

Les lampes à fluorescence

LES BULLETINS TECHNIQUES DE L'ICC

L'Institut canadien de conservation publie ses Bulletins techniques occasionnellement, dans le but de familiariser le personnel des musées avec les plus récents développements survenus dans le domaine de la restauration. Les auteurs sont désireux d'atteindre le plus grand nombre possible de lecteurs. Ils accueilleront toujours avec intérêt les commentaires et les questions qu'on voudra bien leur adresser.

1. *L'humidité relative dans les musées: importance, mesure et régulation*
de K.J. Macleod
2. *L'éclairage des musées*
de K.J. Macleod
3. *Appareils recommandés pour la vérification des conditions ambiantes dans les musées et les dépôts d'archives*
de R.H. Lafontaine
4. *Le soin des collections canadiennes d'instruments de musique*
de R.L. Barclay
5. *Normes relatives au milieu pour les musées et les dépôts d'archives canadiens*
de Raymond H. Lafontaine
6. *Le soin des collections de photographies en noir et blanc: l'identification des procédés*
de Siegfried Rempel
7. *Les lampes à fluorescence*
de Raymond H. Lafontaine et Patricia A. Wood
8. *L'entretien des objets en bois*
de R. L. Barclay, R. Eames et A. Todd
9. *Le soin des collections de photographies en noir et blanc: nettoyage et stabilisation*
de Siegfried Rempel

Si vous désirez obtenir les bulletins techniques gratuitement, veuillez remplir le formulaire ci-joint et le poster à l'ICC.

BULLETIN TECHNIQUE N° 7

Les lampes à fluorescence

Raymond H. Lafontaine
et
Patricia A. Wood

Publié par l'Institut canadien de conservation (ICC)
1030 chemin Innes
Ottawa, Canada
K1A 0M8

 Musées nationaux du Canada

ISSN 0706-4152
ISBN 0-662-50413-5
DSS Cat. N° NM-95-55/1-1982
Première édition, janvier 1980
Révision, janvier 1982

Résumé

Ce bulletin, consacré au fonctionnement et aux caractéristiques visuelles des lampes à fluorescence, accorde une attention toute particulière au choix des lampes à utiliser selon les besoins. Les spécialistes de l'ICC ont calculé le rayonnement ultraviolet de 114 lampes et font connaître ici les résultats. Pour les musées, on recommande d'utiliser des lampes tubulaires dont le rendu des couleurs est élevé et le rayonnement ultraviolet faible.

Auteurs

Raymond H. Lafontaine est Chef de la Division de la Recherche sur le milieu et la détérioration à l'Institut canadien de conservation. Il a étudié la chimie à l'Université d'Ottawa, où il a obtenu en 1972 un baccalauréat en sciences. Il est entré la même année à l'Institut canadien de conservation. Il y étudie présentement les effets de la lumière et de l'humidité relative sur les objets et il s'intéresse tout particulièrement au développement de techniques pour réduire la détérioration de ces objets.

Patricia A. Wood était consultante pour la section de recherche sur le milieu et la détérioration à l'Institut canadien de conservation au moment de la rédaction de cet article. Elle a étudié la biologie à l'Université Carleton et a obtenu un baccalauréat en sciences avec spécialisation en 1978.

Imprimé par l'Imprimerie du gouvernement canadien

TABLE DES MATIÈRES

1	Introduction	3
2	Fonctionnement des lampes à fluorescence	3
3	Température de couleur	4
4	Indice du rendu des couleurs	5
5	Rayonnement ultraviolet	6
6	Flux lumineux (lumen)	7
7	Comment choisir les lampes appropriées	7
	Références	8
	Tableau 1	9

1. Introduction

Le restaurateur s'attarde de plus en plus au choix des modes d'éclairage dans les musées, car il n'est que trop conscient des effets néfastes que peuvent avoir la lumière et le rayonnement ultraviolet sur les objets exposés et les œuvres d'art. Il en va de même du conservateur pour qui le type d'éclairage déterminera si une exposition est acceptable ou non. Il est certes possible d'obtenir un équilibre entre conservation et esthétique. Malheureusement, les responsables de l'installation des systèmes d'éclairage dans les musées ne connaissent pas assez les caractéristiques de ces systèmes.

Autrefois, on faisait surtout appel à la lumière du jour pour éclairer les musées, la lumière artificielle servant uniquement à compléter l'éclairage ainsi obtenu. À présent, cette tendance est presque entièrement renversée, du moins dans les musées canadiens. (Référence 7.) Bien que l'on semble préférer quelque peu les lampes à incandescence, les lampes tubulaires à fluorescence sont très répandues. La conception, le fonctionnement et les caractéristiques visuelles des lampes à fluorescence et des ampoules à incandescence diffèrent énormément. En fait, le seul point commun entre ces deux types d'éclairage est qu'ils donnent tous deux de la lumière visible. En ce qui concerne l'éclairage à incandescence, la qualité et l'aspect général de la lumière émise varient très peu d'une ampoule à l'autre. Les lampes à fluorescence donnent lieu à des écarts beaucoup plus grands. L'ignorance de ces écarts et de leurs causes peut entraîner une détérioration des œuvres et des objets exposés et créer une ambiance et un environnement de moindre qualité.

2. Fonctionnement des lampes à fluorescence

La plupart des lampes à fluorescence se présentent sous forme d'ampoules tubulaires, dont le diamètre varie de $\frac{5}{8}$ po (T-5) à $2\frac{1}{8}$ po (T-17) et la longueur totale de 6 à 96 po. Leur puissance varie de 4 à 215 watts. Le code normalisé des lampes à fluorescence est expliqué dans la figure 1.

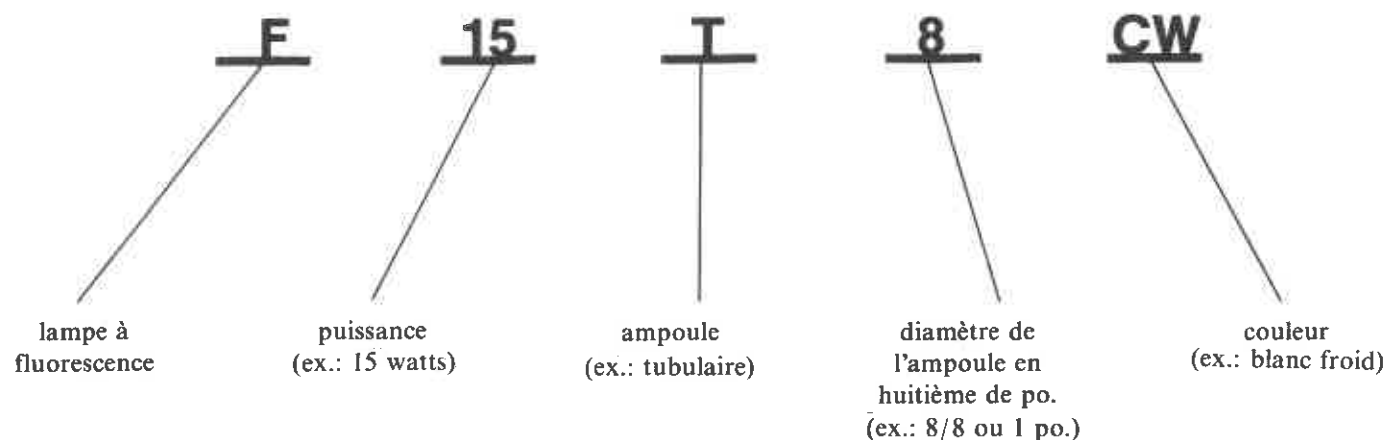


Figure 1: Code normalisé des lampes à fluorescence.

Les tubes les plus répandus sont ceux de 4 pi dont la puissance est de 40 watts. On les désigne simplement par les codes F40CW, F40WW, F40D, etc., sans préciser ni la forme ni le diamètre de l'ampoule.

La figure 2 présente une coupe schématique d'une lampe à fluorescence. Deux électrodes sont emprisonnées hermétiquement dans l'ampoule, une à chaque extrémité. Quant au tube lui-même, il renferme une petite quantité de vapeur de mercure de même qu'un gaz rare qui facilitera l'ignition de la vapeur. La lumière est émise de la façon suivante. Lorsqu'on donne du courant, il en résulte un débit d'électrons de la cathode vers l'anode. Durant leur passage dans l'ampoule, ces électrons entrent en collision avec les atomes de mercure et leur laissent un peu de leur énergie pour ainsi former des atomes ionisés de mercure. Après une première collision, l'électron continue sa course dans le tube en ionisant d'autres atomes de mercure pour finalement aboutir contre la paroi de l'ampoule ou de l'anode.

Les atomes ionisés de mercure ainsi formés libèrent l'énergie absorbée en émettant des raies électromagnétiques (ultraviolet surtout) de longueurs d'onde très précises. L'émission est surtout concentrée dans la raie de longueur d'onde 253.7 nm (ultraviolet). Des émissions plus faibles ont lieu également aux raies de longueur d'onde 313, 334, 365, 405, 436, 546 et 578 nm, caractéristiques du spectre d'émission du mercure dans une lampe à fluorescence. La raie de longueur d'onde 253.7 nm (ultraviolet) frappe la paroi interne du tube, qui est revêtue de poudre fluorescente en cours de fabrication. Cette poudre absorbe l'énergie et émet de la lumière visible. Chaque poudre fluorescente possède des caractéristiques particulières lui permettant d'émettre de la lumière rose, bleue, etc. (Référence 5.) Le rendu des couleurs d'une lampe est déterminé par le mélange des poudres fluorescentes choisies. Ainsi, les fabricants jouissent d'une grande latitude dans le choix du spectre d'émission des lampes.

La figure 3 montre la distribution spectrale de l'énergie d'une lampe à fluorescence blanc froid. Les raies

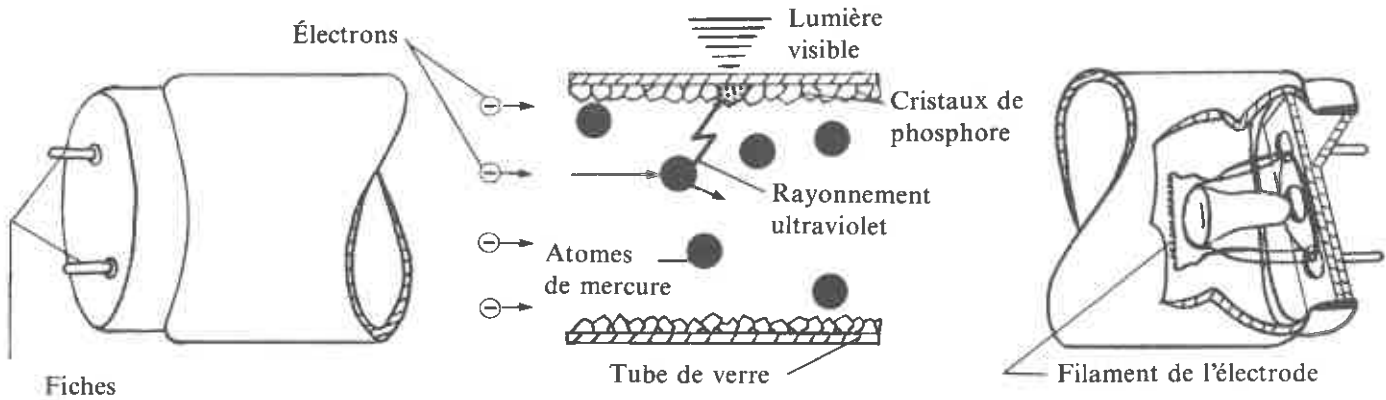


Figure 2: Coupe schématique d'une lampe à fluorescence.

d'émission du mercure, qui sont souvent illustrées par des pointillés, sont le résultat de l'énergie émise par les atomes de mercure ionisés. La raie la plus intense, à 253.7 nm, stimulera les poudres fluorescentes qui donneront le spectre continu de lumière visible et une certaine quantité d'ultraviolet. L'enveloppe de verre absorbera toutes les raies d'ultraviolet inférieures à environ 320 nm, qui ne seront pas absorbées par les poudres fluorescentes. Dans ce graphique, le spectre continu de lumière visible semble produit par deux poudres différentes.

Le mélange de ces poudres influera sur quatre caractéristiques visuelles distinctes: la température de couleur (T.C.), l'indice du rendu des couleurs (I.R.C.), le rayonnement ultraviolet et le flux lumineux.

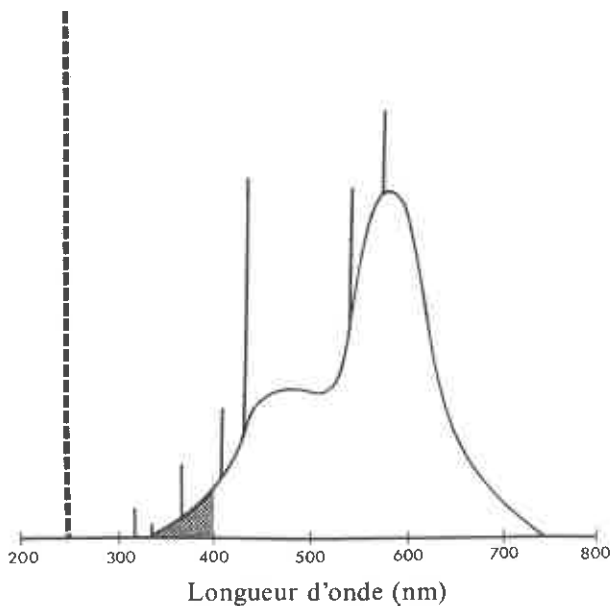


Figure 3: Distribution spectrale de l'énergie d'une lampe à fluorescence typique.

Bien que ces caractéristiques aient déjà été étudiées dans d'autres publications, (Références 1, 2, 3, 9) les techniques nouvelles et les améliorations dans la fabrication des lampes justifient une étude continue des lampes à fluorescence disponibles sur le marché. Chacune des quatre caractéristiques visuelles sera étudiée séparément. Pour bien saisir toute la portée de cet exposé, il faut néanmoins posséder des connaissances de base sur le fonctionnement de la lumière et ses propriétés. C'est pourquoi nous espérons que le lecteur aura lu le bulletin technique n° 2 de l'ICC intitulé L'éclairage des musées de K.J. Macleod. (Référence 8.)

3. Température de couleur

La température de couleur (T.C.) d'une source lumineuse est la valeur utilisée pour illustrer le spectre d'émission de cette source et, par conséquent, sa couleur. Par exemple, une source lumineuse dont la température de couleur atteint 3,000K possède un spectre d'émission qui s'apparente plus ou moins étroitement à celui d'un radiateur à corps noir de température égale. La lumière blanche parfaite, c'est-à-dire une lumière renfermant toutes les couleurs en quantité égale, montre une température de couleur d'environ 5,500K. Toute température inférieure à cette norme entraîne une augmentation proportionnelle des couleurs jaune, orangé et rouge, ce qui donne à la lumière une apparence de plus en plus jaunâtre. Au-dessus de 5,500K ce sont les couleurs bleu et violet qui domineront. Plus la température sera élevée, plus la lumière sera bleue.

Au contraire des lampes à incandescence, les tubes à fluorescence sont disponibles dans une grande gamme de blancs ou de températures de couleur. Le lecteur doit sûrement déjà connaître les trois principales catégories de lampes à fluorescence, soit le tube blanc chaud dont la température typique varie entre 2,700 et 3,100K et dont la lumière est jaunâtre à l'exemple des ampoules à incandescence; le tube lumière du jour dont la température de

couleur est égale ou supérieure à 6,000K et dont la lumière bleuâtre complète la lumière naturelle du jour; et enfin le tube blanc froid dont la température se situe aux environs de 4,200K, lampe à fluorescence très répandue dans les édifices à bureaux. En plus des trois groupes principaux, on trouve divers types de lampes à fluorescence aux températures de couleur variées, par exemple blanc naturel, blanc supermarché, «color match», etc. Ces lampes sont habituellement destinées à des applications précises afin d'améliorer l'apparence de certains matériaux par l'emploi d'une température de couleur particulière. Elles peuvent toutefois servir à bien d'autres fins, et l'on ne doit pas se laisser tromper par leur nom.

La couleur d'un objet ne sera certainement pas la même s'il est éclairé par un tube blanc chaud (température de couleur peu élevée) ou par un tube blanc froid (température de couleur élevée). Fort heureusement, l'œil humain possède un mécanisme permettant de corriger psychologiquement ces écarts. Les ampoules à incandescence, qui servent à éclairer les maisons, produisent une lumière essentiellement blanche. Dehors, l'éclairage produit par l'effet combiné du soleil et de la lumière du jour semblera encore une fois blanc. Pourtant, lorsqu'on procède à une comparaison directe des deux éclairages, le premier est indéniablement jaunâtre et le deuxième bleuâtre. Sans effectuer cette comparaison directe, on ne peut être conscient de cet écart.

Il faut tenir compte de certaines caractéristiques dans le choix de la température de couleur à adopter pour une exposition particulière. Si la salle, par exemple, est déjà éclairée par des ampoules à incandescence et que les lampes à fluorescence servent uniquement à compléter cet éclairage, il vaut mieux utiliser des tubes de type blanc chaud (température de couleur < 3,200K) pour éviter d'obtenir un effet contrastant entre les deux systèmes

d'éclairage. D'autre part, si la salle possède de nombreuses fenêtres ou lucarnes, des tubes «lumière du jour» (température de couleur > 5,000K) seront mieux appropriés.

Pour les expositions montrant des scènes extérieures ou des objets observés habituellement à l'extérieur, l'emploi de lampes lumière du jour peut créer une ambiance plus naturelle et agréable. Toutefois, dans le cas d'une faible intensité lumineuse, l'observateur préfère habituellement un éclairage chaud. Pour les objets sensibles à la lumière et conservés sous une intensité de 50 lux, un éclairage chaud sera plus avantageux qu'un éclairage froid.

Les goûts de chacun joueront, il va dans dire, un rôle prépondérant dans le choix définitif de la température de couleur. La démarche suggérée consiste à essayer diverses lampes et à choisir celle qui donne le meilleur résultat.

4. Indice du rendu des couleurs

La distribution spectrale de l'énergie de la plupart des sources lumineuses diffère toujours quelque peu de celle d'un radiateur à corps noir, même si la lumière émise par les sources semble de même couleur. Cette différence est démontrée quantitativement par l'indice du rendu des couleurs (IRC). Une valeur maximum de 100 sera attribuée à la source lumineuse dont la distribution spectrale de l'énergie sera égale à celle d'un radiateur à corps noir de même température de couleur. Quand les distributions spectrales ne concordent pas on attribue à cette source un IRC inférieur à 100. Plus l'écart sera grand, moins l'indice sera élevé. Le calcul comme tel de l'IRC d'une source lumineuse s'effectue par l'évaluation du rendu de huit couleurs étalons soumises à l'éclairage en question, en comparaison avec un radiateur à corps noir hypothétique de même température de couleur.

Ainsi, deux lampes possédant une température de couleur identique pourront donner lieu à des indices du

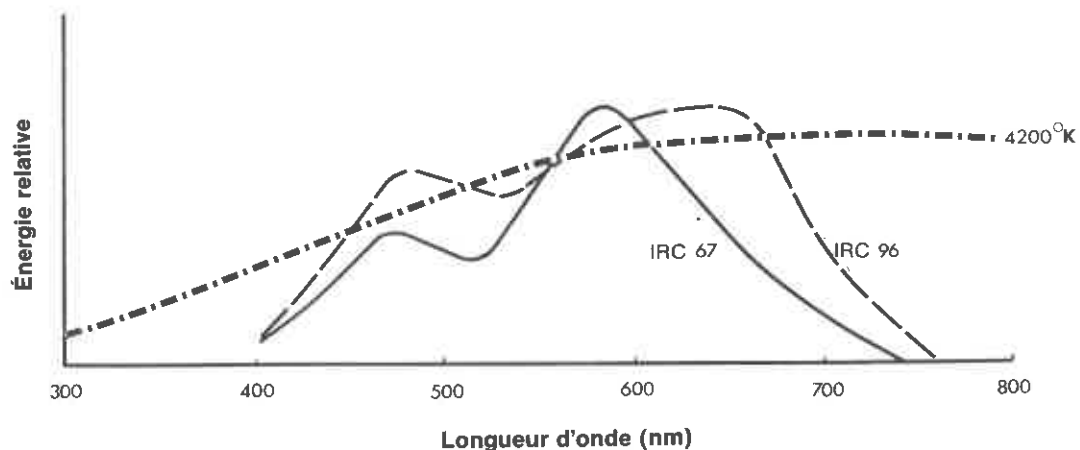


Figure 4: Comparaison entre deux lampes à fluorescence de type blanc froid, une bonne et l'autre inférieure, montrant un rendu des couleurs différent.

rendu des couleurs totalement différents. Dans de tels cas, les deux lampes diffusent une couleur identique, mais les objets éclairés montrent un rendu distinct. La figure 4 compare deux lampes à fluorescence de type blanc froid à un radiateur à corps noir de même température. Une des lampes possède un IRC modéré et, l'autre un indice élevé.

Malheureusement, l'œil humain ne possède pas de mécanisme permettant de corriger ces écarts de couleur, comme il en possède un pour les différences de température de couleur. Une source lumineuse, qui a un IRC de 100, montre un rendu des couleurs normal. Toutes les sources possédant un IRC inférieur donnent lieu à des distorsions. Plus l'IRC sera faible, plus les distorsions seront prononcées. Vous avez déjà sans doute fait l'expérience de telles faiblesses dans le rendu des couleurs. L'exemple le plus courant s'observe dans les aires de stationnement couvertes, éclairées par des lampes au sodium ou à vapeur de mercure. Les couleurs de votre automobile ou de vos vêtements y prennent des nuances étranges, en raison de la faible qualité des lampes quant au rendu des couleurs. En règle générale, une source lumineuse dont l'IRC est supérieur à 85 donne un rendu plus que suffisant; les distorsions de couleurs seront si faibles que l'œil humain ne pourra les remarquer.

L'appréciation des couleurs étant très importante dans les musées, on doit porter un intérêt particulier à l'indice du rendu des couleurs. Les lampes à incandescence possèdent toutes des indices très élevés et ne causent aucun problème. Par contre, les lampes à fluorescence montrent des indices très variables, et c'est là qu'il importe de choisir un bon système d'éclairage. On ne peut établir avec précision un IRC acceptable minimum; toutefois, il vaut mieux respecter la limite de 85.

Les lampes à fluorescence d'usage courant ont des indices peu élevés (par exemple, IRC d'environ 65 dans le cas d'un blanc froid ordinaire). Vous vous demanderez certes pourquoi on fabrique de telles lampes. Malheureusement, rendu des couleurs et flux lumineux vont rarement de pair. Les lampes à fluorescence dont l'IRC est élevé émettent moins de lumière par watt d'électricité que les lampes possédant un IRC faible (parfois jusqu'à 45% de moins). Ainsi, le coût élevé de l'électricité justifie la popularité des tubes ordinaires blanc froid, blanc chaud et lumière du jour, au détriment des tubes «de luxe» et «spécial de luxe». Dans le cas des musées, cette baisse du flux lumineux devient vraiment avantageuse, car l'intensité lumineuse moyenne y est souvent supérieure aux normes recommandées.

5. Rayonnement ultraviolet

Dans l'univers des musées, on a toujours prétendu que les lampes à fluorescence émettaient un rayonnement ultraviolet excessif. L'ultraviolet provient des atomes ionisés de

mercure (raies du spectre de mercure) et des poudres fluorescentes dont les raies de longueur d'onde peuvent empiéter sur la bande de rayons ultraviolets. Il n'y a pas grand-chose à faire pour réduire la force des raies du spectre de mercure, mais un choix judicieux des poudres fluorescentes peut considérablement diminuer la quantité de rayons ultraviolets émise à l'intérieur du spectre continu de lumière.

Pour le fabricant de lampes, le rayonnement ultraviolet émis par les poudres fluorescentes constitue une perte d'énergie, car elles n'aident nullement la vision. Il existe actuellement sur le marché des lampes à fluorescence qui émettent beaucoup moins de rayons ultraviolets. La plupart des fabricants de lampes vendent désormais des lampes spéciales à faible émission de rayons ultraviolets aux clients pour qui la détérioration photochimique est un problème. C'est le cas des boutiques de vêtements, des magasins à rayons et, bien entendu, des musées. Une façon d'enrayer l'émission du rayonnement ultraviolet consiste à appliquer une couche absorbante sur les parois des lampes, au moment de leur fabrication.

Les brochures et catalogues de la majorité des fabricants donnent très peu de renseignements sur la quantité véritable de rayons ultraviolets émise par les lampes à fluorescence. Dans certains cas, cette documentation comprendra des spectres d'émission pour diverses lampes ou encore une indication selon laquelle le rayonnement ultraviolet émis est élevé ou peu élevé, comme c'est le cas pour les lampes de type «soleil». Malheureusement, ces renseignements ne sont pas d'une grande utilité pour le conservateur qui doit acheter les lampes appropriées.

Une façon simple et efficace d'évaluer l'efficacité d'une lampe quant à son rayonnement ultraviolet consiste à déterminer la proportion de ces rayons émise par unité de lumière visible. Le microwatt/lumen ($\mu\text{w}/\text{lm}$) est l'unité de mesure la plus courante. Ces mesures sont effectuées par un petit appareil connu sous le nom de Crawford UV Monitor Type 760. (Référence 6.) Les ampoules à incandescence émettent habituellement moins de $75 \mu\text{w}/\text{lm}$, tandis que le soleil dégage environ $400 \mu\text{w}/\text{lm}$.

Pour ce qui est des musées, les sources lumineuses devraient émettre moins de $75 \mu\text{w}/\text{lm}$, sinon il faudrait employer des filtres absorbants. Malheureusement, la plupart des musées ne peuvent se payer le luxe d'un appareil de contrôle. C'est pourquoi, les auteurs ont annexé à cet exposé les mesures d'émission de rayons ultraviolets propres à la plupart des lampes à fluorescence disponibles actuellement sur le marché. Le tableau 1 présente également des renseignements de fabrication sur la température de couleur, l'indice du rendu des couleurs et le flux lumineux.

Dans le cadre de cette étude, on a acheté et testé, sans utilisation préalable, 72 modèles de lampes tubulaires à

fluorescence de 40 w (F40T12) et 42 modèles de lampes tubulaires à fluorescence de 15 w (F15T8). Les lampes, lorsque neuves, donnent un rendement maximum de rayons ultraviolets puisque l'émission de ces rayons (ainsi que le flux lumineux) diminue avec l'usage. (Référence 4.)

On a donc installé, sans diffuseur, les lampes à fluorescence sur les murs d'une chambre noire. Pour éliminer les erreurs dues à la réflexion de surface, le plafond et tous les murs de la chambre noire avaient été préalablement recouverts de peinture noire.

Pour mesurer le rayonnement ultraviolet de chaque lampe en $\mu\text{w}/\text{lm}$, on a utilisé trois appareils Crawford Type 760 UV, étalonnés selon une source lumineuse standard. Les mesures furent enregistrées d'une distance de trois pieds, en dirigeant l'appareil vers la partie centrale de la lampe. Pour plus de précisions, avec chacun des appareils de mesure, on a relevé les indications de 2 ou 3 lampes de chaque modèle.

Avant le relevé, chaque lampe fut soumise à un temps de chauffage de 10 minutes pour lui permettre d'atteindre une température de fonctionnement stable. D'après les résultats obtenus, les périodes de chauffage supérieures à 10 minutes ne changent absolument rien au rayonnement ultraviolet. Pour chaque modèle de lampe, on a procédé à un calcul de l'écart moyen des résultats.

Les lampes à fluorescence qui émettent moins de 75 $\mu\text{w}/\text{lm}$ n'ont pas besoin de filtres absorbants. Les frais supplémentaires qu'entraînent l'achat et l'installation des filtres empêchent souvent les musées de s'en procurer. C'est notamment le cas des musées aux budgets d'exploitation restreints. Le choix judicieux de lampes à faible rayonnement ultraviolet permet d'éliminer l'emploi des filtres et de réaliser de bonnes économies. Puisque le coût d'achat varie d'une lampe à l'autre, il importe d'étudier minutieusement les données du problème pour faire en sorte que l'achat de lampes plus chères n'absorbe pas entièrement ces économies.

6. Flux lumineux

Le flux lumineux est la quantité totale de lumière visible émise par une source lumineuse. Nous avons ajouté ces chiffres au tableau pour qu'ils vous orientent quant à la quantité de lampes requises pour une installation donnée. Le flux lumineux varie énormément d'une lampe à l'autre. En ce qui concerne les musées, le flux lumineux ne devrait pas régir le choix des lampes. La température de couleur, le rayonnement ultraviolet et l'indice du rendu des couleurs revêtent une plus grande importance.

La puissance (wattage) d'une lampe est souvent utilisée pour indiquer la quantité de lumière émise. Cette théorie donne lieu à un malentendu dans le cas des lampes

à fluorescence. En effet, la puissance d'une lampe définit avant tout la quantité d'énergie électrique consommée. Cette énergie électrique est transformée en lumière par l'entremise de divers procédés tels que l'incandescence d'un filament de tungstène, la fluorescence du phosphore, etc. Les divers procédés ne sont pas tous également efficaces. La notion d'efficacité lumineuse sert à décrire la quantité totale de lumière visible émise pour chaque watt d'électricité consommée. L'efficacité lumineuse typique des lampes à fluorescence varie de 40 à 75 lumen/watt. Dans le cas des ampoules à incandescence, cette efficacité est de 6 à 15 lumen/watt environ.

Prenons l'exemple d'un tube de 4 pieds (F 40) évalué à 40 watts. Cette lampe à fluorescence peut émettre entre 1,700 à 3,400 lumens. Prenons maintenant le cas d'une ampoule à incandescence de même puissance. Elle n'émet que 360 lm. En comparaison, un projecteur R40 de 150 w émet 1,825 lm. Les employés des musées ne savent pas toujours très bien à quoi s'en tenir quand il s'agit de puissance des lampes. C'est pourquoi l'éclairage est bien souvent beaucoup trop violent, notamment dans les vitrines éclairées par des lampes à fluorescence.

En raison de l'augmentation des coûts de l'énergie, les fabricants de lampes s'efforcent d'augmenter le flux lumineux sans pour autant augmenter la puissance ni réduire l'indice du rendu des couleurs. La nouvelle lampe à fluorescence «couleurs primaires» est un bon exemple des résultats obtenus. L'œil humain réagit surtout à 3 bandes étroites de couleur dans le spectre de la lumière visible: bleu-violet, vert, orangé-rouge. La réaction visuelle aux longueurs d'ondes autres que ces trois bandes est plus faible. Une lampe à fluorescence qui émettrait de la lumière dans ces trois bandes discontinues seulement obtiendrait un excellent flux lumineux tout en maintenant de bonnes qualités quant au rendu des couleurs. De là l'expression «couleurs primaires».

Au moins deux compagnies produisent ce genre de lampes à fluorescence (Philips avec sa série TL80, et Westinghouse avec sa série Ultralume). Les indices du rendu des couleurs sont de 85 et le rayonnement ultraviolet est faible (voir tableau 1). De plus, les fabricants prétendent que les lampes de type «couleurs primaires» augmentent la visibilité et la clarté visuelle. Puisque ces lampes sont de conception récente, il n'existe pas encore de données quant à leur efficacité dans les musées.

7. Comment choisir les lampes appropriées

Le tableau 1 regroupe les données nécessaires concernant la température de couleur, le rayonnement ultraviolet, l'indice du rendu des couleurs et le flux lumineux de chaque lampe évaluée.

Toutes les données nous ont été fournies par les fabricants, à l'exception du rayonnement ultraviolet mesuré dans nos laboratoires. Le choix des lampes appropriées doit se faire en consultant le tableau. Nous vous suggérons de procéder ainsi:

1. Identifiez les températures de couleur qui s'avèrent les plus appropriées pour votre exposition et cochez toutes les lampes pertinentes.
2. À partir de cette liste, éliminez toutes les lampes dont l'indice du rendu des couleurs est inférieur à 85.
3. Si possible, essayez d'obtenir le prix des lampes ainsi cochées. Certaines compagnies vous proposeront des rabais pour les achats par grosses quantités.
4. Les lampes qui émettent moins de $75 \mu\text{w}/\text{lm}$ n'ont pas besoin de filtres, mais certaines d'entre elles sont plus chères. Voyez s'il est à votre avantage d'utiliser une lampe à faible rayonnement ultraviolet plutôt qu'une lampe à rayonnement ultraviolet élevé munie d'un filtre. N'oubliez pas que ces filtres peuvent être réutilisés durant au moins dix ans.

Bibliographie

1. Brommelle, N.S., «Museum Lighting — Parties I, II, III, IV», *Museum Journal*, vol. 61 n° 3, 1961, pp. 169, 259; vol. 62 n° 3, 1962, pp. 178, 337.
2. Crawford, B.H., «Colour Rendition and Museum Lighting», *Studies in Conservation*, vol. 5, 1960, p. 41.
3. Crawford, B.H. et Palmer, D.A. «Further Investigation of Colour Rendering, and the Classification of Light Sources», *Studies in Conservation*, vol. 6, 1961, p. 71.

4. Genard, J., «Lighting of Museum Objects», *Museum Notes*, vol. 5, 1952, p. 53.
5. Illuminating Engineering Society, *I.E.S. Lighting Handbook*, 5^e éd., 1972, pp. 2-8, 8-18.
6. Lafontaine, Raymond H., *Appareils recommandés pour la vérification des conditions ambiantes dans les musées et les dépôts d'archives*, Bulletin technique n° 3, éd. rév. (Ottawa: Institut canadien de conservation, décembre 1980).
7. Lafontaine, Raymond H. et Macleod, Kenneth, J., «Enquête statistique sur les conditions d'éclairage et sur l'utilisation des filtres ultraviolets dans les musées, les dépôts d'archives et les galeries du Canada», *Journal de l'Institut canadien de conservation*, vol. 1, 1976, p. 41.
8. Macleod, Kenneth, J., *L'éclairage des musées*, Bulletin technique n° 2 (Ottawa: Institut canadien de conservation, avril 1975).
9. Thomson, Garry, «A New Look at Colour Rendering, Level of Illumination, and Protection from Ultraviolet Radiation in Museum Lighting», *Studies in Conservation*, vol. 6, 1961, p. 71.

Remarque:

Vous pouvez vous procurer ces livres dans les bibliothèques locales ou faire un prêt par l'entremise du système de prêts entre bibliothèques.

TABLE 1

Lampe à fluorescence	Température de couleur (K)	*Rayonnement ultraviolet ($\mu\text{w/lm}$)	Indice du rendu des couleurs	Flux lumineux (lm)
Philips				
F40				
blanc chaud 29	2950	70	53	3100
blanc chaud deluxe 32	2950	99	86	2100
• blanc chaud spécial deluxe 27	2700	33	94	1700
blanc froid 33	4250	87	67	3200
blanc froid deluxe 34	3850	103	85	2100
blanc froid spécial deluxe 37	4200	33	96	1700
lumière du jour 54	6700	103	82	2500
lumière du jour deluxe 55	6400	107	95	2000
lumière du jour spécial deluxe 57	7400	257	93	1700
• «color match» 47	5000	33	98	1830
TL 84	4000	73	85	3400
CM 5000	5000	122	>90	N.A.
CM 7500	7500	143	>90	N.A.
Westinghouse				
F40				
blanc chaud	3000	87	53	3200
blanc chaud deluxe	3000	160	71	2150
blanc froid	4100	101	67	3150
blanc froid deluxe	4200	144	89	2200
blanc	3500	90	58	3200
blanc vivifiant	4300	103	90	2380
lumière du jour naturel	6500	106	73	2600
blanc commercial	3400	166	85	2080
blanc supermarché	3450	128	85	2410
«color match» violet	4100	150	80	2330
ultralume 3000	3000	644	s.o.	s.o.
ultralume 4100	3000	59	85	2900
ultralume 4100	4100	47	85	2900
ultralume 5000	5000	51	85	2900
F15				
blanc chaud	3000	102	53	870
blanc chaud deluxe	3000	160	71	610
blanc froid	4100	100	67	870
blanc froid deluxe	4200	135	89	610
lumière du jour	6500	127	73	750
blanc doux naturel	3400	155	85	590
blanc	3500	95	58	870
blanc supermarché	4100	155	80	650
VERILUX				
F40				
spectre complet VLX/M	6200	47	élevé	1984
spectre complet VLX	6200	152	élevé	2168
F15				
spectre complet VLX	6200	182	élevé	600

VERD-A-RAY**F40**

blanc froid	4500	95	68	3150
lumière du jour	6500	110	n.d.	2680
blanc du Nord	5100	107	91	2740
blanc du Nord fadex	5100	46	91	2740
CEZ	6750	90	n.d.	2730
CEZ/DP fadex	6750	28	n.d.	2730
verd-a-lite	3900	46	n.d.	2440
verd-a-lite fadex	3900	40	n.d.	2440
criticolour	5700	110	91	2120
criticolour fadex	5700	52	91	2120
emberglow	3100	78	n.d.	3250
indorsun	5700	152	91	2180
DSW30	3000	56	n.d.	1860

F15

blanc froid	4500	105	n.d.	880
lumière du jour	6500	118	n.d.	740
blanc du Nord	5100	125	91	n.d.
blanc du Nord fadex	5100	68	91	n.d.
CEZ	6750	95	n.d.	800
CEZ fadex	6750	56	n.d.	800
verd-a-lite	3900	57	n.d.	690
verd-a-lite fadex	3900	50	n.d.	690
criticolour	5700	125	91	600
criticolour fadex	5700	43	91	600
emberglo	3100	95	n.d.	890
indorsun	5700	150	91	710
DSW 30	3000	65	n.d.	475

DURO-TEST**F40**

blanc froid	4500	100	68	3100
blanc froid à cathode double	4500	95	68	3350
blanc	3500	83	64	3200
lumière du jour	6500	112	75	2650
super blanc	5300	98	72	2860
super blanc doux	n.d.	190	58	2320
candelite	3000	83	56	3200
vita-lite	5500	223	91	2180
super deluxe 45	4300	150	73	2450
colour classer 75	7500	117	93	2100
optima 32	3200	123	82	2400
optima 50	5000	107	91	2200

F15

blanc froid	4500	96	68	870
lumière du jour	6500	110	75	770
super blanc doux	n.d.	177	58	660
vita-lite	5500	157	91	640
optima 32	3200	105	82	675
optima 50	5000	100	91	640

Sylvania

F40

blanc chaud	3050	85	55	3200
blanc chaud deluxe	2950	103	73	2150
blanc froid	4300	90	67	3150
blanc froid deluxe	4100	123	86	2150
blanc	3500	88	62	3200
lumière du jour	6500	110	79	2600
naturel	3700	133	81	2050
blanc design	5000	112	82	2300
incandescent-fluorescent	2700	50	90	1600

F15

blanc chaud	3050	99	55	890
blanc froid	4300	110	67	865
blanc froid deluxe	4100	150	86	585
blanc	3500	95	62	890
lumière du jour	6500	123	79	740
blanc naturel	3700	113	81	530
incandescent-fluorescent	2700	50	90	455

General Electric

F40

blanc chaud	n.d.	75	n.d.	3150
blanc chaud deluxe	n.d.	85	n.d.	2150
blanc froid	4200	88	65	3150
blanc froid deluxe	4200	107	89	2200
lumière du jour	7000	110	79	2600
blanc	n.d.	88	n.d.	3200
naturel	n.d.	107	n.d.	2100
blanc d'enseigne	n.d.	103	n.d.	2440
chroma 50	5000	102	92	2200
chroma 75	7500	143	94	2000

F15

blanc chaud	n.d.	82	n.d.	870
blanc chaud deluxe	n.d.	67	n.d.	600
blanc froid	4200	87	65	870
blanc froid deluxe	4200	95	89	610
lumière du jour	7000	108	79	750
naturel	n.d.	98	n.d.	590

Macbeth

5000F40	5000	237	élevé	n.d.
---------	------	-----	-------	------

s.o. sans objet

n.d. non disponible

N.B. A l'exception de celles de 40 et 15 watts, les lampes ont une température de couleur, un rayonnement ultraviolet et un indice de rendement des couleurs pareils aux valeurs indiquées ici. Le flux lumineux sera proportionnellement plus élevé ou plus bas.

*L'écart normalisé moyen du rayonnement ultraviolet est de 9 μ watts/lumen (± 5). Cet écart vient surtout des différences entre les appareils de mesure et n'est guère causé par les lampes elles-mêmes.

• On peut commander ces lampes en Europe (Hollande) en lots de 6,000 ou plus.