

## L5C - Eclairage artificiel

Nicolas REMY

- La lumière blanche - définitions
  - . vision des couleurs
- Sources de lumière artificielle (Photométrie et critères de choix)
  - . Température de couleur
  - . IRC
  - . Flux lumineux
- Familles de sources

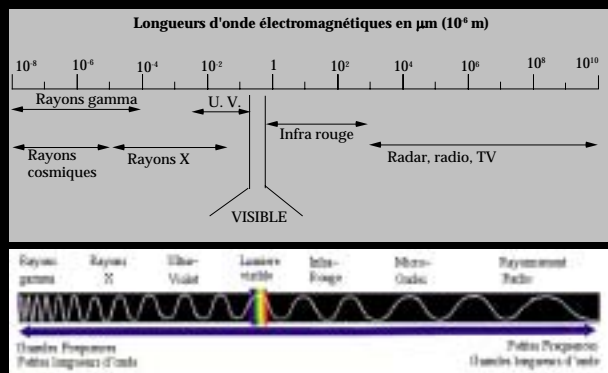


Tureul, Espagne

## La lumière - définition

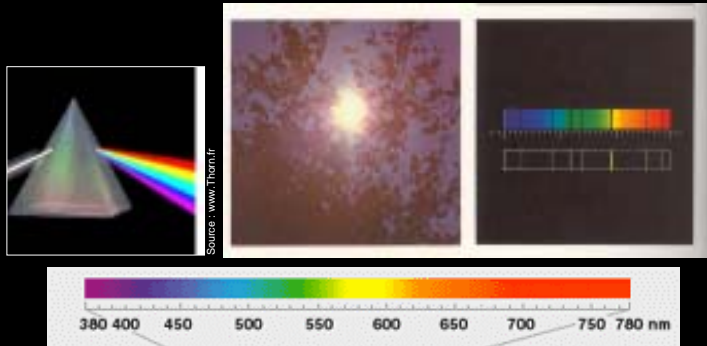
L'œil n'est sensible qu'à une toute petite partie des radiations électromagnétiques  
Le visible (la lumière), c'est un spectre électromagnétique dont les longueurs d'ondes ont le pouvoir d'exciter les cellules visuelles de l'œil

$$\lambda=0,38 \mu\text{m} < \text{Visible} < \lambda=0,78 \mu\text{m}$$



## La lumière blanche - définition

### Composition de la lumière blanche



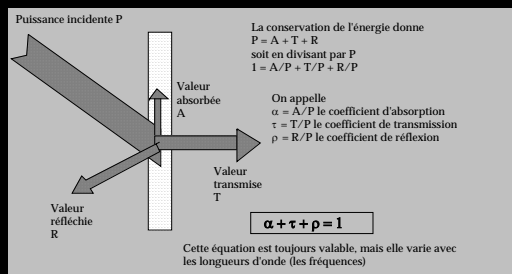
La lumière du soleil est une *lumière blanche* composée de l'ensemble des longueurs d'onde visibles.

Cette composition représente *le spectre*.

Chaque longueur d'onde correspond à une radiation "colorée"

## La vision des couleurs

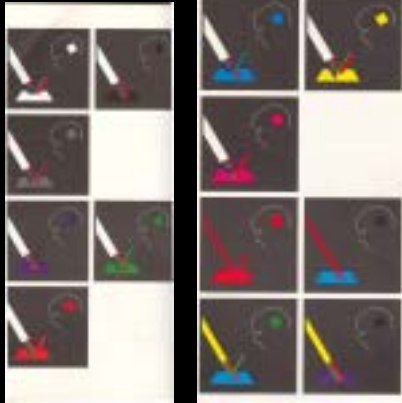
### Transmission-absorption-réflexion



La somme des énergies transmise, absorbée et réfléchie est égale à l'énergie incidente.

## La vision des couleurs

### Couleur des objets



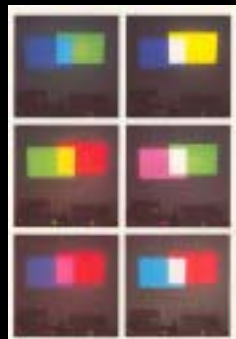
Un tissu noir absorbe toutes les longueurs d'onde.

Un tissu n'est vert que parce que les longueurs d'onde vertes sont réfléchies, toutes les autres étant absorbées.

Nous ne voyons des surfaces colorées que parce qu'elles sont capables d'émettre ou de ré-émettre de façon sélective certaines longueurs d'onde de la lumière incidente.

## La vision des couleurs

### Synthèse additive



Le mélange en proportions égales de 3 lumières primaires (bleu, vert, rouge) crée une lumière blanche. On peut obtenir d'autres couleurs par la superposition de faisceaux colorés projetés sur un écran blanc.

La vision des couleurs  
Synthèse soustractive



Les couleurs primaires du peintre sont le rouge (magenta), le bleu (cyan) et le jaune.

Dans le cas d'un mélange de matières colorées, on parle de synthèse soustractive. Les pigments absorbent une partie du rayonnement lumineux. Mélanger deux pigments signifie faire absorber par l'un ce que l'autre renvoie.

La vision - les contrastes

Contrastes de couleurs



Le vert central paraît plus vif à gauche qu'à droite

Le gris paraît plus foncé à droite qu'à gauche

Une couleur est toujours perçue par rapport aux autres couleurs présentes dans le champ visuel. Deux couleurs placées côte à côte tendent à être perçues différemment que si elles étaient vues séparément.

## La vision - les contrastes

### Variations de la lumière du soleil et constante perceptive

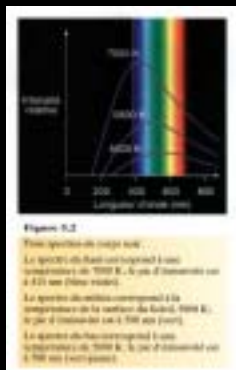


La couleur de la lumière du jour se modifie selon les moments de la journée (position du soleil) et les conditions atmosphériques. Ce changement est progressif, notre œil s'y adapte sans en prendre conscience.

La loi de constante perceptive désigne le fait que nous avons tendance à percevoir un objet avec des qualités permanentes.

## Les sources de lumière artificielle

### Température de couleur d'une source



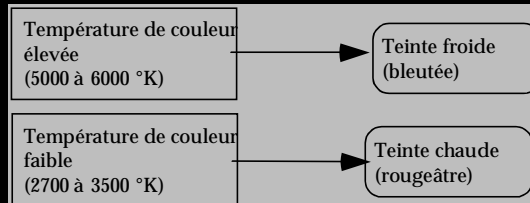
Le corps noir est un corps imaginaire étalon, qui permet de comparer et caractériser l'émission de différentes sources

La température de couleur d'une source lumineuse représente la température à laquelle il faudrait chauffer le corps noir pour qu'il ait le même aspect coloré que cette source.

La température de couleur d'une source lumineuse caractérise sa teinte.

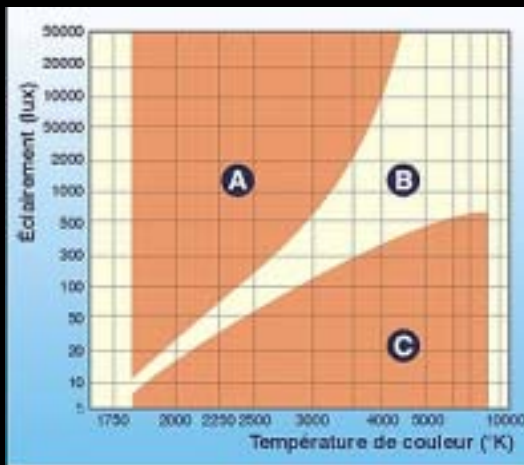
## Les sources de lumière artificielle

### Température de couleur d'une source



## Les sources de lumière artificielle

### Diagramme de Kruthof



Légende diagramme de Kruthof :

Zone A : ambiance jugée trop chaude

Zone B : ambiance jugée confortable

Zone C : ambiance jugée trop froide

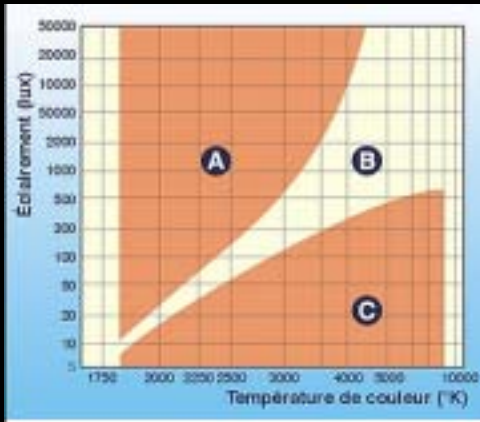
## Les sources de lumière artificielle

### Eclairage et Diagramme de Kruithof

L'éclairage fait souvent partie du cahier des charges d'un local.

Les valeurs d'éclairage recommandées varient en fonction de la tâche à accomplir. Elles sont en permanence reconsidérées en fonction de l'évolution des techniques, du contexte économique...

Pour les locaux de travail, les consignes européennes prennent aussi en compte le critère de luminance.



#### Valeurs d'éclairage moyens (à maintenir en lux)

voie de circulation intérieure	125
hall d'accueil	250
bureaux (travaux généraux) et bibliothèques	425
salle de classe	325
salles de dessin	850
maintenance générale (pièces moyennes)	425
maintenance spéciale	1250

Exemples, Recommandations de l'Association Française d'Eclairage (AFE), 1993



## Les sources de lumière artificielle

### Indice de rendu des couleurs d'une source (IRC) ou Ra en anglais



Deux sources ayant la même température de couleur n'ont pas forcément le même spectre.

Si ces deux sources éclairent le même objet, l'aspect coloré de cet objet ne sera pas forcément identique.



L'indice de rendu des couleurs d'une source désigne la capacité de cette source à restituer les couleurs de surfaces. L'IRC s'échelonne de 0 à 100. Il n'est significatif qu'à partir de 50.

## Les sources de lumière artificielle

### Indice de rendu des couleurs d'une source (IRC)



Sur la photo du haut, les fruits ont un aspect bleuté ; la source qui les éclaire ne restitue pas leur coloration naturelle.

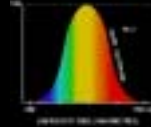


Sur la deuxième photo, l'IRC est meilleur.

## Les sources de lumière artificielle

### Autres critères de choix : Flux et efficacité lumineuse d'une source

Le **flux lumineux**, exprimé en lumen (lm), tient compte de la courbe de sensibilité de l'œil humain ; il représente les « watt utiles » pour l'œil émis par une source (1 watt émis dans le jaune est beaucoup plus "efficace" qu'1 watt émis dans le bleu). Le flux lumineux des sources est donné par les fabricants dans les catalogues.



L'**efficacité lumineuse** d'une source est le rapport entre le flux lumineux émis par cette source et sa puissance consommée (lm/W).

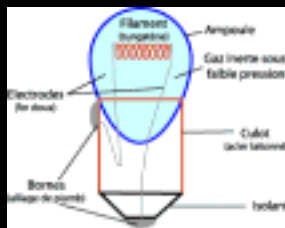
Seule une petite partie de l'énergie consommée par une lampe produit de la lumière.

#### Ordres de grandeur :

lampe à incandescence 100 W : 1500 lm	$\eta = 15 \text{ lm/W}$
lampe à incandescence à halogènes 100 W : 2500 lm	$\eta = 25 \text{ lm/W}$
tube fluorescent de 18 W (IRC = 85) : 1500 lm	$\eta = 85 \text{ lm/W}$
lampe à iodures métalliques de 150 W : 11 200 lm	$\eta = 75 \text{ lm/W}$

## Famille de sources

### Incandescence classique



Principe : la lumière est émise par le filament de tungstène porté à incandescence dans une atmosphère de gaz inerte.

Les sources à incandescence dégagent plus de 80 % de chaleur ; elles noircissent et ont une faible durée de vie.

Puissance : 40 à 1000 W  
Efficacité lumineuse : 8 à 18 lm/W  
Tc : 2600 à 2900 K  
IRC : 100  
Durée de vie : 1000 h (normalisée)

Les sources à incandescence ont un spectre continu

## Famille de sources

### Incandescence halogène



Principe : idem que l'incandescence classique mais l'introduction de composés halogénés permet la régénération du filament. Les sources halogènes noircissent moins et ont une durée de vie plus longues que les incandescences classiques/

Puissance : 50 à 2000 W  
Efficacité lumineuse : 13 à 20 lm/W  
Tc : 2800 à 3000 K  
IRC : 100  
Durée de vie : 2000 à 4000 h

## Famille de sources

### Sources à incandescence à réflecteur interne



Les lampes PAR sont en verre pressé pour mieux résister aux chocs et être utilisées en extérieur. Le réflecteur interne permet de faire varier la forme du faisceau.

Dichroïques  
Puissance : 15 à 150 W  
Efficacité lumineuse : 16 à 22 lm/W  
Tc : 3000 K  
IRC : 100  
Durée de vie : 2000 à 4000 h



## Famille de sources

### Les lampes à décharge

La lumière est produite dans une ampoule électrique renfermant un ou plusieurs gaz (vapeurs métalliques). Lorsqu'une tension suffisante est appliquée, un arc électrique se crée, qui met en mouvement les atomes de gaz (ionisation). En changeant la composition en gaz ou en modifiant la pression, on obtient des qualités de lumière différentes.

Les sources à décharge possèdent des « spectres à raies ».

Les sources à décharge requièrent un appareillage spécial : système d'allumage et ballast.

## Famille de sources

### Sources à vapeur de mercure *lampes fluorescentes* (vapeur de mercure basse pression)



La vapeur de mercure excitée à cette pression émet un spectre ultra-violet. L'ajout de poudres fluorescentes sur les parois intérieures de l'ampoule permet de transformer cette énergie en rayonnement visible (fluorescence).



Tube dont seulement une partie est recouverte de poudre fluorescente



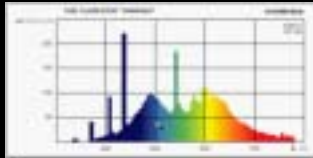
Les sources fluorescentes couvrent une large gamme de qualités de lumière et de formes.

Famille de sources

**Sources à vapeur de mercure**  
*tubes fluorescents*

Puissance : 18, 36, 58 W  
Efficacité lumineuse : > 60 lm/W  
Tc : 2700 - 7000 K  
IRC : 40 - 98  
Durée de vie : 6000 à 12000 h

Catalogue OSRAM :  
« lumière du jour » : Tc > 5000 K  
« blanc neutre » : Tc = 4000 K  
« blanc chaud » : Tc < 3300 K  
« blanc doré » : TC = 2700 K



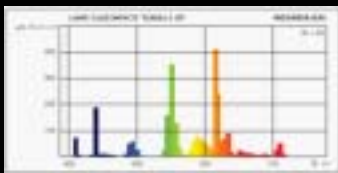
Exemple de spectre d'un tube fluorescent

Famille de sources

**Sources à vapeur de mercure**  
*lampes fluocompactes*

Puissance : 5 à 23 W  
Efficacité lumineuse : 40 à 60 lm/W  
Tc : 2700 - 3000 K  
IRC : 85  
Durée de vie : 8000 à 10000 h

Ces lampes ont un fonctionnement identique à celui des tubes mais leur appareillage incorporé permet de les substituer aux sources à incandescence



Exemple de spectre d'une fluocompacte



## Famille de sources

### Sources à vapeur de mercure

*sources aux iodures métalliques (vapeur de mercure haute pression)*



Ces lampes à vapeur de mercure haute pression contiennent des halogénures métalliques permettant un meilleur IRC.

Depuis peu, les brûleurs céramique tendent à remplacer les brûleurs à quartz.

#### *Brûleurs quartz*

Puissance : 50 à 2000 W

Efficacité lumineuse : 70 à 90 lm/W

Tc : 3000 à 6000 K

IRC : 65-85

Durée de vie : 6000 à 8000 h

#### *Brûleurs céramique*

Puissance : 20 à 400 W

Efficacité lumineuse : 70 à 90 lm/W

Tc : 3000 à 4200 K

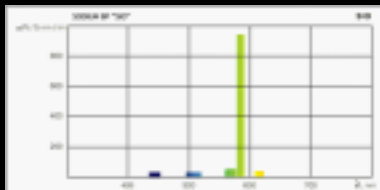
IRC : 65-95

Durée de vie : jusqu'à 15000 h

## Famille de sources

### Sources à vapeur de sodium

*sources à vapeur de sodium basse pression*



Exemple de spectre

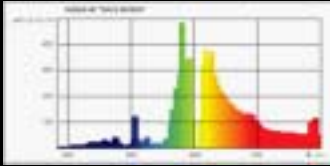
Ces sources ont un spectre d'émission monochromatique



## Famille de sources

### Sources à vapeur de sodium

*sources à vapeur de sodium haute pression*



Exemple de spectre

**Sodium haute pression classique**  
Efficacité lumineuse : 50 à 150 lm/W  
Tc : 2000 à 2500 K  
IRC : 65-85  
Durée de vie : 8000 à 24000 h

QuickTime™ et un décompresseur TIFF (non compressé) sont requis pour visionner cette image.

Il existe des sources dites « sodium blanc » (Tc : 2500 K ; IRC > 85)

## Famille de sources

### Lampes à induction

QuickTime™ et un décompresseur TIFF (non compressé) sont requis pour visionner cette image.

Puissance : 55 et 85 W  
Efficacité lumineuse : 70 lm/W  
Tc : 3000 et 4000 K  
IRC : > 80  
Durée de vie : 60000 h

Ce sont des sources à décharge mais l'excitation est créée non plus par un arc électrique mais par un champ électromagnétique.

Famille de sources

## LED (lighting emitting diodes)



On arrive aujourd'hui à faire que ces sources éclairent au-delà d'une fonction signalétique

Efficacité lumineuse : 25 à 40 lm/W  
Tc: 2800 à 5500 K  
IRC : 70 à 90  
Durée de vie : 100 000 h



Famille de sources

## Lumière noire



Lampes à vapeur de mercure basse pression conçues pour n'émettre que des UV ; leur verre retient toute lumière visible mais rend visible les matières réagissant aux UV.



## Famille de sources

### Tubes « néon »



Il s'agit de tubes à décharge hautes pression. La couleur obtenue est fonction du gaz employé (rouge pour le néon, bleu pour l'argon).

## Bibliographie

ZWIMPFER M., couleur, optique et perception, Paris, Dessain et Tolra, 1992 (éd. originale 1985)

ITTEN J., Art de la couleur (éd. abrégée), Paris, Dessain et Tolra, 2000.

Principaux fabricants de lampes :  
OSRAM : [www.osram.fr](http://www.osram.fr)

PHILIPS-MAZDA : [www.lighting.philips.com](http://www.lighting.philips.com)

GE Lighting : <http://www.gelighting.com/eufr/home/index.html>

The screenshot shows the website for the Association Française de l'Éclairage (AFE). At the top, there are navigation tabs: ACCUEIL, PRÉSENTATION, PUBLICATIONS, FORMATION, DOCUMENTATION EN LIGNE, STAGES, RENCONTRES, LES TAVS, and LES STP. The main header features the AFE logo and the text "Association française de l'éclairage". Below the header, there are two columns of content:

- RECOMMANDATIONS:**
  - Choix des sites extérieurs
  - Choix des sites intérieurs
  - Choix des formes d'éclairage
  - Choix des technologies d'éclairage
  - Choix des technologies d'éclairage
  - Choix des technologies d'éclairage
  - Choix des technologies d'éclairage
  - Choix des technologies d'éclairage
  - Choix des technologies d'éclairage
  - Choix des technologies d'éclairage
  - Choix des technologies d'éclairage
  - Choix des technologies d'éclairage
  - Choix des technologies d'éclairage
- LIVRÉS:**
  - Choix d'éclairage d'intérieur
  - Les technologies d'éclairage d'intérieur
  - Les choix des technologies d'éclairage d'intérieur
  - Le choix des technologies d'éclairage

At the bottom of the page, there is a contact information line: "Pour commander ces ouvrages et plus au par téléphone: 01 45 06 72 22". The AFE logo is also present in the bottom right corner.

QuickTime™ et un décompresseur TIFF (non compressé) sont requis pour visionner cette image.	QuickTime™ et un décompresseur TIFF (non compressé) sont requis pour visionner cette image.	QuickTime™ et un décompresseur TIFF (non compressé) sont requis pour visionner cette image.	QuickTime™ et un décompresseur TIFF (non compressé) sont requis pour visionner cette image.	QuickTime™ et un décompresseur TIFF (non compressé) sont requis pour visionner cette image.
QuickTime™ et un décompresseur TIFF (non compressé) sont requis pour visionner cette image.	QuickTime™ et un décompresseur TIFF (non compressé) sont requis pour visionner cette image.	QuickTime™ et un décompresseur TIFF (non compressé) sont requis pour visionner cette image.	QuickTime™ et un décompresseur TIFF (non compressé) sont requis pour visionner cette image.	QuickTime™ et un décompresseur TIFF (non compressé) sont requis pour visionner cette image.

**Association des concepteurs lumière et éclairagistes**

ACCUEIL CONTACTS FAQ



Présentation

Membres

Devenir membre

Actualité de l'ACE

lettre de l'ACE

Actualité

liens utiles

Bibliographie

**>> Actualité**

- GRAND PRIX DES "LUMIERES" DE LA VILLE**  
1000 euros plus  
[Télécharger le règlement](#)
- Parutions**  
Traité d'éclairage de William SIVEL

**>> Actualité ACE**

**Bienvenue**

Bienvenue à nos nouveaux membres.  
Membre Actif : Christophe CHAUDET.  
Membres affiliés : Marie DRENET, Jean Baptiste HUIOT, Valérie COLAS, François ESTERRECIAN, Laurent LAMICHAIS, Jacques NIETO, Yves RESEM et Georges RITELLI

<http://www.ace-fr.org/>