



Technè

La science au service de l'histoire de l'art et de la
préservation des biens culturels

37 | 2013

**Conserver l'art contemporain à l'ère de l'obsolescence
technologique**

Art contemporain, sources lumineuses et obsolescence

Contemporary Art, light sources and obsolescence

Cécile Dazord et Jean-Jacques Ezrati



Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/techne/15487>

DOI : 10.4000/techne.15487

ISSN : 2534-5168

Éditeur

C2RMF

Édition imprimée

Date de publication : 1 octobre 2013

Pagination : 83-88

ISBN : 978-2-7118-6098-2

ISSN : 1254-7867

Référence électronique

Cécile Dazord et Jean-Jacques Ezrati, « Art contemporain, sources lumineuses et obsolescence », *Technè* [En ligne], 37 | 2013, mis en ligne le 02 janvier 2023, consulté le 25 août 2023. URL : <http://journals.openedition.org/techne/15487> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/techne.15487>



Creative Commons - Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International
- CC BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Cécile Dazord
Jean-Jacques Ezrati

Art contemporain, sources lumineuses et obsolescence

Contemporary Art, light sources and obsolescence

Résumé. En 2009, le Groupe art contemporain du C2RMF a initié un programme d'études sur la conservation des œuvres contemporaines intégrant des sources lumineuses. Une première approche générique (toutes technologies confondues) a été menée à partir des collections d'arts plastiques contemporaines du Centre Pompidou – musée national d'Art moderne. Ce tour d'horizon a permis de dresser un état des lieux des principales sources lumineuses employées et des problématiques qui leur sont liées en termes de conservation sur fond d'obsolescence technologique et dans le contexte récent de la réglementation européenne concernant le bannissement des sources lumineuses « énergétivores », au premier rang desquelles figure l'incandescence – technologie la plus répandue dans l'éclairage domestique à ce jour et depuis plus d'un demi-siècle.

Mots-clés. Conservation, restauration, obsolescence, sources lumineuses, incandescence, tubes fluorescents, néons.

Abstract. In 2009, the C2RMF Contemporary Art Group launched a programme of research into the conservation of contemporary artworks that included light sources. A generic approach (covering all technologies) was initially adopted and focused on the contemporary art collections in the Centre Pompidou – MNAM-CCI, Paris. This survey enabled us to draw up an inventory of the main light sources used and the problems in terms of conservation related to technological obsolescence and to the recent European regulation banning sales of “energy-guzzling” light bulbs, the main culprits being incandescent lamps which, for more than half a century, have been the most popular means of lighting homes.

Keywords. Conservation, restoration, obsolescence, light sources, incandescence, fluorescent tubes, neon lamps.

Depuis 2006, le Groupe art contemporain du Centre de recherche et de restauration des musées de France étudie l'impact des phénomènes d'obsolescence sur la conservation des œuvres contemporaines. Si l'absence de limites en termes de matériaux, supports, techniques et procédures, autrement dit l'infinité des possibles, semble être la règle en art contemporain, des domaines récurrents peuvent néanmoins être identifiés et (sommairement) répertoriés. Concernant les œuvres contemporaines à caractère technique ou sujettes à l'obsolescence, quatre secteurs peuvent ainsi être distingués : lumière artificielle, mouvement motorisé, technologies de l'image et du son, technologies de l'information – si l'on se situe du point de vue de la technique ; œuvres lumineuses, œuvres en mouvement – films, vidéos – œuvres sonores, art numérique – si l'on se situe du point de vue des œuvres et de leur réception critique et historique.

Face à un tel corpus d'œuvres, la nécessité d'importer des informations et des pratiques extérieures au champ de l'histoire de l'art et de la conservation-restauration – telle qu'elle s'est constituée à ce jour à partir des beaux-arts traditionnels (essentiellement peinture, sculpture, architecture)

– s'impose rapidement. Le caractère protéiforme des œuvres contemporaines – véritable *topos* de la littérature critique, en ce qu'il signale la résistance à toute forme de catégorisation et l'affirmation d'une singularité absolue, qui constituent, en quelque sorte, le sceau de la contemporanéité –, rend difficile, d'un point de vue conservatoire, une approche globale des œuvres du seul fait de la diversité des techniques mobilisées et, en conséquence, de la multiplicité des compétences requises. Aborder les collections contemporaines confrontées à l'obsolescence par secteur – par type d'œuvres ou par technique – apparaît comme l'approche la plus efficace possible.

État des lieux : les sources lumineuses dans les collections contemporaines des arts plastiques du Centre Pompidou-MNAM

À partir de 2009, le Groupe art contemporain du C2RMF a entrepris d'étudier la conservation des sources lumineuses dans les œuvres contemporaines. La collection contemporaine d'arts plastiques du Centre Pompidou a été choisie comme



Fig. 1 et 2. Abiola-Fath Light, fabricant néoniste. © Cécile Dazord

collection de référence. Un recensement des œuvres comportant des sources lumineuses a été effectué à partir de la base de données et du catalogue papier des collections. Toutes les œuvres intégrant une source lumineuse électrique repérées ont été pointées, quelle que soit la technologie mobilisée en matière d'éclairage. À partir de ce recensement, loin d'être exhaustif – la présence de sources lumineuses n'est pas toujours mentionnée en notice et n'est pas nécessairement visible sur les images reproduisant les œuvres –, cinquante-deux œuvres dans lesquelles la lumière artificielle joue un rôle significatif ont été relevées et étudiées à partir seulement de leurs dossiers papier et de la base de données des collections. Sur cet ensemble, dix-neuf comportent des ampoules à incandescence, onze des néons, sept des tubes fluorescents, une œuvre comporte des linotites, une autre des diodes électroluminescentes, sept autres, encore, utilisant des projecteurs, recourent à différents types de lampes et, pour le reste, les sources n'ont pas été identifiées. Sans grande surprise, les ampoules à incandescence, néons et tubes fluorescents sont les sources les plus récurrentes. La lumière projetée tient également une place importante. La mention du système

d'éclairage est souvent succincte et parfois erronée – pour prendre un exemple, les « tubes fluorescents » sont fréquemment mentionnés comme « néons », selon une confusion de langage extrêmement répandue (l'appellation « néon » étant, du reste, elle-même sujette à caution – cf. annexe). Or, si l'une et l'autre source procèdent de technologies apparentées (émission de lumière par décharge dans un gaz), les tubes fluorescents (ou tubes luminescents à cathode chaude sous tension secteur) sont des produits standards, intégralement issus d'un processus de fabrication industriel, alors que les « néons » (ou tubes luminescents à cathode froide sous haute tension) résultent d'un processus de mise en œuvre artisanal de soufflage et de façonnage du verre exécuté par un « néoniste » (fig. 1 et 2). Les tubes fluorescents sont des sources d'éclairage insérées dans un dispositif (réglette), alors que les « néons » permettent de fabriquer sur mesure des éléments de signalétique utilisés comme enseignes ou pour souligner les lignes ou contours d'une architecture.

Ce premier recensement a permis d'engager une réflexion sur la normalisation du vocabulaire et de la terminologie ; de corriger certaines erreurs, le cas échéant, ou d'homogénéiser les dénominations, une même réalité étant parfois couverte par plusieurs termes différents, de surcroît relativement imprécis. Une première tentative pour définir des critères de caractérisation technique, de description et d'évaluation du degré d'obsolescence a ainsi été effectuée – qui constituera le sujet à part entière d'une publication ultérieure.

Contexte : réglementation européenne sur le bannissement des sources lumineuses « énergétivores »

Initiée en 2009, cette étude est contemporaine d'un moment charnière dans l'histoire de l'éclairage qui est celui du bannissement, décrété par l'Union européenne, de sources lumineuses considérées comme ayant un mauvais rendement énergétique, au premier rang desquelles figure l'incandescence à filament de tungstène. Technologie largement centenaire (commercialisée par Edison, équipée d'un filament de carbone – le filament de tungstène apparaît au début du XX^e siècle), elle s'est imposée de manière écrasante dans l'éclairage électrique domestique qui se généralise après la Seconde Guerre mondiale (à peine concurrencée par la percée effectuée dans ce secteur de l'incandescence tungstène-halogène dans les années 1980).

Le règlement 244/2009 de la Commission européenne du 18 mars 2009¹ met en œuvre la directive 2005/32/CE du Parlement européen et du Conseil² en ce qui concerne les exigences relatives à l'éco-conception des lampes à usage domestique non dirigées. Il a été publié au *Journal officiel* de l'Union européenne le 24 mars 2009 (L76/3). « Ce règlement vise la suppression sur le marché européen des lampes domestiques non directionnelles les moins éco-efficaces : celles qui, pour une même quantité de lumière émise, consomment plus d'énergie que d'autres. Selon un calendrier qui s'échelonne

du 1^{er} septembre 2009 au 1^{er} septembre 2016, la sélection des lampes se fera sur la base de leur efficacité énergétique, elle-même évaluée par les différentes classes énergétiques allant de A à G. »³ (cf. annexe).

L'éclairage à incandescence se signale par sa température de couleur chaude jaune orangé, indexée sur la couleur du feu de cheminée, qui lui confère un caractère profondément intimiste. Le modèle le plus couramment répandu est le bulbe en forme de poire. Lorsque le verre n'est pas dépoli, le filament de tungstène spiralé – rougeoyant une fois porté à incandescence – est très distinctement visible. Sa longévité, alliée à sa très grande diffusion commerciale (elle constitue peu ou prou la seule source dans l'espace domestique jusqu'aux années 1980 après quoi elle reste en position dominante), ont fait de l'incandescence tungstène et, en particulier, du bulbe en forme de poire, une véritable icône du monde moderne industrialisé. La disparition de cette technologie marque donc résolument la fin d'une ère. Avec l'incandescence

disparaît la température de couleur jaune orangé ainsi que la forte sensation (thermique) de dégagement de chaleur. L'incandescence produit, en effet, environ 90 % de chaleur pour seulement 10 % d'éclairage.

Le retrait des ampoules à incandescence a constitué un sujet de société de tout premier plan et suscité de vifs débats. Lorsque l'étude sur la conservation des sources lumineuses a débuté, la question de l'obsolescence, loin de constituer une projection dans un avenir hypothétique que rien ne permettait de se représenter *a priori* à l'instant *t*, était véritablement omniprésente – focalisée sur l'incandescence.

Si l'on considère le modèle canonique du bulbe en forme de poire à incandescence et filament tungstène, plusieurs produits de substitutions existent sur le marché (fig. 3). Aucun ne présente cependant de similitude exacte avec le modèle banni. La plus ressemblante, la lampe à incandescence tungstène-halogène, ne laisse plus voir de filament spiralé mais une petite ampoule contenant l'halogène située à l'intérieur de l'enveloppe – très éblouissante – qui suffit à faire la différence. L'ampoule à incandescence à filament de tungstène est si profondément imprimée dans la mémoire que les produits de substitution sont repérables d'emblée. Indépendamment des différences d'aspect qui ne trompent pas, les incandescences tungstène-halogène, fluocompactes ou LED, renvoient à une histoire beaucoup plus récente que l'ampoule à incandescence tungstène : leur apparition sur les rayons des détaillants est précisément contemporaine de la disparition du bulbe historique et centenaire (à partir de 2009 et de la mise en œuvre du bannissement de l'incandescence). Dès lors que la source est visible dans une œuvre, la substitution d'une ampoule à incandescence tungstène par une autre source n'est pas anodine. Utilisée de façon récurrente par Christian Boltanski dans ses œuvres, les ampoules à incandescence (tungstène) sont, de surcroît, souvent visibles. Insérées dans un contexte renvoyant volontiers à l'enfance de l'artiste ou à la Seconde Guerre mondiale, soit les années 1940-1950, les ampoules à incandescence tungstène sont chronologiquement cohérentes, ce qui n'est pas le cas des sources de substitution évoquées plus haut qui constituent un anachronisme et créent un hiatus (cf. article Dazord, fig. 1, p. 10).

85



Fig. 3. Lampe à incandescence et filament de tungstène, lampe à incandescence tungstène-halogène, lampe fluocompacte, lampe à diodes électroluminescentes.
© C2RMF/Anne Maigret.



Fig. 4. Tubes luminescents à cathode chaude sous tension secteur ou « tubes fluorescents » diamètre 38 mm, 26 mm, 16 mm.
© C2RMF/Anne Maigret.

Contexte : « tubes fluorescents » et « néons », état du marché

Les « tubes fluorescents » (ou tubes luminescents à cathode chaude sous tension secteur) constituent, du point de vue de leur usage, une sorte de contrepied de l'ampoule à incandescence. Leur lumière blanche et froide, leur puissance et leur rendement en font un éclairage performant et fonctionnel utilisé dans de nombreux secteurs professionnels (industrie ou secteur tertiaire), ainsi que dans les espaces public intérieurs ou extérieurs. L'obsolescence semble, à première vue, moins problématique pour les « tubes fluorescents » qui ne sont pas frappés de bannissement de manière générique comme l'est l'incandescence tungstène ; pourtant, entre les

années 1940 et les années 2000, l'amélioration du rendement énergétique a conduit à une réduction du diamètre des tubes de 38 à 26, puis 16 mm et à une diminution de quelques centimètres et non homothétique de leurs longueurs (de 60, 120, 150, 204, 240 cm à 54,9, 114,9, 144,9 cm – cf. annexe). On dénombre ainsi trois générations de tubes qui ne sont pas interchangeables du point de vue des dimensions (fig. 4). L'obsolescence n'affecte donc pas globalement, mais partiellement, la technologie des « tubes fluorescents », certains formats ou modèles n'étant désormais plus fabriqués.

Les « tubes fluorescents » constituent un matériel de prédilection de l'artiste américain Dan Flavin, qui en fait un usage systématique, parfaitement cohérent avec le caractère standard de ce type d'éclairage dont la gamme est, en définitive, extrêmement réduite. Dan Flavin a ainsi établi une charte répertoriant exhaustivement les différents modèles de tubes qu'il utilise⁴. Aucun doute sur les modèles et les références utilisés pour chaque œuvre qui sont ainsi parfaitement identifiés et répertoriés dans le catalogue raisonné. Cependant les changements de formats et de dimensions des tubes ne permettent plus la reproduction de certaines œuvres. La pièce intitulée *Sans-titre, To Ksenija*, réalisée en 1985, consiste en la juxtaposition d'un tube de 240 cm et de quatre tubes de 60 cm disposés les uns sur les autres⁵. Le tube de 240 cm et les quatre tubes de 60 cm totalisent la même longueur. Ce rapport de 1 à 4 n'est pas reproductible avec les nouvelles dimensions des tubes. Tant qu'il reste des stocks, les œuvres sont encore présentables mais, à court terme, elles sont réellement menacées.

Le néon offre des possibilités de modulation et de déclinaison de teintes et de formes absolument uniques – ce qui ne l'empêche pas d'être concurrencé dans la signalétique par des sources standards : les ampoules à incandescence au début du siècle et dans les années 1950 et 1960, les tubes fluorescents à partir des années 1970 et, depuis peu, les LED. Si le marché diminue, il n'en reste pas moins actif. Il n'est donc pas encore frappé d'obsolescence. La technique est en outre extrêmement stable. Pour des raisons de conformité aux normes de sécurité, les parties électriques (électrodes, transformateurs) ont été modifiées au cours du temps, mais la nature des tubes et les techniques de mise en œuvre ont finalement peu bougé. Le verre au plomb (également dit cristal), utilisé à l'origine, a été remplacé par un verre sans plomb (sodocalcique) présentant des caractéristiques analogues ; plus tard encore, en France seulement, un autre type de verre plus dur a été introduit (le borosilicate ou Pyrex®). Mi-standard, mi-industriel, le « néon » pose un problème particulier en termes de conservation. Comme toute source lumineuse, ses ressources s'épuisent après un certain nombre d'heures de fonctionnement (30 000 heures théoriques). De plus, les réglementations sur le mercure, entrées en vigueur à partir des années 1990, n'autorisent plus les réparations ou restaurations d'un néon (le resoufflage ou re-pompage). La particularité du néon est donc qu'on ne le change pas et qu'on ne le restaure ou répare pas, on le refait. La réfection (ou refabrication) est la seule solution pour remédier à tout défaut, altération ou baisse

d'intensité. Dans le secteur patrimonial, la réfection pose toujours problème. En l'occurrence, la réfection constitue cependant le mode de renouvellement inhérent à ce type de consommable. Dans ce cas encore, la documentation constitue un atout précieux pour connaître l'œuvre d'origine et son histoire matérielle (ses différentes formes au cours du temps). En cas de renouvellement, autrement dit de réfection, la question de la conservation des versions antérieures se pose pleinement. De fait, s'agissant de ce type d'œuvres, on est souvent confronté à une documentation lacunaire voire une perte de la version originale ; les versions produites ultérieurement relèvent ainsi parfois, faute de documentation, plus de la reconstitution (fondée sur l'extrapolation), que de la réfection à proprement parler. Si l'on prend l'exemple de la monumentale *Struttura al neon* réalisée par Lucio Fontana en 1951 pour l'escalier d'honneur de la IX^e Triennale de Milan, la version originale a disparu. Trois versions posthumes ont été réalisées en 1972 (sous le contrôle de la Fondation) dont une a été détruite. C'est une de ces versions qui est actuellement exposée au Museo del Novecento à Milan.

Ce premier tour d'horizon des sources lumineuses présentes dans les œuvres contemporaines a convaincu le Groupe art contemporain de resserrer et focaliser davantage encore son approche. La nécessité, notamment, de se documenter sur les techniques utilisées auprès de professionnels dans des domaines où il n'existe pas véritablement de littérature de synthèse a ainsi conduit à envisager les types (ou technologies) de sources les unes après les autres. Une étude sur les œuvres intégrant du néon a ainsi été engagée dès la fin 2012 et est actuellement en cours.

Peu de cas d'œuvres comportant des LED ont été vus au cours de cette étude. L'utilisation des LED par les artistes s'accompagne souvent du détournement de la technique de l'affichage lumineux défilant. L'artiste Jenny Holzer est coutumière de cette utilisation. Le problème de conservation porte alors moins sur les sources lumineuses elles-mêmes que sur le programme qui l'accompagne. Il s'agit là d'un aspect important de la conservation des sources lumineuses et qui ne concerne pas seulement les LED : lorsque le mode d'activation de la lumière est couplé à un système de programmation, à l'obsolescence éventuelle de la source s'ajoute l'obsolescence (matérielle et logicielle) du dispositif de programmation. Si le programme n'a pas été solidement documenté à la fois techniquement (matériels, logiciels, codes sources) et visuellement (films montrant le programme en action), il peut se révéler extrêmement difficile de le reproduire ou reconstituer.

« Bien qu'il soit plus borné que ses produits, l'homme est beaucoup plus vulnérable et périssable qu'eux. En tous cas, il ne lui vient pas à l'esprit d'entrer en concurrence avec la longévité, pour ne pas dire l'immortalité qu'il peut, quand il le souhaite, accorder à ses produits. [...] Il y a désormais une nouvelle forme d'immortalité : la "réincarnation industrielle", c'est-à-dire l'existence de produits de série. En tant qu'objet singulier (cette vis, cette machine, ce microsillon "longue durée", cette ampoule électrique), chaque produit a des performances, un domaine d'application et une durée

de vie limités. Mais si on le considère en tant que marchandise de série, la nouvelle ampoule électrique ne prolonge-t-elle pas la vie de l'ancienne qui avait grillé ? Ne devient-elle pas l'ancienne ampoule ? Chaque objet perdu ou cassé ne continue-t-il pas à exister à travers l'Idée qui lui sert de modèle ? L'espoir d'exister à nouveau dès que son jumeau aura pris sa place, n'est-elle pas une consolation pour chaque produit ? N'est-il pas devenu "éternel" en devenant interchangeable grâce à la reproduction technique ? Mort où est ta faux ? »⁶ Cette citation est extraite de l'ouvrage de Günther Anders, publié en 1956 sous le titre *Die Antiquiertheit des Menschen* et traduit en français en 2002 par *L'Obsolescence de l'homme*.

Si Günther Anders distingue clairement deux régimes temporels : celui du produit individuel – dont la durée de vie est limitée mais qui est remplaçable et interchangeable – de la série, il prête à cette dernière une longévité infinie ou quasi infinie, du moins qui surpasse l'échelle temporelle de l'existence humaine. Si la limite de la série est formulée explicitement : « aussi longtemps qu'il reste en stock des produits jumeaux fabriqués d'après des modèles qui ne varient pas, aussi longtemps qu'une chose abîmée (cette ampoule électrique grillée par exemple) peut être remplacée par une autre »⁷, la longévité extraordinaire de la série, supérieure à celle de l'existence humaine, tendant asymptotiquement ou symboliquement vers l'infini, demeure le credo dominant qui permet, précisément, à l'auteur de postuler l'« obsolescence », l'« Antiquiertheit » du genre humain (*Menschen*).

L'ouvrage d'Anders a été publié en 1956. Depuis, les phénomènes d'obsolescence ont connu une accélération qui a pour conséquence une diminution à la fois constante et

exponentielle de la durée de vie de ce qu'il désigne comme « série ». Pour reprendre les exemples pris dans le texte, les disques à microsillons en vinyle commercialisés dans les années 1950 ont été supplantés dans les années 1980 par les disques compacts (ou CD audio), à leur tour sévèrement concurrencés depuis les années 1990 par les fichiers numériques dits dématérialisés. Le disque vinyle a connu un regain dans les années 1990, mais demeure un marché de niche ; à ce jour, le CD audio, qui se maintient comme support de diffusion, est en forte régression. Les ampoules à incandescence ont connu un sort plus radical puisqu'elles ont été bannies des circuits de distribution et de diffusion et considérablement limitées en termes de production à l'issue de décisions politiques engageant les communautés nationales et internationales. Le choc est brutal pour cette technologie quasi centenaire et jusque-là dominante dans l'usage domestique.

Pour un lecteur de la fin du XX^e siècle ou du début du XXI^e, de plus en plus fréquemment confronté à la disparition de produits et à l'impossibilité de les remplacer à l'identique, le rapport d'échelle entre sa propre existence et celle des consommables qui l'entourent semble radicalement inverse de celui éprouvé par Günther Anders. Cette modification substantielle de la perception des régimes temporels respectifs des êtres humains et des produits de consommation qui les entourent signale incontestablement un changement, un tournant, non seulement dans la nature et les modes de production des objets industriels, mais dans leur insertion dans les circuits sociaux-économiques, phénomène pour lequel la conservation-restauration des œuvres contemporaines constitue un terrain d'observation exceptionnel.

Annexe : Caractéristiques techniques des sources lumineuses électriques

Généralités :

Les sources de lumière électrique se caractérisent et se différencient les unes des autres par :

- leur mode de fonctionnement (incandescence, luminescence, électroluminescence) ;
- leurs caractéristiques électriques telles la tension de service (230 V, 110 V, 24 V, 12 V, etc.), la puissance consommée (300 W, 10 W, etc.) ;
- le culot pour le raccordement électrique (à picots, à baïonnette, à vis, etc.) ;
- la nécessité d'un appareillage complémentaire (transformateur, ballast, amorçeur, etc.) ;
- leur performance photométrique telle l'efficacité lumineuse, soit le flux lumineux produit par unité de puissance électrique consommée (de 15 lumens à 180 lumens par watt) ;
- le type de fonctionnement (gradation possible ou non, allumage et extinction immédiats, etc.) ;
- la forme de la lampe (bulbe, tube, cercle, etc.) ;
- la température de couleur exprimée en kelvins qui traduit l'impression d'ambiance « chaude » ou « froide » communiquée par une source de lumière blanche (de 2 700 K à 8 000 K) ;

– l'indice de rendu des couleurs (IRC), sensé caractériser la capacité d'une source à restituer correctement les teintes.

Typologie

On peut différencier les sources artificielles en fonction de leur manière d'émettre un rayonnement électromagnétique dans le visible, soit :

- par incandescence, c'est-à-dire par un filament (aujourd'hui en tungstène) traversé par un courant électrique qui le porte à incandescence ;
- par luminescence, autrement dit par une décharge électrique dans un gaz avec ajout, si nécessaire, de terres rares dans une ampoule (ou un tube) recouvert ou non de luminophores ; l'émission de rayonnement est fonction de la pression à l'intérieur du tube à décharge, c'est pourquoi on distingue les lampes à décharge basse pression des lampes à décharge haute pression ;
- par électroluminescence, qui est une forme de luminescence dans laquelle la formation de photons est produite par la création d'un champ électrique entre deux pôles d'un semi-conducteur, l'un dopé avec des électrons supplémentaires, l'autre dopé avec des éléments en manque d'électrons. C'est entre ces deux pôles qu'est émis un rayonnement pratiquement monochromatique selon la matière du semi-

conducteur. On parle, dans le cas de l'électroluminescence, de sources solides par opposition aux sources à filament ou à décharge.

Les lampes à incandescence et filament de tungstène

C'est après une longue suite de recherches ayant mobilisé plus d'une dizaine de chercheurs, depuis la Rue, en 1805, jusqu'à Swan et Edison, vers 1880, qui expérimentent la combustion d'un filament de matière carbonisée dans une ampoule sous vide, qu'apparaissent en 1910 sur le marché, grâce à Coolidge, les premières lampes à filament de tungstène sous vide. En 1934, la lampe à filament de tungstène doublement spiralé, sous atmosphère de krypton, est commercialisée et le restera jusqu'à l'aube des années 2000 – sous différentes puissances de 25 à 150 W, avec des formes variées, notamment pour l'éclairage domestique. L'efficacité est d'environ 15 lm/W pour une durée de vie moyenne de 1 000 heures. La température de couleur est de 2 750 K et comme le spectre de ces lampes est continu, leur rendu des couleurs est excellent avec un IRC compris entre 98 et 100.

En raison de leur faible efficacité lumineuse, ces lampes sont retirées progressivement du marché, année après année, à partir de 2009 et sont vouées à disparaître totalement en

2016⁸. Elles tendent à être remplacées par des sources à incandescence tungstène-halogène ou fluocompactes.

D'autres lampes à incandescence mais d'usage professionnel (illuminations, spectacles, musées, etc.) ont été dans le passé, jusqu'à la fin du siècle dernier, largement utilisées dans des projecteurs (lampes à calotte argentée, lampes épiscopales, lampes PAR, etc.). Dès les années 1970, elles ont cependant été remplacées, souvent sous une enveloppe similaire, par les lampes halogène.

Les lampes à incandescence tungstène-halogène

Les lampes halogène sont des lampes à incandescence à filament de tungstène améliorées, vers 1960, par l'introduction de composés halogénés dans l'atmosphère de l'ampoule. Elles offrent les caractéristiques suivantes : doublement de la durée de vie, soit 2 000 heures, augmentation de la température de couleur d'environ 300-400 K, non noircissement de l'ampoule avec le temps et efficacité accrue : 18-20 lm/W. Dans les années 1970, sont commercialisées les lampes halogène TBT (très basse tension : 24, 12 et 6 volts) dont le rendement dépasse les 20 lm/W, puis, dans les années 1980, les lampes TBT à réflecteur dichroïque qui ont la particularité de rejeter la moitié du rayonnement calorifique vers l'arrière du réflecteur. Aujourd'hui ces lampes peuvent atteindre une efficacité proche de 25 lm/W et une durée de vie de 4 000 heures.

Les « néons »

Les « néons » ou tubes luminescents à cathode froide sous haute tension (de 2 000 à 15 000V) sont des lampes constituées d'un tube de verre au plomb (cristal) dans un premier temps, puis de verre sodocalcique, et, enfin, en France, de borosilicate (Pyrex®). Ces tubes sont de fabrication industrielle, de faible diamètre (de 6 à 25 mm), vendus sous des longueurs de 150 cm, pour les diamètres les plus fins, 220 et 320 cm pour les autres. La mise en forme est le fruit d'un travail artisanal de soufflage de verre exécuté par un néoniste. Le gaz introduit à l'intérieur des tubes est du néon

(couleur rouge-orangé), de l'argon (bleu), plus rarement de l'hélium (jaune) ou du krypton (blanc argent). Depuis les années 1950, l'intérieur est éventuellement couvert de luminophores (poudres fluorescentes), une goutte de mercure doit alors être ajoutée pour produire la fluorescence. De nombreuses couleurs et nuances de blanc peuvent être obtenues. Le verre tendre de type sodocalcique (très peu utilisé en France) peut, en outre, être teinté dans la masse pour donner des couleurs plus profondes (notamment avec le néon pour un rouge très dense). Ces tubes sont davantage consacrés à la signalétique, sous la forme d'enseignes ou en renforcement des lignes d'une architecture, qu'à l'éclairage. L'appellation « néon » couramment utilisée (par extension et simplification) pour désigner ces sources est inexacte dans la mesure où toutes ne contiennent pas nécessairement du néon.

Les tubes fluorescents

Après les tubes luminescents à cathode froide sous haute tension (les « néons »), apparus dès 1910, mais essentiellement réservés à la signalétique, les tubes luminescents à cathode chaude sous tension secteur voient le jour vers 1938 et sont massivement commercialisés en Europe dès 1950. Les premiers tubes produits comportent différentes puissances (20, 40, 65, 105 W), auxquelles correspondent différentes longueurs (60, 120, 150, 205, 240 cm), mais toutes ont le même diamètre (38 mm), pour une durée de vie de 7 000 heures et une efficacité d'environ 65 lm/W. Grâce aux poudres fluorescentes utilisées en proportions diverses, on les trouve avec plusieurs températures de couleur (2 700, 3 400, 3 700, 5 000, 5 500, 6 500 K). Disponibles aux États-Unis, les tubes de 240 cm ne l'ont jamais été en Europe.

En 1980, apparaissent sur le marché les tubes T8, de diamètre inférieur (26 mm), mais plus performants (100 lm/W), avec un IRC nettement moins satisfaisant (80) et une durée de vie théorique deux fois supérieure – grâce à de nouvelles poudres fluorescentes dont les spectres très étroits ont une efficacité lumineuse importante. Enfin, au début des

années 2000, de nouveaux tubes apparaissent, les T5, dont le diamètre est réduit (16 mm) et les longueurs diminuées de quelques centimètres par rapport aux précédentes de manière non homothétique (54,9 cm, 114,9 cm et 144,9 cm).

Les diodes électroluminescentes – LED (Light Emitting Diode)

Les diodes électroluminescentes sont constituées d'un semi-conducteur divisé en deux parties de conductivité distinctes de type P et N et d'une zone de recombinaison radiative des atomes N porteurs d'électrons supplémentaires des atomes en manque d'électron P (trous). À l'interface de ces deux parties, la recombinaison des électrons et des trous donne naissance à des photons de longueurs d'ondes qui varient en fonction du type de semi-conducteur. Toutes les diodes électroluminescentes sont de couleur (les premières, il y a plus de trente ans, étaient rouges, sont ensuite apparues les vertes, puis les bleues et d'autres couleurs encore après). Pour l'éclairage, il ne faut pas une lumière colorée, mais une lumière blanche. Il existe actuellement deux manières de réaliser cette lumière blanche :

– un ensemble de diodes colorées rouges, vertes et bleues au minimum, auxquelles d'autres couleurs peuvent être ajoutées ;

– ou bien une diode émettant dans le bleu, couplée à un ou plusieurs luminophores.

À partir du dosage des différentes diodes colorées ou des luminophores, les températures de couleur peuvent être extrêmement variées de 2 700 K à plus de 8 000 K. L'efficacité de ces sources peut atteindre plus de 100 lm/W pour les températures de couleur les plus hautes avec une durée de vie dépassant les 30 000 heures. Ces sources, pour leur fonctionnement, sont très dépendantes de leurs conditions d'installation dans les luminaires.

Les diodes électroluminescentes ont, par ailleurs, largement été utilisées de manière signalétique : comme voyants témoins dans les appareils sous tension, puis dans les panneaux d'affichage lumineux défilant dans l'espace urbain.

Notes

1. <http://eu.vlex.com/vid/glement-ecoconception-lampes-domestique-54129635> (consulté le 21 décembre 2012).

2. <http://eu.vlex.com/vid/exigences-mati-ecoconception-consommateurs-24450603> (consulté le 21 décembre 2012).

3. « Marché européen : vers la disparition des lampes énergétivores », 23 mars 2009. AFE, www.afe-eclairage.com.fr (consulté le 21 décembre 2012).

4. Cf. Govan, M., Bell, T., 2004, *Dan Flavin, the complete Lights 1961-1996*, Dia Art Foundation & Yale University Press, New Haven and London.

5. *Id.*, œuvre 452, p. 354. Un exemplaire de cette œuvre a notamment été montré à la Galerie Perrotin, 14 janvier-3 mars 2012, Paris.

6. Anders, G., 2002, *L'Obsolescence de l'homme. Sur l'âme à l'époque de la deuxième révolution industrielle (Die Antiquiertheit des Menschen, 1956)*, trad. fr. Encyclopédie des nuisances, éd. Ivrea, Paris, p. 68.

7. *Id.*, p. 70.

8. Cf. Calendrier de bannissement des sources lumineuses énergétivores non directionnelles selon la réglementation européenne 244/2009, <http://www.syndicat-eclairage.com/upload/declarations/53.pdf> (consulté le 21 décembre 2012).

Bibliographie sélective

- Association française de l'éclairage (AFE), 1992, *Les Sources électriques*, Société d'éditions LUX, Paris.
- Deitz, P., 2009, *Histoire des luminaires, histoire des hommes*, Éditions du Perron, Liège.
- Ezrati, J.-J., 2002, *Théorie et technique de l'éclairage muséographique*, éd. AS, coll. Scéno +, Paris.
- Lemaître-Voreaux, P., 1979, « La surprenante ascension des performances des lampes électrique », tiré à part de la revue *LUX*, n° 101, Paris, 12 p.