à l'intérieur du métal

C : coefficient de perte ou gain d'énergie dû aux constructions destructives ou positives des ondes transmises après avoir subies une double réflexion interne au métal. Le facteur C est négligé si A excède 10 dB.

L'efficacité du blindage (Shielding Effectiveness SE) est définie en pratique par la relation suivante :

$$SE_{dB} = 20 \log_{10} \frac{E_b}{E_a} \quad \text{pour les champs électriques}$$

$$SE_{dB} = 20 \log_{10} \frac{H_b}{H_a} \quad \text{pour les champs magnétiques}$$

où

$E_b$  et  $H_b$  sont les intensités des champs avant blindage

$E_a$  et  $H_a$  sont les intensités des champs après blindage

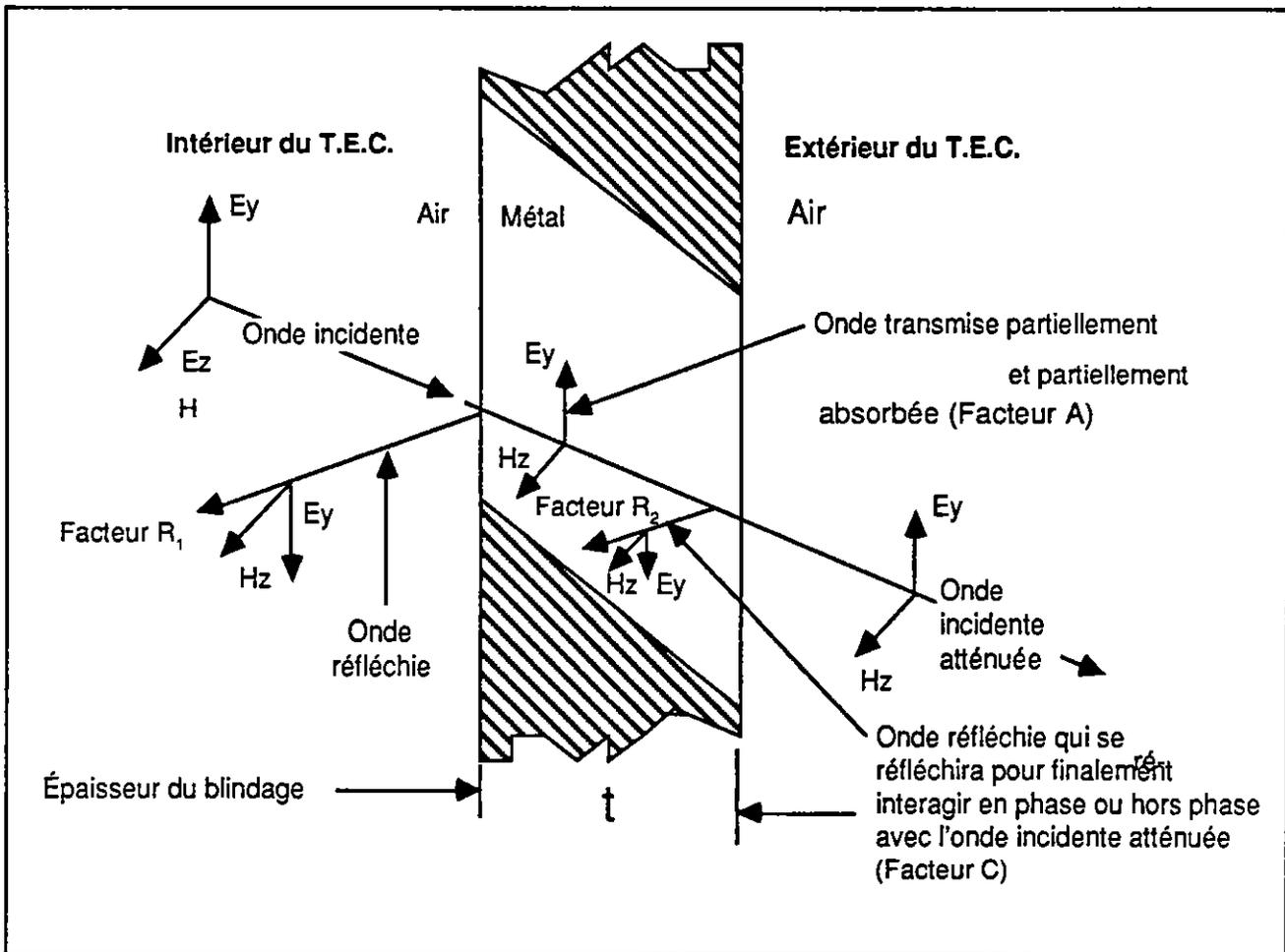


Figure 7 : Représentation du phénomène de blindage - Source [80]

Traduction et notes additionnelles de l'auteur.

Blindage des ondes de basse impédance ( $< 377 \Omega$ ) ou champ magnétique

Un blindage offrant des pertes par réflexion est possible mais n'est pas aussi efficace qu'un blindage par absorption. Les pertes par réflexion dépendent de la fréquence du signal, de la perméabilité et de la conductivité du matériau et finalement de la distance séparant le matériau de la source plutôt que de son épaisseur. (Voir tableau 1, page 34 et la figure 8, page 35).

Puisque les pertes par réflexion pour les champs magnétiques sont faibles pour la plupart des matériaux, un blindage magnétique dépend principalement des pertes par absorption (Voir les tableaux 2 et 3, pages 36 et 37 et figure 9, page 38). Elles sont dues à la réduction (transformation en chaleur) du signal au fur et à mesure qu'il traverse le corps du blindage. Les pertes par absorption dépendent de la fréquence de l'onde, de l'épaisseur, de la perméabilité et de la conductivité du matériau; elles sont essentiellement indépendantes de l'impédance de l'onde et par conséquent de la distance séparant le blindage de la source.

Puisque la perméabilité d'un matériau varie avec la fréquence, on prendra soin de s'assurer que la valeur de la perméabilité utilisée pour les calculs d'atténuation soit celle stipulée à la fréquence du signal à blinder.

TABLEAU 1

Valeurs calculées des pertes par réflexion ( $R_1$  et  $R_2$ ) en dB pour des feuilles métalliques

Fréquence	Pertes par réflexion*													
	Fer ( $g_1 = 0.17$ )				Culvre ( $\mu_r = 1, g_r = 1$ )				Aluminium ( $\mu_r = 1, g_r = 0.61$ )					
	Champ magnétique $r = 30.5$ cm	Champ électrique $r = 30.5$ cm	Onde plane Champ	241	113	22	279	150	22	279	150	22	279	150
60.0 Hz	1000	-0.9**	241	113	22	279	150	-	-	-	-	-	-	-
1.0 kHz	1000	0.9	204	101	34	242	138	-	-	-	-	-	-	-
10.0 kHz	1000	8.0	174	91	44	212	128	-	-	-	-	-	-	-
150.0 kHz	1000	10.0	139	79	56	177	117	54	177	117	54	177	117	175
1.0 MHz	700	28.0	116	72	64	152	108	62	152	108	62	152	108	150
15.0 MHz	400	42.0	83	63	76	117	96	74	117	96	74	117	96	115
100.0 MHz	100	57.0	64	61	84	92	88	82	92	88	82	92	88	90
1.5 GHz	10	59.0+	59+	59	76+	76+	76	-	76+	76	-	76+	76	-
10.0 GHz	1	61.0+	61+	61	69+	68+	68	-	68+	68	-	68+	68	-

\* Si les pertes par absorption  $< 15$  dB, utiliser le facteur de correction C

\*\* Les pertes par réflexion pour le fer sont de zéro à 620 Hz, elles ont une valeur négative à 60 Hz, zéro à 31,5 Hz et deviennent positives aux plus basses fréquences

+ À ces fréquences et distances, le champ devient une onde plane

Source: [81]

Traduction de l'auteur

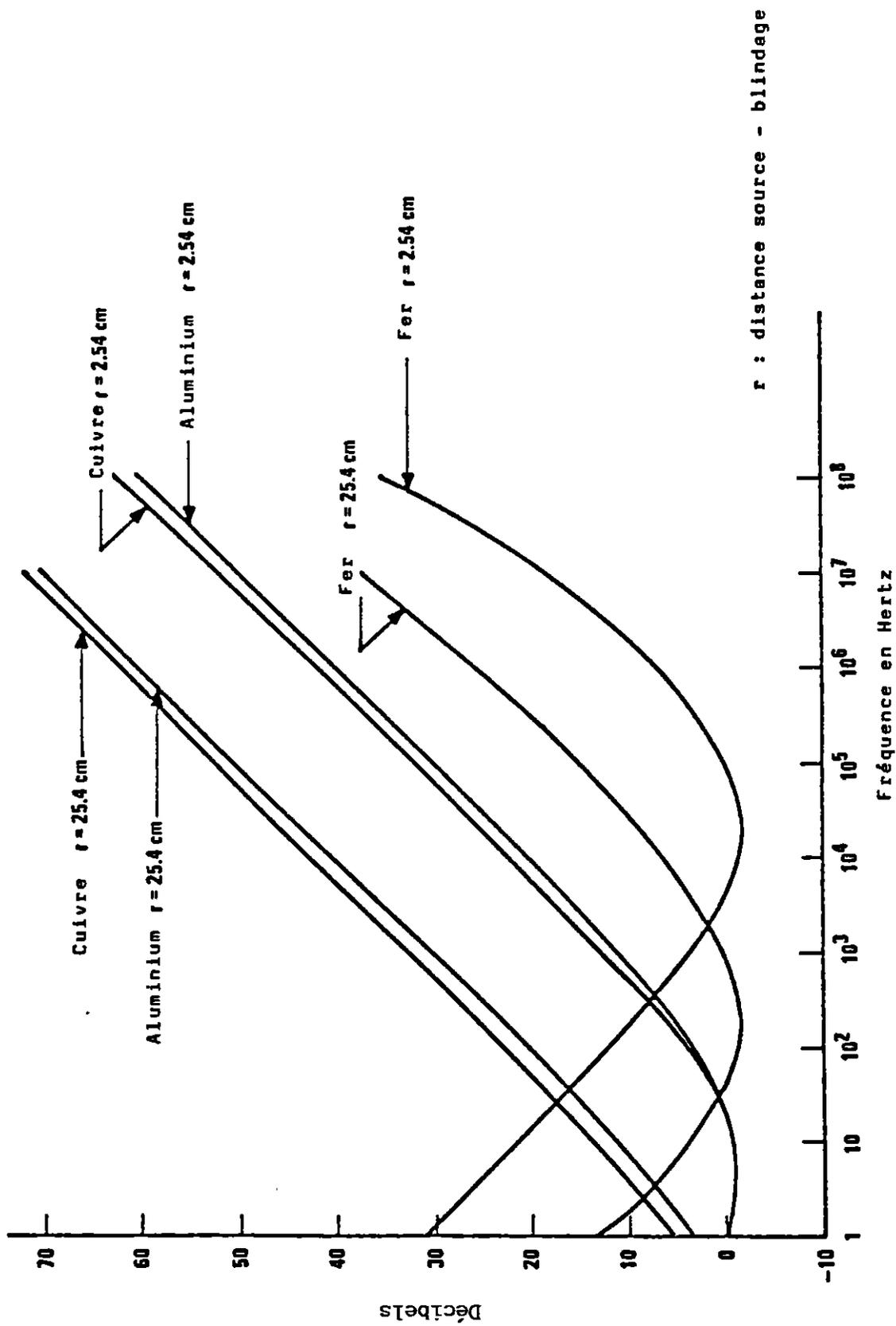


Figure 8 : Pertes par réflexion pour le fer, le cuivre et l'aluminium avec une source de basse impédance (Champ magnétique)

Source: [81]

Traduction de l'auteur

TABLEAU 2: Propriétés électriques de matériaux de blindage à 150 kHz

Métal	Conductivité relative $\epsilon_r$	Perméabilité relative $\mu_r$	Perte par absorption (dB)	
			ÉPAISSEUR	
			1 mm	1 mil
Argent	1.05	1	51.96	1.32
Cuivre avec recuit	1.00	1	50.91	1.29
Cuivre extrudé	0.97	1	49.61	1.26
Or	0.70	1	42.52	1.08
Aluminium	0.61	1	39.76	1.01
Magnésium	0.38	1	31.10	.79
Zinc	0.29	1	27.56	.70
Laiton	0.26	1	25.98	.66
Cadmium	0.23	1	24.41	.62
Nickel	0.20	1	22.83	.58
Phosphore-bronze	0.18	1	21.65	.55
Fer	0.17	1,000	665.40	16.90
Étain	0.15	1	19.69	.50
Acier	0.10	1,000	509.10	12.90
Béryllium	0.10	1	16.14	.41
Plomb	0.08	1	14.17	.36
Hypernick	0.06	80,000	3484.00*	88.50*
Monel	0.04	1	10.24	.26
Mu-métal	0.03	80,000	2488.00*	63.20*
Permalloy	0.03	80,000	2488.00*	63.20*
Acier inoxydable	0.02	1,000	224.40	5.70

\* Sans saturation du champ incident

Source: [81]

Traduction de l'auteur

**TABEAU 3:** Pertes par absorption (A), pour des feuilles de métal d'une épaisseur de 1 millimètre

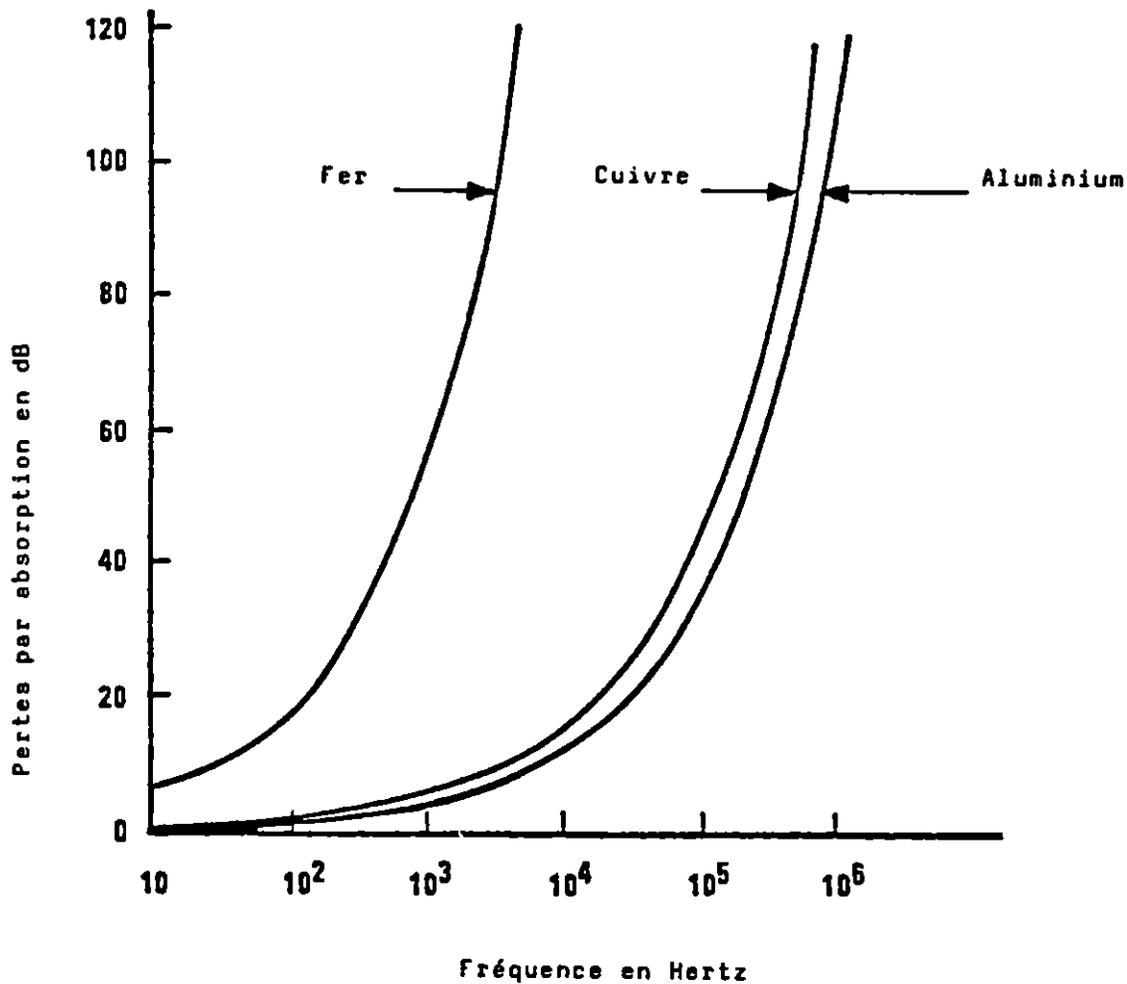
Fréquence	Fer		Cuivre		Aluminium	
	$u_r$	A	$u_r$	A	$u_r$	A
		(dB)		(dB)		(dB)
60.0 Hz	1,000	13	1	1	1	0.8
1.0 kHz	1,000	54	1	4	1	3.0
10.0 kHz	1,000	171	1	13	1	10.0
150.0 kHz	1,000	663	1	56	1	40.0
1.0 MHz	700	1,430	1	131	1	103.0
3.0 MHz	600	2,300	1	228	1	178.0
10.0 MHz	500	3,830	1	416	1	325.0
15.0 MHz	400	4,200	1	509	1	397.0
100.0 MHz	100	5,420	1	1,310	1	1,030.0
1.0 GHz	50	12,110	1	4,160	1	3,250.0
1.5 GHz	10	6,640		5,090	1	3,970.0
10.0 GHz	1	5,420	1	13,140	1	10,300.0

Conductivité relative,  $g_r$  : Fer - 0,17, Cuivre - 1,0, Aluminium - 0,61

Source: [81]

Traduction de l'auteur

Figure 9 : Pertes par absorption pour des blindages d'une épaisseur de 1 millimètre



Source: [81]

Traduction de l'auteur

Les matériaux magnétiques (c'est-à-dire ceux qui exhibent une perméabilité relative  $> 1$ ) tel que le mu-métal (alliage de 20% fer et 80% nickel) et le fer, absorbent relativement bien l'énergie aux basses fréquences ( $< 100$  kHz) comparativement aux matériaux non-magnétiques (Voir tableau 3, page 37). Par contre, le champ magnétique aux très basses fréquences ( $< 30$  kHz) pénètre assez facilement le métal; il arrive fréquemment que l'on doive installer plus d'une couche de matériaux magnétiques. Comme leur perméabilité varie avec la densité de flux magnétique, on évitera que les matériaux ne puissent être saturés par un champ trop intense car leur perméabilité chuterait rapidement.

Il est donc important, dans un système de blindage à multicouches, de placer d'abord un métal d'une perméabilité moins élevée mais d'une haute résistance à la saturation du côté de la source, suivi d'un métal plus perméable mais moins résistant à la saturation à l'extérieur, afin d'optimiser les propriétés magnétiques des matériaux. Les couches devront être séparées l'une de l'autre par un diélectrique, tel qu'un papier kraft auto-collant d'une épaisseur d'environ  $250 \mu\text{m}$ , afin d'assurer un maximum de perméabilité à l'ensemble du système de blindage.

Pour qu'un blindage magnétique soit le plus efficace possible, sa forme doit se rapprocher le plus d'une sphère ayant le moins d'ouverture possible avec des arrêtes dont le rayon de courbure est le plus grand possible. Le champ magnétique est alors enfermé dans une bouteille qui l'oblige à suivre un chemin à faible reluctance, bouclé sur lui-même, duquel il ne peut échapper.

Lorsque l'on coupe, plie, soude ou frappe des matériaux magnétiques, leurs domaines magnétiques voient leur orientation changer, ce qui diminue énormément leur perméabilité. Il est donc recommandé de traiter thermiquement la structure de blindage à une température de  $1120^\circ\text{C}$  pendant 2 heures, dans un environnement

d'hydrogène pur, afin de réorienter les domaines magnétiques pour faire réapparaître la perméabilité souhaitée. Avant ce traitement final, la perméabilité d'un blindage travaillé n'est que d'environ 5% de sa valeur maximale possible par le recuit.

De plus, les joints devront comporter un chevauchement de 10 mm afin de prévenir les fuites du champ magnétique. La soudure aux électrodes de tungstène avec gaz inerte (Tig) scelle de façon idéale les joints. La soudure par résistance électrique est moins dispendieuse et satisfaisante pour sceller les joints. Une attention particulière doit être portée à l'orientation des joints par rapport à l'orientation du champ magnétique : on évitera autant que possible les joints perpendiculaires au sens de rotation du champ magnétique afin de minimiser la reluctance du parcours magnétique.

#### Blindage des ondes de haute impédance ( $> 377 \Omega$ ) ou champ électrique

Puisque l'impédance d'un champ électrique est élevée (voir figure 5, page 28) et que celle de certains métaux est basse, on aura avantage à choisir un blindage par réflexion, car ses pertes dépendent du rapport entre l'impédance intrinsèque du champ et celle du blindage.

Plus la différence d'impédance sera grande, plus la réflexion de l'onde sera élevée et plus l'atténuation sera forte. Le phénomène est analogue à celui du couplage des lignes de transmission dans le domaine des communications.

Comme l'impédance d'un métal est définie par la relation :

$$Z_m = (j\omega\mu/G)^{\frac{1}{2}}$$

où  $\omega = 2\pi f$ .

f : fréquence en Hertz

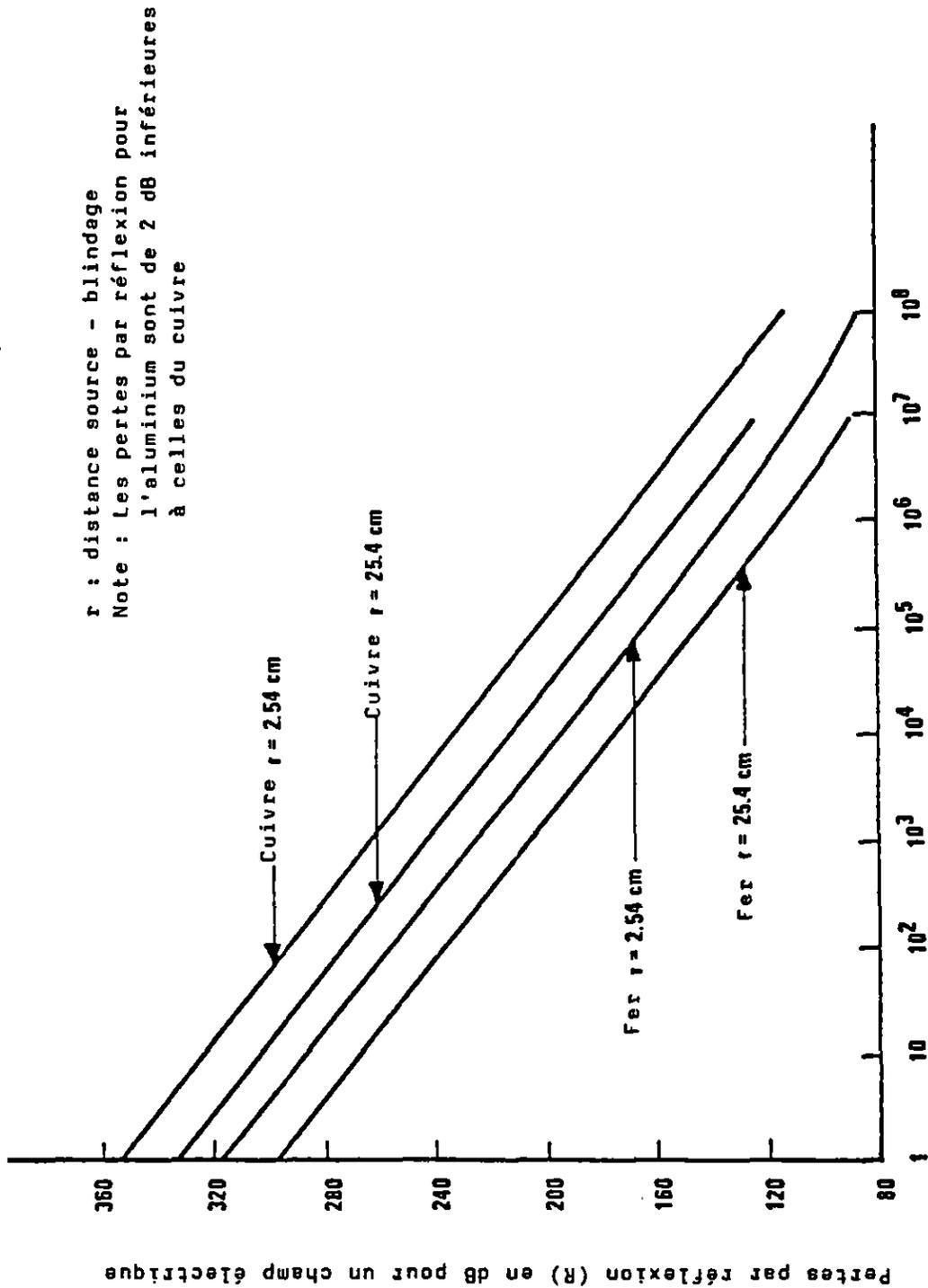
$\mu$  : perméabilité

G : conductivité

et que l'on recherche un métal ayant une impédance la plus faible possible, on devra choisir un métal à faible perméabilité et à haute conductivité. (Voir tableaux 2 et 3, pages 36-37 et figure 10, page 42).

Des matériaux tels que le cuivre et l'aluminium possèdent non seulement ces propriétés mais sont également peu coûteux. Ils ont également l'avantage de ne pas voir leur propriétés électriques changer beaucoup lorsqu'on les travaille, contrairement aux matériaux magnétiques.

Figure 10 : Pertes par réflexion pour le fer, le cuivre et l'aluminium avec une source de haute impédance (Champ électrique)



Fréquence en Hertz

Source: [81]

Traduction de l'auteur.

Origine et blindage du champ électrostatique

Ce champ est produit par la grande densité des charges positives appliquées sur la surface plane et conique intérieure du tube. Il est positif, donc dirigé hors de l'écran et modulé par le flux d'électrons en provenance de la cathode du tube. Ce flux d'électrons bombarde le phosphore à la surface interne de l'écran selon une programmation établie qui se traduit par l'apparition de caractères à l'écran.

L'ensemble des électrons qui frappe la surface de l'écran, donne naissance à un champ négatif, donc dirigé vers l'écran et beaucoup plus faible que le champ positif. Ce champ négatif est fonction du réglage de l'intensité, du nombre de caractères à l'écran, de la vitesse de balayage, etc. Il en résulte un champ net positif qui voit son intensité fluctuer légèrement (modulation) selon le champ négatif des électrons qui peignent les caractères, les poussières polarisées qui se déposent sur l'écran, l'humidité de la pièce, les courants d'ions aéroportés, etc.

Lorsqu'un filtre contre les champs électriques ou magnétiques est installé devant l'écran cathodique, le champ électrostatique est également éliminé si ce filtre est relié à une mise à la terre efficace.

Le filtre se trouve ainsi à prendre le potentiel de la terre. Il est donc important que l'opérateur(trice) soit lui (elle)-même relié(e) à la terre afin qu'il n'existe aucune différence de potentiel entre le filtre et l'opérateur(trice).

Pour la réalisation d'un système de blindage, il est nécessaire de déterminer les valeurs ci-dessous :

- 1.- Fréquence de la source radiante ( $f$ ).
- 2.- Conductivité relative du métal employé pour le blindage ( $g$  ou  $G$ ).
- 3.- Perméabilité relative du métal ( $\mu$ ).
- 4.- Épaisseur du métal ( $t$  ou  $l$ ).
- 5.- Distance séparant la source radiante à la paroi du blindage ( $r$ ).
- 6.- Profondeur de l'épiderme (skin depth) du métal ( $\delta$ ).
- 7.- Le type de champ émis par la source : champ électrique ( $E$ ), magnétique ( $H$ ) ou onde plane.

Une fois ces valeurs connues, elles permettront de résoudre les équations du tableau 4, à la page 45, pour nous donner une valeur d'atténuation qui tiendra compte de l'absorption ( $A$ ), de la réflexion ( $R$ ) et du facteur  $C$  (voir tableau 5, page 46 pour des valeurs de  $C$ ) du champ lorsqu'il frappera la surface et traversera le corps du blindage.

Tableau 4 : Formules pour calculer l'efficacité de blindage (SE) dB

SE = A + R + C      r = distance source - blindage  
 μ<sub>r</sub> = perméabilité relative au cuivre  
 σ<sub>r</sub> = conductivité relative au cuivre  
 f = fréquence en Hertz

Source	Atténuation, A	Pertes par réflexion, R	Facteur de correction, C*
$r \geq \frac{\lambda}{4}$ or r ≥ 2λ (dipôle)	$131.41 \sqrt{f \mu_r \sigma_r}$	$168 + 20 \log \sqrt{\frac{\mu_r}{f \mu_r}}$	$r = 4 \frac{(1 - m^2)^2 - 2m^2 - 12\sqrt{2}m(1 - m^2)}{[(1 + \sqrt{2}m)^2 + 1]^2}$ $m = 9.77 \times 10^{-10} \sqrt{\frac{f \mu_r}{\sigma_r}}$
	$131.41 \sqrt{f \mu_r \sigma_r}$	$-9 + 20 \log \frac{3.32 \times 10^{-2}}{r} \sqrt{\frac{\mu_r}{f \sigma_r}} + 1 + 15.1r \sqrt{\frac{f \sigma_r}{\mu_r}}$	$r = 4 \frac{(1 - m^2)^2 - 2m^2 + 12\sqrt{2}m(1 - m^2)}{[(1 + \sqrt{2}m)^2 + 1]^2}$ $m = \frac{4.7 \times 10^{-2}}{r} \sqrt{\frac{\mu_r}{f \sigma_r}}$
	$131.41 \sqrt{f \mu_r \sigma_r}$	$322 + 106 \frac{1}{r} \sqrt{\frac{\sigma_r}{\mu_r f}}$	$r = 4 \frac{(1 - m^2)^2 - 2m^2 - m^2\sqrt{2}m(1 - m^2)}{[(1 + \sqrt{2}m)^2 + 1]^2}$ $m = 0.205 \times 10^{-16} \sqrt{\frac{\mu_r f^3}{\sigma_r}}$

\*C = 20 log [1 - 10<sup>-A/10</sup> (cos 0.27A -) sin 0.27A]

Source: [81]

Traduction de l'auteur

MIL-HDBK-419

21 January 1982

TABLEAU 5: Facteur de correction C en dB pour une seule feuille de métal

Épaisseur (mils)	Fréquence					
	60 Hz	100 Hz	1 kHz	10 kHz	100 kHz	1 MHz
Cuivre, $u_r = 1, g_r = 1$ , champ proche d'une spire						
1	-22.2	-24.00	-28.00	-20.0	-10.0	-3.0
5	-21.7	-22.00	-16.00	- 7.0	- 0.6	+0.1
10	-19.2	-19.00	-10.00	- 3.0	+ 0.6	0.0
20	-15.6	-14.00	- 5.00	+ 0.1	+	0.1
30	-13.0	-11.00	- 3.00	+ 0.6	0.0	
50	- 9.0	- 7.00	- 0.60	0.0		
100	- 4.0	- 3.00	+ 0.50			
200	- 0.8	+ 0.50	0.00			
300	+ 0.3	+ 0.50				

Cuivre,  $u_r = 1, g_r = 1$ , ondes planes et champ proche d'un dipôle électrique

1	-42.0	-40.00	-30.00	-20.0	-10.0	-3.0
5	-28.0	-25.00	-16.00	- 7.0	- 0.6	+0.1
10	-22.0	-20.00	-10.00	- 3.0	+ 0.6	0.0
20	-16.0	-14.00	- 5.00	+ 0.1	+ 0.1	
30	-13.0	-11.00	- 3.00	+ 0.6	0.0	
50	- 9.0	- 7.00	- 0.60	+ 0.1		
100	- 4.0	- 3.00	+ 0.50	0.0		
200	- 0.6	+ 0.10	0.00			
300	+ 0.1	+ 0.60				

Fer,  $u_r = 1000, g_r = 0.17$ , champ proche d'une spire

1	1.0	1.00	- 1.60	- 1.8
5	0.9	0.90	- 0.60	0.0
10	0.8	0.50	+ 0.06	
20	0.4	0.08	0.00	

Source: [81]

Traduction de l'auteur

## Équation d'atténuation pour treillis métalliques

- valable pour le champ électrique seulement :

$$\begin{aligned} SE \text{ dB} &\approx 20 \log_{10} (5906/hf) \\ &\approx 0 \text{ pour } h \geq \lambda/2 \end{aligned}$$

où h : espacement en pouce entre 2 fils du treillis;  
f : fréquence en MHz de la source radiante;  
 $\lambda$  : longueur d'onde de la source radiante.

- valeur maximum de 107 dB pour le grillage de cuivre et d'aluminium;
- valeur maximum de 140 dB pour l'acier galvanisé.

Il est donc possible de calculer l'atténuation théorique qu'un matériau peut nous donner, mais cette valeur ne vaut que pour une situation idéale. Des écarts plus ou moins importants apparaîtront entre les valeurs du tableau 6, page 48 et les valeurs pratiques obtenues en laboratoire tableau 7, page 51, pour une multitude de raisons dont : les fuites, les arrêtes prononcées, les régions de métal non homogènes, les ouvertures pour la ventilation, les câbles d'alimentation, les câbles de communications, les variations de l'épaisseur du métal, le pliage, les soudures, la résonance, les impuretés dans le métal, la variation de la perméabilité du métal avec la fréquence, etc.

Ces calculs ne sont utiles que pour nous donner un ordre de grandeur, et aussi, pour permettre un choix de matériaux (Voir les annexes 5 et 6, pages A5 et A6.

Tableau 6 : Valeurs calculées de l'efficacité de blindage

Épaisseur (mils)	Fréquence (Hz)	Source *	Cuirve			SE = A + R + C (dB)
			R (dB)	A (dB)	C (dB)	
1	60	L	-0.9	0.33	+0.95	0.38
10	60	L	-0.9	3.30	+0.78	3.22
300	60	L	-0.9	100.00	0.00	99.10
10	1 k	L	0.9	13.70	+0.06	14.66
10	10 k	L	8.0	43.50	0.00	51.50
10	10 k	D	174.0	43.50	0.00	217.50
10	10 k	P	99.5	43.50	0.00	134.00
30	10 k	L	8.0	130.50	0.00	138.50
10	150 k	L	19.0	160.00	0.00	138.00
10	150 k	D	139.0	169.00	0.00	308.00
10	150 k	P	79.0	169.00	0.00	248.00
10	1 M	L	28.0	363.00	0.00	391.00
10	1 M	D	116.00	363.00	0.00	479.00
10	1 M	P	72.0	363.00	0.00	435.00
10	15 M	L	42.0	1060.00	0.00	1102.00
10	15 M	D	83.0	1060.00	0.00	1143.00
10	15 M	P	63.0	1060.00	0.00	1123.00
10	100 M	L	56.0	1370.00	0.00	1425.00
10	100 M	D	64.0	1370.00	0.00	1434.00
10	100 M	P	60.0	1370.00	0.00	1430.00

Source: [81]

Traduction de l'auteur

Tableau 6 (suite) : Valeurs calculées de l'efficacité de blindage

Épaisseur (mils)	Fréquence (Hz)	Source *	R		A (dB)	C (dB)	SE = A + R + C (dB)
			(dB)	F & R			
1	60	L	22.4		0.026	-22.20	0.23
10	60	L	22.4		0.260	-19.20	3.46
300	60	L	22.0		7.800	+0.32	30.52
10	1 k	L	34.2		1.060	-10.37	24.89
10	10 k	L	44.2		3.340	+2.62	44.92
10	10 k	D	212.0		3.340	-2.61	212.73
10	10 k	P	128.0		3.340	-2.61	128.73
30	10 k	L	44.2		10.020	+0.58	54.80
10	150 k	L	56.0		12.900	0.50	69.40
10	150 k	D	176.8		12.900	0.50	190.20
10	150 k	P	117.0		12.900	0.50	130.40
10	1 M	L	64.2		33.400	0.00	97.60
10	1 M	D	152.0		33.400	0.00	185.40
10	1 M	P	108.0		33.400	0.00	141.60
10	15 M	L	76.0		129.00	0.00	205.00
10	15 M	D	116.0		129.00	0.00	245.00
10	15 M	P	96.0		129.00	0.00	225.00
10	100 M	L	84.0		334.00	0.00	418.00
10	100 M	D	92.0		334.00	0.00	426.00
10	100 M	P	88.0		334.00	0.00	422.00

Source: [81]  
Traduction de l'auteur

Tableau 6 (suite) : Valeurs calculées de l'efficacité de blindage

Épaisseur (mils)	Fréquence (Hz)	Source *	R (dB)	A (dB)	C (dB)	SE = A + R + C (dB)
			<u>Aluminium</u>			
10	1 M	L	62.0	26.0	0.00	88.0
10	1 M	D	150.0	26.0	0.00	176.0
10	1 M	P	-	-	-	-
10	15 M	L	79.0	100.0	0.00	174.0
10	15 M	D	115.0	100.0	0.00	215.0
10	15 M	P	-	-	-	-
10	100 M	L	82.0	260.0	0.00	342.0
10	100 M	D	90.0	260.0	0.00	350.0
10	100 M	P	-	-	-	-

\* L : champ proche d'une spire ou dipole magnétique, r : 30 cm du blindage

D : champ proche d'un dipole électrique, r : 30 cm du blindage

P : onde plane

Source: [81]  
Traduction de l'auteur

Tableau 7 : Efficacité de blindage mesurée en dB pour des feuilles de matériaux non-perforées

Type d'onde	Matériau	Epaisseur (mils)	Efficacité nominale									
			0.1 kHz	1 kHz	10 kHz	85 kHz	200 kHz	2 MHz	5 MHz	10 MHz		
Plane	Cu	2.5					109	106	114			
Plane	Al	5.0					107	109	113			
Plane		18.0					97	95	99			
Plane	( $\mu_r = 250$ )	4.5					105	99	101			
Plane	AA-Conetic	3.5					97	130				
	( $\mu_r = 10,000$ )											
Basse impédance	Cu	125.0	8	22	58	97						
		63.0	4	11	29	59	120					
		31.0				34	55					
		4.5										
Basse impédance	Al	125.0	5	18	50	78						
		63.0	1	16	35							
		31.0	1	10	24							
Basse impédance	Acier	63.0	25	40	80	94						
		31.0	4	28	59				92		120	
Basse impédance	Acier plaqué Cu 2 côtés	31.0				107						

Source: [81]  
Traduction de l'auteur

## 5.- LES NORMES ACTUELLES

Présentement, seules les Forces armées de l'air des États-Unis, l'ACGIH, l'OTAN et la République fédérale d'Allemagne possèdent des normes pour les fréquences aussi basse que 10 kHz (voir annexe 8, page A8). Mais il a été démontré que les niveaux d'exposition stipulés dans ces normes sont encore trop élevés pour certains types de travaux<sup>1</sup> [5]; de plus, il n'existe aucune norme pour les fréquences inférieures à 10 kHz. Puisque les effets biologiques des champs à très basses fréquences que subissent les humains sont mal connus et qu'il n'existe aucune limite d'exposition pour ces champs, "il est raisonnable de maintenir les expositions aux radiofréquences le plus bas possible (ALARA principe "As Low as Reasonably Achievable"), compte tenu de nos connaissances de leurs effets sur l'être humain, surtout en ce qui a trait aux effets athermiques". (Recommandation ACGIH) [4].

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) recommande de placer les opérateurs de T.E.C. à une distance minimale de 1 mètre de l'arrière et des côtés des T.E.C. adjacents afin de minimiser les niveaux d'exposition des opérateurs. Cette recommandation ne s'applique pas si le niveau d'émission ne dépasse pas 10 V/m (r.m.s.) à 0.3 mètre de distance.

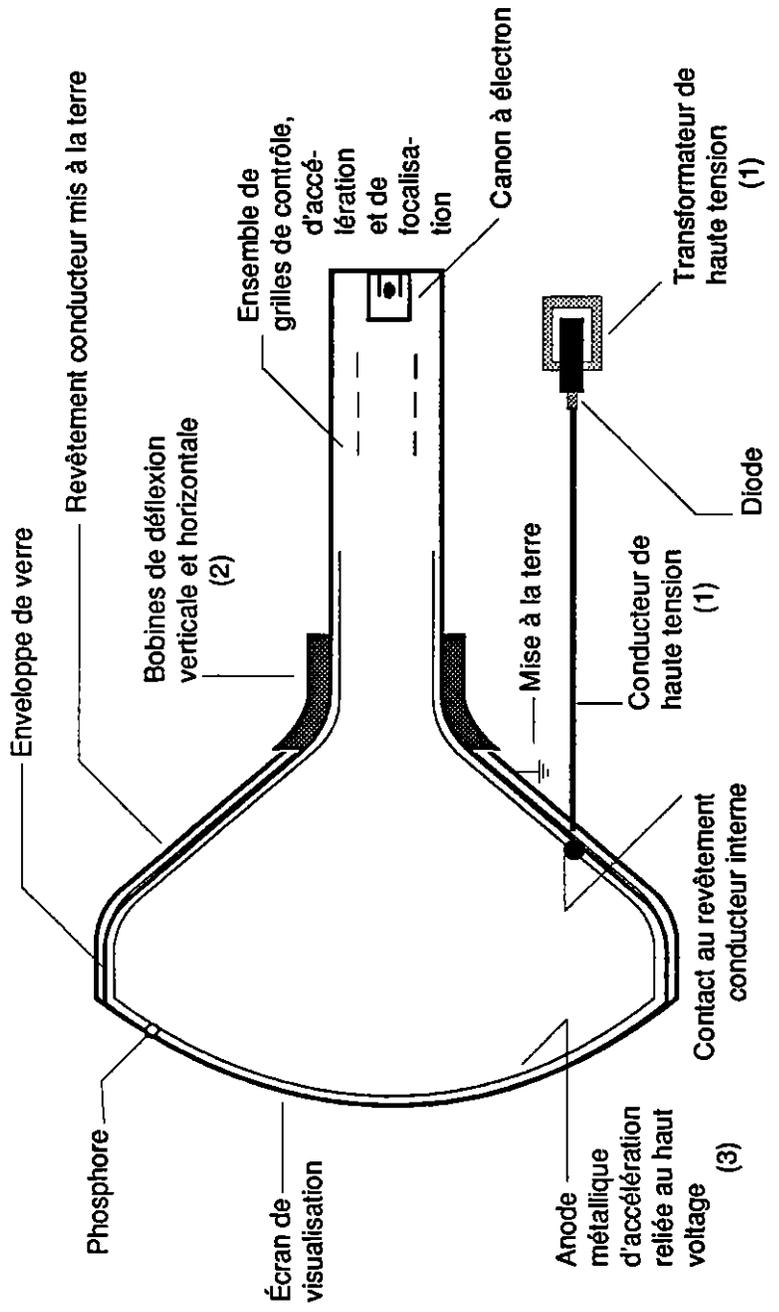
---

<sup>1</sup> : On rapporte des cas où les travailleurs auraient pris des chocs électriques (non mortels) sur des véhicules isolés du sol et placés parallèlement sous les lignes de haute tension.

6.- EXEMPLES DE BLINDAGE DES T.É.C. PAR ORDRE CROISSANT D'EFFICACITÉ ET DE COÛT

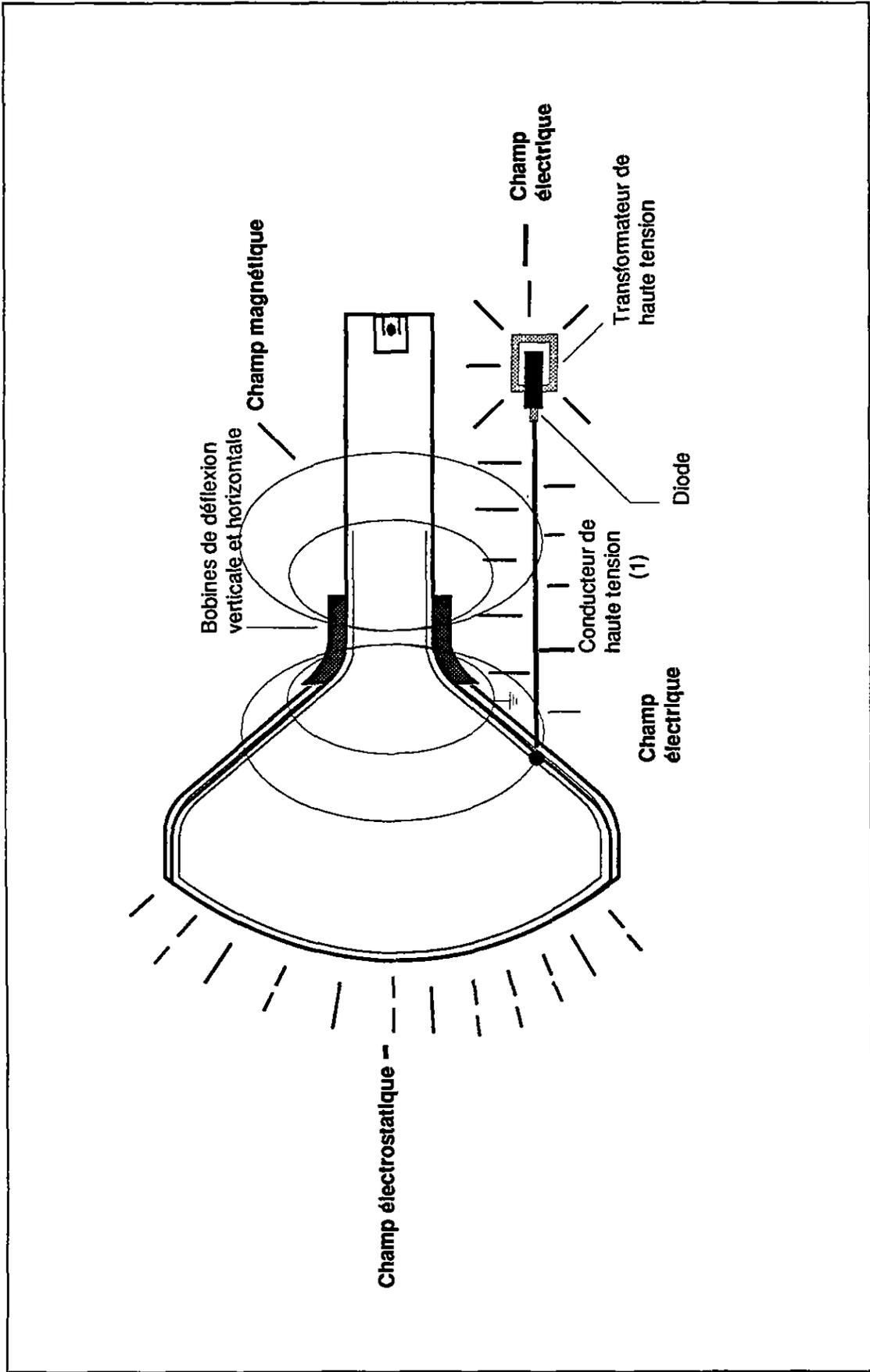
Attention : Les niveaux de voltage présents dans un terminal sont dangereux (supérieur à 10 000 volts). Assurez-vous d'avoir débranché l'appareil et d'avoir mis à la masse les conducteurs haute tension avant d'entreprendre des modifications.

(1): Responsable du champs électrique  
 (2): Responsable du champ magnétique  
 (3): Responsable du champ electrostatique



# TUBE CATHODIQUE D'UN T.E.C.

Figure 11



Sources d'émission principales d'un T.E.C.

Figure 12

**TABLEAU 8: TABLEAU SYNTHÈSE D'EXEMPLES DE BLINDAGE POUR LES T.É.C. PAR ORDRE CROISSANT D'EFFICACITÉ ET DE COÛT**

EXEMPLE	CHAMPS PRÉDOMINANTS BLINDÉS			COÛT \$*
	ÉLECTROSTATIQUE	ÉLECTRIQUE	MAGNÉTIQUE	
1	NON	OUI	NON	10,00\$
2	NON	OUI	NON	45,00\$
3	OUI	OUI	NON	85,00\$
4	OUI	OUI	NON	120,00\$
5	OUI	OUI	OUI	750,00\$

\* : Prix unitaire sans tenir compte de la main d'oeuvre.

---

**NOTE:** Le prix d'un T.É.C. varie de 300,00\$ à 2 000,00\$ et le prix moyen est d'environ 1 200,00\$.

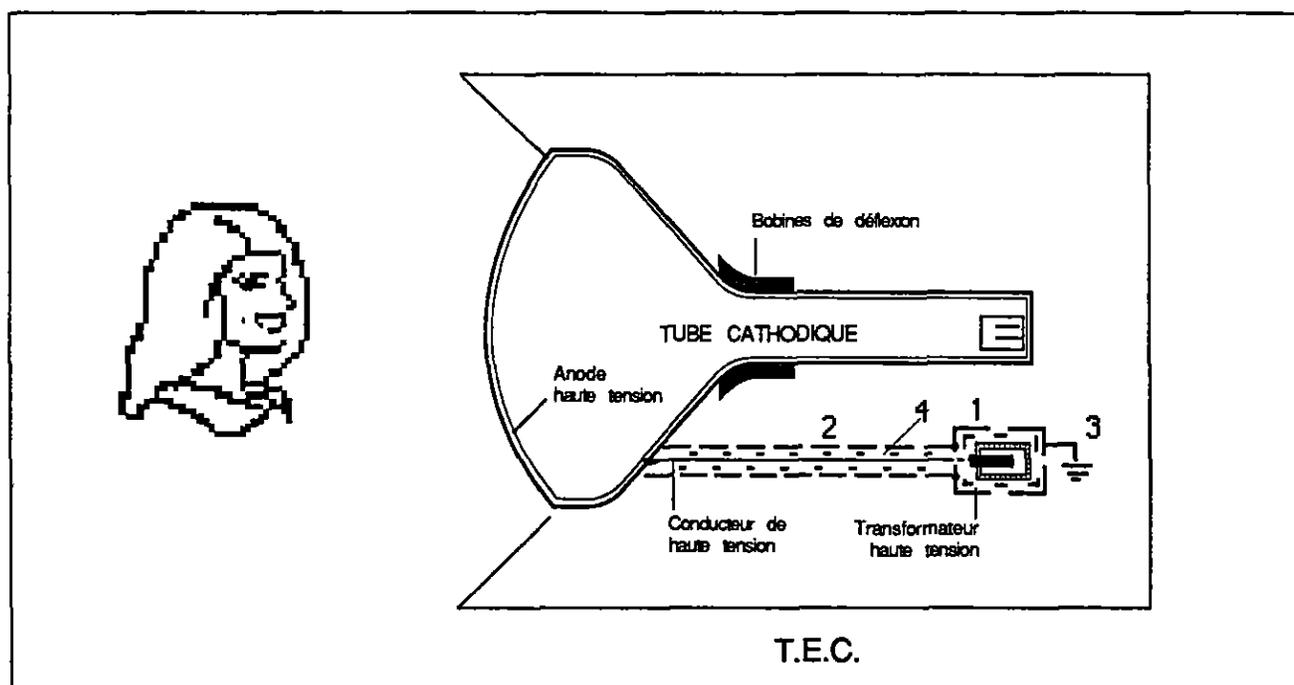
## Exemple de blindage #1

Atténuation <sup>(1)</sup> des champs principaux			Coût <sup>(2)</sup>
Électrostatique	Électrique	Magnétique	10.00\$
NON	OUI	NON	

(1) : Référez-vous à la section 5 et les annexes 6 et 7 pour la grandeur des atténuations possibles selon les matériaux et leur épaisseur.

(2) : Coût unitaire approximatif excluant la main-d'oeuvre.

Référez-vous à l'annexe 1 pour la liste des fabricants de produits de blindage.



Procédures : 1) Installer une enveloppe conductrice autour du transformateur de haute tension (prévoir des ouvertures pour la ventilation).

2) Poser une gaine conductrice autour du conducteur de haute tension reliée à l'enveloppe de transformateur.

3) Faire une mise à la terre du système de blindage.

4) Ajouter, si nécessaire, un diélectrique (silicone) afin de réduire les contraintes électriques.

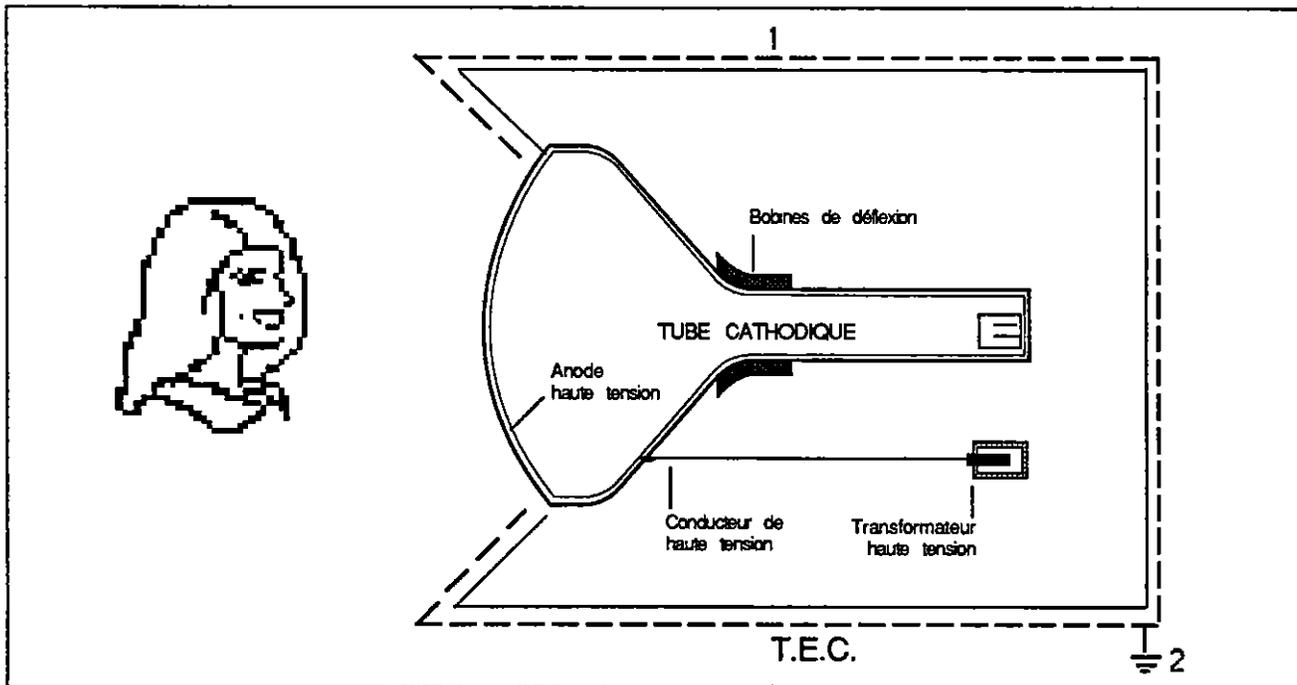
## Exemple de blindage #2

Atténuation <sup>(1)</sup> des champs principaux			Coût <sup>(2)</sup>
Électrostatique	Électrique	Magnétique	45,00\$
NON	OUI	NON	

(1) : Référez-vous à la section 5 et les annexes 6 et 7 pour la grandeur des atténuations possibles selon les matériaux et leur épaisseur.

(2) : Coût unitaire approximatif excluant la main-d'oeuvre.

Référez-vous à l'annexe 1 pour la liste des fabricants de produits de blindage.



Procédures : 1) Entourer le T.E.C., sauf pour la face avant, d'une enceinte conductrice: soit un boîtier de bois ou de plastique sur lequel on appliquera un film conducteur ou un grillage conducteur. Prévoir des ouvertures pour la ventilation et les câbles.

2) Faire une mise à la terre du système de blindage

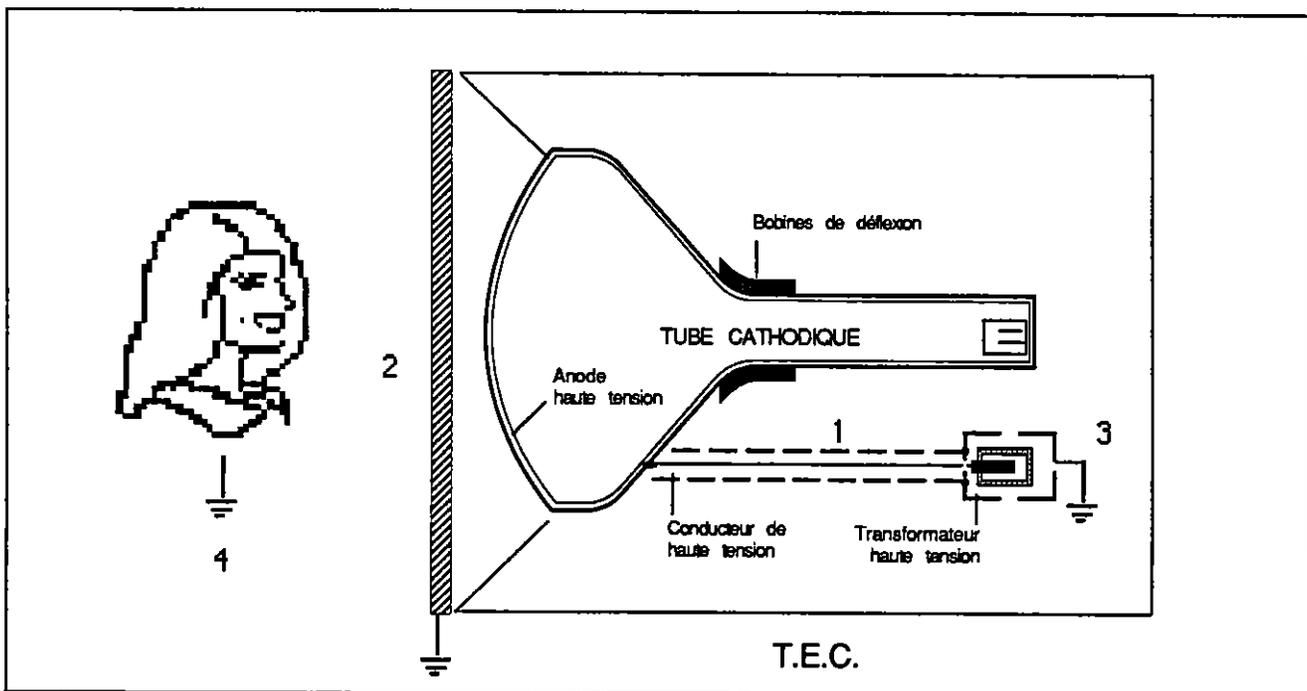
### Exemple de blindage #3

Atténuation <sup>(1)</sup> des champs principaux			Coût <sup>(2)</sup>
Électrostatique	Électrique	Magnétique	85,00\$
OUI	OUI	NON	

(1) : Référez-vous à la section 5 et les annexes 6 et 7 pour la grandeur des atténuations possibles selon les matériaux et leur épaisseur.

(2) : Coût unitaire approximatif excluant la main-d'oeuvre.

Référez-vous à l'annexe 1 pour la liste des fabricants de produits de blindage.



- Procédures :
- 1) Blinder selon l'exemple #1.
  - 2) Ajouter un filtre conducteur transparent sur la face avant.
  - 3) Faire une mise à la terre du système de blindage.
  - 4) Relier également l'opératrice à la terre par un bracelet de mise à la terre ou par l'intermédiaire d'un ruban métallique, relié à la terre et collé au bas du clavier, de sorte que les mains de l'opératrice puissent y faire contact lorsqu'elle appuie sur les touches.

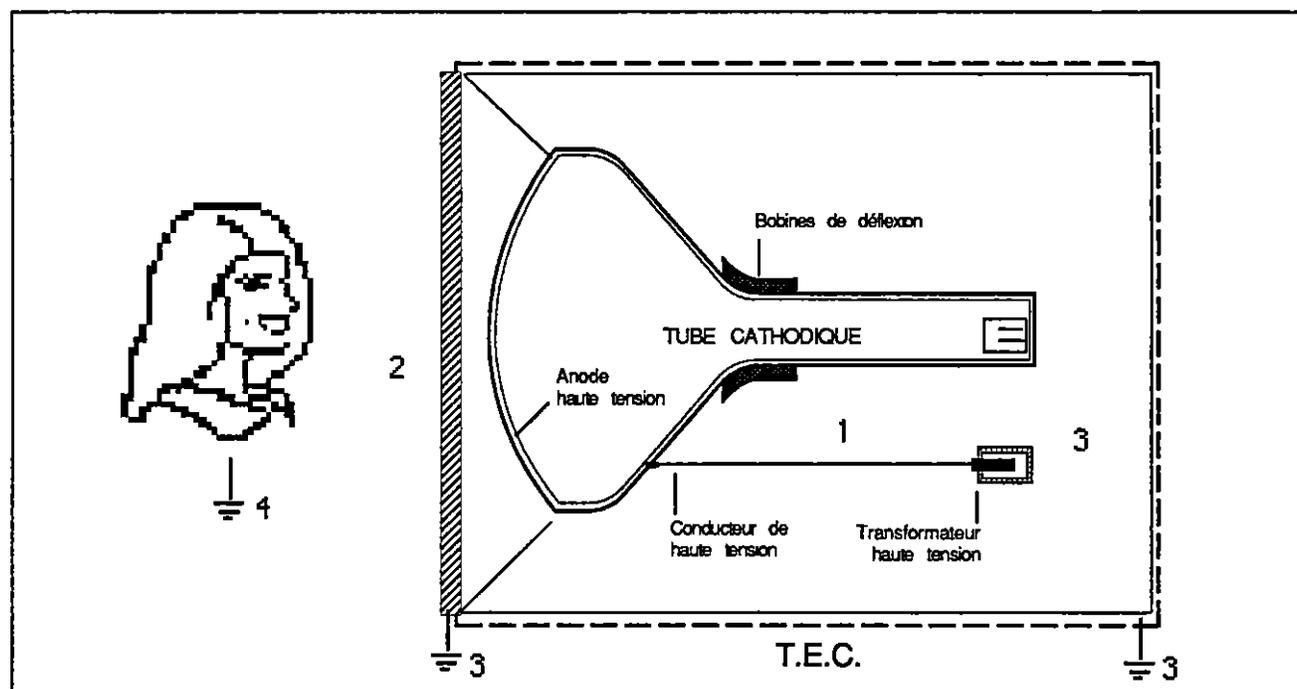
## Exemple de blindage #4

Atténuation <sup>(1)</sup> des champs principaux			Coût <sup>(2)</sup>
Électrostatique	Électrique	Magnétique	120.00\$
OUI	OUI	NON	

(1) : Référez-vous à la section 5 et les annexes 6 et 7 pour la grandeur des atténuations possibles selon les matériaux et leur épaisseur.

(2) : Coût unitaire approximatif excluant la main-d'oeuvre.

Référez-vous à l'annexe 1 pour la liste des fabricants de produits de blindage.



- Procédures :
- 1) Blinder selon l'exemple #2
  - 2) Ajouter un filtre conducteur transparent sur la face avant.
  - 3) Faire une mise à la terre du système de blindage.
  - 4) Relier également l'opératrice à la terre par un bracelet de mise à la terre ou par l'intermédiaire d'un ruban métallique, relié à la terre et collé au bas du clavier, de sorte que les mains de l'opératrice puissent y faire contact lorsqu'elle appuie sur les touches.

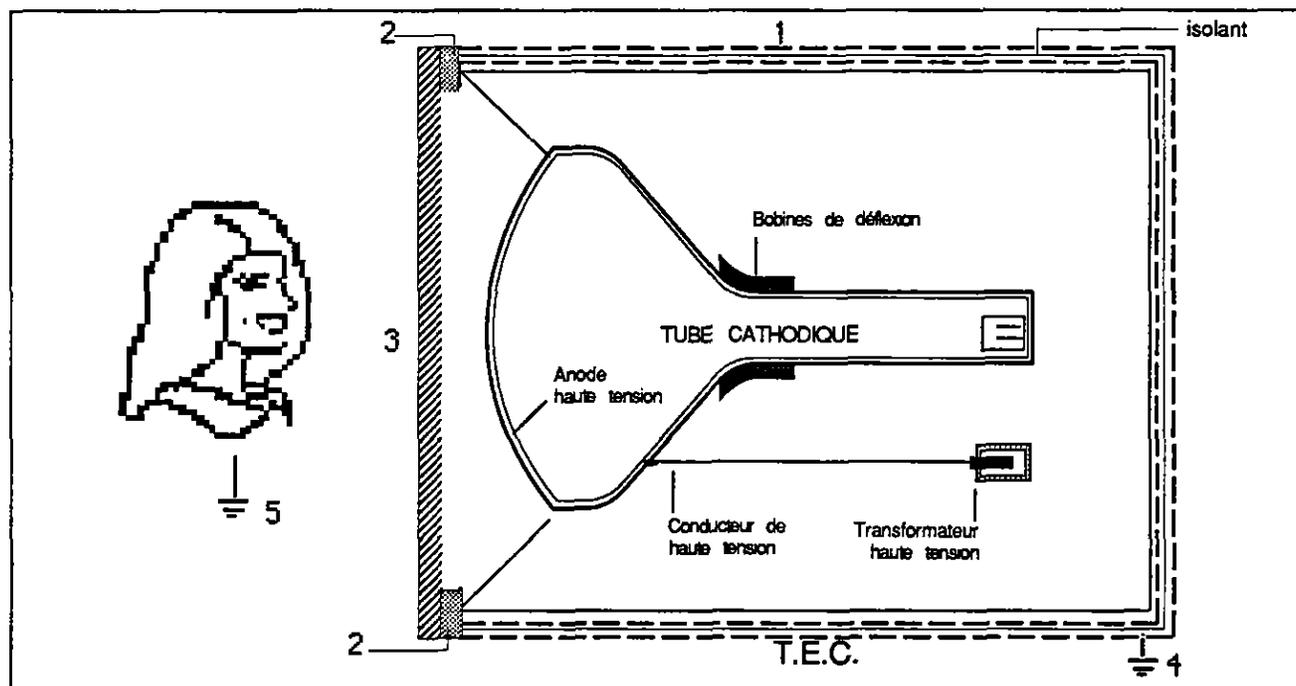
## Exemple de blindage #5

Atténuation <sup>(1)</sup> des champs principaux			Coût <sup>(2)</sup>
Électrostatique	Électrique	Magnétique	750,00\$
OUI	OUI	OUI	

(1) : Référez-vous à la section 5 et les annexes 6 et 7 pour la grandeur des atténuations possibles selon les matériaux et leur épaisseur.

(2) : Coût unitaire approximatif excluant la main-d'oeuvre.

Référez-vous à l'annexe 1 pour la liste des fabricants de produits de blindage.



- Procédures :
- 1) Entourer le T.E.C., sauf pour la face avant, d'une enceinte double, dont les parois sont isolées l'une de l'autre et constituées d'un métal à haute perméabilité. Plier le métal en lui conférant un rayon de courbure le plus grand possible. Tous les joints doivent se chevaucher de 10 mm et doivent être soudés à la soudure par points. Il est préférable de faire un recuit lorsque le boîtier est terminé, afin de lui redonner ses propriétés magnétiques. Une épaisseur de cuivre ou d'aluminium entre les couches de matériaux magnétiques améliorera l'atténuation d'un champ électrique intense.
  - 2) Coussinets d'étanchéité magnétique et électrique.
  - 3) Filtre transparent composé d'un treillis tricoté de fil d'un alliage d'étain, de cuivre et de fer.
  - 4) Faire une mise à la terre du système de blindage.
  - 5) Relier également l'opératrice à la terre par un bracelet de mise à la terre ou par l'intermédiaire d'un ruban métallique, relié à la terre et collé au bas du clavier, de sorte que les mains de l'opératrice puissent y faire contact lorsqu'elle appuie sur les touches.

## 7.- LEXIQUE

**Blindage** : Tout matériau ou dispositif qui peut réduire l'énergie transmise dans une région donnée par rapport à l'énergie incidente qu'il reçoit.

**Champ électrique (E)** : Région de l'espace exerçant une force sur une charge introduite dans ce champ. La direction de ce champ en un point se définit comme celle de la force exercée sur une charge positive placée à ce point. Le sens de la direction et l'amplitude de ce champ peuvent changer selon la polarité et la densité des charges qui le créent. Son amplitude est exprimée en volt/mètre V/m (S.I.)

**Champ électrostatique (E)** : Tout corps chargé électriquement crée autour de lui un champ électrique. Si les charges ne changent pas de polarité ou de densité, elles génèrent un champ stationnaire ou électrostatique dont l'amplitude et le sens de la direction ne changent pas en un point donné de l'espace. Son amplitude est exprimé en volt/mètre V/m (S.I.)

**Champ magnétique (H)** : S'il existe une différence de densité de charges entre deux extrémités d'un conducteur, un courant électrique s'établit dans le conducteur. Ce courant électrique (déplacement de charges) génère un champ magnétique autour du conducteur. Si le courant circule toujours dans la même direction avec la même intensité, on parle alors de courant continu (c.c.). Le courant continu produit un champ magnétique constant autour du conducteur. Si la densité de charges fluctue ou si la polarité des charges alterne périodiquement, alors le courant variera ou changera de sens périodiquement également. On parle alors de courant variable ou alternatif (c.a.) qui produit des champs électrique et magnétique variables ou alternatifs. Ces deux champs se combinent pour créer un champ électromagnétique qui engendre une onde électromagnétique.

**Champ prédominant (Voir aussi la section 5 pour une explication complémentaire)** : Tout conducteur ou composant (non blindé) dans lequel circule un courant électrique émet un champ électrique (E) et magnétique (H). Sans blindage, les deux champs sont indissociables, mais l'intensité de l'un peut excéder<sup>1</sup> temporairement l'autre (en champ proche seulement et c'est le cas pour les opérateurs (trices) de T.É.C.) selon la géométrie du conducteur ou du composant, l'intensité et la fréquence du courant qui le parcourt, la tension à ses bornes, la permittivité et la perméabilité du milieu qui l'entoure, etc. Le champ électrostatique est dû à la présence de charges "immobiles" (absence de courant) sur du matériel conducteur (non relié à une mise à la terre) ou isolant. Il n'existe \_\_\_\_\_

---

<sup>1</sup> : Le rapport entre les 2 champs n'est pas de 377 ohms

donc aucun champ magnétique associé au champ électrostatique sauf au niveau atomique, mais son intensité est extrêmement faible dans la majorité des cas.

**Conductivité (g ou G) :** Facilité avec laquelle un courant électrique voyage dans un matériau.

**Décibel (dB) :** Généralement, on utilise le décibel pour exprimer le degré d'atténuation obtenu pour un blindage donné. Le décibel (dans le cas du blindage) exprime une relation mathématique non linéaire indiquant de combien l'intensité d'un signal électrique interférant est réduit en amplitude en traversant un blindage

$$\text{Efficacité du blindage} = 20 \log \frac{\text{intensité du champ avant blindage (V/m)}}{\text{intensité du champ après blindage (V/m)}}$$

à :

- 0 dB (aucun blindage) le signal n'est pas atténué;
- 20 dB le signal est réduit de 10 fois
- 40 dB le signal est réduit de 100 fois
- 60 dB le signal est réduit de 1 000 fois
- 80 dB le signal est réduit de 10 000 fois
- 100 dB le signal est réduit de 100 000 fois
- 120 dB le signal est réduit de 1 million de fois

**Densité de puissance :** Elle est définie comme étant le débit d'énergie par unité de surface par seconde et est mesurée en watts par mètre carré ( $\text{W/m}^2$ ).

**Impédance (Z) :** Opposition que subit un courant électrique à suivre un parcours électrique. L'impédance diffère de la résistance en ce sens qu'elle tient compte non seulement de la résistance mais aussi de l'inductance et de la capacitance du circuit qui sont des résistances additionnelles qui apparaissent lorsque le courant varie d'intensité ou alterne de sens.

**Onde électromagnétique :** Énergie radiante, composée des champs électrique et magnétique variables, qui se propage dans l'espace à la vitesse de la lumière. Les vecteurs champs électrique et magnétique sont à angle droit l'un par rapport à l'autre et à angle droit avec la direction de la propagation. Cette onde est caractérisée par sa fréquence et son amplitude.

**Perméabilité ( $\mu$ ) :** Facteur relié aux propriétés magnétiques du milieu baigné dans un champ magnétique. Les matériaux dont la perméabilité relative (c'est-à-dire en comparaison à la perméabilité absolue de l'air ou du vide) est élevée, auront plus de facilité à conduire les lignes de forces magnétiques. Référez-vous au tableau 2, page 36.

**Permittivité ( $\epsilon$ ) :** Facteur relié aux propriétés diélectriques d'un milieu en présence d'un champ électrique. Les matériaux dont la permittivité relative (c'est-à-dire en comparaison à la permittivité absolue de l'air ou du vide) est élevée auront plus de facilité à conduire les lignes de force électrique.

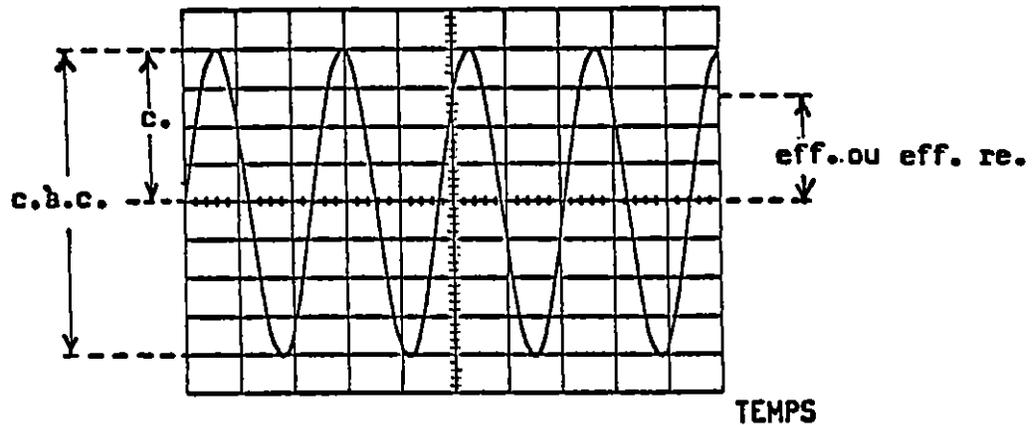
**Reluctance (R) :** Opposition que subit un flux magnétique à suivre un parcours magnétique.

**S.I. :** Système International d'Unités

### VALEUR CRÊTE, CRÊTE A CRÊTE, EFFICACE, EFFICACE RÉELLE

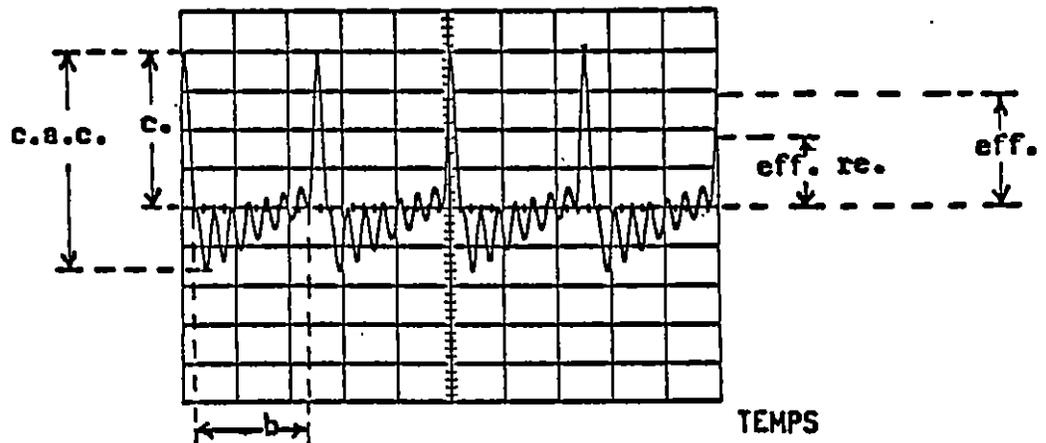
Signal 1 : Champ électrique d'un appareil domestique sans contrôle électronique de vitesse ou d'intensité

AMPLITUDE



Signal 2 : Champ électrique d'un T.É.C.

AMPLITUDE



c: crête  
 c. à c.: crête à crête  
 eff.: efficace  
 eff. re.: efficace réelle

**Valeur crête (sous entendu positive) :** a) amplitude positive maximum observée sur une période.

**Valeur crête négative :** b) amplitude négative maximum observée sur une période.

**Valeur crête à crête :** c) somme des valeurs crêtes positive et négative absolues observées sur une période.

**Valeur efficace :** d) ne s'applique que pour un signal qui varie dans le temps. C'est la valeur équivalente d'un signal à courant continu qui produirait le même effet Joule (chauffage d'une résistance) que le signal variable. En d'autres termes, quelle devrait être la tension d'une batterie reliée à un calorifère électrique pour produire la même chaleur que si ce calorifère était relié au secteur (tension crête alternative 170 volts 60 Hz)?

Réponse : 120 volts de courant continu. C'est la raison pour laquelle on voit toujours cette valeur écrite sur les étiquettes des appareils domestiques. Il s'agit de la valeur efficace de la tension du secteur, car, en réalité, lorsque l'on prend un choc sur une prise du secteur, la pleine tension ou tension crête est 170 volts.

**Valeur efficace réelle :** Pour une onde sinusoïdale sans distorsion, on observe que le rapport entre la valeur crête et la valeur efficace est de  $(2)^{\frac{1}{2}}$  ou 1,414. Or, plusieurs manufacturiers d'appareils de mesure "profitent" de cette relation (on pourrait aussi utiliser la valeur moyenne d'une période  $X$  par 1.11) pour afficher la valeur efficace d'un signal à partir de la mesure de sa valeur crête, celle-ci étant moins coûteuse à évaluer. L'échelle de la valeur efficace est tout simplement l'échelle de la valeur crête divisé par  $(2)^{\frac{1}{2}}$ .

Or, si l'on observe le signal 2, dont l'amplitude crête est la même que le signal 1, on se rend vite compte que sa valeur efficace devrait être plus basse que pour le signal 1, car pour le temps  $b$  il n'y a pratiquement plus de signal. Or un instrument de mesure utilisant le principe de l'évaluation de la valeur crête pour indiquer la valeur efficace nous donnerait toujours la même valeur efficace pour le signal 2 que pour le signal 1.

On a donc conçu des appareils de mesure capables d'évaluer la valeur efficace d'après la définition ci-haut. C'est-à-dire que l'appareil procède à l'égalisation de la température de 2 résistances chauffées respectivement par le signal d'entrée inconnu et un signal à courant continu dont l'amplitude varie pas à pas et qui, lorsque stabilisé, donne la valeur efficace réelle du signal.

Il existe d'autres appareils utilisant des formules mathématiques et un ordinateur pour calculer la valeur efficace réelle de façon \* beaucoup plus rapide mais ils sont beaucoup plus dispendieux.

Comme le signal 2 correspond aux types de signaux émis par les T.É.C., il est donc important de s'assurer que les appareils de mesure utilisés lors de la mesure des champs soient capables d'évaluer la valeur efficace réelle de ces champs.

**8.- BIBLIOGRAPHIE**

- [1] Marha, Karel. The State of Knowledge Concerning Radiations from Video Display Terminals. CCOHS. N° D-82-3-E. Hamilton, Ontario. October 1982.
- [2] Marha Karel. Very Low Frequency Fields Near VDTs and an Example of their Removal. CCOHS. N° 0190n. Hamilton, Ontario. September 1983.
- [3] Santé et Bien-Être Social Canada. Direction générale de la protection de la santé. Lettre de renseignements. N° DD-34. Décembre 1985.
- [4] American Conference of Governmental Industrial Hygienists. TLVs Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment with Intended changes for 1983-84. p. 90. 1983.
- [5] Grandolfo, Martino. "Occupational Exposure Limits for Radio-frequency and Microwave Radiation". Applied Industrial Hygiene. July 1986.
- [6] Santé et Bien-Être Social Canada. Investigation sur les rayonnements issus des terminaux à écran cathodique. Document N° 83-DHM-91. Direction des affaires publiques. Ministère de la santé nationale et du bien-être social, 5<sup>e</sup> étage, Immeuble Brooke Claxton, Ottawa, K1A 0K9
- [7] Polk, Postow. Handbook of Biological Effects of Electromagnetic Fields. CRC Press. 1986.

- [8] Guy, Arthur W. "Health Hazard Assessment of Radio Frequency Electromagnetic Fields Emitted by Video Display Terminals" dans Proceedings of the International Scientific Conference: Work with Display Units. Part I, page 40 à 44. Stockholm. May 12-15, 1986.
- [9] Guy, Arthur W. "Health Hazards Assessment of Radio Frequency Electromagnetic Fields Emitted by Video Display Terminals" dans International Meeting to Examine the Allegations of Reproductive Hazards from VDU's. Humane Technology. London. November 29<sup>th</sup> & 30<sup>th</sup>, 1984.
- [10] Suess, Michael J. "Visual Display Terminals and Radiation" dans Proceedings of the International Scientific Conference Work with Display Units. Part I, pp. 76 à 79. Stockholm. May 12-15, 1986,
- [11] Harvey, S.M. "Characteristics of Low Frequency Electrostatic and Electromagnetic Fields Produced by Video Display Terminals" dans Ontario Hydro Research Division, Report N° 82-528-K. Toronto, Ontario. 1982.
- [12] Hawkins, L.H. "Air Ionisation and Office Health" dans Occupational Health. March 1982.
- [13] Hedge, A. et Eleftherakis, E. "Air Ionisation: An Evaluation of its Physiological and Psychological Effects" dans British Occupational Hygiene. Vol 25, N° 4, pp. 409-419. 1982.
- [14] Krueger, A.P. "The Biological Effects of Air Ions" dans International Journal of Biometeorology. Vol. 29, N° 3, pp. 205-206. 1985.
- [15] Elcar International Ltée. Les ions négatifs et votre santé. Montréal.

- [16] Harvey, S.M. "Electric Field Exposure of Persons Using Video Display Units" dans Bioelectromagnetics. N° 5, pages 1 à 12. 1984.
- [17] Nylen, P. Bergqvist, U. Wibam, R. Knabe, B. "Physical and Chemical Environment at VDT Work Stations: Air Ions, Electrostatic Fields and PCBs" dans Indoor Air : Swedish Council for Building Research. N° 3, pages 163 à 167. 1984.
- [18] Olson, W.C. Electric Field Enhanced Aerosol Exposure in Visual Display Unit Environments. Prepared for the Norwegian Directorate of Labour Inspection. CMI N° 803604-1. 1981.
- [19] Hawkins, L.H. & Barker, T. "Air Ions and Human Performance" dans Ergonomics. Vol. 21, N° 4, pp 273-278. 1978.
- [20] Charry, J.M., Hawkinshire, V.F.B.W. "Effects of Atmospheric Electricity on Some Substrates of Desordered Social Behavior" dans Journal of Personality and Social Psychology. Vol. 41, N° 1, pp. 185-197. 1981.
- [21] Winsor, T. and Beckett, J.C. "Biologic Effects of Ionised Air in Man" dans Amer. J. Phys. Med., N° 37, pages 83 à 89. 1958.
- [22] Frey, A.H. and Granda, R.E. "Human Reactions to Air Ions" dans Proc. Int. Conf. Ionization of Air. N° 2, pages 1 à 10. Philadelphia. 1962.
- [23] Marha, K., Musil, J. and Tuha, T. Electromagnetic Fields and the Life Environment. San Francisco Press. San Francisco. 1971.
- [24] Letavet, A.A. and Gordon, Z.V. "Biological Action of Ultra High Frequencies" dans U.S.S.R. Academy of Medical Science. Translation 12471. U.S. Joint Pub. Res. Service. 1962.

- [25] Marha Karel, Pathak Bhawani, Charron David. Emissions from video Display Terminals and their Measurement - A Training Manual. Publication P-86-19E, (disponible en français, P-86-19F) Hamilton, Ontario.
- [26] Marriott, I.A. and Stuckly, M.A. "Health Aspects of Work with Visual Display Terminals" dans Journal of Occupational Medicine, Vol. 28, N° 9. September 1986.
- [27] World Health Organization. Extremely Low Frequency (ELF) Fields. Environmental Health Criteria 35, Geneva, 1984.
- [28] Santé et Bien-être social Canada. Feuillet d'information. Ministère des Approvisionnements et Service Canada. N° de cat. H49-15/19-1985F. 1985.
- [29] Wallach, C. "Effects of Cathode Ray Video Display on Human Health" dans The Fourth Annual Meeting of the Bioelectromagnetics Society. Los Angeles, Cal. June 1982.
- [30] Wallach, C. "Video Display Health Hazard Safeguards" dans Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Conference on Indoor Air Quality and Climate. Vol. 3, pp. 169-174. Stockholm. August 20-24, 1984.
- [31] Bergqvist, U. "Physical and Chemical Environments at VDT Work Stations - Air Ions, Electrostatic Fields, Magnetic Fields and PCBs" dans International Meeting to Examine the Allegations of Reproductive Hazards from VDU's. Pages 55 et suivantes. London. November 29<sup>th</sup> and 30<sup>th</sup>, 1984.
- [32] Sulman, F.G. The Effect of Air Ionization, Electric Fields, Atmospheric and other Electric Phenomena on Man and Animal. Charles C. Thomas. pp. 160-166 et 339-341. 1980.

- [33] Canadian Computer Census. Terminals in Canada by Industry within Province. Canadian Information Processing Society. p.11. 1987.
- [34] Baron, Robert A. "Effects of Negative Ions on Cognitive Performance" dans Journal of Applied Psychology. Vol. 72, N° 1, pp. 131-137. 1987.
- [35] Hewlett-Packard. EMC Testing : The Spectrum Analyzer Solution - A One-Day Seminar. Publication N° 5952-9382, p.5. Signal Analysis Division, Santa-Rosa, California, U.S.A. September 1983.
- [36] Petterson, R.C. "Bioeffects of Microwaves: A Review of Current Knowledge" dans Journal of Occupational Medecine. Vol. 25, N° 2, p. 103. 1983.
- [37] Cox, E.A. Radiation Emissions from Visual Display Units - Health Hazards of VDTs? John Wiley & Sons. Chapitre 5, p. 30.
- [38] Navakovic Mladen. "An Assessment of Radiation Emission from Video Display Terminals" dans Proceedings of the International Scientific Conference Work with Display Units. Part I, p. 30. Stockholm. May 12-15, 1986.

**RÉFÉRENCES POUR MATÉRIAUX DE BLINDAGE**

- [50] Grant, Peter M. EMI Shielding Design Guide. Tecknit Inc. Cranford, New Jersey 07016. June 1981.
- [51] EMI Shielding Products Catalog. Tecknit Inc. Cranford, New Jersey 07016.
- [52] EMI Shielding Design Guide. Tecknit Inc. Cranford, New Jersey 07016.
- [53] Chomerics Product Data Sheet. Chomerics Inc. Materials Science and Engineering for Industry, 77 Dragon Court, Woburn, Mass 01888.
- [54] Product Bulletin. Magnetics Inc. Division of Spang and Company. Specialty Metals Division, Box 391, Butler, PA 16001.
- [55] Reference Data for Radio Engineers. Fifth Edition. Howard W. Sams & Co. Inc. Pages 12-4 et 12-5. 1968.
- [57] Cartable comprenant produits et notes d'applications. Magnetic Shield Division, Perfection Mica Company. 740 North Thomas Drive, Bensenville, Illinois 60106.

**RÉFÉRENCES POUR TECHNIQUES DE BLINDAGE ET MATÉRIAUX DE BLINDAGE**

- [80] White, Donald, R.J. Electromagnetic Shielding - Materials and Performance. Don White Consultants Inc., State Route 625, P.O. Box D, Gaineville, Virginia, 22065, U.S.A. 1980.
- [81] Department of Defence. Grounding, Bonding and Shielding for Electronic Equipments and Facilities. Vol. 1 and 2, MIL-HDBK-419. U.S.A. January 21<sup>st</sup> 1982.
- [82] White, Donald R.J. Electrical Noise and EMI Specifications. Vol. 1. Don White Consultants Inc., State Route 625, P.O. Box D, Gaineville, Virginia, 22065, U.S.A. 1971.
- [83] White, Donald R.J. Electromagnetic Interference Test Methods and Procedures. Vol. 2. Don White Consultants Inc., State Route 625, P.O. Box D, Gaineville, Virginia, 22065, U.S.A. 1980.
- [84] White, Donald R.J. Electromagnetic Interference Control & Techniques. Vol. 3. Don White Consultants Inc., State Route 625, P.O. Box D, Gaineville, Virginia, 22065, U.S.A. 1973.
- [85] White, Donald R.J. Electromagnetic Interference Test Instrumentation Systems. Vol. 4. Don White Consultants Inc., State Route 625, P.O. Box D, Gaineville, Virginia, 22065, U.S.A. 1980.
- [86] Denny, Hugh W. Grounding for Control of EMI. Don White Consultants Inc., State Route 625, P.O. Box D, Gaineville, Virginia, 22065, U.S.A. 1983.
- [87] White, Donald R.J. Shielding Design : Methodology and Procedures. Don White Consultants Inc., State Route 625, P.O. Box D, Gaineville, Virginia, 22065, U.S.A. 1986.

- [88] Department of the Army - Headquarters. Grounding, Bonding and Shielding Design Practices. Military Standard 1857 (EL). Washington, DC 20310, USA. June 1976.

**ANNEXE 1**

**LISTE DES FABRICANTS DE MATÉRIAUX DE BLINDAGE**

**EN DATE DU 1<sup>er</sup> MARS 1988**

**BLINDAGE: FACE AVANT**

**TYPE:**

Treillis en nylon conducteur

Pellicule métallique transparente sur film polyester avec revêtement en céramique

**MODÈLE:**

Volt Free MOD 9

Non spécifié  
REF: E-701 data sheet

**TRANSPARENCE:**

37 à 49% selon le modèle

70 à 80%

**FABRICANT:**

Sun-Flex Company Inc.  
20, Pimentel Court  
Novato California 94947  
U.S.A.  
TEL: (415) 883-1221  
TLX: 172-208

Tecknit  
129, Dermody Street  
Cranford New-Jersey 07016  
U.S.A.  
TEL: (201) 272-5500

**DISTRIBUTEUR:**

Dataworld Canada Inc.  
274, Dunbar  
Montréal (Québec) H3P 2H4  
TEL: (514) 738-6350

Norgay Enterprises Ltd  
5150, Dundas Street West  
Toronto (Ontario) M9A 1C3  
TEL: (416) 239-3025  
TLX: 06-984829

**ATTÉNUATION:**  
à 20 kHz

Élimine 75 à 95% du champ électrique (fréquence(s) non mentionnée(s))  
130 dB champ électromagnétique

Aucun effet sur le champ magnétique

Élimine le champ électrostatique

Élimine le champ électrostatique

**MÉTHODE D'ESSAI:**

Non spécifiée  
Genesco Test Report TR-10670 (February, 1968)

**PRIX CANADIEN APPROXIMATIF:**

70,00\$ le filtre pour un écran de 12 pouces de diamètre

**NOTE:**

Tous ces filtres doivent être reliés à une mise à la terre sûre pour qu'ils soient efficaces. Les chiffres sont fournis par le fabricant et n'ont pas été vérifiés dans les laboratoires de l'IRSST

BLINDAGE: FACE AVANT

TYPE: Treillis métallique entre 2 plaques Fenêtre conductrice 2 faces de verre

MODÈLE: Non spécifié  
Réf: E-710 data sheet

TRANSPARENCE: 90%  
Non spécifié  
Réf: EMC-700 data sheet

FABRICANT: Tecknit  
129, Dermody Street  
Cranford New-Jersey 07016  
U.S.A.  
TEL: (201) 272-5500

DISTRIBUTEUR: Tecknit  
129, Dermody Street  
Cranford New-Jersey 07016  
U.S.A.  
TEL: (201) 272-5500

ATTÉNUATION: 56 dB champ électrique  
à 20 kHz  
10 dB champ magnétique  
Élimine le champ électrostatique

MÉTHODE D'ESSAI: Non spécifiée  
97 dB champ électrique  
18 dB champ magnétique  
Élimine le champ électrostatique  
MIL-STD-285

PRIX CANADIEN APPROXIMATIF:

NOTE: Tous ces filtres doivent être reliés à une mise à la terre sûre pour qu'ils soient efficaces.  
Les chiffres sont fournis par le fabricant et n'ont pas été vérifiés dans les laboratoires de l'IRSST.

**BLINDAGE: FACE AVANT**

**TYPE:**

Trellis métallique (Sn/Cu/Fe)  
imbriqué dans de l'acrylique

**MODÈLE:**

EMC WINDOW

REF: Data sheet 711

**TRANSPARENCE:**

90%

**FABRICANT:**

Tecknit  
129, Dermody Street  
Cranford New Jersey 07016  
U.S.A.  
Tél: (201) 272-5500

**DISTRIBUTEUR:**

Norgay Enterprises Ltd.  
5150, Dundas Street West  
Toronto (Ontario) M9A 1C3  
Tél: (416) 239-3025  
TLX: 06-984829

**ATTÉNUATION:**

à 20 kHz  
92 dB champ électrique  
65 dB champ magnétique  
Élimine le champ électrostatique

**MÉTHODE D'ESSAI:**

MIL-STD-285

**PRIX CANADIEN**

409,00\$ - filtre

**APPROXIMATIF:**

450,00\$ - frais divers pour le 1er filtre seulement  
Taxe en sus

**NOTE:** Tous ces filtres doivent être reliés à une mise à la terre sûre pour qu'ils soient efficaces.  
Les chiffres sont fournis par le fabricant et n'ont pas été vérifiées dans les laboratoires de J'IRSST.

BLINDAGE: FACE AVANTTYPE:

Tissu métallisé transparent "Metax"  
401D

MODÈLE:

"Softwave"

Riken Eye Saver VDT Screen

TRANSPARENCE:

59,8%

FABRICANT:

Fabriqué au Japon

International Business Facilitators  
# 402-4665 West, 10th Avenue  
Vancouver BC  
V6R 2J4  
TÉL: (604) 228-9141

DISTRIBUTEUR:

Electronic & Technology  
36, rue Du Vieux Pont de Sèvres  
92100, Boulogne  
France  
Tél: 4.609.19.41  
Tlx: 203 629 F

ATTÉNUATION:

à 20 kHz

Non spécifié

à 30 MHz

Champ électrique 53 dB  
Champ magnétique 4 dB  
Note: Valeurs estimées à partir  
du Métax 102 C et 302  
Champ électrostatique supprimé

MÉTHODE D'ESSAI:

Non spécifiée

PRIX CANADIEN

130,00 \$

APPROXIMATIF:

NOTE: Tous ces filtres doivent être reliés à une mise à la terre sûre pour qu'ils soient efficaces contre le champ électrique.  
Les chiffres sont fournis par le fabricant et n'ont pas été vérifiés dans les laboratoires de l'IRSST.

BLINDAGE: FACE AVANT

TYPE:

Membrane de Nickel  
avec fibre de polyester

MODÈLE:

Ergo-Vision Plus-2

TRANSPARENCE:

FABRICANT:

Kantek, Inc.  
45 White Street  
P.O. Box 571  
New York, New York  
10013  
Tél: (212) 925-7850

DISTRIBUTEUR:

ATTÉNUATION:

à 20 kHz non spécifié  
50 MHz 59 dB champ électrique  
12 dB champ magnétique

MÉTHODE D'ESSAI:

Non spécifiée

PRIX CANADIEN

APPROXIMATIF:

90,00\$

NOTE:

Tous ces filtres doivent être reliés à une mise à la terre sûre pour qu'ils soient efficaces contre le champ électrostatique.  
Les chiffres sont fournis pour le fabricant et n'ont pas été vérifiés dans les laboratoires de l'IRSST.

**BLINDAGE: FACE AVANT**

**TYPE:** Revêtement transparent à faible résistance électrique      Treillis conducteur, cadre en aluminium

**MODÈLE:** Professional Glare Guard      Power Screen

**TRANSPARENCE:** 68 à 82% de transmission de 400 à 700 nm pour le modèle à 1,0 ohm par carré, moins bon pour les modèles plus conducteur      Non disponible

**FABRICANT:** Optical Coating Laboratories Inc.      Screen Data Corporation  
2789, Northpoint Parkway      80, South Jefferson Road  
Santa Rosa, California 95407      Whippany, New Jersey 07981  
Tél: (707) 545-6440      Tél: (201) 887-7713

**DISTRIBUTEUR:**      Aucun

**ATTÉNUATION:** Non spécifiée      Non disponible  
à 20 khz

**MÉTHODE D'ESSAI:** Non standard: document explicatif disponible

**PRIX CANADIEN APPROXIMATIF:** 100,00\$      100,00\$

**NOTE:** Tous ces filtres doivent être reliés à une mise à la terre sûre pour qu'ils soient efficaces contre le champ électrostatique.  
Les chiffres sont fournis par le fabricant et n'ont pas été vérifiés dans les laboratoires de J'IRSST.

**BLINDAGE: FACE AVANT**

**TYPE:**

Polycarbonate transparent avec revêtement d'or recouvert d'une couche protectrice

**MODÈLE:**

Varie selon les options  
Référence: Bulletin technique n° 630

**TRANSPARENCE:**

70%

**FABRICANT:**

Panelgraphic Corporation  
10, Henderson Drive  
West Caldwell, New Jersey 07006  
Tél: (201) 227-1500  
TWX: 710-734-4367

**DISTRIBUTEUR:**

Quontime Inc.  
3115, rue Halpern  
St-Laurent (Québec)  
H4S 1P5  
Tél: (514) 335-9071  
TLX: 058-24872

**ATTÉNUATION:**  
à 20 kHz

120 dB champ électrique  
32 dB champ magnétique  
Champ électrostatique éliminé

**MÉTHODE D'ESSAI:**

MIL-STD-285

**PRIX CANADIEN  
APPROXIMATIF:**

153,00\$ - 241,00\$  
selon le format

**NOTE:** Tous ces filtres doivent être reliés à une mise à la terre sûre pour qu'ils soient efficaces.  
Les chiffres sont fournis par le fabricant et n'ont pas été vérifiés dans les laboratoires de J'IRSSI.

BLINDAGE: COTÉS ET ARRIÈRE

<u>TYPE:</u>	Aluminium sur base de textile	Textiles métallisés
<u>MODÈLE:</u>	BE.72 BE.37 Fibre de verre plus mince, aluminium plus mince	77-09775 à 77-09778 Nylon tissé métallisé à l'argent protection au vinyle disponible
<u>FABRICANT:</u>	Plastique et textiles Lyonnais Route de Jailleux 01120 Montluel - FRANCE Tel (7) 806.00.35 Telex 310741	Tecknit 129, Dermody Street Cranford, New-Jersey 07016, U.S.A. Tel (201) 272-5500
<u>DISTRIBUTEUR:</u>	JB MARTIN Ltée Division textiles techniques Textitek 445, rue Saint-Jacques Saint-Jean-sur-Richelieu (Québec) J3B 2M1 Tel.: 346-6853 MtJ. 658-6695, (800) 363-9275 Telex: 05-831505	Norgay 5150, Dundas Street West Toronto (Ontario) M9A 1C3 Tél.: (416) 239-3025 TLX : 06-984829

ATTÉNUATION:  
à 20 kHzMÉTHODE D'ESSAI:

Non spécifiée

PRIX CANADIEN  
APPROXIMATIF:BE.72 : 7 - 8 \$ CDN / m<sup>2</sup>  
BE.37 : 4 \$ / m<sup>2</sup>

BLINDAGE: COTÉS ET ARRIÈRE

<u>TYPE:</u>	Métal magnétique	Métal magnétique
<u>MODÈLE:</u>	Netic AA Co-Netic AA	
<u>FABRICANT:</u>	Magnetic Shield Division Perfection Mica Company 740 Thomas Drive Bensenville, Ill. 60106 TEL: (312) 766-7800 TWX: 910-256-4815	AD-VANCE Magnetics, Inc. 226 East 7th Street Rochester, Indiana 46975  TEL: (219 223-3158
<u>DISTRIBUTEUR:</u>	Aucun au Canada	
<u>ATTÉNUATION:</u> à 20 kHz	Voir les annexes 6 et 7	Voir les annexes 6 et 7
<u>MÉTHODE D'ESSAI:</u>		
<u>PRIX CANADIEN APPROXIMATIF</u>	Netic S 3-6 Feuille de 0,062" d'épaisseur par 30" de largeur par 30" de longueur 69,67\$ + 13,40\$ frais d'expédition	
	Netic S 3-6 auto-collant 0,004" d'épaisseur X 15" de largeur 19,29\$/pied linéaire	
	Co-Netic AA 0,010" d'épaisseur X 15" de largeur 33,02\$/pied linéaire	

BLINDAGE: COTÉS ET ARRIÈRE

TYPE:

Métal magnétique

Métal magnétique

MODÈLE:

FABRICANT:

The Inter-Technical Group, Inc.  
P.O. Box 23  
Irrington, New York 10533  
TEL: (914) 591-8822  
TWX: 710-564-0802

Eagle Magnetic Company, Inc.  
P.O. Box 24283  
Indianapolis, Indiana 46224  
TEL: (317) 297-1030

DISTRIBUTEUR:

ATTÉNUATION:  
à 20 kHz

Voir les annexes 6 et 7

Voir les annexes 6 et 7

MÉTHODE D'ESSAI:

PRIX CANADIEN  
APPROXIMATIF:

BLINDAGE: COTÉS ET ARRIÈRE

TYPE:

Métal magnétique

Métal magnétique

MODÈLE:

FABRICANT:

Micrite Company  
21531 Strathern Street  
Canoga Park, Calif. 91304  
TEL: (213) 348-1610

James Millen Mfg. Co., Inc.  
150 Exchange Street  
Malden, Mass. 02148  
TEL: (617) 424-4108

DISTRIBUTEUR:

ATTÉNUATION:  
à 20 kHz

Voir les annexes 6 et 7

Voir les annexes 6 et 7

PRIX CANADIEN  
APPROXIMATIF:

Netic S 3-6  
Feuille de 0,062" d'épaisseur  
par 30" de largeur par 30" de longueur  
69,67\$ + 13,40\$ frais d'expédition

Netic S 3-6 Auto-collant  
0,004" d'épaisseur X 15" de largeur  
19,29\$/pied linéaire

Co-Netic AA 0,010" d'épaisseur X 15" de  
largeur 33,02\$/pied linéaire

BLINDAGE: COTÉS ET ARRIÈRE

<u>TYPE:</u>	Peinture conductrice ou revêtement conducteur	Peinture conductrice ou revêtement conducteur
<u>MODÈLE:</u>	CHO-SHIELD 4900 Aerosol	E & C Eccocoat CC-2 Jaque base d'argent E & C Eccocoat CC-4 élastomère base d'argent E & C Eccocoat CC-10 silicone base d'argent
<u>FABRICANT:</u>	Chomerics 77, Dragon Court Woburn Massachusetts 01888 TEL: (617) 935-4850 TLX: 710-393-0173	Emerson & Cuming, Inc. 869 Washington Street Canton, Mass. 02021 TEL: (617) 828-3300
<u>DISTRIBUTEUR:</u>	Aucun au Canada	
<u>ATTÉNUATION:</u> à 20 kHz	environ 42 dB électromagnétique revêtement de 2 mils	
<u>MÉTHODE D'ESSAI:</u>	FCC Docket 20780 Part 15 Subpart J.	
<u>PRIX CANADIEN APPROXIMATIF:</u>		

NOTE: Les chiffres sont fournis par le fabricant et n'ont pas été vérifiés dans les laboratoires de J'IRSSI.

**BLINDAGE: COTÉS ET ARRIÈRE**

**TYPE:**

Peinture conductrice ou revêtement conducteur

**MODÈLE:**

NR2HF

**FABRICANT:**

Micro-Circuit Co., Inc.  
Route 1, Box 518  
New Buffalo, Michigan 49117  
TEL: (616) 469-2727

**DISTRIBUTEUR:**

Aucun au Canada

**ATTÉNUATION:**

à 20 kHz

54 dB 2 couches, champ électrique  
70 dB 4 couches, champ électrique

**MÉTHODE D'ESSAI:**

Coaxial Transmission Line Test Method  
Disponible sur demande. Note : ces tests couvrent de 10 MHz à 1 GHz

**PRIX CANADIEN APPROXIMATIF:**

Échantillon 1/2 pinte ou moins gratuit  
Transport spécial (matériel inflammable) en sus

**NOTE:** Les chiffres sont fournis par le fabricant et n'ont pas été vérifiés dans les laboratoires de l'IRSSST.



KIT DE BLINDAGE MAGNÉTIQUE

TYPE:

Mu métal Netic AA et Co-Netic AA

MODÈLE:

Magnetic Shielding Lab Kit

- inclus :

- 1) 6 feuilles de Mu métal de différentes épaisseurs environ 4" X 15".
- 2) ruban collant sur 2 faces.
- 3) sonde magnétique, modèle EP-101A
- 4) guide de matériaux et de fabrication MG-5

FABRICANT:

Magnetic Shield Division  
Perfection Mica Company  
740 Thomas Drive  
Bensenville, Ill. 60106  
TEL : (312) 766-7800  
TWX : (910) 256-4815

DISTRIBUTEUR:

Aucun au Canada

ATTÉNUATION:  
à 20 KHz

Voir les annexes 6 et 7

MÉTHODE D'ESSAI:

Non spécifiée

PRIX CANADIEN  
APPROXIMATIF:

150,00\$

NOTE: Les chiffres sont fournis par le fabricant et n'ont pas été vérifiés dans les laboratoires de J'IRSST.

## **ANNEXE 2**

### **CHAMPS ÉLECTRIQUE ET MAGNÉTIQUE DANS LA MAISON ET AUTOUR DES APPAREILS DOMESTIQUES**

**Source : [27]**

## APPENDIX I

---

 The electromagnetic environment in the home<sup>a</sup>


---

- A. 60-Hz electric-field strengths at the centre of various rooms in a typical home in the USA in 1974

<u>Room</u>	<u>V/m</u>
Laundry room	0.8
Dining room	0.9
Bathroom	1.2 - 1.5
Kitchen	2.6
Bedrooms	2.4 - 7.8
Living room	3.3
Hallway	13.0

- B. Typical values of electric-field strength (V/m) from 115-V, 60-Hz home appliances (USA) at 30 cm from source

Electric blanket	250 <sup>b</sup>
Broiler	130
Stereo	90
Refrigerator	60
Electric iron	60
Hand mixer	50
Toaster	40
Hair Dryer	40
Colour TV	30
Coffee pot	30
Vacuum cleaner	16
Incandescent light bulb	2

- C. Localized 60-Hz magnetic flux densities in the vicinity (a few cm) of some electric appliances (mT)

1 - 2.5

325 watt soldering gun  
Hair dryer

0.5 - 1.0

Can opener  
Kitchen range  
Electric shaver  
Fluorescent desk lamp

0.1 - 0.5

Colour TV  
Food mixer  
Electric drill

0.01 - 0.1

Garbage disposal  
Clothes dryer  
Vacuum cleaner  
Electric toaster

---

ANNEXE 3

ONDES RADIOÉLECTRIQUES ÉMISES PAR DES T.É.C.\*

SOURCE : [6]

\* T.E.C. : TERMINAL À ÉCRAN CATHODIQUE

ANNEXE 3  
Source (6)

- Ondes radioélectriques émises par des TÉC

Fabricant	Modèle	Taux maximal d'exposition de l'opérateur (V/m)	Taux maximal au clavier (V/m)	Taux maximal d'un champ local (V/m)
Conrac	non précisé			31,2
Cybernex	CT824-D10024		2	5
	CT824-D10024-DR1			2,2
	CT824-D10624-DR1			5
	LGR-1		1,2	28
	LGR-1/KH8024			2
	LGR-1/KH8024			3
	LTL-1/KC8024			4
	LTL-1/KC8024			4
	LTL-1/KC8024		4	100
	LGR-2			2
	LGR-2			8
	LGR-2		1,5	20
	LGR-2		1	15
	MDL-110			25
	XL-83		1,7	40
	XL-84		1	65
XL-84		3	40	
	non précisé		2	130
Data Media	1520			2,5
	1520			2,7
	1520			17
	1520			3
	1520			2,1
	3000			180
	3000			1,8
	3000			2
	3000			3
	3000	4		2,8
	Colorscan 10	2	3	> 300 *
Digital Decascope	VT50-AB			5
	VT50-AR	1,3	1,2	250
	VT55-FE			3,5
Electrohome	G12-002 (Prototype)			37,4
	Telco-RM-NK			63,3
	V23-007			67,8

\* > 300 signifie plus de 300.

T.E.C. : Terminal à écran cathodique

## ANNEXE 3 (SUITE)

A3-2

Hewlett-Packard	2640B	1,8	7	300
	2645A			12,7
	2645A			14,7
	2645A			12,7
	2645A			14,7
IBM	604			3,1
	3277			
	3277			
	3277			
	3277-02			
	3275-02	1,4	1	25
	3278	1,5		4
	3278-2			5
	3278-2			4
	3278-4			6
3278-4		1	10	
ITC Ikegami	PM-900 REV-E	1,4		> 300
Logicon	1020076-05-243		2	30
	1020076-05-266		2	86
Micom	M2002	1	2,5	270
	M2002	1,3	3	300
Ontel	OP1			11,1
Osborne	1			100
Perkin-Elmer	550			67
PSI	Bureaucrat	1,9		> 300
	Bureaucrat	4,4	4,5	> 300
	Lobbyist	2,6	4,2	> 300
Sony	CVM-115	2,3		> 300
Sperry Univac	R2062	3,4		> 300
	R2950	3,5		> 300
	3545-00	2,5		> 300
Sycor Inc.	1500-5	3,5		> 300
	1500-5	2,7		> 300
Systematics General Corp.	T5177			
	T5177			
Tektronics	4010-1			
Telegram Communications Corp.	2277 MARK II			3,9

Teletype Corp.	40			
	40			
Televideo Inc.	950			>300
Telex	278	1	1	260
	278		6	290
Volker Craig	VC303	2	4	130
	VC-414H			19
	VQ-414H		3	24
	VC-415-ARL		3	17
	VC-415-APL		3,5	23
	VC-415-APL	3	2	50
Wang	5536	2	7	>300
	5536		4,5	>300

#### ANNEXE 4

INTENSITÉ DU CHAMP MAGNÉTIQUE AUX FEB EN A/m POUR DIVERS APPAREILS

SOURCE : [6]

Intensité du champ magnétique aux FEB en A/m; divers appareils

Description	Fréquence (Hz)										Total
	60	120	180	240	300	360	420	Autre			
Machine à écrire IBM, modèle 72 clavier arrière	0,047 0,775	0,007 0,078	0,016 0,258	0,003 0,023	0,009 0,155	0,001 0,006	0,004 0,035		0,04 (1) 0,31 (1)		0,127 1,64
Transformateur de calculatrice de poche, TI-55	0,271	0,135	0,052	0,039	0,031	0,026	0,004		-		0,558
Plinthe chauffante	3,875	0,008	0,013	-	0,039	0,003	0,028		-		3,965
Sèche-cheveux GE CD100A	0,078	0,035	0,021	0,007	0,011	0,002	0,002		0,08 (2)		0,236
Mixette GE-M7A	7,75	0,016	0,568	0,007	0,034	-	0,030		0,89 (3)		9,295
Bouilloire électrique	0,70	0,002	0,013	0,001	0,005	-	0,002		-		0,723

1. Inclue les fréquences 30, 90, 150, 210 Hz etc.

2. 110, 230, 340, 350 Hz

3. 30, 160, 280, 390 Hz

4. Fréquences extrêmement basses

ANNEXE 4 (SUITE)  
Source (6)

- Intensité du champ magnétique aux FEB en A/m; terminaux à écran cathodique

A4-2

Description	Fréquence (Hz)							Total
	60	120	180	240	300	360	420	
Sony, modèle CUM-115 distance devant 30 cm l'écran 50 cm appareil éteint	0,085 0,05 0,025	0,042 0,025 -	0,027 0,017 0,01	0,02 0,013 -	0,016 0,01 0,005	0,013 0,009 -	0,01 0,007 0,002	0,213 0,131 0,042
Hewlett-Packard, modèle 2640B distance devant 30 cm l'écran 50 cm appareil éteint	0,046 0,046 0,04	0,012 0,008 0,002	0,016 0,016 0,013	0,007 0,003 -	0,007 0,007 0,005	0,004 0,002 -	0,005 0,002 0,003	0,097 0,084 0,063
Perkin-Elmer, modèle 550 distance devant 30 cm l'écran 50 cm appareil éteint	0,07 0,043 0,04	0,04 0,016 0,002	0,047 0,013 0,013	0,02 0,008 -	0,016 0,008 0,005	0,013 0,005 -	0,011 0,004 0,003	0,217 0,097 0,063
Perkin-Elmer, modèle 550 à l'arrière bobine de déviations	1,55	0,775	0,517	0,388	0,31	0,258	0,221	4,019

ANNEXE 5

MESURES D'ÉMISSIONS DE RAYONS X

SOURCE : [6]

Source (6)

**DONNÉES OBTENUES DES TESTS DE MESURE D'ÉMISSION DE  
RAYONS X PROVENANT DES TÉC ET DES MONITEURS VIDÉO**

**Résultats en milieu d'utilisation**

Fabricant/distributeur	Modèle	Nombre testé	Émission maximale (mR/h)
- (radar d'aérogare)	AASR-1	1	ND*
AES Data	AES 100B-E	1	ND
AES Data	AES Plus	1	
AES Data	C-20	1	ND
Bell Northern	Prototype de terminal graphique	1	ND
Bendix	Analyseur de spectre multibande	1	ND
Burroughs	TD-800	5	ND
Chromatics	CG 1999	1	ND
Chromatics	DV 1000	1	ND
Chromatics	KV 1000	1	ND
Commodore	PET 2001	1	ND
Conrac	21359P-4	1	ND
Conrac	CVA-23	2	ND
Consolidated Computer	KEY EDIT 1000	6	ND
Cromemco	3102	1	ND
Control Data Canada	Vucom	1	ND
Cybernex	MDL 110	1	ND
Cybernex	LGR I	12	ND
Cybernex	LGR II	1	ND
Cybernex	LTL I	2	ND
C.G.E.	CGE6810	2	ND
Data Media	DT80/1	1	ND

\* ND = non décelable

T.E.C. : Terminal à écran cathodique

Datapoint	8200	2	ND*
Datapoint	6600	1	ND
Datapoint	1800	1	ND
Datapoint	3800	1	ND
Delta Data Systems	E0A10B101	2	ND
Delta Data Systems	P0A10M0-01	8	ND
Digital Equipment of Canada	VT100-AA	1	ND
Digital Equipment of Canada	VT52-AE	3	ND
Electrohome	CCTV	1	ND
Electrohome	V10-420	1	ND
Electrohome	V10-430	1	ND
Electrohome	V05-301	2	ND
Electrohome	V05-302	1	ND
Electrohome	S02202	3	ND
Electrohome	D02802	1	ND
Electrohome	2250 NTSC	1	ND
Electrohome	TELCO-KM-NK	1	ND
Electrohome	G12-002	1	ND
Electrohome	V23-007	1	ND
General Terminal	GTC 400	1	ND
Goodwood Data Systems	-	1	ND
Goodwood Data Systems	VDM-14	2	ND
Goodwood Data Systems	VDM-9	1	ND
Goodwood Data Systems	10862	1	ND
Goodwood Data Systems	10856	1	ND
Hazeltine	Modular One	1	ND
Heath (Zenith)	HE-Z89-48	1	ND
Heath (Zenith)	GR-4000	1	ND
Heath (Zenith)	D12	1	ND
Hewlett-Packard	HP2621P	1	ND
Hewlett-Packard	2645A	4	ND
Hewlett-Packard	9845C	1	ND
Hitachi	CUX-01	1	ND
IBM	3277	4	ND
IBM	2A Type 3279	1	ND
IBM	3B Type 3279	1	ND
IBM	50A	1	ND
IBM	3276-32	1	ND
Image Magnification	IMI-3000	1	ND
Image Magnification	MI-1	1	ND

\* ND = non décelable

Intergraph	Intergraph 3	1	ND
Intelligent Systems	Intecolor 8031	1	ND
Kratos	1930	1	ND
Lanpar	LS400	1	ND
Logicon	TP5600	2	ND
Micom	2000	2	ND
Micom	2001	1	ND
Mitsubishi Electric	RH-5B	2	ND
Motorola	-	3	ND
Motorola	XM-227-1X	1	ND
Motorola	XM-400-1Y	1	ND
Motorola	VP6-S1	1	ND
Motorola	VP4-S1	1	ND
Motorola	KT232-4	1	ND
Norango Computer Systems	-	1	ND
Ontel	OP-1R	1	ND
Panasonic	CT-110MC	1	ND
Projection Systems	CV3	2	ND
Raytheon	2652-500161	2	ND
Raytheon	RYC 7308-01	1	ND
Raytheon	Vucom 2	11	ND
Raytheon	401-2A	1	ND
Raytheon	402-2A	1	ND
Raytheon	-	10	ND
Radio Shack	TRS-80 Modèle 11	1	NC
Radio Shack	TRS-80 Modèle 111	1	NC
Radio Shack	TRS-80 Modèle 8201	1	NC
Radio Shack	TRS-80 Cat. No. 26-1062	1	NC
RCA	-	4	NC
RCA	2588	2	NC
Sanyo	DM5012CX	1	NC
Sanyo	VM4092U	1	NC
Sony	PVM-1211	1	NC
Sony	-	8	NC
Sony	KP7200	1	NC

---

\* ND = non décelable

Spectral Data	700DRB	1	ND*
Sperry Rand/Univac	CADE 1900	6	ND
Sperry Rand/Univac	3534-00	3	ND
Sycor	1500-5	2	ND
TCTS	Vucom 1	3	ND
TCTS	Vucom 11	8	ND
TCTS	Vucom 111	1	ND
Tektronix	4010S	1	ND
Tektronix	4013S	1	ND
Tektronix	4013	1	ND
Tektronix	4014	1	ND
Tektronix	4016	1	ND
Tektronix	4027	1	ND
Tektronix	J1000	1	ND
Teleram Communications	2277 Mark 11	1	ND
Teletype	40	2	ND
Televideo	TVA-912	1	ND
Toshiba	-	1	ND
Westinghouse	1600-S98-9005	1	ND
Xerox	850	1	ND
Moniteurs à l'aérogare de Dorval	-	7	ND
Moniteurs à l'aérogare de Mirabel	S-70-2028-01	1	ND
Moniteurs à l'aérogare de Mirabel	ARHL-1	1	ND
Moniteurs à l'aérogare de Mirabel	-	2	ND

---

\* ND = non décelable

**ANNEXE 6**

**NOUVEAUX APPAREILS POUR MESURER LES CHAMPS  
ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES ÉMIS PAR LES T.É.C.**

# VDT RADIATION SURVEY METER MODEL HI-3600

## NEW!

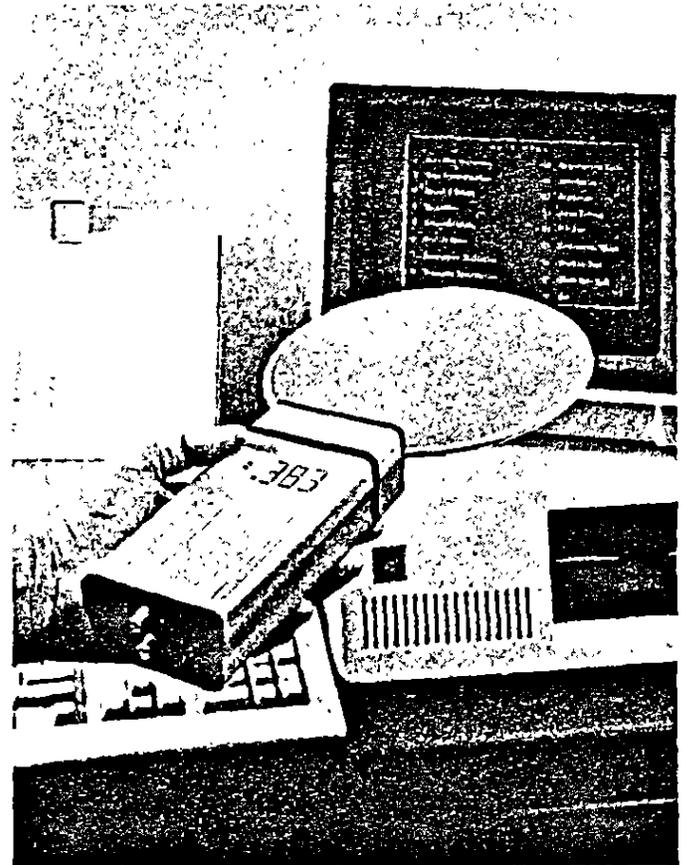
Holiday Industries announces its Model HI-3600 Radiation Survey Meter specifically designed for measuring the complex electro-magnetic field emissions from computers and video display terminals (VDT's).

## FEATURES:

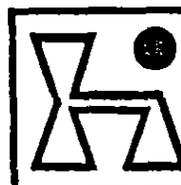
- True RMS Detection
- Auto-ranging
- Max Hold
- Optional Fiber Optic Remote Readout

*Prices subject to change without notice. 90 day limited warranty on workmanship and materials.*

June 15, 1987



The Model HI-3600 includes a combination sensing head with switchable elements for fast and easy measurement of both electric and magnetic fields. It comes complete with batteries, carrying case and instruction manual.



**HOLIDAY INDUSTRIES, INC.**

14825 Martin Drive  
Eden Prairie, MN 55344  
Telephone: (612) 934-4920  
Telex: 29-0922 FAX: (612) 934-3604

ACCURATE MEASUREMENTS OF NON-IONIZING RADIATION  
FROM VDT'S MADE EASY WITH HOLADAY INDUSTRIES MODEL  
HI-3600 RADIATION SURVEY METER

The HI-3600 uses a single sensing head with switch-selectable elements for measuring both electric and magnetic fields. Use of large scale integrated circuits (LSI) results in a compact, easy to use instrument for use in offices and other work areas.

Fields are detected using techniques developed for the National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH). This approach will measure compliance with the proposed revision to the ANSI Standard C95.1 - 198(7) using True RMS Detection over the frequency range from 10 KHz. to 300 KHz. commonly found in video display terminals. True RMS detection avoids the possibility of significant errors due to non-sinusoidal waveforms typical of VDT emissions.

The HI-3600 Survey Meter is powered by two nine volt alkaline batteries and features a tactile feedback membrane switch panel and a four digit LCD display.

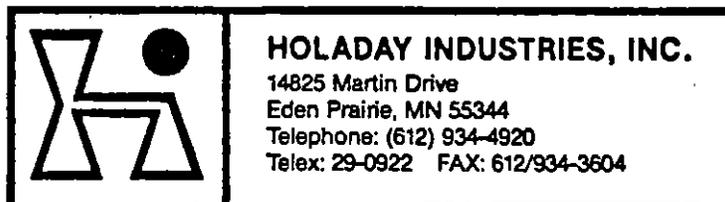
The sensitivity range for electric field measurements is from one volt per meter to 2000 volts per meter in three ranges. Magnetic field sensitivity is from one milliamp per meter to two amps per meter in three ranges. Ranges can be manually selected, or automatically selected using the autorange feature. The Max Hold feature can be used to capture and display maximum readings.

A separate output is provided for viewing the field waveforms on an oscilloscope for laboratory evaluation, or for making frequency measurements. An optional fiber optically coupled receiver is available for remote reading when minimum field perturbation is desired.

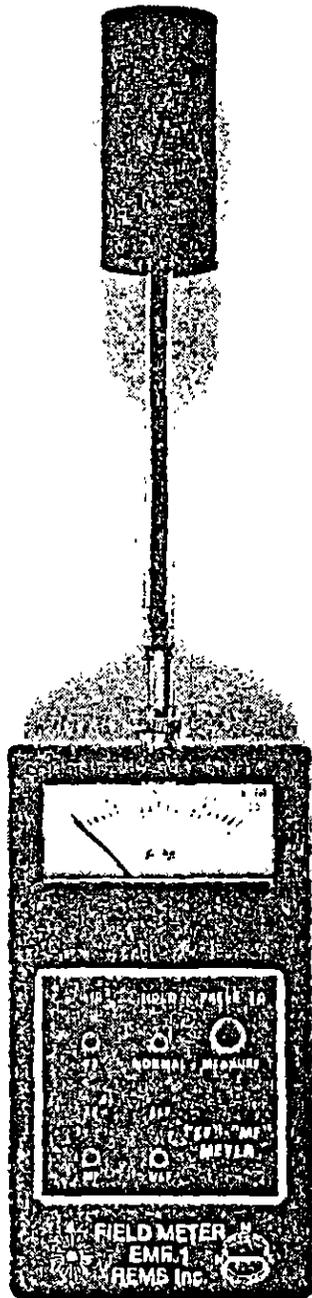
The HI-3600 system including the dual field sensor, the digital readout module, batteries, protective carrying case, and operation manual is priced at \$895.00 for July, 1987 delivery.

To order, contact Holaday Industries, Inc., 14825 Martin Drive, Eden Prairie, MN 55344 or telephone (612) 934-4920.

895 US\$ (1er mars 1988)



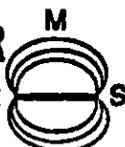
# REMS' EMF 1 METER FOR MEASURING *elf, vlf* ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS



The EMF 1 is a portable and battery-operated meter that detects and measures the strength of electric and magnetic fields near electrically operated devices like video terminals in the frequency bands of 50 to 5000 Hz low-frequency (elf) and 5 to 500 kHz very-low-frequency. It is ideally suited for assessing potential exposure to reactive and/or radiated elf and vlf EM fields near electronic appliances used in work and home environments. It is the first commercial field meter which is suitable for recording the field strength near:

- 
- Video Display Units
  - Communication Systems
  - Medical Equipment
  - Scientific Equipment
  - High-Tech Control Devices
  - High-Voltage Transmissions
- 

The meter is capable of measuring the electric field in the range of 0 to 1000 volts per meter and the magnetic field in the range 0 to 20 ampere per meter. The probe is designed to locate the fields and the direction of the fields from the device. The probe is calibrated for field interchangeability with the meter.


**FIELD METER**  
**EMF 1**  
**REMS Inc.**


# SPECIFICATIONS

## FEATURE

## DESCRIPTION

Frequency ranges

50 to 5000 Hz (elf)  
5 to 500 kHz (vlf)

Electric field (rms)  
Ranges for each band

0 to 100 V/m  
0 to 1000 V/m

Magnetic field (rms)  
Ranges for each band

0 to 2 A/m  
0 to 20 A/m

Overall accuracy  
under field conditions

± 3 dB

Reproducibility

± 1 dB

Response time

1 second

Battery operation

Rechargeable batteries

Operation temperature

0-60° C (32°-140° F)

Size (Provisional)

Meter

7½" × 4" × 2" (18 × 10 × 5 cm)

Probe

11½" long with 3" × 2" × 1½" head  
and ½" dia. connecting rod. (29 cm  
with 7.5 × 5 × 3.8 cm head and 1.25  
cm dia. connecting rod).

**PRICE: U.S. \$600.00 plus packing and forwarding.**



Radiation Environmental  
Management Systems Inc.

*Specialists in Environmental  
and Radiation Analysis*

**EKM Associates Inc.**

342 Consumers Road  
Toronto, Ontario M2J 1P8  
(416) 497-0605