

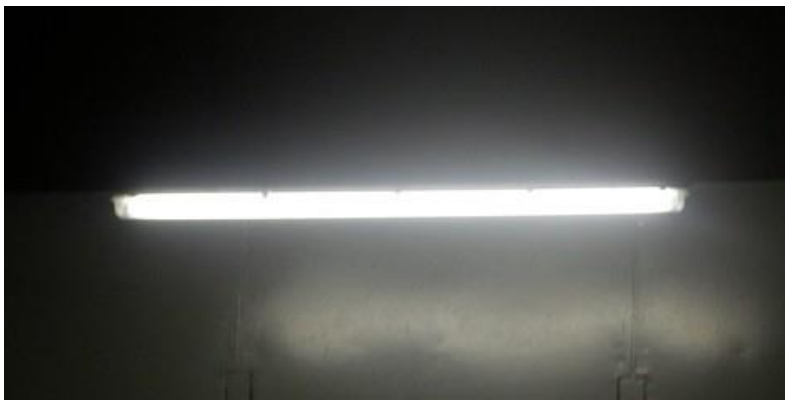
LES TUBES FLUORESCENTS

Le principe de la fluorescence :

Un corps est fluorescent lorsqu'il absorbe des radiations et restitue des radiations de longueur d'onde plus grande. Certains corps fluorescents absorbent des radiations d'ultraviolet pour les restituer en radiations de lumière visible. Les lampes fluorescentes utilisent le principe de la fluorescence, par un poudrage de la paroi intérieure de la lampe avec des particules fluorescentes.

Historique :

Le premier tube à décharge est inventé en 1901 par l'anglais Cooper-Hewitt. C'est toutefois Georges Claude qui, le 20 novembre 1936, présente le premier tube fluorescent commercialisable. Il émet une « lumière blanche » (elle est en tout cas considérée comme telle). Il présente l'avantage d'émettre 2 à 3 fois plus de lumière qu'une lampe à incandescence classique de même puissance, et d'avoir une durée de vie beaucoup plus longue. En Europe, sa diffusion est ralentie par la Seconde Guerre Mondiale. Les premiers tubes fluorescents sont installés en France en 1946, dans les stations Lena et Alma-Marceau du métro parisien.



Caractéristiques des tubes fluorescents :

Les tubes fluorescents sont classés suivant quatre critères :

- La température de couleur ;
- L'indice de rendu des couleurs ;
- La forme et les dimensions ;
- Le type de culot.

À chaque type de tube fluorescent correspond un spectre lumineux. Les constructeurs agissent sur les caractéristiques du poudrage fluorescent et sur le gaz pour obtenir les différentes teintes.

Ainsi, chaque lampe est recommandée pour une utilisation spécifique. Par exemple, les tubes “Blanc de luxe” ou « Blanc solaire » sont surtout utilisés pour les lieux publics (restaurants, hôtels...) et les tubes “Blanc industrie” sont utilisés davantage dans les usines (ateliers...).

APPLICATIONS	TEINTES FROIDES		TEINTES INTERMÉDIAIRES			TEINTES CHAUDES			TEINTES SPÉCIALES	
	Activa	Lumière du jour 860	Blanc industrie 133	Blanc brillant 840	Blanc universel 125	Blanc chaud 129	Blanc solaire 830	Blanc confort 827	Gro-Lux Aquastar	Gourmet 175
Eclairage de magasins										
Alimentation		●					●			
Boucheries							●			●
Boulangeries							●	●		
Vêtements				●			●			
Chaussures				●			●			
Meubles et tapis				●			●			
Livres et disques				●			●			
Cosmétiques				●			●	●		
Fleuristes	●	●		●			●		●	●
Magasins d'animaux/aquariums	●	●		●					●	
Hôtels/salles de conférence										
Halls/galeries				●			●			
Salles à manger							●	●		
Chambres à coucher								●		
Salles de réunion				●	●		●			
Ecoles										
Salles de sport				●						
Salles de classe				●	●		●			
Couloirs				●	●		●			
Restaurants							●	●		●
Hôpitaux										
Chambres de malades							●	●		
En général	●	●		●			●			
Bureaux				●	●		●			
Industrie										
Ateliers			●	●						
Stockage			●	●		●				
Textiles, imprimeries		●		●						
Industries chimiques		●		●						
Garages		●	●	●		●				
Laboratoires	●	●		●						
Inspection de qualité	●	●		●						
Habitations privées										
Salles de séjour							●	●		
Cuisines, salles de bain							●	●		●
Plantes, aquariums									●	

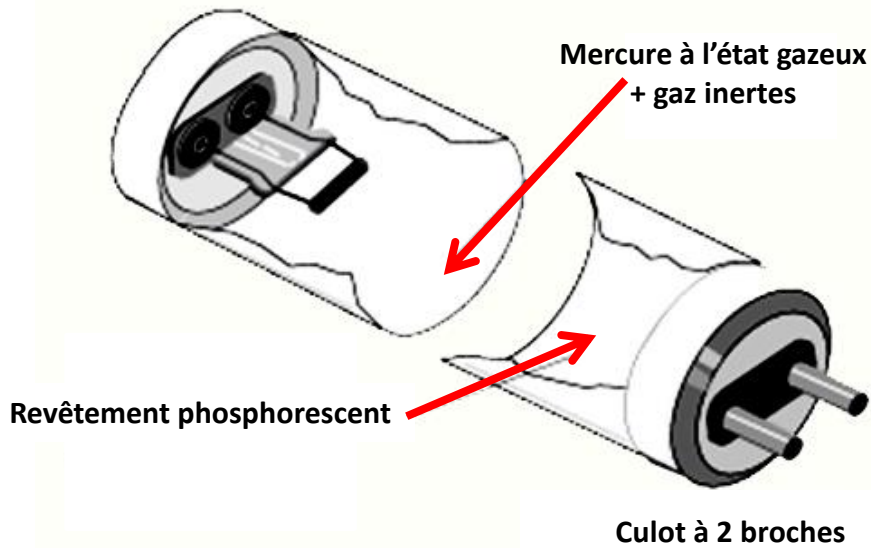
● Teintes conseillées

Principe :

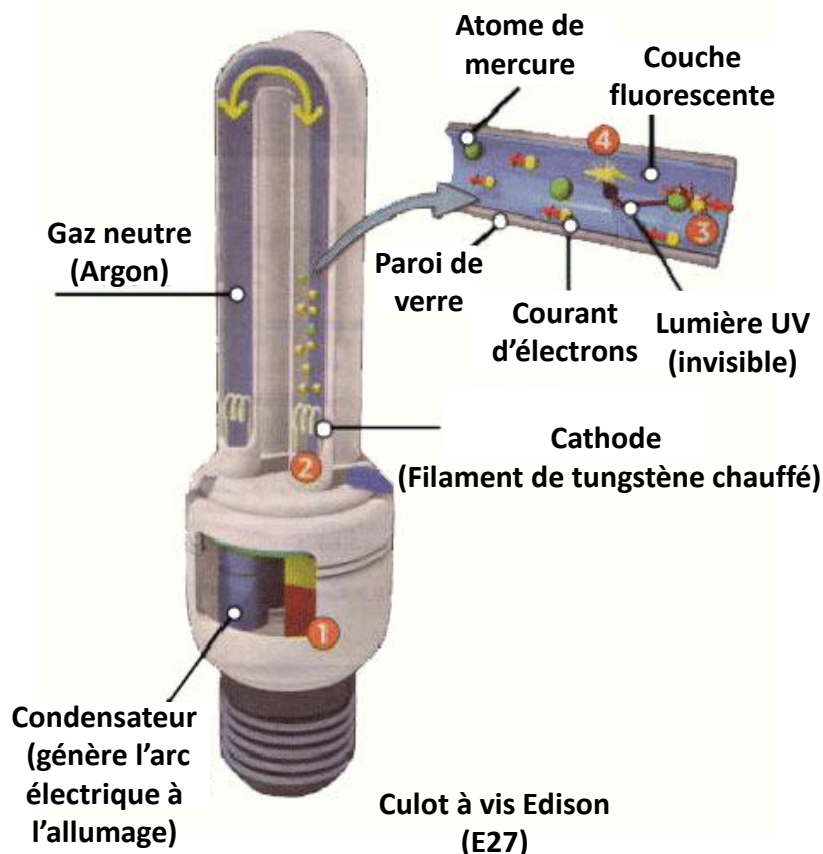
Du mercure à l'état gazeux est placé dans un tube en verre, muni de deux électrodes à chaque extrémités. Les atomes de mercure, ionisés sous l'effet du courant électrique appliqué entre les électrodes, émettent, par luminescence, des rayons ultraviolets. Ce rayonnement est converti en lumière visible par la poudre fluorescente déposée sur les parois du tube. La couleur de la lumière émise dépend de la nature de la poudre fluorescente utilisée.

Lorsque le tube est replié sur lui-même, le ballast est intégré dans la douille pour prendre une forme plus compacte. On parle de lampe fluo-compacte (LFC).

TUBE FLUORESCENT



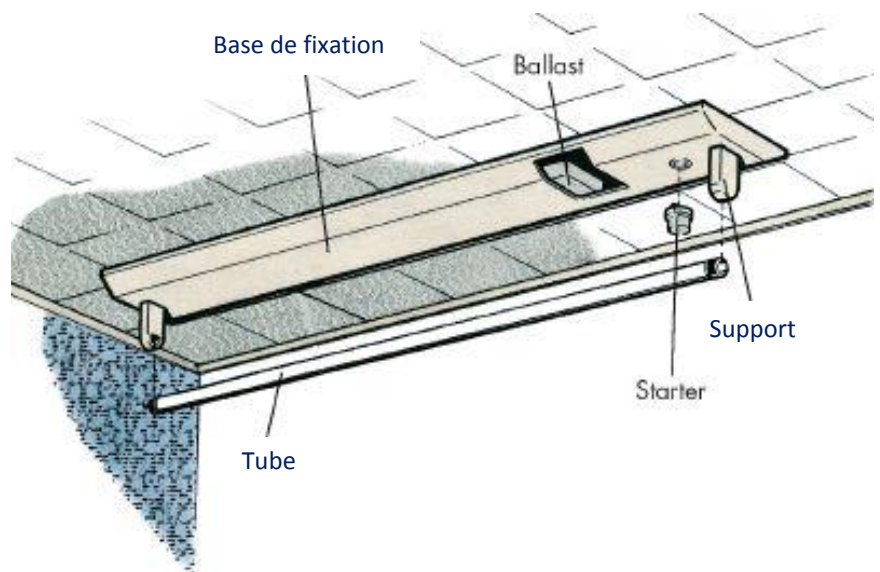
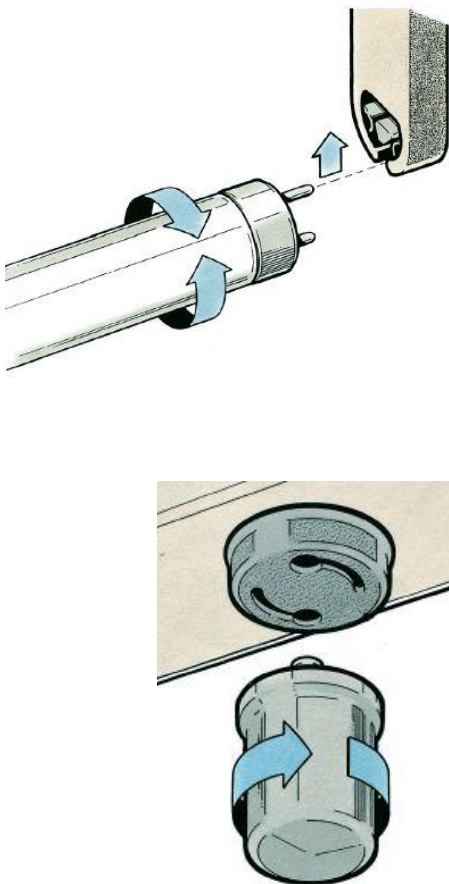
LAMPE FLUOCOMPACTE



Allumage des tubes fluorescent :

Le fonctionnement des lampes fluorescentes nécessite l'utilisation d'un dispositif d'allumage, permettant le préchauffage de l'atmosphère gazeuse, et un "ballast" qui stabilise le courant dans le circuit. Il existe trois technologies pour l'allumage des tubes fluorescents :

- **Allumage par ballast électronique** : sans starter, permettant une économie d'énergie allant jusqu'à 30%.
- **Allumage par starter et ballast ferromagnétique** : le starter joue le rôle du dispositif de préchauffage
- **Allumage instantané sans préchauffage** : dans ce cas, les tubes sont équipés d'une bande métallique résistante d'amorçage tout le long du tube.

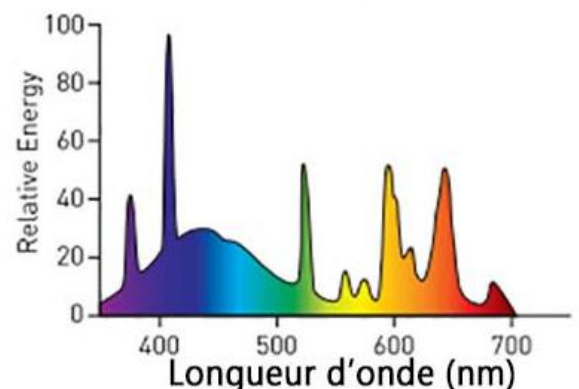


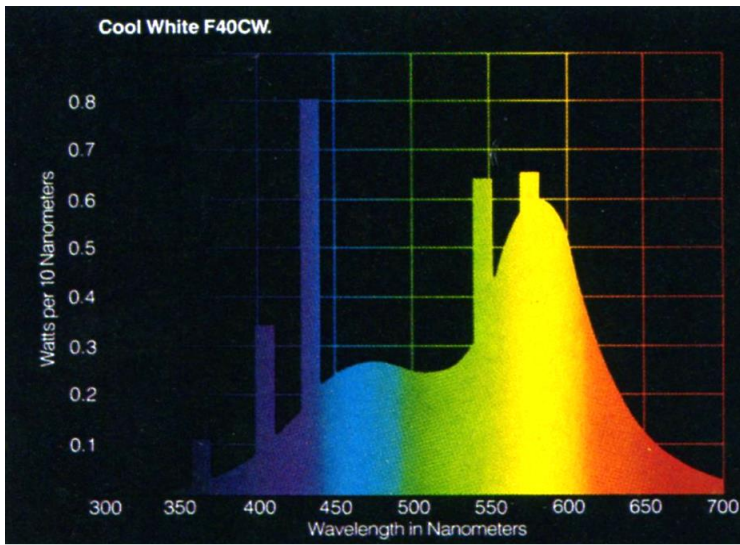
Dans le cas des **lampes fluocompactes**, le ballast est miniaturisé et incorporé au culot. Il suffit de monter l'ampoule sur sa douille comme une lampe ordinaire, pour la faire fonctionner.

Température de couleur :

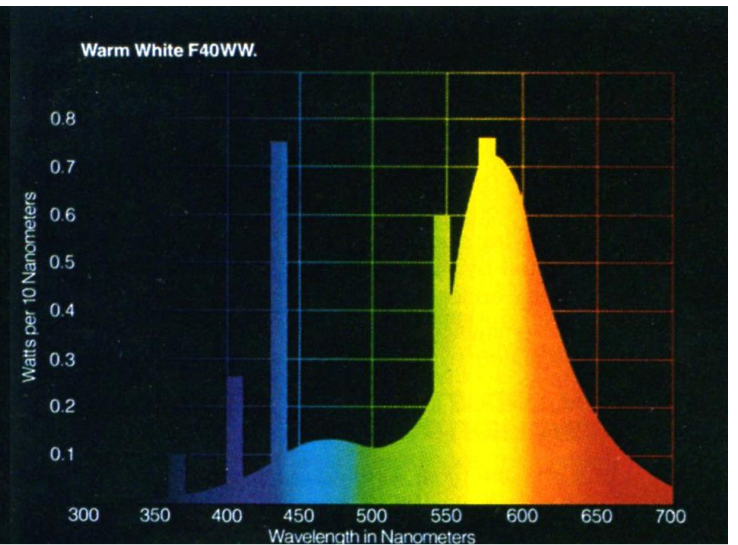
Le spectre des tubes fluorescent (et des lampes fluocompactes) est un spectre continu avec des pics de radiation particulièrement gênants lors de la prise de vue.

Si notre œil s'adapte et voit dans la lumière de ces lampes une lumière « à peu près » blanche, la pellicule ou le capteur de la caméra seront extrêmement sensibles à ces pics de radiation et donneront une dominante violette, bleu ou verte sur l'ensemble de l'image.

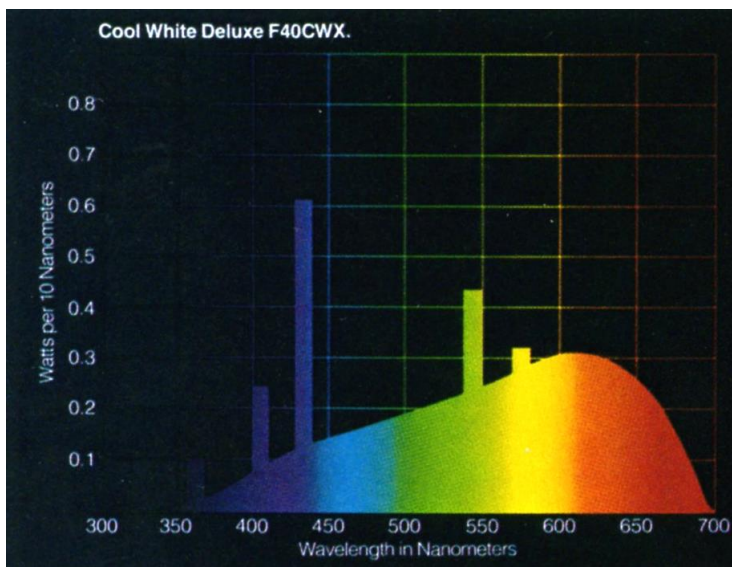




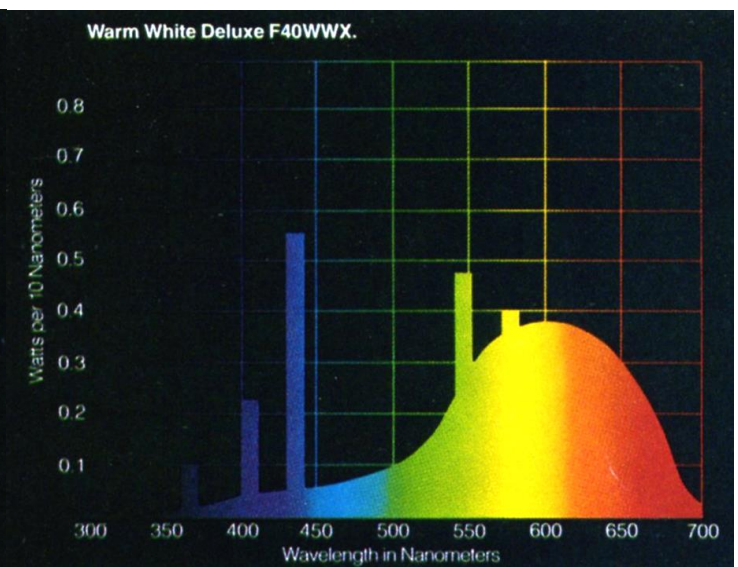
Tube COOL WHITE F 40 CW



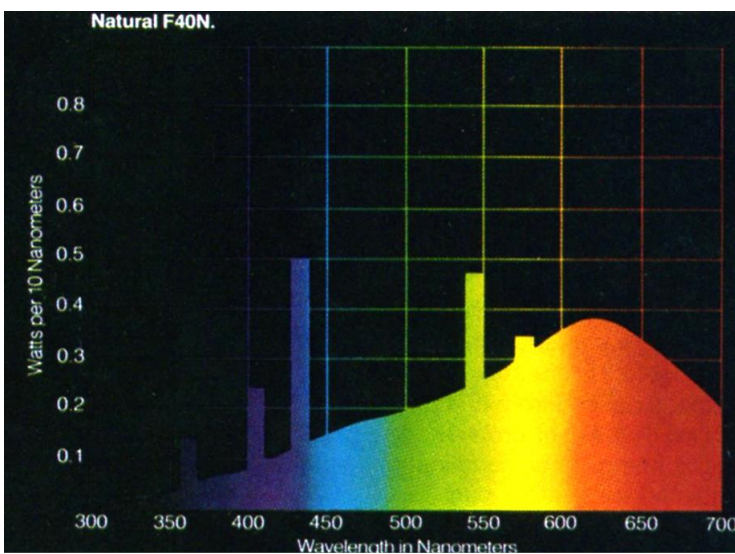
Tube WARM WHITE F 40 WW



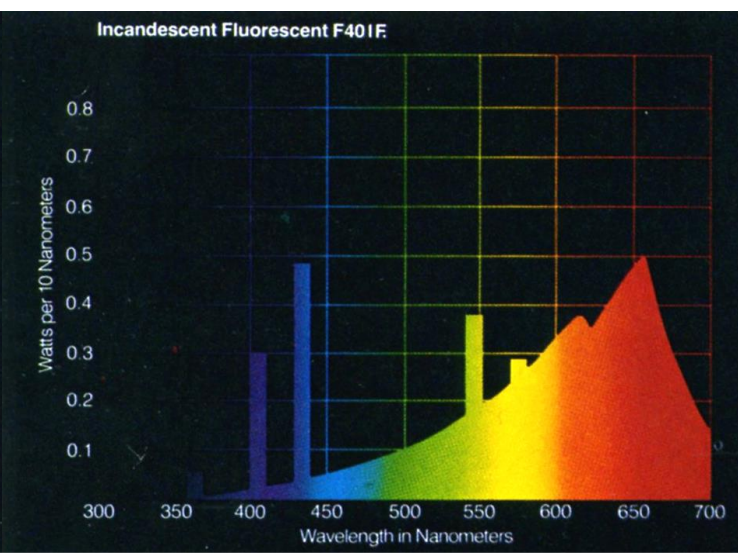
Tube COOL WHITE DELUXE F 40 CWX



Tube WARM WHITE DELUXE F 40 WWX



Tube NATURAL F 40 N



Tube INCANDESCENT FLUORESCENT F 40 IF

Filtres CC (Compensateurs de Couleurs) :

Pour corriger la dominante colorée engendrée par les sources fluorescente, on va disposer de filtres très légers, appelés filtres Compensateurs de Couleurs (CC) qui sont les mêmes filtres utilisés en postproduction pour l'étalonnage du film. Ces filtres opèrent des correction colorimétriques très fines sur les trois couleurs soustractives (jaune, magenta, cyan) et additives (rouge, vert, bleu). Leur densité varie de 0.25 à 0.50.

Filtres Kodak compensateurs de couleur

Densité au pic	Jaune (absorbe le bleu)	Augmentation de l'ouverture (en diaphragme)	Magenta (pourpre) (absorbe le vert)	Augmentation de l'ouverture (en diaphragme)	Cyan (bleu-vert) (absorbe le rouge)	Augmentation de l'ouverture (en diaphragme)
0.025	CC-025Y	—	CC-025M	—	CC-025C	—
0.05	CC-05 Y	—	CC-05 M	1/3	CC 05 C	1/3
0.10	CC-10 Y	1/3	CC-10 M	1/3	CC-10 C	1/3
0.20	CC-20 Y	1/3	CC 20 M	1/3	CC-20 C	1/3
0.30	CC-30 Y	1/3	CC-30 M	2/3	CC-30 C	2/3
0.40	CC-40 Y	1/3	CC-40 M	2/3	CC-40 C	2/3
0.50	CC-50 Y	2/3	CC-50 M	2/3	CC-50 C	1

Densité au pic	Rouge (absorbe le bleu et le vert)	Augmentation de l'ouverture (en diaphragme)	Vert (absorbe le bleu et le rouge)	Augmentation de l'ouverture (en diaphragme)	Bleu (absorbe le rouge et le vert)	Augmentation de l'ouverture (en diaphragme)
0.025	CC-025R	—	—	—	—	—
0.05	CC-05 R	1/3	CC 05 G	1/3	CC 05 B	1/3
0.10	CC-10 R	1/3	CC-10 G	1 3	CC-10 B	1/3
0.20	CC-20 R	1/3	CC-20 G	1/3	CC-20 B	2/3
0.30	CC-30 R	2/3	CC-30 G	2 3	CC-30 B	2/3
0.40	CC-40 R	2/3	CC-40 G	2/3	CC-40 B	1
0.50	CC-50 R	1	CC-50 G	1	CC-50 B	1 1/3

L'American Cinematographer nous donne ce tableau permettant de corriger la dominante à la prise de vue pour les principaux tubes :

Type of Fluorescent Lamp	Films Balanced for Daylight		Films Balanced For 3200°K Tungsten	
	Filters	Exposure Increase	Filters	Exposure Increase
Daylight	40M + 30Y	1 stop	85B* + 30M + 10Y	1 stop
White	20C + 30M	1 stop	40M + 40Y	1 stop
Warm White	40C + 40M	1½ stop	30M + 20Y	1 stop
Warm White Deluxe	60C + 30M	1% stop	10Y	½ stop
Cool White	30M	¾ stop	50M + 60Y	1½ stop
Cool White Deluxe	30C + 20M	1 stop	10M + 30Y	¾ stop

*KODAK Wratten Filter No. 85B (use proper exposure index)

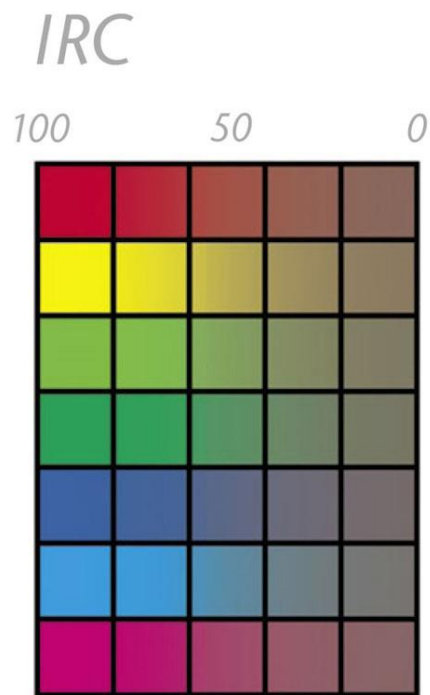
NOTE: Film should be exposed at 24 f.p.s. or less (exposure times should be longer than 1/60 second to avoid varying brightness and color due to changes during a single a-c cycle). With color reversal films, test exposures should be made using filters that vary at least ±CC 10M and CC 10Y from those suggested in the table. This table may be used as a starting point for correction of Agfa Gevaert, Eastman Kodak, or Fuji materials.

A noter que la correction des dominantes à partir de gélamines colorée KODAK WRATTEN CC, dès la prise de vue n'est plus vraiment utilisée. On préfère aujourd'hui rattraper les dominantes en postproduction à l'étalonnage, ce qui permet de rendre à une même séquence toute son homogénéité. Rappelons que l'étalonnage ne se fait jamais au plan par plan, mais séquence par séquence et qu'il convient pour chaque séquence de déterminer le plan qui servira de référence colorimétrique à tous les autres au sein de la même de la séquence.

L'étalonnage se fait à partir des filtres soustractifs (jaune, magenta, cyan) pour les pellicules et à partir des filtres additifs (rouge, vert, bleu) pour les images numériques. Sur les logiciels d'étalonnage numérique d'aujourd'hui, les filtres KODAK WRATTEN CC restent la **seule et unique** référence de correction.

Indice de rendu des couleurs (IRC) :

Cet indice (à ne pas confondre avec la température de couleur) définit l'aptitude d'une lampe à nous faire distinguer toutes les couleurs. La valeur maximale d'IRC est 100.



La lumière du jour offre un IRC de 100. Les ampoules à incandescence et halogènes (dont la lumière a un spectre continu) ont aussi un IRC proche de 100, même si la teinte de leur lumière tire sur le jaune. Par contre, l'IRC de la majorité des lampes fluorescentes et des lampes LED présentes sur le marché se situe autour de 80. Mais, dans les deux catégories, il existe des modèles avec un IRC plus grand que 90 (très bon rendu des couleurs) ou en dessous de 70 (rendu des couleurs médiocre).

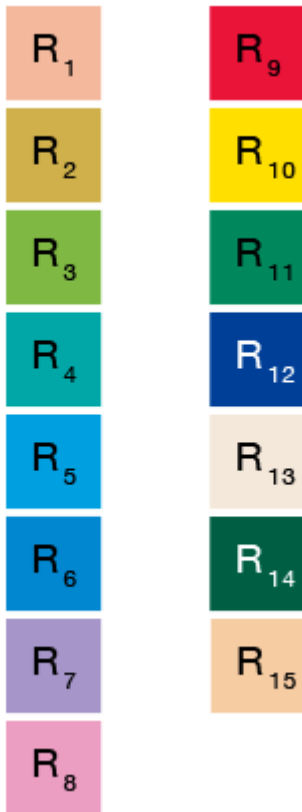
L'IRC se mesure sur 8 couleurs (procédure normalisée Ra)



Pour évaluer l'IRC-rendu des couleurs d'une lampe selon la procédure de la Commission internationale de l'éclairage (CIE), on utilise une palette de 8 couleurs (R1 à R8). Pour chaque couleur, on compare le rendu sous la lampe testée et sous une lumière idéale. L'IRC attribué finalement à la lampe est une moyenne des 8 rendus de ces 8 couleurs-tests.

Parce que cette procédure a été mise au point dans les années 1950 pour tester les lampes fluorescentes et les lampes à décharge, elle est mal adaptée aux LED d'éclairage qui sont apparues récemment.

Pour adapter le test aux LED et l'affiner, certains professionnels de l'éclairage utilisent – en plus des 8 couleurs déjà mentionnées – 7 autres couleurs (R9 à R15).

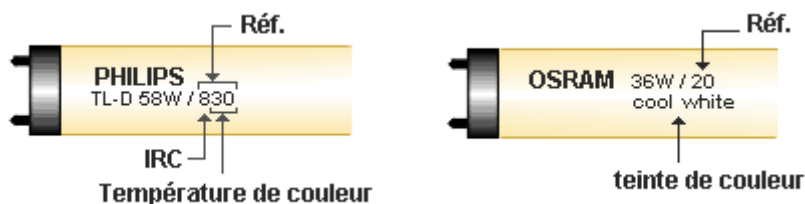


L'IRC des lampes fluorescentes

Sur les lampes fluorescentes (ampoules fluocompactes "économiques" et tubes fluorescents), l'IRC est souvent indiqué à l'aide d'un code de trois chiffres qui combine l'IRC et la température de couleur. Seul le premier chiffre concerne l'IRC. Les lampes fluorescentes qui offrent un très bon rendu des couleurs IRC 90-100 (codes **930**, **940**, **950**...) ont cependant un moins bon rendement lumineux et sont en catégories B de l'étiquette-énergie. Celles de la catégorie IRC 80-89 (codes **827**, **830**, **840**...) ont un bon rendu des couleurs et conviennent au logement et au bureau. Cependant, leur IRC n'est pas suffisant pour des tâches où la détermination des couleurs est importante (graphisme, confection, bijouterie, médecine, etc.)

Il faudrait réserver les lampes avec un IRC 70-79 (codes **730**, **740**... ou code propre au fabricant) pour les couloirs, et celles avec un IRC 60-69 ou inférieur (codes **630**, **640**... ou code propre au fabricant) pour éclairer le garage ou la cave. Les tubes lumineux avec un faible IRC portent souvent la mention "standard".

Code	IRC Indice de Rendu des Couleurs	Température de couleur
827	80 à 89	2700 K blanc très chaud
830	80 à 89	3000 K blanc chaud
840	80 à 89	4000 K Lumière du jour
930	90 à 99	3000 K blanc chaud
940	90 à 99	4000 K Lumière du jour



Pour effectuer une prise de vue correcte en colorimétrie il sera nécessaire de choisir des sources dont l'IRC est supérieur ou égal à 95.

Caractéristiques générales des tubes fluorescents :

Les différents diamètres :

Il existe 3 grands types de tubes fluorescents sur le marché :

TYPE DE TUBE	DIAMETRE	Efficacité lumineuse
T12	38 mm	40 à 70 Lm/W
T38		
T8	26 mm	65 à 95 Lm/W (à 25°C de température ambiante)
T26		
T5	16 mm	85 à 105 Lm/W (à 35°C de température ambiante)
T16		



Les tubes T8 et T5 :

Les tubes fluorescents (très souvent improprement appelés “néon”) sont utilisés depuis les années 1935/40 de manière courante. Les tubes T12 de 38mm de diamètre ont disparu et ne sont disponibles qu’en “relamping”. Les tubes **T8 (26mm)** et surtout **T5 (16mm)** sont les tubes les plus utilisés de nos jours. Des tubes appelés T2 (diamètre 7mm) existent également pour des petites puissances (6 à 13W) mais sont en voie de disparition.

Les tubes T8 :

A la suite des tubes T12, les tubes T8 sont arrivés et sont encore utilisés. Ils ont été conçus pour un fonctionnement avec un ballast magnétique et sont adaptés également pour les ballasts électroniques. La gradation électronique est possible et largement utilisée.

A noter que les tubes T8 ont un maximum d'efficacité à 25°C, ce qui ne correspond pas forcément à leur température d'utilisation à l'intérieur d'un luminaire (surtout à l'intérieur de luminaires étanches).

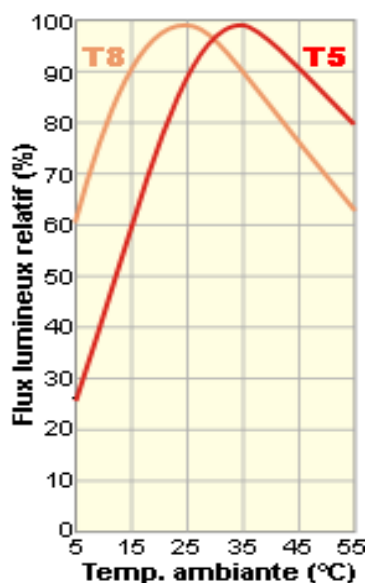
Les tubes T5 :

Les tubes T5 sont d'une génération plus récente et ont une conception d'une part plus fine – donc permettant la conception de luminaire plus design – et d'autre part prenant en compte la température élevée à l'intérieur des luminaires : le pic d'efficacité est non plus à 25°C comme les tubes T8 mais à 35°C car le point “froid” des tubes n'est pas situé au centre du tube mais à l'extrémité, au niveau du cachet du fabricant.

A noter que les tubes T5 ont un maximum d'efficacité à 35°C, ce qui correspond mieux à la réalité (mais attention aux cas particuliers où la température peut monter sensiblement comme à l'intérieur de luminaires étanches).

Ces tubes ont été conçus pour des ballasts électroniques uniquement (pas de ballast magnétique possible pour les puissances supérieures ou égales à 14W) et reprennent à peu près les dimensions des tubes T8.

Température de fonctionnement des lampes :



Le flux lumineux est fonction de la température ambiante et dépend du tube employé.

Ainsi, un tube de type T8 donne son maximum de flux lumineux à 25°C, alors qu'un tube de type T5 donne son maximum à 35°C.

Si la température ambiante augmente par exemple à 40°C, le flux lumineux redescend à 80% pour le T8 et à 95% pour le T5.

La chute est encore plus spectaculaire quand le tube fonctionne à des températures inférieures à 15°C, ainsi le passage de 15 à 5°C s'accompagne d'une chute de flux lumineux de 90 à 60% pour les tubes T8 et de 60 à 26% pour les tubes de type T5.

Fonctionnement à faibles températures :

Le flux lumineux et l'efficacité lumineuse chutent très fort avec la température ambiante, à tel point que certaines lampes ne s'allument plus en dessous de 0°C

Formes et dimensions :

Tubes linéaires

Très utilisés dans l'industrie, le commerce et les bureaux, les tubes linéaires sont la source d'éclairage fluorescent la plus répandue. Selon leur puissance, la longueur de ces tubes varie de quelques centimètres à plus de deux mètres. Chaque extrémité est pourvue d'une électrode composée d'un filament de tungstène doublement ou triplement bobiné et enduit d'un revêtement d'oxydes de baryum-strontium-calcium pour favoriser la circulation de électrons lors de la décharge. Le courant étant alternatif, ces électrodes fonctionnent alternativement comme une cathode ou une anode selon le sens du courant. La géométrie de ces électrodes varie d'un modèle de lampe à un autre.

Il existe deux catégories de lampes à usage général :

D'une part, il y a les lampes à très bon rendu des couleurs employant une poudre fluorescente à base de silicates et d'aluminates, souvent nommées lampes à « trois bandes » en référence à leur spectre d'émission. En plus d'une très bonne qualité de lumière (IRC de 80 à 95), l'efficacité lumineuse est élevée, de l'ordre de 80 à 105 lm/W.

D'autre part, il existe encore sur le marché des lampes à bas prix employant encore des halophosphates. Ces dernières ont une efficacité lumineuse moindre (60 à 75 lm/W) et un indice de rendu des couleurs trop faible (IRC 55-70) pour un emploi en dehors de l'éclairage industriel. Elles sont fortement à déconseiller pour la prise de vue.

La puissance électrique des tubes linéaires est fonction de leurs longueurs.

Longueur	Type	Puissance électrique	Flux lumineux
1,449 m	T5-VHO	120 W	9350 lm
2,4 m	T12	120 W	5770 lm
1,149 m	T5-VHO	95 W	7200 lm
1,449 m	T5-HO	80 W	7000 lm
1,76 m	T8	70 W	6200 lm
1,5 m	T12	65 W	4800 lm
1,5 m	T8	58 W	5240 lm
1,149 m	T5-HO	54 W	5000 lm
1,449 m	T5-HO	49 W	4900 lm
1,2 m	T12	40 W	3000 lm
0,849 m	T5-HO	39 W	3500 lm
1,2 m	T8	36 W	3250 lm
1,449 m	T5-HE	35 W	3650 lm
0,9 m	T12	30 W	2400 lm
1,149 m	T5-HE	28 W	2900 lm
0,549 m	T5-HO	24 W	2000 lm
0,849 m	T5-HE	21 W	2100 lm
0,6 m	T12	20 W	1200 lm
0,6 m	T8	18 W	1350 lm
0,438 m	T12	15 W	1000 lm
0,549 m	T5-HE	14 W	1350 lm
0,523 m	T5	13 W	830 lm
0,37 m	T5	12 W	672 lm
0,33 m	T4	10 W	650 lm
0,3 m	T5	8 W	340 lm
0,225 m	T5	6 W	270 lm
0,15 m	T5	4 W	140 lm

Les culots :

T8



G13



CULOT
G13

T5



G5



CULOT
G5

Les lampes fluo-compactes

Comme leur nom l'indique, ces lampes sont compactes grâce au pliage en deux, trois, quatre ou six d'un tube fluorescent dont le diamètre est compris entre 7 et 20 mm. En raison du faible diamètre du tube, seules des poudres fluorescentes à trois bandes sont employées. La forme compacte du tube à décharge pose aussi un problème de dissipation thermique et plusieurs moyens sont employés pour limiter la pression de vapeur saturante de mercure afin de rester au régime optimum de fonctionnement. Certaines lampes emploient des amalgames de mercure-étain ou mercure-bismuth, alors que d'autres sont pourvues d'appendices froids où le mercure se condense.

La première fut créée par Philips (annoncée en 1976, introduite en 1980), puis Osram (1981) suivi par les autres fabricants. La conception de cette nouvelle génération de lampes a été motivée par l'accroissement des coûts énergétiques suite aux deux chocs pétroliers des années 1970. Ainsi, les premières lampes fluocompactes introduites par Philips étaient conçues pour remplacer les lampes à filament directement dans leurs luminaires. Cependant, l'intégration du ballast ferromagnétique posait un sérieux problème de poids et de volume qui limitait les applications de ces lampes à économie d'énergie. Ce n'est que vers le milieu des années 1980 que les premières lampes fluocompactes à alimentation électronique seront mises sur le marché. Avec un meilleur rendement et des dimensions réduites, ces lampes se sont de plus en plus intégrées dans le paysage de l'éclairage domestique.



SUBWAY de Luc BESSON (1985)
Images de Carlo VARINI
Un des premiers films tourné en lumière fluorescente

LES LED

Une **LED** (Light Emitting Diode, ou en français Diode Electro Luminescente, DEL) est un composant électronique qui émet de la lumière à partir d'une excitation électrique.



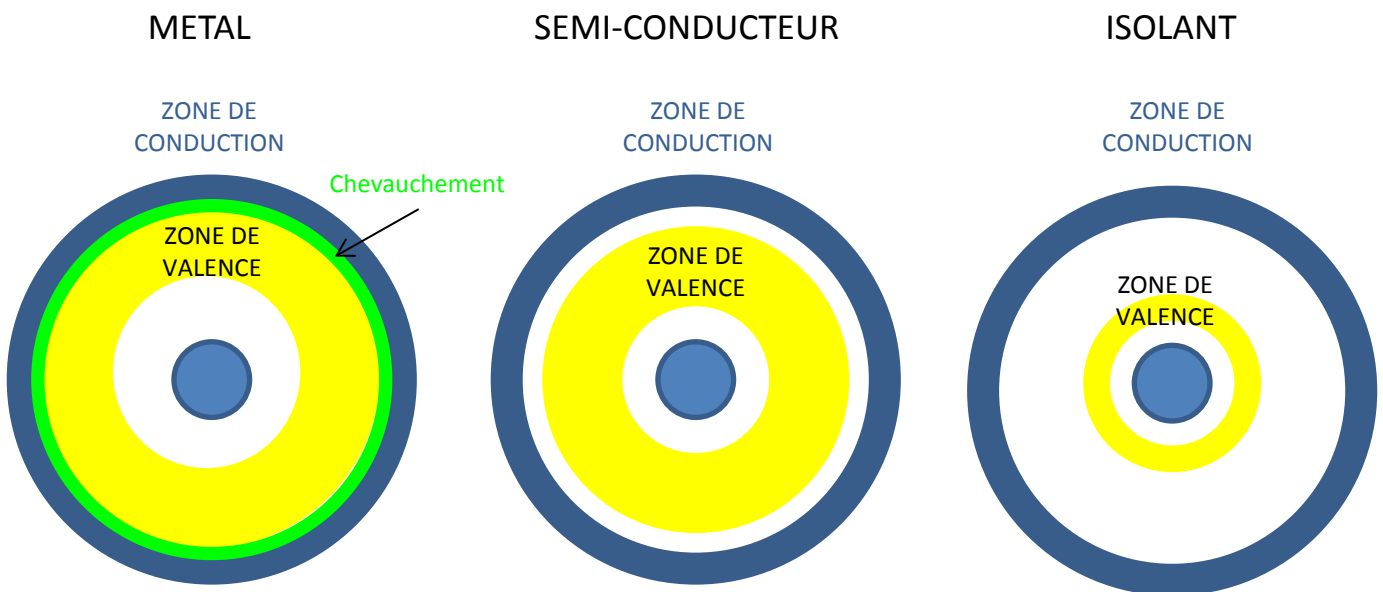
Le rayonnement émis n'est pas produit par la température (comme dans une lampe traditionnelle) mais par le matériau lui-même

Quand une LED est traversée par un courant, elle ne produit pas de la chaleur mais de la lumière. On passe ainsi d'un rendement lumineux de 5% pour les lampes classiques à un rendement proche des 50% (le reste étant : un peu de chaleur par effet Joule et de la lumière perdue au sein même de la LED).

Principe de fonctionnement :

Le fonctionnement d'une LED relève de la physique quantique des semi-conducteurs.

Considérons trois atomes de matériaux différents : L'un est un métal (cuivre ou aluminium) le second est un semi-conducteur (Silicium ou gallium) le troisième est un isolant (plastique ou verre, par exemple)



Tous ces atomes ont des couches d'électrons qui gravitent autour du noyau.

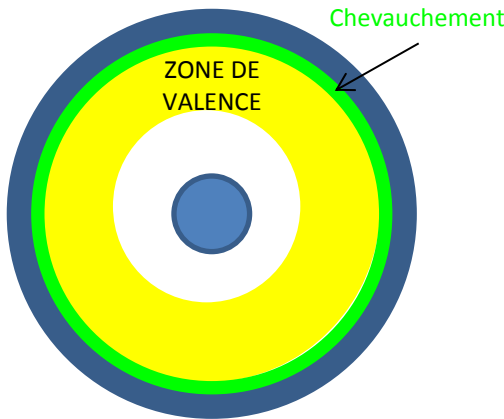
Certains électrons sont responsables des liaisons atomiques dans les molécules : ils se situent dans la **couche dite « de valence »**.

La couche externe, est celle qui comporte les électrons libres, ces électrons qui, dans un métal, peuvent conduire du courant électrique.

Cette dernière **couche** est dite « **de conduction** ».

MÉTAL

ZONE DE CONDUCTION



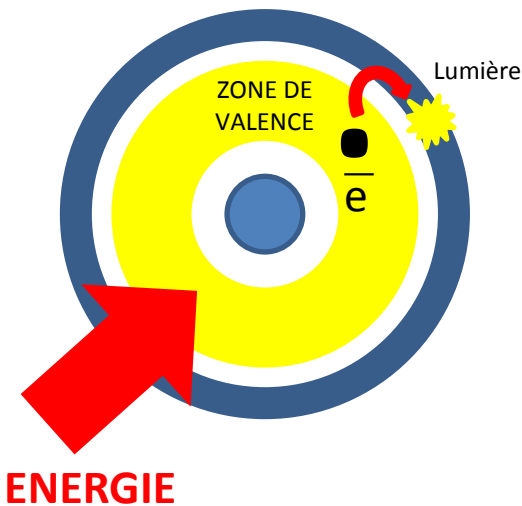
Dans un **métal**, les électrons peuvent passer facilement de la zone de valence à la zone de conduction.

Les deux zones se chevauchent et la zone de conduction n'est jamais vide.

Les métaux sont donc d'excellents conducteurs du courant électrique.

SEMI-CONDUCTEUR

ZONE DE CONDUCTION



Un **semi-conducteur** est un matériau intermédiaire entre un conducteur (métal) et un isolant.

Dans les semi-conducteurs, la zone de conduction est vide et elle est séparée de la zone de valence par un léger vide. Les deux zones ne se chevauchent pas et les électrons restent « bloqués » en zone de valence.

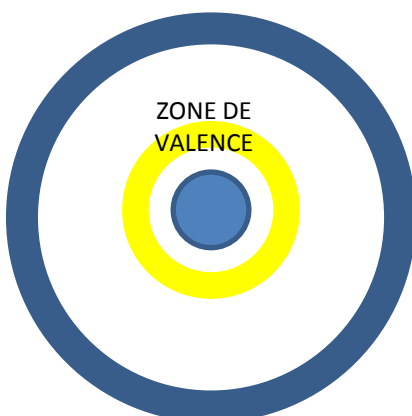
Il faut donc « forcer » les électrons de la zone de valence à passer en zone de conduction en leur fournissant de l'énergie.

Le passage d'un électron « énergisé » de la zone de valence à la zone de conduction se fait brusquement sans déplacement apparent. L'électron ne traverse pas de zone intermédiaire. Il est dans la zone de valence, puis il est dans la zone de conduction (principe de la physique quantique). La bande qui sépare la zone de valence de la zone de conduction s'appelle la **bande interdite**. Elle ne contient pas d'électron, même en transit.

Une légère tension électrique est suffisante pour « énergiser » les électrons **et chaque électron qui passe brusquement de la zone de valence à la zone de conduction sans passer par la bande interdite produit un photon**, d'où l'émission de lumière.

ISOLANT

ZONE DE CONDUCTION



Dans un **isolant**, la zone de valence est trop éloignée de la zone de conduction. La bande interdite est beaucoup plus large et aucun phénomène quantique ne peut se produire. Aucun électron ne peut donc passer dans la zone de conduction et le matériau ne conduit donc pas l'électricité.

Historique (source Wikipedia) :

La première émission de lumière par un semi-conducteur date de 1907 et est découverte par Henry Joseph ROUND.

En 1927, Oleg Vladimirovich LOSEV dépose le premier brevet de ce qui sera appelé, bien plus tard, une diode électroluminescente.

En 1955, Rubin BRAUNSTEIN découvre l'émission infrarouge de l'arséniure de gallium, semi-conducteur qui sera ensuite utilisé par Nick HOLONYAK Jr. et S. BEVACQUA pour créer la première LED rouge en 1962.

Durant quelques années, les chercheurs se limitent à quelques couleurs telles que le rouge (1962), le jaune, le vert et plus tard le bleu (1972).

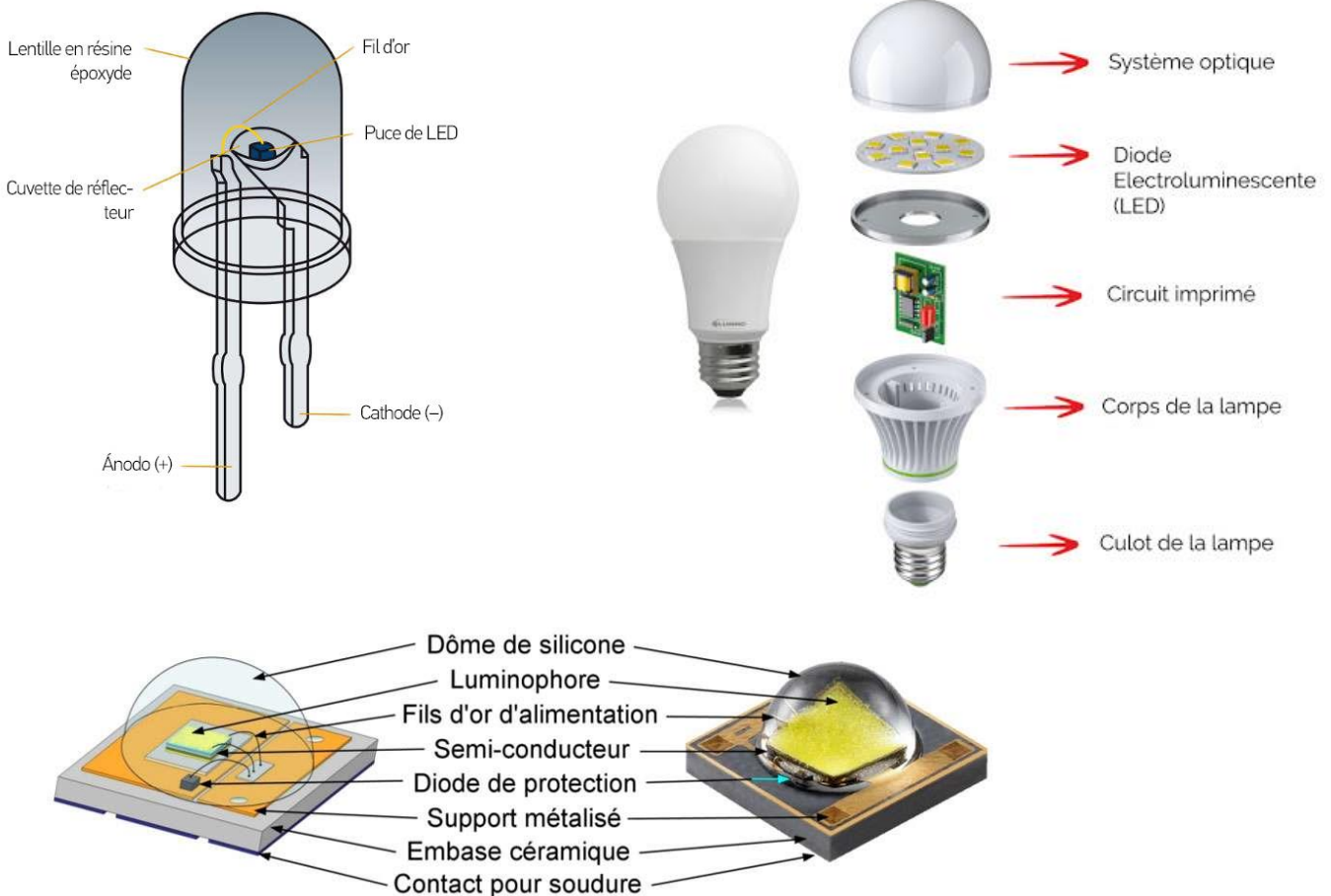
Dans les années 1990, les recherches dans la technologie des semi-conducteurs permettent la création de LED bleues de forte luminosité.

Ces LED seront ensuite adaptées en LED blanches, par adjonction d'un luminophore jaune. Cette avancée permet de nouvelles applications majeures telles que l'éclairage et le rétroéclairage des écrans de téléviseurs et des écrans à cristaux liquides.

Le 7 octobre 2014, Shuji NAKAMURA, Isamu AKASAKI et Hiroshi AMANO reçoivent le prix Nobel de physique pour leurs travaux sur les LED bleues.

Lumière produite par une LED

La lumière produite par une LED est donc relativement monochromatique (sa largeur d'émission en termes de longueur d'onde est étroite, de l'ordre de quelques dizaines de nanomètres), et pour pouvoir émettre de la lumière blanche, une couche de luminophore permet de convertir cette lumière monochromatique en lumière de plus large spectre .



Couleurs produite par une LED :

La couleur d'une LED peut être générée de différentes manières :

- coloration due à la longueur d'onde du semi-conducteur (capot transparent) ;
- coloration modifiée par le capot de la diode (émission bleue ou UV + revêtement à base de phosphores) ;
- coloration par plusieurs émissions de longueur d'onde différentes : les LED polychromatiques. Elles permettent notamment de proposer une vaste gamme de couleurs.

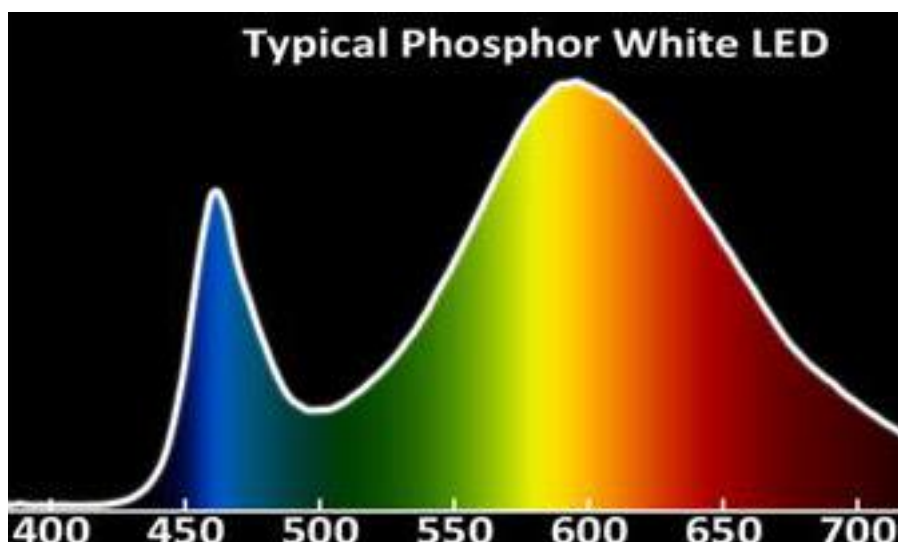
Voici quelques colorations en fonction du semi-conducteur utilisé :

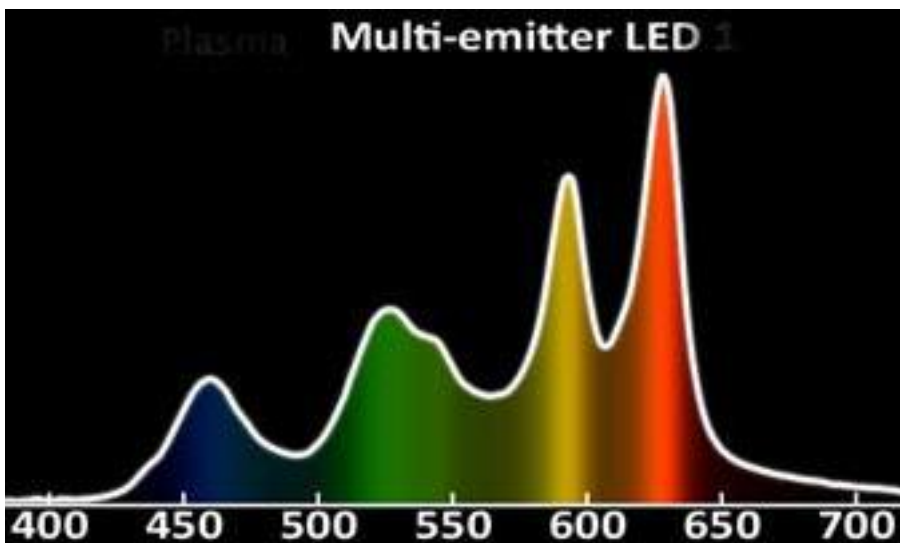
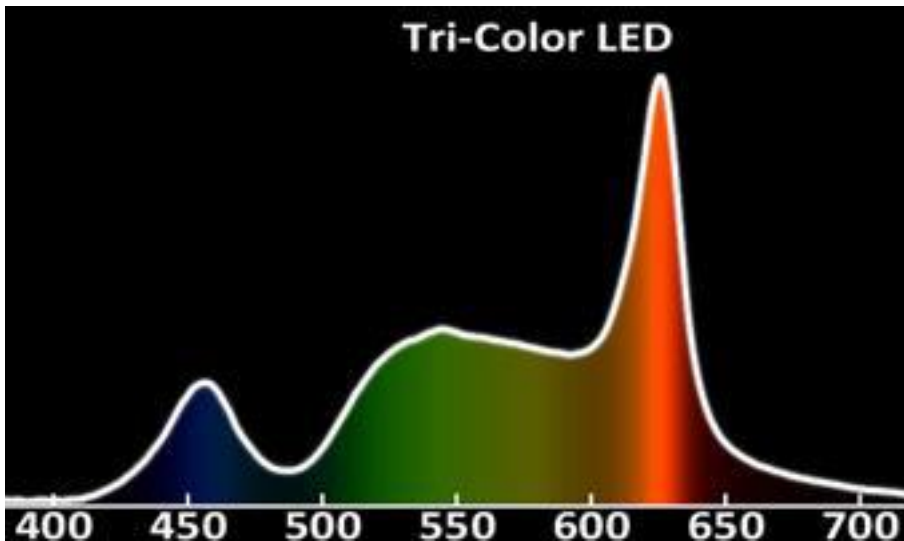
Couleur	Longueur d'onde (nm)	Tension de seuil (V)	Semi-conducteur utilisé
InfraRouge	$\lambda > 760$	$\Delta V < 1,63$	arséniure de gallium-aluminium (AlGaAs)
Rouge	$610 < \lambda < 760$	$1,63 < \Delta V < 2,03$	arséniure de gallium-aluminium (AlGaAs) phospho-arséniure de gallium (GaAsP)
Orange	$590 < \lambda < 610$	$2,03 < \Delta V < 2,10$	phospho-arséniure de gallium (GaAsP)
Jaune	$570 < \lambda < 590$	$2,10 < \Delta V < 2,18$	phospho-arséniure de gallium (GaAsP)
Vert	$500 < \lambda < 570$	$2,18 < \Delta V < 2,48$	nitride de gallium (GaN) phosphure de gallium (GaP)
Bleu	$450 < \lambda < 500$	$2,48 < \Delta V < 2,76$	séléniure de zinc (ZnSe) nitride de gallium/indium (InGaN) carbure de silicium (SiC)
Violet	$400 < \lambda < 450$	$2,76 < \Delta V < 3,1$	
Ultraviolet	$\lambda < 400$	$\Delta V > 3,1$	diamant (C)
Blanc	Chaude à froide	$\Delta V = 3,5$	

Spectre de couleurs :

Tout comme pour les tubes fluorescents, C'est la composition de la couche de lumiphore et la technologie mise en œuvre qui va déterminer le spectre de chaque lampe.

Plusieurs spectres sont donc possibles :





On voit sur les schémas ci-dessus que le spectre d'un éclairage LED peut très différent suivant qu'on utilise une simple lampe blanche , 3 LED : bleu, vert et rouge ou quatre LED : Bleu, vert, jaune et rouge.

L'IRC des lampes LED

Les lampes LED disponibles en grandes surfaces ont généralement un IRC situé entre 75 et 85 – certaines ampoules avec culot standard atteigne même 90-92. Sur le marché professionnel, on trouve des éclairages à LED avec un IRC allant jusqu'à 98.




La procédure normalisée pour définir l'IRC d'une lampe a été conçue dans les années 1950 pour caractériser l'éclairage fluorescent et les lampes à décharge utilisées notamment pour l'éclairage public. Elle n'est pas bien adaptée aux LED dont le spectre lumineux est très différent.. Ainsi, une ampoule LED avec un IRC de 80 peut offrir une lumière plus agréable qu'une ampoule fluo compacte dotée du même IRC. Ce n'est qu'en comparant les lampes chez soi qu'on pourra s'en rendre compte.

Pour la prise de vue, Il conviendra de n'utiliser que des LED dont l'IRC est supérieur ou égal à 95.

Conversion LED / FLUORESCENCE / INCANDESCENCE

Difficile de convertir la puissance des ampoules LED pour retrouver celle d'une ampoule à incandescence en regardant les « watts »... En effet, désormais le plus important à regarder est le flux lumineux exprimé en lumens.

Le tableau ci-dessous est à prendre avec beaucoup de précautions. Il ne concerne que les lampes et ne saurait être étendu aux projecteurs LED. Une étude comparative plus sérieuse sera proposée dans la suite de ce cours.

 LED		 Fluorescent		 Incandescent
1 Watt	=	3Watt	=	15Watt
3 Watt	=	7Watt	=	35Watt
5 Watt	=	11Watt	=	50Watt
7 Watt	=	15Watt	=	70Watt
9 Watt	=	19Watt	=	90Watt
12 Watt	=	25Watt	=	120Watt
15 Watt	=	31Watt	=	150Watt
18 Watt	=	36Watt	=	180Watt

De façon très approximative on peut dire que la puissance d'une lampe LED est 10 fois moindre que celle utilisée pour obtenir le même rendement en incandescence.. Mais tout ceci ne fonctionne qu'avec les petites puissances et ne donne là qu'un ordre d'idée.