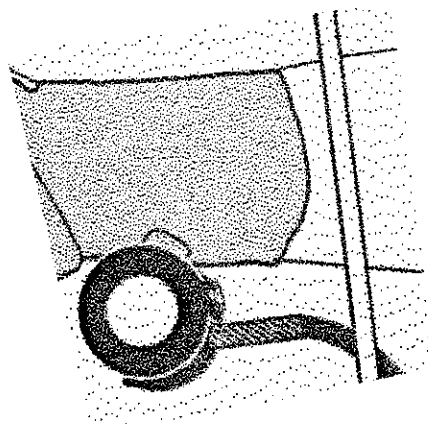


# Guide de mesure du rayonnement ultraviolet

Nature, sources industrielles,  
évaluation de l'exposition,  
recommandations et moyens  
de contrôle

Lambert Laliberté

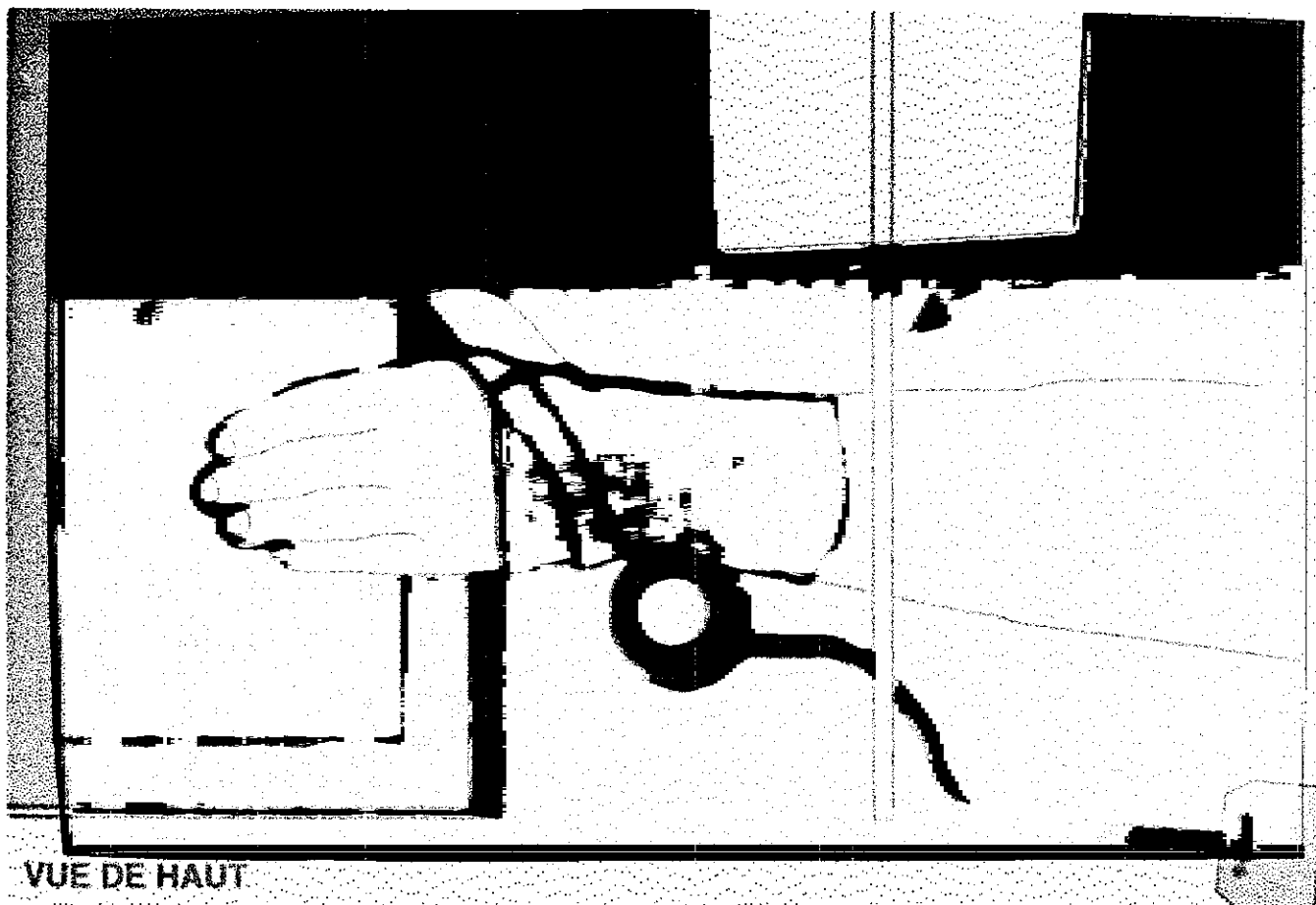


# BILANS DE CONNAISSANCES

Mai 1996

BG-048

GUIDE TECHNIQUE



VUE DE HAUT



**IRSST**  
Institut de recherche  
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,

# **Guide de mesure du rayonnement ultraviolet**

**Nature, sources industrielles,  
évaluation de l'exposition,  
recommandations et moyens  
de contrôle**

Lambert Laliberté  
Programme soutien analytique, IRSST

**RELAIS DE  
COMMUNICACIONES**

**GUIDE TECHNIQUE**

**Table des matières**

	page
AVIS AUX LECTEURS .....	v
I. NATURE DES RADIATIONS ULTRAVIOLETTES .....	1
A) Génération de radiations UV .....	1
B) Étendue spectrale et caractéristiques des radiations UV .....	1
C) Les radiations UV sont-elles ionisantes? .....	2
II. NOTIONS DE PHYSIQUE OPTIQUE .....	3
A) La source .....	3
B) La surface éclairée .....	3
C) Le détecteur .....	3
D) Le radiomètre .....	4
III. SOURCES INDUSTRIELLES DE RADIATIONS UV .....	5
IV. FONCTIONNEMENT DE L'APPAREIL IL 1400A .....	9
A) Le détecteur .....	9
B) Le radiomètre .....	10
V. MESURE DE L'ÉCLAIRAGE ÉNERGÉTIQUE EFFICACE DES UV .....	12
A) Protection personnelle contre les UV .....	12
B) Si l'exposition est constante .....	12
C) Si l'exposition n'est pas constante .....	16
VI. LIMITES D'EXPOSITION .....	18
VII. MESURES DE PROTECTION DU TRAVAILLEUR .....	21
VIII. RÉFÉRENCES .....	22
IX. BIBLIOGRAPHIE .....	24
ANNEXES .....	26

## Liste des figures

	page
Figure 1: Réponse cosinusoidale du correcteur en téflon .....	4
Figure 2: Pictogramme de mise en garde pour une source UV .....	5
Figure 3: Risques relatifs des UV et de la lumière bleue dus à différentes lampes .....	6
Figure 4: Contenu en UV pour différentes lampes .....	7
Figure 5: Courbe de pondération $S_\lambda$ en fonction des risques actiniques aux yeux et à la peau ....	9
Figure 6: Sonde UV montée sur un casque de sécurité pour évaluer l'exposition de l'œil .....	14
Figure 7: Sonde UV montée sur un harnais de fixation à la tête pour évaluer l'exposition de l'œil ...	14
Figure 8: Sonde UV montée sur une gaine à poignet pour évaluer l'exposition de l'avant-bras et de la main .....	15

## Liste des tableaux

	page
Tableau 1: Éclairage énergétique efficace pour différentes lampes nues .....	8
Tableau 2: Liste partielle d'agents potentiellement photosensibilisants .....	18
Tableau 3: Temps d'exposition permis aux UV .....	20

## Liste des annexes

	page
Annexe 1: Glossaire des termes et abréviations .....	26
Annexe 2: Efficacité à causer une photokératite en fonction de la longueur d'onde de la source UV ...	27
Annexe 3: Seuil de risque pour la lentille et pour la cornée chez le lapin .....	28
Annexe 4: Schéma représentant l'absorption d'un rayonnement UV dans le milieu oculaire .....	29
Annexe 5: Pénétration des UV dans la peau humaine en fonction de la longueur d'onde .....	30
Annexe 6: Spectre d'action érythémale .....	31

## AVIS AUX LECTEURS

---

L'abréviation UV veut dire ultraviolet.

**LE PRÉSENT DOCUMENT NE S'APPLIQUE PAS AUX LASERS DE RADIATIONS UV.**

**ASSUREZ-VOUS DE CONNAÎTRE LES EFFETS BIOLOGIQUES QUE PEUT ENTRAÎNER UNE EXPOSITION AUX UV ET LES MOYENS DE PROTECTION AVANT D'ENTREPRENDRE QUELQUE MESURE QUE CE SOIT. RÉFÉREZ-VOUS AU DOCUMENT DE L'IRSSST, DANS LA SÉRIE BILAN DE CONNAISSANCES, RAPPORT B-047 INTITULÉ «BILAN DES NORMES ET RECOMMANDATIONS D'EXPOSITION AUX CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES (0 À 300 GHZ) ET AU RAYONNEMENT ULTRAVIOLET» POUR PLUS D'INFORMATION.**

**LES MÉTHODES DE MESURE DU PRÉSENT DOCUMENT VISENT LE SYSTÈME IL-1430 DE INTERNATIONAL LIGHT.** Ce système comprend un détecteur UV sous vide, modèle SEL-240, qui couvre les longueurs d'onde 185 à 400 nm, un filtre modèle T2ACT3 qui pondère la radiation UV selon la courbe de risques actiniques  $S_{\lambda}$  muni d'un correcteur en téflon qui émule une surface parfaitement absorbante et un radiomètre modèle IL-1400A qui effectue la mesure et affiche les unités appropriées.

Le radiomètre IL-1400A à détecteur pondéré ne devrait pas être utilisé pour évaluer de façon précise les UV. Il est conçu dans le but de donner une valeur raisonnablement précise du risque de l'exposition aux UV. Pour des mesures de grande précision, il faut plutôt utiliser un radiomètre à monochromateur et pour les UV solaires, un radiomètre à double monochromateur.

Selon l'INIRC<sup>(1)</sup>, nos connaissances actuelles (1991) sur les effets chroniques et sur les mécanismes de blessures dus à l'exposition aux UV sont limitées.

Il existe sur le marché des dosimètres pour UV qui revêtent la forme de films chimiques et qui peuvent être placés sur la peau d'un individu. Cependant, leur réponse en longueurs d'onde pour suivre la courbe de risques actiniques  $S_{\lambda}$  n'est pas très bonne. Ils sont surtout utilisés pour faire des mesures relatives entre différents endroits du corps. Le tungstate de magnésium est présentement le meilleur composé chimique utilisé dans la fabrication de dosimètre à film qui respecte assez bien la courbe de pondération du spectre érythémal.

Un glossaire des termes et des abréviations est donné à l'annexe 1.

---

<sup>(1)</sup> International Non-Ionizing Radiation Committee

## I. NATURE DES RADIATIONS ULTRAVIOLETTES (UV)

### A) Génération de radiations UV

Il existe deux façons principales pour produire des rayons UV :

- 1) Par excitation d'un gaz ou d'une vapeur ;
- 2) Par chauffage d'un matériau jusqu'à son incandescence.

Le spectre d'émission obtenu par excitation est très différent de celui obtenu par incandescence.

L'excitation d'un gaz par une décharge électrique constitue l'une des façons les plus efficaces pour produire des UV. L'émission des UV a lieu lorsque les électrons des atomes passent d'un état excité à un état énergétique plus faible. Le gaz peut être en contact avec l'atmosphère, comme dans le cas de l'arc à électrodes de charbon ou l'arc de soudure. Il peut être isolé de l'atmosphère comme dans le cas des lampes. La pression du gaz dans les lampes varie de moins d'un pascal à plusieurs mégapascals (200 atmosphères). Différents gaz sont utilisés : mercure, xénon, krypton, argon, hydrogène, vapeurs d'halogénures métalliques, etc. [Dutt, 1979].

Le spectre du rayonnement dépend d'abord du gaz utilisé dans la lampe et de sa pression. À basse pression, il présente une série de raies caractéristiques du gaz utilisé. Ces raies s'élargissent et deviennent des bandes au fur et à mesure que la pression augmente. Le spectre devient continu à des pressions très élevées. On exploite les caractéristiques de transmission de l'enveloppe de la lampe afin de modifier au besoin la composition spectrale du rayonnement [Dutt, 1979].

Lorsque la température d'un corps atteint 3 000 à 3 500 °K, celui-ci commence à émettre des UV. Le spectre d'émission d'un corps incandescent est continu. Plus la température est élevée, plus il y a de radiations UV d'émission et plus il y a de rayonnements à courtes longueurs d'onde, les plus énergétiques. Cette énergie se mesure en électron-volt (éV).

### B) Étendue spectrale et caractéristiques des radiations UV

Les rayons ultraviolets (UV) couvrent la gamme de 4<sup>(1)</sup> nm (fin des rayons X longs) à 400 nm (début du violet visible).

Les radiations UV sont divisées en trois catégories par les physiciens, selon leur longueur d'onde :

#### – proches (300-400 nm)

Ces radiations sont moins absorbées par les cellules. Leur action biologique s'en trouve largement ralentie.

#### – loins (200-300 nm)

Ces radiations sont absorbées sélectivement par les tissus biologiques et produisent les effets les mieux connus des radiations UV sur l'organisme. L'ozone situé entre 30 et 50 km d'altitude absorbe les UV de longueurs d'onde inférieures à 290 nm. Une petite quantité de radiation solaire entre 290 et 320 nm (UVB) atteint la surface de la terre durant une journée sans nuage quand le soleil est loin au-dessus de l'horizon. Ces radiations augmentent avec l'altitude (1 % par 1 000 mètres) et atteignent de fortes intensités en montagne.

#### – extrêmement loins (4 nm-200 nm)

Les longueurs d'onde plus petites que 180 nm sont aussi appelées UV vacuum car elles ne peuvent se propager que dans le vide. Ces rayons sont absorbés par la plupart des substances et par l'air. Elles ne représentent donc aucun danger.

Les UV sont divisés en quatre catégories par les chimistes et biologistes :

#### – Lumière noire (UVA, 315 nm-400 nm)

Ces radiations sont utilisées pour la fluorescence de produits chimiques.

<sup>(1)</sup> Le début de la bande des UV n'est pas clairement défini. Les longueurs d'onde rapportées varient de 4 à 100 nm selon les auteurs.

- **Érythème (UVB, 280 nm à 315 nm)**  
Ces radiations causent un rougissement et un bronzage de la peau, la longueur d'onde 296,7 nm étant la plus efficace à causer un érythème.
- **Germicide (une partie des UVC, 220 nm à 280 nm)**  
Ces radiations tuent les bactéries, micro-organismes et champignons, la longueur d'onde 253,7 nm étant la plus efficace.
- **Ozone (une partie des UVC, 180 nm à 220 nm)**  
Ces radiations transforment l'oxygène en ozone dans l'air.

Or, les UVC vont de 100 à 280 nm, c'est donc dire qu'une faible portion des UVC est ionisante.

Les ondes non-ionisantes (les UVA, UVB et une large partie des UVC) ont la propriété importante d'être absorbées par les systèmes biologiques. Cette absorption cause des changements aux énergies rotationnelle et vibrationnelle des molécules constituant les tissus biologiques, entraînant une dissociation possible des molécules ou plus souvent, une dissipation d'énergie sous forme de fluorescence ou de chaleur.

Officiellement, les UV sont divisés par la Commission d'Éclairage Internationale (CEI) en trois groupes:

UVA: de 315 nm à 380-400 nm

UVB: de 280 nm à 315 nm

UVC: de 100 nm à 280 nm

### **C) Les radiations UV sont-elles ionisantes ?**

L'énergie de rupture des liens chimiques s'établit entre une valeur un peu plus petite que 1 et 15 eV. Les liens nucléaires des protons ont une énergie de l'ordre de 106 eV et plus. Puisque l'énergie photonique nécessaire à l'ionisation de l'oxygène et de l'hydrogène atomique est de l'ordre de 10-12 eV, il est raisonnable d'adopter une valeur de l'ordre de 10 eV (124 nm, gamme des UVC)<sup>(1)</sup> comme valeur minimale nécessaire pour produire une ionisation dans la matière biologique. On peut donc conclure que toute onde électromagnétique, incapable de produire une ionisation dans des tissus biologiques, a une énergie inférieure à 10-12 eV et par conséquent, peut être appelée onde non-ionisante [Wilkening, 1973]. D'autre part, les longueurs d'onde plus courtes que 124 nm sont ionisantes.

<sup>(1)</sup>  $E = hv$  et  $\lambda = c/f$  où: E: énergie en électron-volt; h: constante de Planck ( $6,63 \times 10^{-34}$ J-s); v: fréquence en hertz;  $\lambda$ : longueur d'onde en mètre; c: vitesse de la lumière ( $3 \times 10^8$ m/s); f: fréquence en hertz.



## II. NOTIONS DE PHYSIQUE OPTIQUE

---

[Salsi et al., 1993; Wilkening, 1973; Sliney et al., 1980]

### A) La source

---

L'émission d'une source est caractérisée en terme d'énergie:

– **Énergie radiante (Q):**

La capacité d'une onde électromagnétique à faire un travail. Exprimée en joules (J).

Elle peut aussi s'exprimer en terme de puissance:

– **Puissance radiante ( $\Phi$ ) ou flux radiant:**

Fréquence (1/seconde) à laquelle l'énergie (joules ou watts- secondes) est émise. Exprimée en watts (W).

### B) La surface éclairée

---

– **Éclairement énergétique (E) ou densité de flux radiant ou fréquence de dose en photobiologie:**

Flux radiant (watts) reçu par unité de surface ( $\text{cm}^2$ ). Habituellement mesuré en Watts/ $\text{cm}^2$  ( $\text{W}/\text{cm}^2$ ). Le détecteur doit toujours être dans le plan de la surface à évaluer. Pour un détecteur qui n'a pas une réponse uniforme sur tout le spectre d'intérêt mais obéit plutôt à une courbe d'action biologique ou chimique (c'est le cas du IL-1400A), alors l'éclairement énergétique (E) prend le nom d'éclairement énergétique efficace ( $E_{\text{eff}}$ ) et s'exprime en watts efficaces/ $\text{cm}^2$  ( $W_{\text{eff}}/\text{cm}^2$ ). Pour la mesure de l'éclairement énergétique, il faut s'assurer que le rayonnement intercepté par le détecteur soit plus large que la fenêtre du détecteur.

– **Exposition énergétique (H) ou dose en photobiologie:**

Mesure de l'énergie totale (watts-secondes ou joules) d'une radiation incidente à une unité de surface ( $\text{cm}^2$ ) dans un intervalle de temps donné. Habituellement mesurée en joules/ $\text{cm}^2$  ( $\text{J}/\text{cm}^2$ ). Le détecteur doit toujours être dans le plan de la surface à évaluer. Pour un détecteur qui n'a pas une réponse uniforme sur tout le spectre d'intérêt mais obéit plutôt à une courbe d'action biologique ou chimique (c'est le cas du IL-1400A), alors l'exposition énergétique (H) prend le nom d'exposition énergétique efficace ( $H_{\text{eff}}$ ) et s'exprime en joules efficaces/ $\text{cm}^2$  ( $J_{\text{eff}}/\text{cm}^2$ ). Pour la mesure de l'exposition énergétique, il faut s'assurer que le rayonnement intercepté par le détecteur soit plus large que la fenêtre du détecteur.

### C) Le détecteur

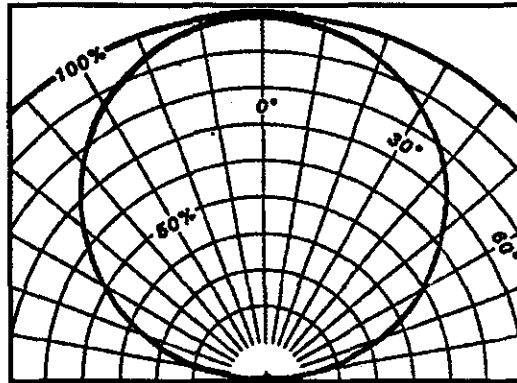
---

Pour la mesure de l'éclairage énergétique, le rayonnement intercepté par le détecteur doit être plus large que la fenêtre du détecteur.

– **Réponse cosinusoidale:**

Le correcteur blanc en téflon, placé au-dessus du filtre actinique, donne une réponse cosinusoidale au détecteur. C'est-à-dire, un maximum de sensibilité pour un faisceau perpendiculaire à la surface du détecteur ( $0^\circ$ ) et une décroissance de la sensibilité selon le cosinus de l'angle jusqu'à une réponse nulle pour un faisceau passant parallèlement à la surface du détecteur ( $90^\circ$ ). Voir la figure 1.

Puisque l'éclairement énergétique est une mesure de la densité de radiation tombant sur une surface, le détecteur doit agir comme une surface parfaitement absorbante (pour quantifier tous les photons contenus dans le faisceau de radiation). Or une surface parfaitement absorbante possède une réponse spatiale qui suit une réponse cosinusoidale. Imaginez une personne placée au fond d'un



SOURCE: [International Light, 1994]

**Figure 1 :** Réponse cosinusoidale du correcteur en téflon

puits et observant la lumière émise par le soleil qui balaie le ciel. Le fond du puits agit comme une surface parfaitement absorbante. L'intensité de la lumière au fond du puits varie avec le cosinus de l'angle que fait le soleil avec la verticale du puits.

#### **D) Le radiomètre**

Un instrument de mesure pour évaluer les risques actiniques doit être au moins 1000 fois plus sensible aux UVB et UVC qu'aux UVA et à la lumière visible.

### III. SOURCES INDUSTRIELLES DE RADIATIONS UV

Voici différentes applications industrielles des UV:

- Photoséchage de l'encre et des plastiques – UVA et UVB
- Procédé de photodurcissement – tous les UV
- Bronzage cosmétique – UVA et UVB
- Évaluation de l'atténuation des couleurs – UVA et UVB
- Dermatologie – tous les UV
- Dentisterie – UVA

Malgré le fait que pour certains de ces procédés, la longueur d'onde désirée se situe dans la bande des UVA, il s'ensuit presque toujours des UVB et UVC parasites ainsi que de la lumière visible violette.

#### - Soudage à l'arc:

Soudage à l'arc avec électrode enrobée (SMAW Shielded Metal Arc Welding) – spectre d'émission en UV non disponible.

Soudage à l'arc avec électrode de tungstène et gaz protecteur<sup>(1)</sup> (GTAW (TIG) Gas Tungsten Arc Welding) – tous les UV

Soudage à l'arc avec fil continu et gaz protecteur<sup>(1)</sup> (GMAW (MIG) Gas Metal Arc Welding) – tous les UV

Soudage à l'arc avec fil fourré et avec ou sans gaz protecteur (FCAW Flux Core Arc Welding) – spectre d'émission en UV non disponible.

Soudage au plasma (PAW Plasma Arc Welding) – tous les UV mais beaucoup plus faibles (environ 100 fois) que GTAW ou GMAW

#### - Les lampes germicides:

Lampe au mercure basse pression aussi appelée lampe au quartz. Son enveloppe est formée de quartz et non de verre ordinaire<sup>(2)</sup> afin d'être transparente aux UV. Elle émet des UVC et peut être utilisée dans les corridors d'hôpitaux,

salles des soins intensifs, salles d'opération et hottes de laboratoire biologique.

Leur utilisation dans les systèmes de ventilation demeure controversée [ACGIH, 1977].

Les lampes germicides utilisées dans les conduits d'air, toilettes et sas de laboratoire devraient posséder des interrupteurs d'ouverture de porte pour qu'elles arrêtent de fonctionner lorsqu'il y a présence d'une personne.

Les lampes germicides se retrouvent également dans les réfrigérateurs d'entrepôt, les boulangeries, brasseries, usines d'embouteillage, laiteries, fromageries, traitement de la nourriture, usines pharmaceutiques, usines de médicaments, de produits de beauté, de traitement des eaux et autres liquides destinés à la consommation, les couveuses à poussins, les fermes d'élevage et les chenils.

Des écriteaux devraient également avertir les gens de la présence de sources dangereuses. La figure 2 donne un exemple d'écriteau qui répond aux directives de la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE)



- Bordure, légende et symbole de couleur noire
- Fond de couleur jaune

ADAPTÉ DE: [Sloney et Wolbarsht, 1980]

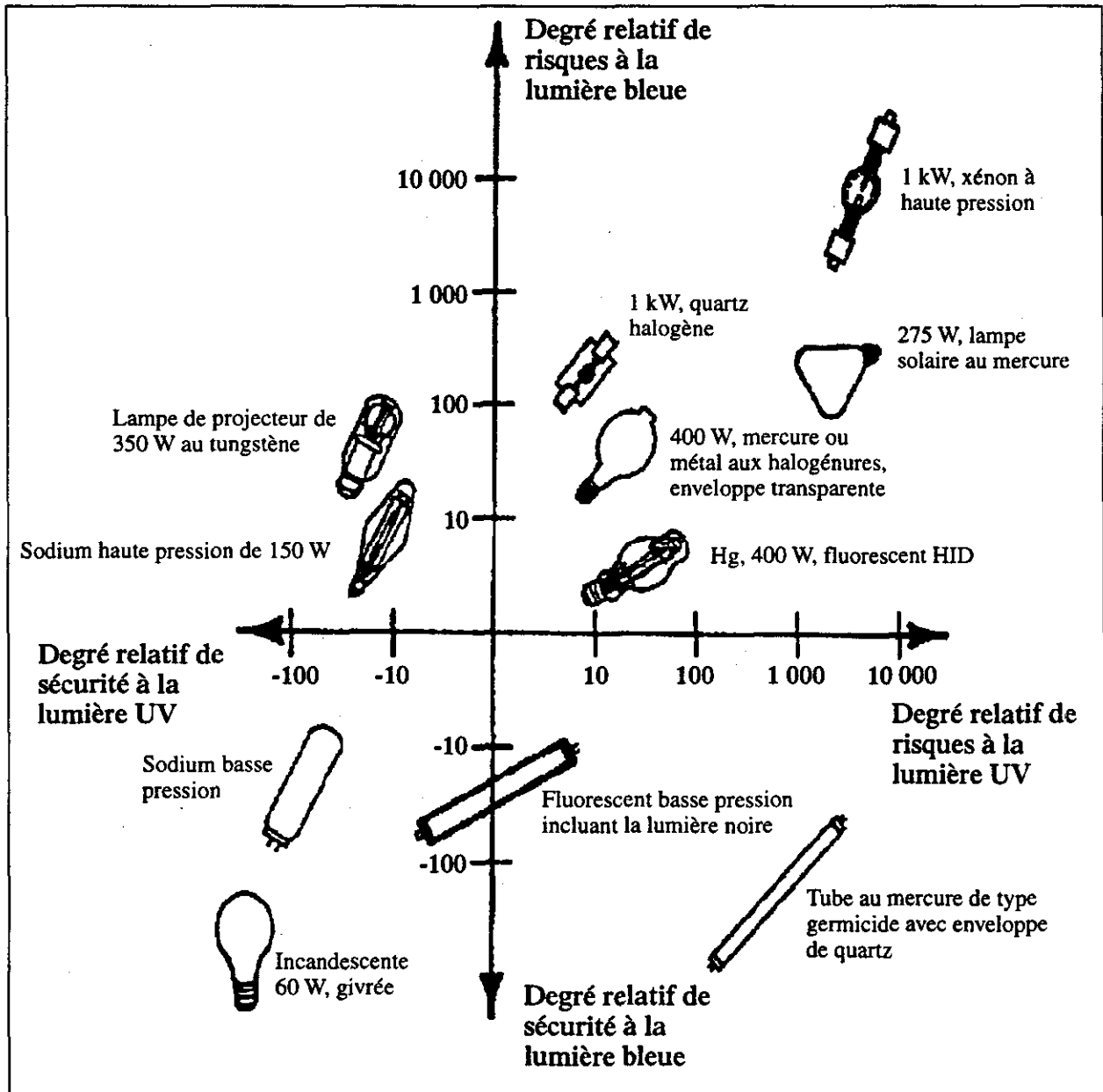
**Figure 2:** Pictogramme de mise en garde pour une source UV

<sup>(1)</sup> Ce type de soudage (GMAW avec argon pour des alliages ferreux et aluminium et GTAW avec hélium et alliages ferreux) cause le plus d'érythèmes et de photokératites chez les personnes mal protégées [Sloney et al, 1980].

<sup>(2)</sup> Le verre très pur est transparent aux UV mais il est très dispendieux.

La figure 3 illustre un plan cartésien dans lequel différentes lampes ont été placées en fonction de leurs risques relatifs actiniques en abscisse et

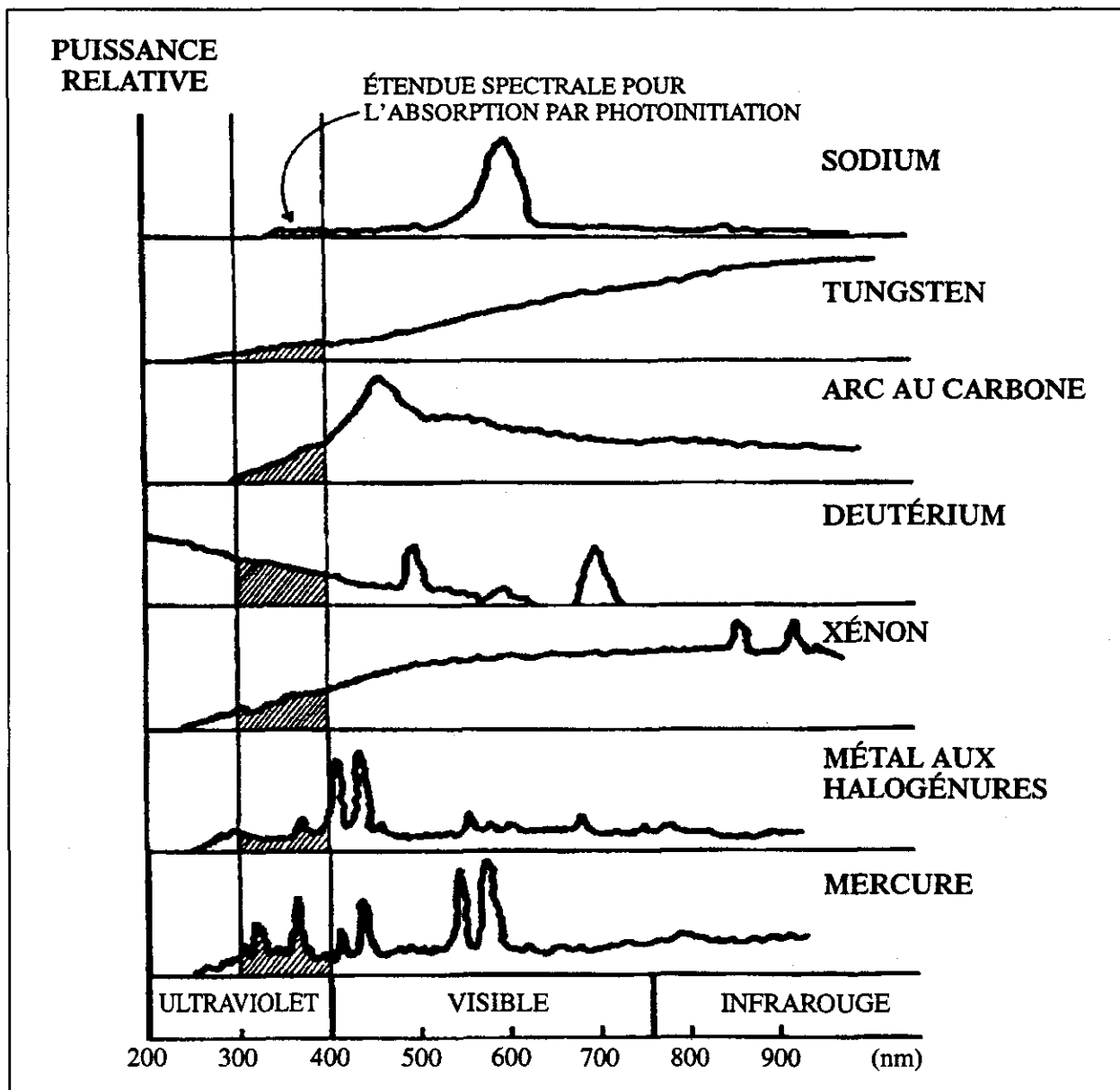
risques relatifs à la lumière bleue en ordonnée. La lumière bleue intense présente un risque à la rétine de l'œil.



SOURCE: [Sloney et Wolbarsht, 1980], reproduit avec permission, traduction de l'auteur.

**Figure 3:** Risques relatifs des UV et de la lumière bleue dus à différentes lampes

La figure 4 illustre la part de radiation UV émise par chacune des sources.



SOURCE : [Moss, 1979], traduction de l'auteur.

Figure 4: Contenu en UV pour différentes lampes

Le tableau 1 fournit un ordre de grandeur de l'intensité des UV pour différentes sources. Notez que ces valeurs ne sont valables que pour des

sources dépourvues de leur écran de verre ou filtre qui réduit le niveau des UV émis.

**Tableau 1: Éclairage énergétique efficace pour différentes lampes nues.**

Ces valeurs varient beaucoup et ne sont données qu'à titre comparatif.

TYPE DE LAMPES	ULTRAVIOLET*	
	$E_{\text{eff}}$ ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	$t_{\text{max}}$ (min)
Incandescent: Quartz-tungstène aux halogénures, DXW; 1-kW	2,1	24
Fluorescent HID: GE, HG400DX; 400-W	1,1	46
Sodium à haute pression: GE Lucalox; 150 W	0,008	aucun risque
Fluorescent basse pression:		
– «Cool White», GE, F40CW	0,14	360
– «Blacklight», Westinghouse, F40BL	0,12	420
– «Royal White», Sylvania, F403K	0,14	360
Lampe solaire: Sylvania type RSM, 275-W	510	0,1
Lampe au xénon à arc court: Hanovia 976C1	680	0,07
Lampe au mercure à pression moyenne et à revêtement transparent: 400-W Sylvania	1,0	50
Lampe à métal aux halogénures de pression moyenne et à revêtement transparent: Sylvania 400-W Metalarc	1,2	42

\* Les valeurs d'éclairage énergétique efficace ultraviolet sont pour une distance de 50 cm. L'éclairage énergétique efficace ultraviolet varie beaucoup d'une lampe à l'autre en fonction de l'épaisseur de l'enveloppe de verre.

SOURCE: [Slincy et Wolbarsht, 1980], traduction de l'auteur.

## IV. FONCTIONNEMENT DE L'APPAREIL IL 1400A

### A) Le détecteur

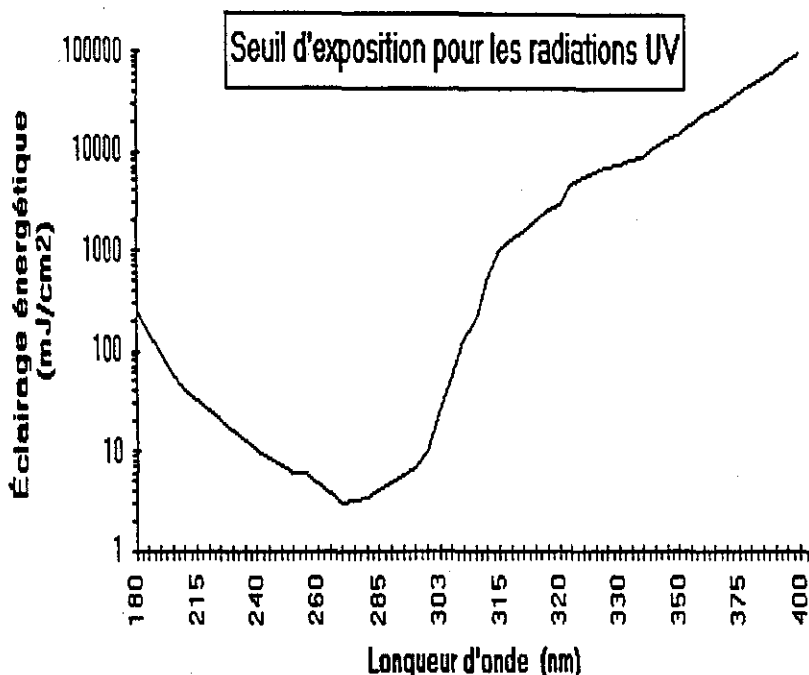
Il est formé d'une jonction p-n (diode) polarisée en sens inverse (par un biais). Les couples trou-électron créés à la jonction par suite de l'absorption du rayonnement (effet photoconducteur) sont séparés par la présence du champ électrique à la jonction, causant ainsi un courant électrique proportionnel à l'éclairement [Nonion.Rad. 583, 1977].

Le détecteur à diode SEL 240 opère sous vide afin d'éviter l'absorption des fréquences plus courtes que 250 nm. Il est muni d'un pare-soleil (atténuation de 1000 fois @ 395 nm) afin de faire une mesure précise des UV en excluant les longueurs d'ondes visibles et infrarouges.

Le SEL-240 et son filtre T2ACT3 mesurent les UV dans la gamme des longueurs d'onde 185-190 nm à 400 nm en pondérant les intensités selon la courbe de risques actiniques  $S_\lambda$  de l'ACGIH (figure 5) avec une gamme dynamique allant de 0,69  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  à 685<sup>(1)</sup>  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ .

La fonction de pondération du filtre transforme la lecture du radiomètre de  $\text{W}/\text{cm}^2$  en  $W_{\text{eff}}/\text{cm}^2$  c'est-à-dire en radiation efficace (à causer un érythème à la peau ou une kérato-conjonctivite à l'œil).

Noter que la courbe  $S_\lambda$  de l'ACGIH (figure 5) est basée sur la courbe du seuil minimal d'exposition pour causer une photokératite chez les humains dont la sensibilité maximale se situe à 270 nm [Philips, 1983] et sur le seuil de risque pour la lentille et pour la cornée chez le lapin de même que sur la sensibilité de la peau à l'érythème à la longueur de 296,7 nm et à 240 nm. Consulter les annexes 2 à 6 pour plus de renseignements.



D'APRÈS LES DONNÉES DE: [ACGIH, 95-96], permission d'utilisation accordée.

Figure 5: Courbe de pondération  $S_\lambda$  en fonction des risques actiniques aux yeux et à la peau.

<sup>(1)</sup> La valeur de 350  $\text{mW}/\text{cm}^2$  indiquée dans le catalogue et le manuel est erronée. Après vérification auprès du fabricant, la valeur de la limite supérieure est plutôt de 690  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ . Une valeur de 685  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  a été trouvée expérimentalement par l'auteur.

## B) Le radiomètre

Le radiomètre possède 6 boutons dont les fonctions sont:

### 1) ON-OFF

Pour mettre l'instrument en et hors circuit. L'instrument s'éteint de lui-même après 10 minutes de veille s'il est en mode signal. En mode d'intégration, cette fonction est désactivée.

### 2) VERROUILLAGE-BOUTONS (situé sur le côté droit de l'instrument)

Ce bouton a été ajouté par l'IRSST afin d'éviter la commutation accidentelle d'un bouton lorsque l'instrument est porté à la ceinture d'un travailleur. La position «en fonction» verrouille tous les boutons alors que la position «hors fonction» permet leur fonctionnement normal. N.B. L'instrument peut être allumé même lorsque le bouton VERROUILLAGE est en position «en fonction» mais il ne peut plus être éteint. C'est le seul bouton qui conserve une demi-fonction lorsque le bouton VERROUILLAGE est activé.

### 3) SIGNAL

Pour afficher de façon continue l'éclairement énergétique efficace en  $W_{\text{eff}}/\text{cm}^2$ .

### 4) ZÉRO

Pour mettre en mémoire le bruit de fond du détecteur si sa fenêtre est bloquée et le soustraire de toutes les valeurs affichées, c'est-à-dire le zéro usuel de l'instrument. Ou, pour un cas particulier, mettre en mémoire une intensité donnée de radiation lue par sa fenêtre et la soustraire de toutes les valeurs mesurées.

### 5) INTEGRATE

Pour mettre en marche le mode d'intégration et afficher de façon continue l'énergie en  $J_{\text{eff}}/\text{cm}^2$ . L'échelle «HI» est préférable pour tous les cas sauf si la source est très faible,

l'échelle «LOW» est alors choisie. Appuyez deux fois sur le bouton «INTEGRATE», en deçà d'une seconde, pour alterner entre les échelles. L'intégration recommence s'il y a changement d'échelle. Si le bouton «INTEGRATE» est enfoncé durant une intégration, l'affichage tombe à zéro et l'intégration recommence.

### 6) HOLD

Gèle l'affichage en mode signal.

Gèle l'affichage sans arrêter l'intégration en mode d'intégration.

### Sortie pour enregistreur

Le voltage varie de 100 mV à 1000 mV avec une résolution de 1 mV. Lorsque la valeur atteint 999 mV l'échelle augmente d'une décade et la plume retombe à 100 mV. Les valeurs négatives sont redressées et donneront une valeur positive équivalente. L'impédance de sortie est de 408 ohms. L'incertitude de cette sortie est de  $\pm 1\% \pm 4$  millivolts.

### Autonomie

Avec des piles fraîches, le IL 1400 possède une autonomie de 54 heures consécutives. Lorsque les piles sont faibles (voltage inférieur à 4,95 V), «BAT LO» clignote sur l'écran. L'instrument continuera de fonctionner pendant environ 10 heures sans garantie d'exactitude.

### Remplacement des piles

Pour remplacer les 4 piles AA, il faut retirer les 4 vis en étoile au dos de l'instrument (tournevis en étoile fourni dans la valise) et retirer lentement le couvercle afin de ne pas endommager les fils qui sont reliés aux piles placées dans le couvercle. (Des piles fraîches sont contenues dans la valise).

### Incertainité

Le IL 1400A est à  $\pm 3\%$  du standard de transfert d'étalonnage de International Light. Lui-même à  $\pm 3\%$  du standard du N.I.S.T.<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> National Institute of Science and Technology.



Le standard du N.I.S.T. varie de  $\pm 6\%$  de la valeur absolue. La linéarité du IL-1400A atteint  $\pm 0,5\%$  (pour des courants inférieurs à 100 nanoampères). Le maximum d'erreurs de lecture du IL-1400A est donc de  $\pm 12,5\%$ . Nous ne pouvons vous préciser avec quelle certitude cette erreur est exacte puisque le fabricant ne nous a pas fourni les intervalles de certitude de ses erreurs. Cette erreur de lecture totale de  $12,5\%$  n'englobe pas l'erreur entre la courbe de pondération du filtre de la sonde et la courbe de pondération théorique (selon l'ACGIH) que devrait avoir le filtre. Nous tentons d'obtenir du fabricant des valeurs d'étalonnage qui nous permettront de l'évaluer.

#### **Température d'opération**

5° à 40 °C

#### **Blindage**

Le boîtier de plastique du IL-1400A contient du nickel afin de lui conférer des propriétés de blindage contre les radiofréquences.

#### **Pince d'attache**

L'IRSST a ajouté une pince d'attache à l'arrière de l'instrument pour permettre la fixation de l'instrument à la ceinture du travailleur.

## V. MESURE DE L'ÉCLAIRAGE ÉNERGÉTIQUE EFFICACE DES UV

Les méthodes de mesure décrites dans le présent chapitre sont valables pour des sources (autres que laser) d'UV monoraie, multiraies ou à spectre continu et visent le système IL-1430 de International Light. Ce système comprend un détecteur UV sous vide, modèle SEL-240, qui couvre les longueurs d'onde 185 à 400 nm, un filtre modèle T2ACT3 qui pondère la radiation UV selon la courbe de risques actiniques  $S_\lambda$  muni d'un correcteur en téflon qui émule une surface parfaitement absorbante et un radiomètre modèle IL-1400A qui effectue la mesure et affiche les unités appropriées.

### A) Protection personnelle contre les UV

**PORTEZ LA PAIRE DE LUNETTE ANTI-UV FOURNIE**, soit de couleur ambre pour une bonne visibilité en milieu normal ou sombre ou de couleur grise pour une atténuation de la lumière bleue de 400 à 550 nm provenant d'une source lumineuse intense, comme d'une ampoule à arc. Placez le IL 1400 en mode signal et approchez-vous lentement de la source. Assurez-vous que la valeur au niveau de vos membres ne dépasse pas 100 microwatts/cm<sup>2</sup>, valeur pour laquelle une exposition de 30 secondes est permise pour la journée ce qui vous laisse le temps de vous retirer et de vous habiller en conséquence: protégez l'épiderme de vos membres et de votre visage par des vêtements et des gants opaques aux UV. Les vêtements en polyester et coton, à manches longues, offrent la meilleure protection. Ils bloquent 99 % des UV entre 270 et 400 nm [Roy, 1988]. La finette ou pilou et la popeline sont aussi recommandées [Hughes, 1978]. Pour une protection optimale, il est recommandé de choisir du tissu fabriqué à partir d'un fil épais et formé d'un tissage suffisamment serré (250 g/m<sup>2</sup>) pour être opaque à la lumière visible. Pour la protection des mains, il est recommandé d'utiliser des gants en cuir [Roy, 1988].

Si vous êtes en présence d'UVC inférieurs à 240 nm, il y a formation d'ozone. De plus, certaines lampes à pression moyenne au mercure en génèrent plus durant leur période de réchauffement qu'une fois leur température de fonctionnement atteinte. Le nez peut détecter des concentrations aussi faibles que 10 à 20 ppb [Phillips, 1983]. Il est important de contrôler la concentration d'ozone qui est un irritant très puissant des voies respiratoires. La valeur d'exposition du RQMT est de 0,05 ppm (valeur plafond).

D'autres contaminants toxiques tels que des oxydes d'azote sont générés par les UVC inférieurs à 160 nm. Il est important de les mesurer et s'il y a lieu, de les contrôler par une ventilation adéquate [ACGIH, 1977].

### B) Si l'exposition est constante

Pour évaluer rapidement la stabilité d'une source UV, le détecteur et la source ne doivent pas bouger. Faites le zéro de l'instrument comme en 2) ci-bas et placez-le en mode « SIGNAL ». Placez le détecteur sur son support (fourni dans la valise) et pointez-le dans la direction de la source. Ne le déplacez plus. Appuyez sur « zéro ». La valeur de l'exposition est mise en mémoire et soustraite de toutes les autres mesures subséquentes. Si la radiation est constante, l'instrument lira zéro sur une assez grande période de temps. Si la source décroît en intensité, la valeur deviendra négative et si la source augmente en intensité la valeur deviendra positive.

Pour évaluer plus précisément la stabilité d'une source UV, le détecteur et la source ne doivent pas bouger. Faites le zéro de l'instrument comme en 2) ci-bas et placez-le en mode « INTEGRATE HI ». Placez le détecteur sur son support (fourni dans la valise) et pointez-le dans la direction de la source. Laissez-le intégrer pendant « x » minutes exactement. Appuyez sur « HOLD » puis appuyez sur « ZÉRO ». La valeur de l'intégration est mise en mémoire et soustraite de toutes les autres mesures subséquentes. L'instrument retourne par lui-même dans le mode « SIGNAL » après avoir appuyé sur

(1) Règlement sur la qualité du milieu de travail.

«ZÉRO». Redémarrez l'intégration pendant exactement «x» minutes, puis appuyez sur «HOLD». Si la radiation est constante, l'instrument lira zéro car la première intégration de «x» minutes mise en mémoire en appuyant sur «ZÉRO» se soustraira de la deuxième intégration de «x» minutes. Si la source décroît en intensité, la valeur deviendra négative et si la source augmente en intensité la valeur deviendra positive.

**N.B.** Pour qu'une source UV soit constante, elle doit avoir atteint sa température normale d'opération. Ne prenez pas de mesure sur une source qui vient juste d'être mise en circuit. Attendez au moins quinze minutes avant de prendre des lectures ou vérifiez sa constance selon les directives ci-haut.

Une lampe UV décroît d'intensité relativement vite (10 % en 2 000 heures pour des lampes germicides, 20 % après 100 heures et 40 % après 2 000 heures pour une lampe solaire fluorescente). Il est préférable de prendre des mesures avec des lampes relativement neuves afin de mesurer l'exposition maximale. Essayez d'obtenir l'âge (en heures de fonctionnement) de la source lorsque vous en faites l'évaluation. Il est possible de connaître la décroissance de l'intensité d'une source en fonction de ses heures de fonctionnement par les données techniques du fabricant. Il sera ainsi possible d'estimer l'exposition au moment de l'installation d'une lampe neuve. L'intensité des lampes UV varie avec leur température, le voltage de la ligne d'alimentation et avec la vitesse de l'air ambiant (facteur important lorsqu'elles sont placées dans un conduit de ventilation). **L'amélioration constante des lampes avec des matériaux toujours plus performants augmente leur durée de vie et les valeurs ci-haut doivent être considérées avec prudence.**

- 1) Branchez le détecteur (assurez-vous que l'instrument est éteint) en insérant le connecteur plat, d'un côté ou de l'autre, sur les doigts de connections situés à la tête de l'instrument.

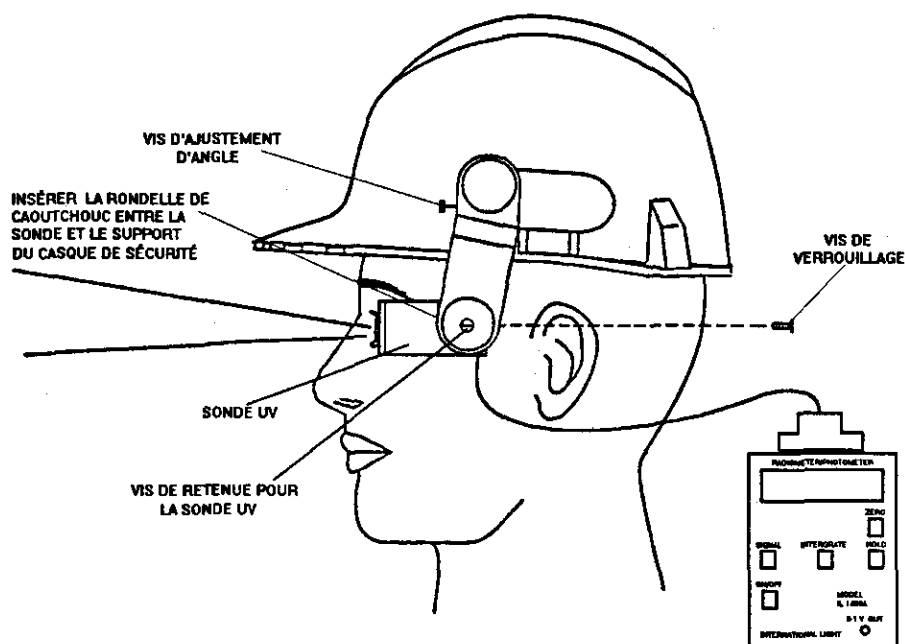
- 2) Faites le zéro de l'instrument comme suit:

Mettez l'instrument en marche. Placez le détecteur face contre table de sorte qu'aucune source de radiation UV n'atteigne le détecteur. Appuyez sur le bouton «zéro».

- 3) Une fois votre protection assurée ou si vous obtenez une valeur d'exposition beaucoup plus basse que 100 microwatts/cm<sup>2</sup> (30 sec. d'exposition par jour à cette valeur) vous pouvez alors procéder à la mesure sans qu'il soit nécessaire de protéger votre peau. Consultez le tableau 2, à la section VI du présent document, pour les temps d'exposition permis en fonction de l'intensité efficace de la source.
- 4) **La face plane du détecteur, renfermant le correcteur en téflon, doit toujours être dans le plan de la surface à évaluer.** La face plane du détecteur doit se confondre avec la surface de peau exposée du travailleur ou la cornée de son œil. C'est-à-dire que le cylindre du détecteur doit être orienté perpendiculairement à la surface la plus exposée du corps lors de l'évaluation de l'exposition de la peau et orienté parallèlement à la ligne de vue du travailleur lors de l'évaluation de l'exposition des yeux.

Pour vous faciliter la prise de mesure parallèlement aux yeux d'un travailleur, nous vous fournissons un chapeau de sécurité, autour duquel, placés de part et d'autre, nous retrouvons des bras pivotants, auxquels le détecteur peut être raccordé. Le détecteur est attaché au bras pivotant du casque par l'entremise d'une seule vis de retenue et d'un joint torique en caoutchouc, placé entre le détecteur et le bras. Une vis de verrouillage peut être ajoutée. Elle entre par l'arrière du détecteur et bloque la vis de retenue entrant par son côté (figure 6).

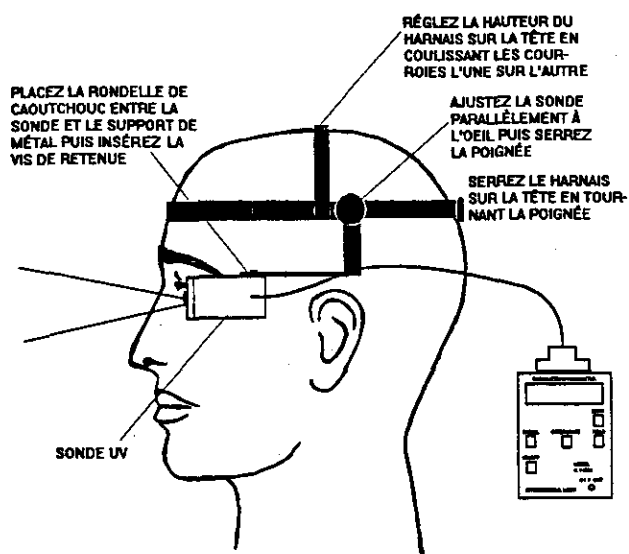
**N.B.** Quatre pinces de retenue ont été enfilées sur le câble de la sonde UV afin de le rattacher aux vêtements du travailleur.



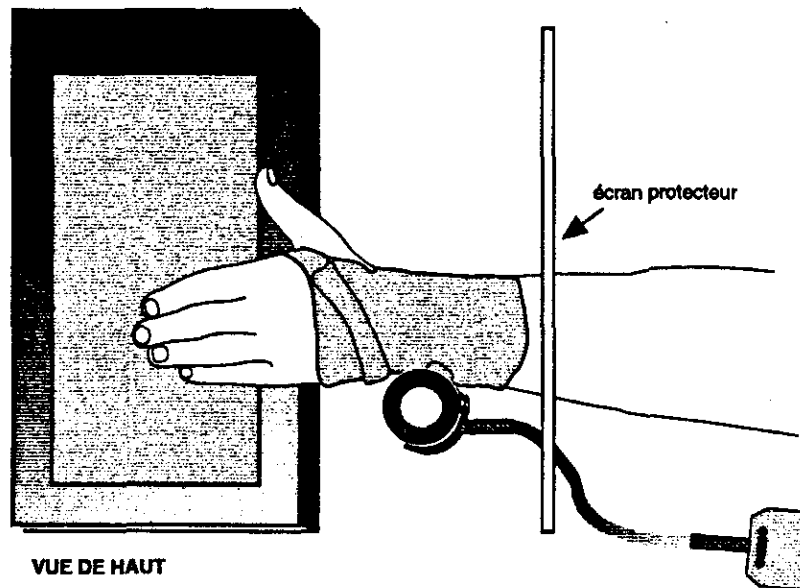
**Figure 6:** Sonde UV montée sur un casque de sécurité pour évaluer l'exposition de l'œil

**ATTENTION!:** Si le travailleur porte un chapeau de sécurité dans l'exécution normale de son travail, la substitution des chapeaux peut être faite sans affecter l'intensité des UV atteignant son œil. Par contre, s'il ne porte pas de chapeau pendant son

travail, son utilisation pourrait bloquer l'entrée des rayonnements UV au détecteur. Vous devriez plutôt utiliser le détecteur avec le harnais de fixation illustré à la figure 6.



**Figure 7:** Sonde UV montée sur un harnais de fixation à la tête pour évaluer l'exposition de l'œil



**Figure 8 :** Sonde UV montée sur une gaine à poignet pour évaluer l'exposition de l'avant-bras et de la main

Pour évaluer l'exposition aux mains ou aux avant-bras, placez la sonde UV par l'entremise de son support de table, à l'endroit où l'avant-bras ou la main est le plus susceptible de s'approcher de la source.

Dans l'impossibilité de placer la sonde près du point d'exposition maximale, on pourra utiliser la gaine à poignet munie de la sonde UV. Cette gaine de cuir permet de monter la sonde UV au poignet du travailleur grâce à ses attaches de velcro et à son godet muni d'attaches à pression dans lequel la sonde est placée (figure 8). Il est important de se rappeler que la sonde effectue une mesure représentative de l'exposition de la surface de peau qui lui est contiguë. Ainsi, si la paume de la main est plus souvent éclairée que le dessus, la mesure ne sera pas représentative de l'exposition de la paume. Il est donc important d'observer la façon que la personne place ses mains lors de son travail afin de savoir si la sonde mesure la surface la plus souvent éclairée par les UV. Nous voulons à cette fin fabriquer un deuxième gant pour la main droite de même que l'installation d'un ruban de velcro qui parcourra toute la circonférence du poignet afin que la position de la sonde puisse être optimisée en fonction de la position des mains.

- 5) Pour la mesure de l'éclairement énergétique, il faut s'assurer que le rayonnement intercepté par le détecteur soit plus large que la fenêtre du détecteur. Et ce, surtout lorsque les mesures s'effectuent près de la source ou d'une ouverture qui laisse échapper la radiation. Il est peu probable que le problème se pose lorsque l'on est loin de la source, car le rayon s'élargit avec la distance. Toutes les sources UV émettent généralement de la lumière visible ce qui nous permet d'effectuer facilement ce test.
- 6) Placez le IL 1400 en mode signal et notez la valeur de l'intensité de l'exposition en  $W_{eff}/cm^2$ . N'oubliez pas que la poussière atténue l'intensité des UV.
- 7) Divisez la recommandation pour 8 heures de  $0,003 J_{eff}/cm^2$  par la valeur d'exposition en  $W_{eff}/cm^2$ . Notez que des Joules sont des Watts•secondes. Il est donc important que les Joules soient divisés par des Watts et non des microwatts ou milliwatts si vous désirez obtenir des secondes comme temps d'exposition. Vous obtiendrez un temps en secondes d'exposition permis pour la valeur d'exposition, à la condition bien sûr que cette dernière valeur reste la même pour toute la journée.

Consultez le tableau 3, à la section VI de ce document et comparez votre réponse avec les valeurs déjà calculées afin de vous assurer de la validité de votre calcul.

### **C) Si l'exposition n'est pas constante**

La personne se déplace ou la radiation change d'intensité:

- 1) Branchez le détecteur (assurez-vous que l'instrument est éteint) en insérant le connecteur plat, d'un côté ou de l'autre, sur les doigts de connections situés à la tête de l'instrument.
- 2) Faites le zéro de l'instrument comme suit :  
Mettez l'instrument en marche. Placez le détecteur la face contre table de sorte qu'aucune source de radiation UV n'atteigne le détecteur. Appuyez sur le bouton « zéro ».
- 3) Une fois votre protection assurée ou si vous obtenez une valeur d'exposition beaucoup plus basse que 100 microwatts/cm<sup>2</sup> (30 sec. d'exposition par jour à cette valeur) vous pouvez procéder à la mesure. Consultez le tableau 3 de la section VI du présent document pour les temps d'exposition permis en fonction de l'intensité efficace de la source.
- 4) La face plane du détecteur, renfermant le correcteur en téflon, doit toujours être dans le plan de la surface à évaluer. La face plane du détecteur doit se confondre avec la surface de peau exposée du travailleur ou la cornée de son œil. C'est-à-dire, que le cylindre du détecteur doit être orienté perpendiculairement à la surface la plus exposée du corps lors de l'évaluation de l'exposition de la peau et orienté parallèlement à la ligne de vue du travailleur lors de l'évaluation de l'exposition des yeux.
- 5) Pour la mesure de l'éclairement énergétique, il faut s'assurer que le rayonnement intercepté par le détecteur soit plus large que la fenêtre du détecteur. Et ce, surtout lorsque les mesures s'effectuent près de la source ou d'une ouverture qui laisse échapper la radiation. Il est peu probable que le problème se pose lorsqu'on est

loin de la source, car le rayon s'élargit avec la distance.

- 6) Théoriquement, il faut intégrer le flux lumineux sur 8 heures ou de façon plus pratique, sur une courte période de temps (supposons 30 minutes c'est-à-dire le 1/16 de 8 heures) représentative des cycles de travail de la personne.
- 7) Placez le IL-1400 en mode «INTEGRATE HI» à moins que le signal ne soit très faible, dans lequel cas, placez-le en mode «INTEGRATE LOW».
- 8) Laissez l'instrument fonctionner pendant la durée de la période choisie (30 minutes dans notre exemple). N'oubliez pas que la poussière atténue l'intensité des UV.
- 9) Multipliez la valeur d'intégration en  $J_{\text{eff}}/\text{cm}^2$  par le dénominateur de la fraction que représente votre période représentative par rapport à toute la journée (16 dans notre exemple) afin d'obtenir la valeur d'intégration totale pour 8 heures.
- 10) Comparez cette valeur avec la recommandation pour 8 heures de 0,003  $J_{\text{eff}}/\text{cm}^2$  du guide de l'ACGIH 1995-96.

Afin d'évaluer de façon plus précise une période représentative de la journée de travail d'une personne, reliez le port de sortie du IL-1400 à un enregistreur à papier à l'aide du câble fourni.

Placez le IL-1400 en mode «INTEGRATE HI» à moins que le signal soit très faible, dans lequel cas, placez-le en mode «INTEGRATE LOW». Faites un essai d'abord en observant les pas de la plume de l'enregistreur durant une période d'irradiation du travailleur. Si la plume dévie trop lentement en mode «HI» et ne vous donne pas assez de résolution, passez à «INTEGRATE LOW».

Observez sur l'enregistreur, les différentes périodes pendant lesquelles la courbe est progressive (période d'irradiation). Notez si les périodes d'irradiation durent à peu près le même temps et si les énergies intégrées durant ces périodes sont similaires en soustrayant la valeur finale de la valeur initiale.

**ATTENTION!:** Chaque retour à zéro de la plume vous indique que l'intégrateur a augmenté son échelle d'un facteur de 10.

Lorsque vous aurez trouvé une période de temps qui se répète successivement avec la même énergie, multipliez cette énergie par le nombre de périodes contenues dans la journée de travail de la personne. Cette valeur représente l'énergie totale qu'aura absorbée la personne après la durée de son travail.

Comparez cette valeur avec la recommandation pour 8 heures de  $0,003 J_{\text{eff}}/\text{cm}^2$  de l'ACGIH 1995-96.

Vous pouvez aussi calculer une valeur moyenne de puissance d'irradiation en  $W_{\text{eff}}/\text{cm}^2$  en divisant l'énergie accumulée sur une période de temps en  $J_{\text{eff}}/\text{cm}^2$  par la durée de cette période en seconde.

Divisez la recommandation pour 8 heures de  $0,003 J_{\text{eff}}/\text{cm}^2$  par la valeur d'exposition moyenne en  $W_{\text{eff}}/\text{cm}^2$ . Vous obtiendrez un temps en secondes d'exposition permise pour la valeur d'exposition à condition bien sûr que cette valeur moyenne d'exposition reste à peu près pareille pour toute la journée.

## **VI. LIMITES D'EXPOSITION**

---

**ATTENTION!:** Les limites d'exposition ne s'appliquent pas aux personnes photosensibles ou exposées à des agents photosensibilisants (tableau 2) ou personnes aphakes (sans cristallin). La durée d'exposition doit être supérieure à 0,1 seconde. Pour les personnes souffrant de photoallergies ou de phototoxicité, vous ne devez plus appliquer ces recommandations. Consultez plutôt un médecin ou un dermatologue pour des directives concernant ces personnes [Rayonnement UV, 1980].

– **ACGIH<sup>(1)</sup> 1995-1996:**

Pour une mesure effectuée avec une sonde pondérée selon la courbe de risques actiniques  $S_{\lambda}$  (figure 5) la recommandation pour 8 heures est de  $0,003 J_{\text{eff}}/\text{cm}^2$ .

– **INIRC<sup>(2)</sup>:**

Idem

---

<sup>(1)</sup> American Conference of Governmental Industrial Hygienist.

<sup>(2)</sup> International Non-Ionizing Radiation Committee.



Tableau 2 : Liste partielle d'agents potentiellement photosensibilisants

PRODUIT	DÉNOMINATION COMMUNE OU NOM CHIMIQUE	PRODUIT	DÉNOMINATION COMMUNE OU NOM CHIMIQUE
Traitement pour l'acné	Acide rétinoïque (trétinoïne) Rétine-A	Antipsoriatiques (aussi contenus dans les cosmétiques)	Goudron de houille et ses dérivés, goudron de bois et produits du pétrole
Antibactériens	Sulfonamides (sulfaméthoxazol, sulfisoxazol, trisulfapyrimidines), acide nalidixique, triméthoprime et sulfaméthoxazol, salicylanilides halogénés, carbanilides halogénés, phénols halogénés, (antibactériens dans les pains de savon désodorisant, antiseptiques, cosmétiques)	Diurétiques (et antihypertenseurs)	Chlortalidone, furosémide, thiazines et associations
Antibiotiques	Tétracycline et ses dérivés: chlortétracycline, déméclocycline, doxycycline, méthacycline, minocycline, oxytétracycline	Colorants	Acridine, anthracène, éosine (rouge à lèvres), érythrosine, fluorescéine, méthyle violet, bleu de méthylène, rouge orange, rose Bengale, bleu de toluidine, trypaflavine, bleu de trypan
Anticonvulsifs	Carbamazépine, triméthadione	Œstrogènes et progestérones	Mestranol et norétynodrel, diéthylstilbestrol
Antidépresseurs	Amitriptyline, désipramine, doxépine, imipramine, nortriptyline, protriptyline	Mélanogènes (aussi contenus dans les cosmétiques)	Furocoumarines (méthoxy-5, sporalène, méthoxy-8 psoralène, triméthyl-4,5,8 psoralène)
Antidiabétiques (Hypoglycémiant)	Sulfonylurés (acétohexamide, chlorpropamide, tolazamide, tolbutamide)	Parfums et articles de toilette (huiles essentielles contenues dans les cosmétiques)	Contenant des huiles étherées, huile de bergamote, huile de cèdre, cédrat, lavande, citron, lime, romarin, bois de santal
Antihistaminiques	Diphenhydramine, prométhazine, triprolidine, chlorphéniramine	Tranquillisants	Chlorprothixène, doxépine, halopéridol, loxapine, thiothixène
Antimicrobiens/ anti-infectieux	Griséofulvine		Phénothiazines: acétophénazine, chlorpromazine, fluphénazine, perphénazine, prochlorpérazine, thioridazine, trifluopérazine, triflupromazine

SOURCE: [FDA, 1980], traduction de l'auteur.

Le tableau 3 ci-bas, donne les durées permises d'exposition pour différents niveaux d'éclairement énergétique efficace. Ces valeurs (en secondes)

sont obtenues en divisant la recommandation pour 8 heures de  $0,003 J_{\text{eff}}/\text{cm}^2$  par l'éclairement énergétique efficace en  $\text{W}/\text{cm}^2$ .

**Tableau 3: Temps d'exposition permis aux UV**

DURÉE DE L'EXPOSITION PAR JOUR	ÉCLAIREMENT ÉNERGÉTIQUE EFFICACE $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
8 h	0,1
4 h	0,2
2 h	0,4
1 h	0,8
30 min.	1,7
15 min.	3,3
10 min.	5
5 min.	10
1 min.	50
30 sec.	100
10 sec.	300
1 sec.	3 000
0,5 sec.	6 000
0,1 sec.	30 000

SOURCE: [ACGIH, 1995-1996], reproduction autorisée, traduction de l'auteur.

## VII. MESURES DE PROTECTION DU TRAVAILLEUR

Les mesures suivantes peuvent permettre de protéger le travailleur contre les rayons UV:

Enfermer la source émettrice de UV dans une enceinte ou la blinder. Les surfaces environnantes peuvent être traitées de façon à réduire leur pouvoir réfléchissant.

Utiliser des matériaux opaques. Les matériaux qui sont opaques à la lumière visible le sont généralement également aux UV de toutes les longueurs d'ondes [ACGIH, 1977].

S'éloigner de la source. Pour des sources ponctuelles (de petites dimensions par rapport à la distance qui nous sépare d'elles) l'intensité lumineuse s'atténue comme l'inverse du carré de la distance. Ainsi, l'éloignement devient une mesure de contrôle de l'exposition.

Diminuer les temps d'exposition.

Installer des écrans en verre ou en acrylique traité pour être opaque aux UV.

Installer des écrans de vinyle traité pour être opaque aux UV lors d'un procédé de soudage [Moss, 1978].

*Les UVB et UVC sont fortement atténués par du verre ordinaire non les UVA. Le verre doit posséder un revêtement pour également couper les UVA. Le verre varie en composition chimique et surtout dans sa concentration de fer qui absorbe les UVB et UVC. Comme il est impossible d'avoir du verre de composition chimique identique (pour les fabricants de lampes), il est primordial que le verre soit d'épaisseur suffisante (au moins 2 mm) pour compenser les irrégularités dans sa composition ou traité avec des revêtements anti-UV si une protection garantie est souhaitée [Cole et al., 1984].*

Porter des lunettes anti-UV. Consultez la référence [ANZI, 1989] pour plus d'information.

Utiliser des onguents qui contiennent de l'acide para-aminobenzoïque (PABA) offrant une protection contre les UVB. Seuls les benzophénones (pare-sol) et à un degré moindre les anthranilates absorbent les UVA.

Porter des vêtements opaques aux UV.

*Les vêtements en cuir offrent la meilleure protection [Int. Labour, 1985]. Les vêtements en polyester et coton, à manches longues, offrent une très bonne protection. Ils bloquent 99% des UV entre 270 et 400 nm [Roy, 1988]. La finette ou pilou et la popeline sont aussi recommandées [Hughes, 1978]. Pour une protection optimale, il est recommandé de choisir du tissu fabriqué à partir d'un fil épais et formé d'un tissage suffisamment serré (250 g/m<sup>2</sup>) pour être opaque à la lumière visible. Pour la protection des mains, il est recommandé d'utiliser des gants en cuir [Int. Labour, 1985; Roy, 1988].*

Peindre le local renfermant la source UV avec de la peinture contenant de petites quantités d'oxyde de titane ou d'oxyde de zinc qui réfléchissent très peu les UV. Évitez les peintures à flocons de métal [Int. Labour, 1985]. Consultez la référence [Ullrich et al., 1981] pour plus d'information.

Éviter les surfaces de métaux polis qui réfléchissent les UV. Il est préférable de les peindre.

Les UVA peuvent entraîner des réactions néfastes telles qu'une réponse phototoxique dont l'apparence et les conséquences sont identiques à un coup de soleil (normalement obtenu par des UVB) ou une réponse photoallergique qui est une réaction acquise du système immunitaire avec les produits de beauté, parfums, savons et certaines drogues: tranquillisants, antiseptiques, antibiotiques et antifongiques (tableau 3). La réaction du corps à une photoallergie est l'apparition d'urticaire ou d'eczéma [AIHA, 1991]. L'ACGIH et l'IRPA ont émis des recommandations (chapitre VI) quant aux niveaux d'irradiation permis pour l'œil et la peau. Pour les personnes souffrant de photoallergies ou de phototoxicité, vous ne devez plus appliquer ces recommandations. Consultez plutôt un médecin ou un dermatologue pour des directives concernant ces personnes [Rayonnement UV, 1980].

## VIII. RÉFÉRENCES

**ACGIH.** American Conference of Governmental Industrial Hygienist. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. Cincinnati, Ohio 45211-4438. 1993-1994. pp. 120 à 123.

**ACGIH.** "Ultraviolet Radiation". Non-Ionizing Radiation Guide Series. 1977.

**Annals of the American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Inc.** International Symposium on Occupational Exposure Limits., Vol. 12. ACGIH, Cincinnati, Ohio. 1985. p. 187.

**ANSI Z87.1-1989.** Practice for Occupational and Educational Eye and Face Protection.

**Boettner, E.A. et Wolter, J.R.** "Transmission in the Ocular Media". *Invest. Ophth.* 1:776-783. 1962.

**Coblentz, W.W., Stair, R, et Hogue J.M.** "The Spectral Erythemic Reaction of the Untanned Human Skin to Ultraviolet Radiation" dans Proceedings of the National Academy of Science 17, 1931. pp. 401-504.

**Cole, C., Forbes, P.D., Davies, R.E., and Urbach, F.** "Effect of Indoor Lighting on Normal Skin". Annals New York Academy of Sciences. 1984. p. 315.

**Dutt, G.C.** Les effets du rayonnement ultraviolet sur l'homme. Comité associé sur les critères scientifiques concernant l'état de l'environnement. Conseil national de recherches du Canada. Publication N° 16447 du secrétariat de l'environnement. 1979. pp. 17, 36 et 49.

**FDA Consumer.** Reprint from October 1980. U.S. Government Printing Office 1981 – 341-174/12. HHS Publication No. (FDA) 81-8149. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, Public Health Service, Food and Drug Administration, Rockville, Md 20857, Office of Public Affairs.

**Hausser, K.W. et Vahle, W.** "Die Abhänge in der Lichterrhythems und der Pigment-bildung von der Schwingungszahl (Wellenlänge) der erregenden Strahlung" *Strahlentherapie* 13, 1922. pp. 41-72.

**Hughes, D.** "Hazards of Occupational Exposure to Ultraviolet Radiation". Occupational Hygiene Monograph No. 1. Science Reviews Ltd. 1978. Reprinted with additional references 1982. pp. 17, 19 et 28.

**International Labour Office Geneva.** Occupational Hazards from Non-Ionizing Electromagnetic Radiation. Occupational Safety and Health Series No. 53. 1985. pp. 98 et 102.

**International Light Inc.** Catalogue 1994. p. 18.

**Luckiesh, L.A., Holladay, L.L. et Taylor, A.H.** "Reaction of Untanned Human Skin to Ultraviolet Radiation" dans *Journal of the Optical Society of America* 20, 1930. pp. 423-432.

**Matelsky, I.** "The non-ionizing Radiation" dans Industrial Hygiene Highlights. (L.V. Cralley ed.) pp. 140-178, Industrial Hygiene Foundation of America, Pittsburgh, PA. 1968. (L'année donnée est 1969, telle que transcrite du livre de Sliney et Wolbash, seule la référence [Matelsky, 1968] ci-haut a été trouvée dans leur livre).

**Moss, E.C.** "Radiation Hazards Associated with Ultraviolet Radiation Curing Processes" dans Non-Ionizing Radiation-Proceedings of a Topical Symposium, November 26-28, 1979. Washington, DC. Sponsored by the ACGIH. p. 204.

**Moss, Eugene C., Gawenda, Mary C.** Optical Radiation Transmission Levels through Transparent Welding Curtains. U.S. Department of Health, Education and Welfare. Public Health Services. Center for Disease Control. NIOSH Research Report No. 78-176. 1978. (CSST MTL MO-000450).

**Nonionizing Radiation 583.** U.S. Department of Health, Education, and Welfare. Public Health Service. Center for Disease Control. NIOSH. Division of Training and Manpower Development. PB83-155747. 1977. pp. 15-111.

**Phillips, R.** Sources and Applications of Ultraviolet Radiation. London. Academic Press. 1983. p. 142.

**Pitts, D.G. et Tredici, T.J.** The Effect of Ultraviolet on the Eye dans Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 32, 1971. pp. 235-246.

**Rayonnement Ultraviolet.** Genève, Organisation mondiale de la santé, 1980 (Critères d'hygiène de l'environnement, N° 14).

**Roy, Colin, R.** "Ultraviolet Radiation: Sources, Biological Interaction and Personal Protection" dans Non-Ionizing Radiation. Physical Characteristics, Biological Effects and Health Hazard Assessment. Michael H. Repacoli, editor. IRPA 1988. p. 64.

**Salsi, A. et Barlier, A.** Dangers présentés par les lampes Halogènes. Travail et Sécurité. Janvier 1993, N° 508. p. 31.

**Sliney, D. et Wolbarsht, M.** Safety with Lasers and other Optical Sources - A Comprehensive Handbook. Plenum Press. 1980. p. 57, 107, 696, 735 et 817.

**Ullrich, O.A., Evans R.M.** Ultraviolet Reflectance of Paint, Paint Components and Other Materials. Battelle Columbus Laboratories for the American Welding Society. 1981. (Réf. Mo 002145 CSST MTL).

**Wilkening, G.M.** "Non-Ionizing Radiation" dans The Industrial Environment – its Evaluation and Control. NIOSH. 1973. Chapitre 28, pp. 357 et 360.

## IX. BIBLIOGRAPHIE

- AEHA.** Army Environmental Hygiene Agency. "Hazard Analysis of Broad-band Optical Sources". HSE-RL Technical Guide. March 1980. p. 104.
- Carrière, P.É.** "Le rayonnement ultraviolet (UV)" dans Hygiène du travail. Édition le Griffon d'Argile Inc., Sainte-Foy, Québec, Chapitre 8, 1985. pp. 308 à 321.
- Encyclopédie Universalis.** Volume 16. 1980. p. 459.
- Faber, M.** "Les ultraviolets" dans La protection contre les rayonnements non ionisants Deuxième édition. Organisation mondiale de la santé, Publications régionales, Séries européennes n° 25. 1991. Chapitre 1, pp. 17-58.
- "Hazards of Light. Myth & Realities. Eye and Skin". Proceedings of the First International Symposium of The Northern Eye Institute, University of Manchester, July 1985. Vision and Visual Health Care. Volume 1. J. Cronly-Dillon, E.S. Rosen, J. Marshall editors. Pergamon Press. 1986.
- Industrial Hygiene Engineering & Control (552). Student Manual.** U.S. Department of Health, Education and Welfare. Public Health Services. Center for Disease Control. NIOSH. Division of Training and Manpower Development. 1978.
- International Radiation Protection Association.** Chapter 3: "Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths between 180 nm And 400 nm (Incoherent Optical Radiation)" dans Guidelines on Protection Against Non-Ionizing Radiation. Pergamon Press. 1991.
- Marshall, W.J.** "Optical Measurement Techniques" dans Non-Ionizing Radiation Proceedings of a Topical Symposium. November 26-28, 1979. Washington, DC. Sponsored by the ACGIH.
- Matelsky I.** "ANSI Z-311 Committee on the Photobiological Safety of Lamps and Lighting Systems" dans Non-Ionizing Radiation Proceedings of a Topical Symposium November 26-28, 1979. Washington, DC. Sponsored by the ACGIH.
- McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology**, 7th Edition. Vol. 2. McGraw-Hill, 1992. p. 615.
- McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology**, 7th Edition. Vol. 15. McGraw-Hill, 1992. pp. 26-28.
- McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology**, 7th Edition. Vol. 17. 1992. pp. 624-625.
- McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology**, 7th Edition. Vol. 19. McGraw-Hill, 1992. pp. 20-22.
- McKinlay, A.** "Optical Radiation" dans Non-Ionising Radiation Proceedings 2nd International Non-Ionizing Radiation Workshop Vancouver, B.C., May 10-14 1992. International Radiation Protection Association. Wayne Greene editor. UBC Press. 1992. pp. 227 à 251.
- "Ocular Effects of Non-Ionizing Radiation" dans Proceedings of the Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers. Volume 229. In Cooperation with the ACGIH. Myron L. Wolbarsht and David H. Sliney, editors. 1980.
- Pathak, M., A.** "Activation of the Melanocyte System by Ultraviolet Radiation and Cell Transformation". Annals New York Academy of Sciences. 1985. 453. pp. 331 et 334.
- Pathak, M.A.** "Non-Ionizing Radiation: Biophysical and Biological Basis, Applications, and Hazards in Medicine and Industry". Notes de cours. Non-Ionizing Radiation – M.I.T. Summer Course. 1987.

Philips Lighting Handbook. Philips Electronics Ltd, Lighting Division. 1984.

“Radiation Risk Protection”. 6th International Congress, Organised by the Fachverband für Strahlenschutz e.V. Berlin (West), 7-12, 1984. International Radiation Protection Association. Volume III. A. Kaul, R. Neider, J. Peňsko, F.-E. Stieve, H. Brunner editors. Verlag TÜV Rheinland. 1984.

**Rhainds, Marc.** “L’exposition professionnelle aux UV solaires, doit-on s’en préoccuper?” Colloque de l’association des médecins du réseau public en santé au travail du Québec. Montréal, octobre 1993.

**Ryer, A.D.** International Light Inc. Il 1400A Instruction Manual. Rev. 920210. Newport. MA 01950-4092. 1992.

**Sliney, D.H.** “Ultraviolet Studies” dans Non-Ionizing Radiation Proceedings 2nd International Non-Ionizing Radiation Workshop, Vancouver, B.C., May 10-14 1992. International Radiation Protection Association. Wayne Greene editor. UBC Press. 1992. p. 270.

**Sliney, D.H.** “Introduction to the Optical Spectrum” dans Non-Ionizing Radiation Proceedings of a Topical Symposium, November 26-28, 1979. Washington, DC. Sponsored by the ACGIH.

**Urback, F.** “Occupational Skin Hazards from Ultraviolet Exposure” dans Non-Ionizing Radiation – Proceedings of a Topical Symposium, November 26-28, 1979. Washington, DC. Sponsored by the ACGIH.

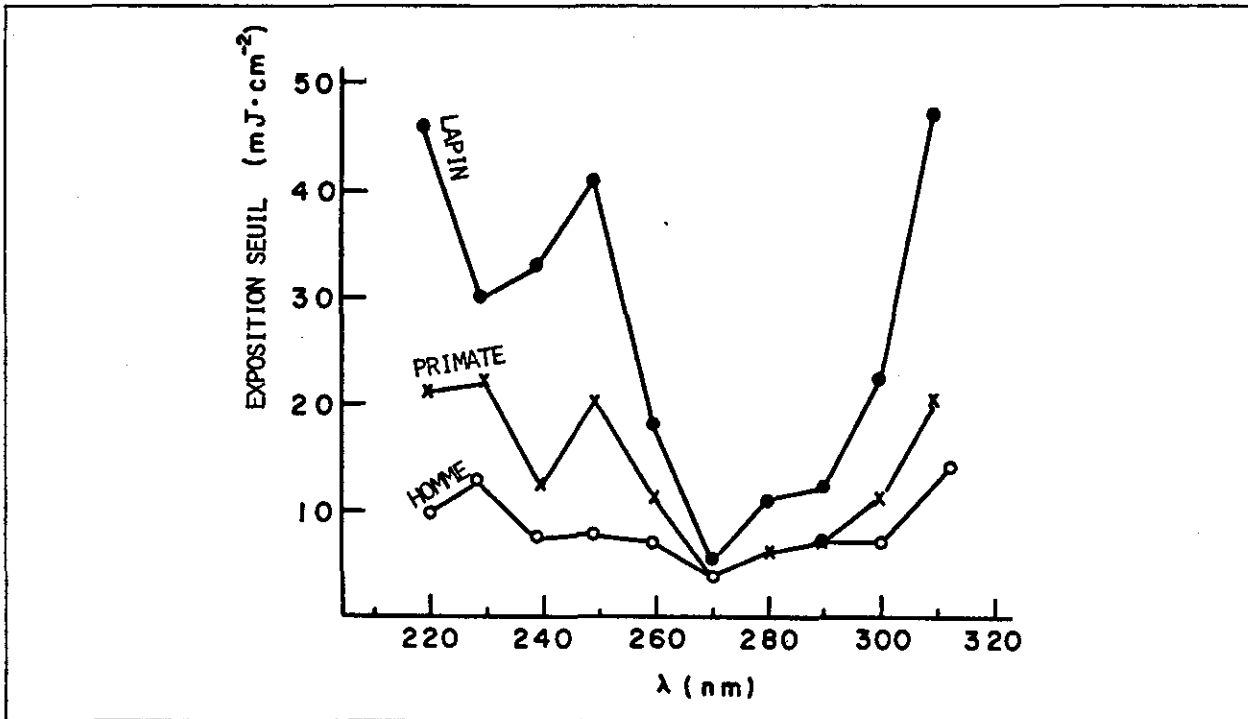
**Zulich, J.A.** “Hazards to the eye from UV” dans Non-Ionizing Radiation Proceedings of a Topical Symposium, November 26-28, 1979. Washington, DC. Sponsored by the ACGIH.

## **ANNEXE 1: GLOSSAIRE DES TERMES ET ABRÉVIATIONS**

Aphakie	Absence du cristallin
Carcinogène	Synonyme de cancérigène ou cancérogène, se dit des agents physiques, chimiques ou biologiques qui peuvent provoquer ou favoriser l'apparition d'un cancer
Cataracte	Perte partielle ou totale de la transparence du cristallin ou de sa capsule
C.I.E.	Commission Internationale de l'Éclairage
Conjonctive	Membrane tapissant les paupières et la face antérieure du globe oculaire
Cornée	Membrane transparente constituant la partie antérieure de l'œil
DEM	Dose d'érythème minimal, c'est-à-dire dose nécessaire pour produire un érythème minimal
Éclairement	Puissance reçue par unité de surface d'un plan, exprimée en watts/m <sup>2</sup>
Érythème	Congestion cutanée qui donne lieu à une rougeur de la peau
éV	Électron-volt
J	Joule
Lumière noire	Rayonnement ultraviolet de grandes longueurs d'onde, supérieures à 320 nm
nm	Nanomètre: 10 <sup>-9</sup> mètres
Pascal (Pa)	Unité de mesure de pression équivalent à la pression uniforme qui, agissant sur une surface plane de 1 mètre carré, exerce perpendiculairement à cette surface une force de 1 newton.
Photoallergie	Aptitude altérée acquise de la peau à réagir à l'énergie rayonnante seule ou en présence d'un photosensibilisateur
Photokératite	Inflammation de la cornée causée par une radiation lumineuse intense
Phototoxicité	Ce qui cause des lésions cutanées induites par le rayonnement UV et indépendantes d'un mécanisme d'allergie
Photosensibilisation	Sensibilisation de la peau à la lumière (surtout les UV), se traduisant par l'apparition d'érythèmes.
Psoriasis	Maladie de la peau caractérisée par des taches rouges recouvertes de squames
Radiomètre	Appareil qui permet de mesurer le flux d'énergie transporté par les ondes électromagnétiques.
UV	Ultraviolet, les termes ultraviolet et rayonnement ultraviolet sont synonymes

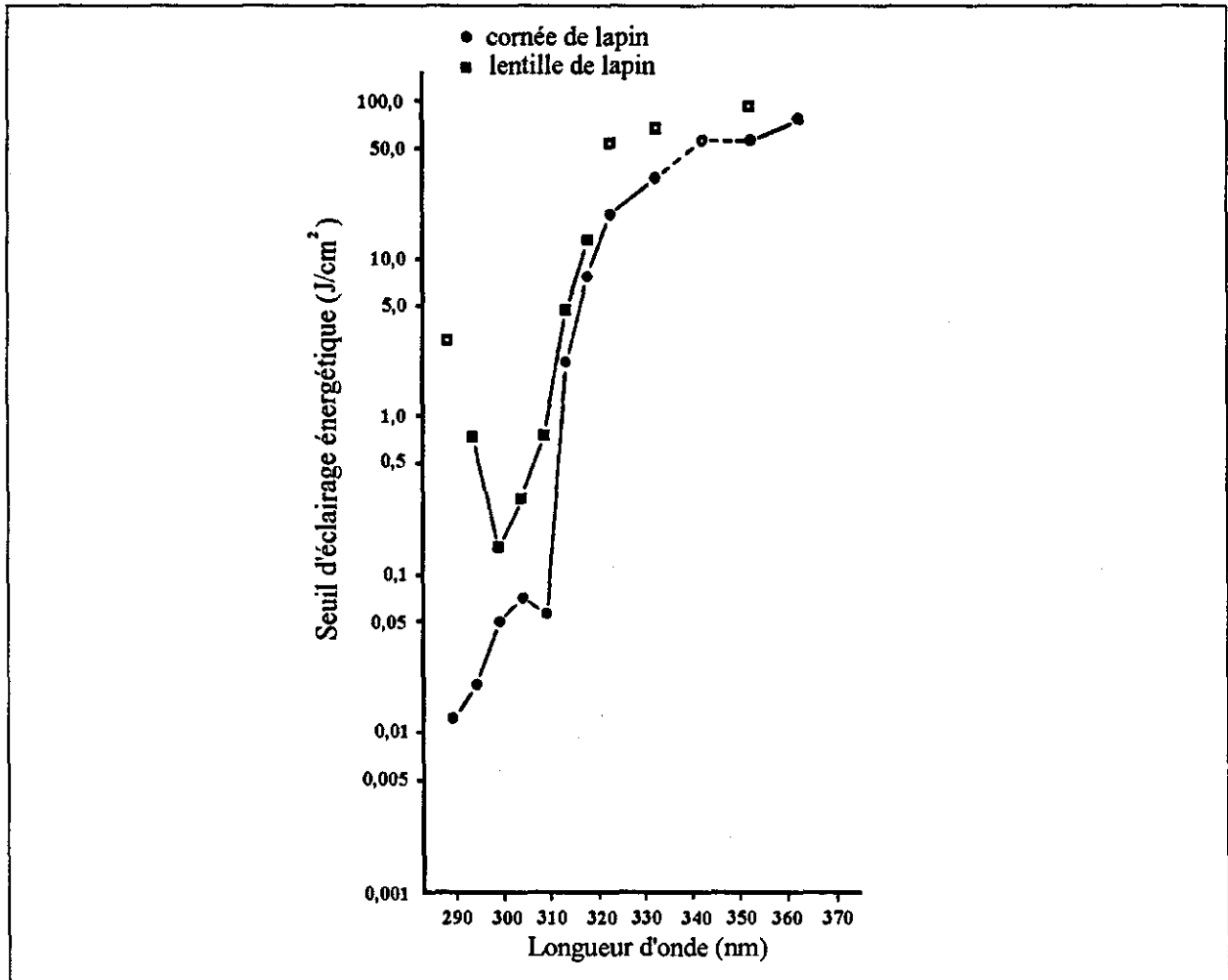


**ANNEXE 2: EFFICACITÉ À CAUSER UNE PHOTOKÉRATITE EN FONCTION DE LA LONGUEUR D'ONDE DE LA SOURCE UV**



SOURCE: [Dutt, 1979]. Redessinée de [Pitts & Tredici, 1971].

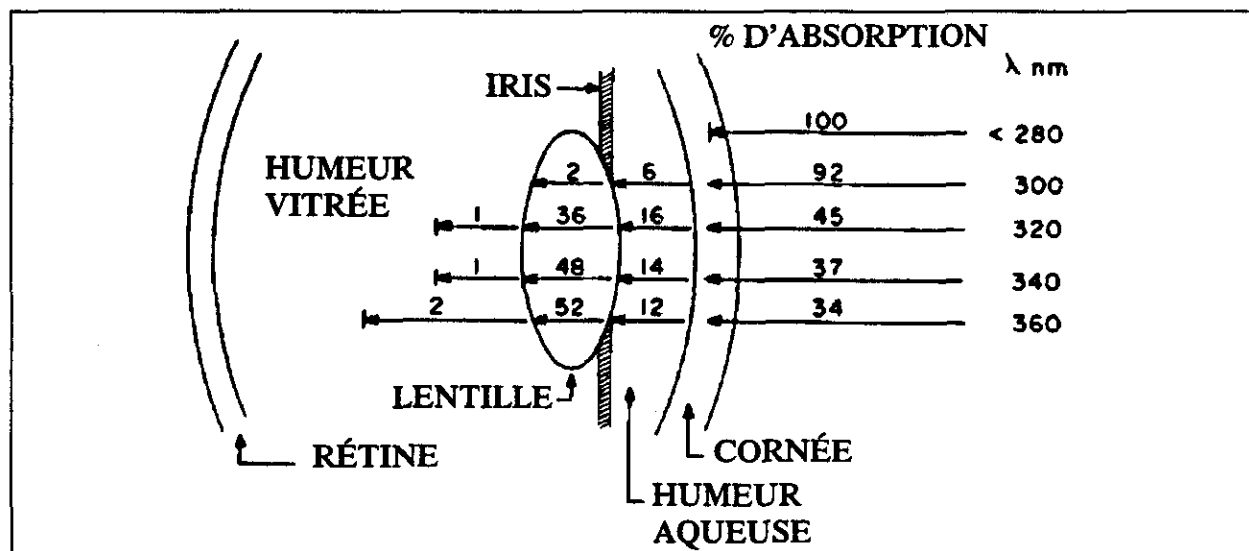
### ANNEXE 3: SEUIL DE RISQUE POUR LA LENTILLE ET POUR LA CORNÉE CHEZ LE LAPIN



SOURCE: [Ann. ACGIH, 1985]. Reproduit avec permission. Traduction de l'auteur.

Les carrés blancs représentent les plus hauts niveaux d'exposition utilisés durant l'étude. Aucun dommage à la lentille n'a été causé à ces niveaux.

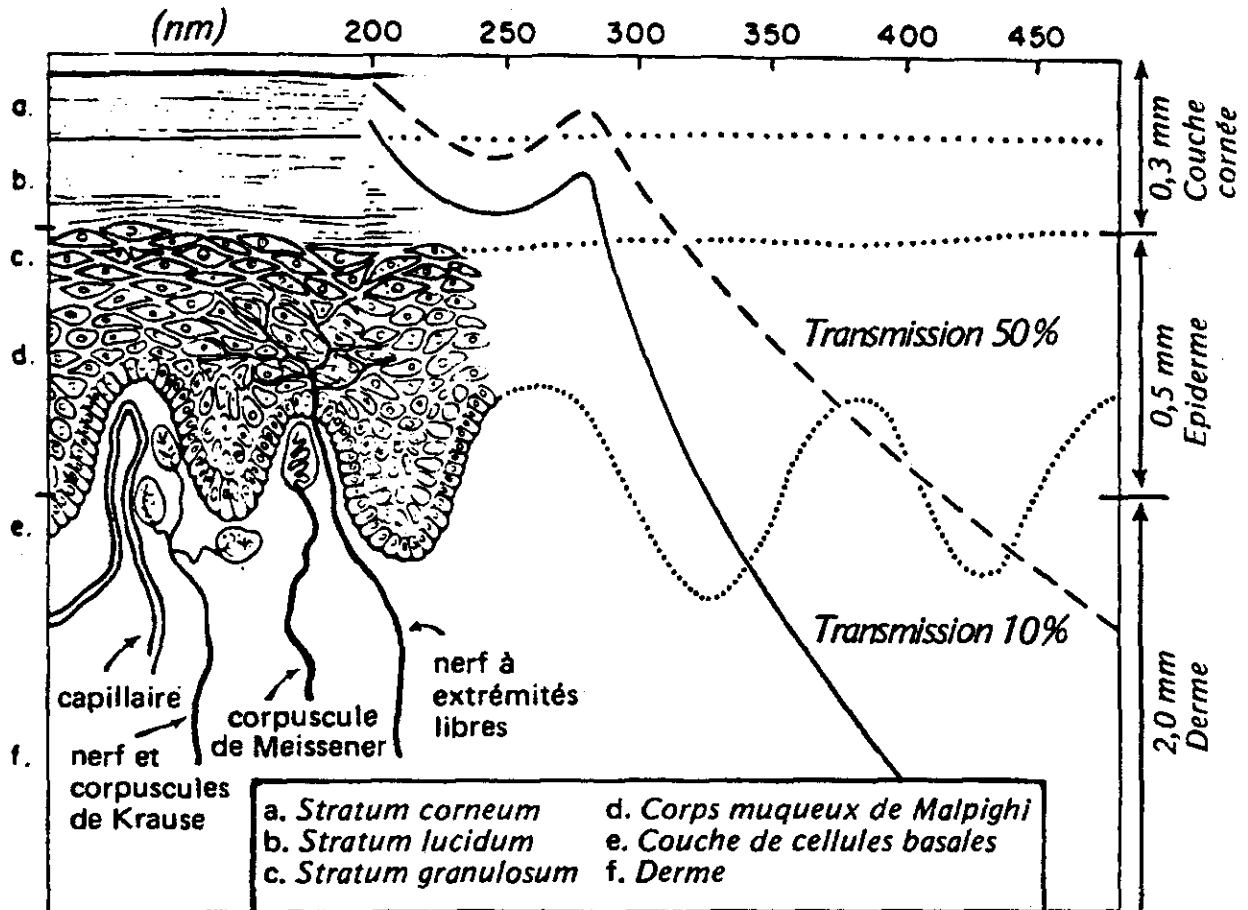
**ANNEXE 4: SCHÉMA REPRÉSENTANT L'ABSORPTION D'UN RAYONNEMENT UV DANS LE MILIEU OCULAIRE**



SOURCE: [Slincy et Wolbarsht, 1980]. Qui l'ont redessiné à partir d'une figure de [Matelsky, 1969], basée sur les données de [Boettner et Wolter, 1962]. Traduction de l'auteur.

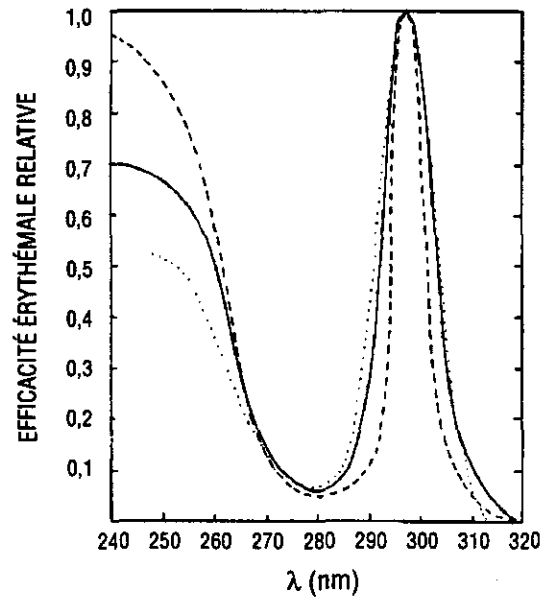
Les valeurs représentent le pourcentage d'absorption du rayonnement UV incident sur la cornée qui est absorbé par différentes couches de l'œil.

## ANNEXE 5: PÉNÉTRATION DES UV DANS LA PEAU HUMAINE EN FONCTION DE LA LONGUEUR D'ONDE



SOURCE: Reproduit, avec autorisation de l'O.M.S., de [Rayonnement UV, 1980].

**ANNEXE 6: SPECTRE D'ACTION ÉRYTHÉMALE**



- ... Hausser et Vahle 1922
- Luckiesh et coll. 1930
- Coblenz et coll. 1931

SOURCE: [Dutt, 1979].