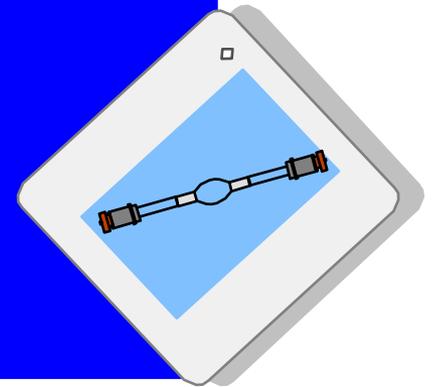
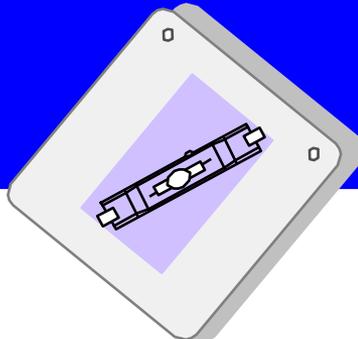
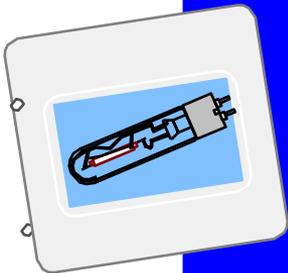
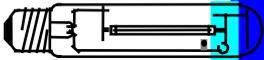
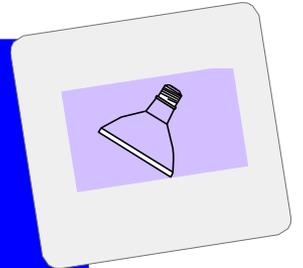
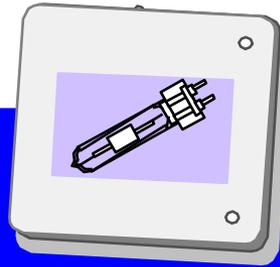
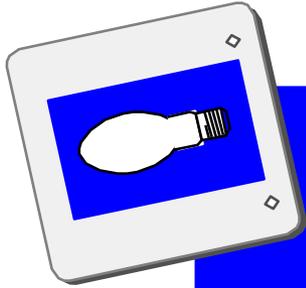


Lampes à décharge
et
Appareillages
d'alimentation



Généralités : lampes à décharge

- 1. Principes de base de génération de la lumière**
- 2. Familles et histoire des lampes à décharge**
- 3. Caractéristiques importantes des lampes**

I. Principes de base de génération de la lumière



LA LUMIERE?

- **Qu'est ce que la lumière?**
- **Génération de la lumière**
 - Incandescence
 - Luminescence
- **Luminescence : besoins et nécessités**



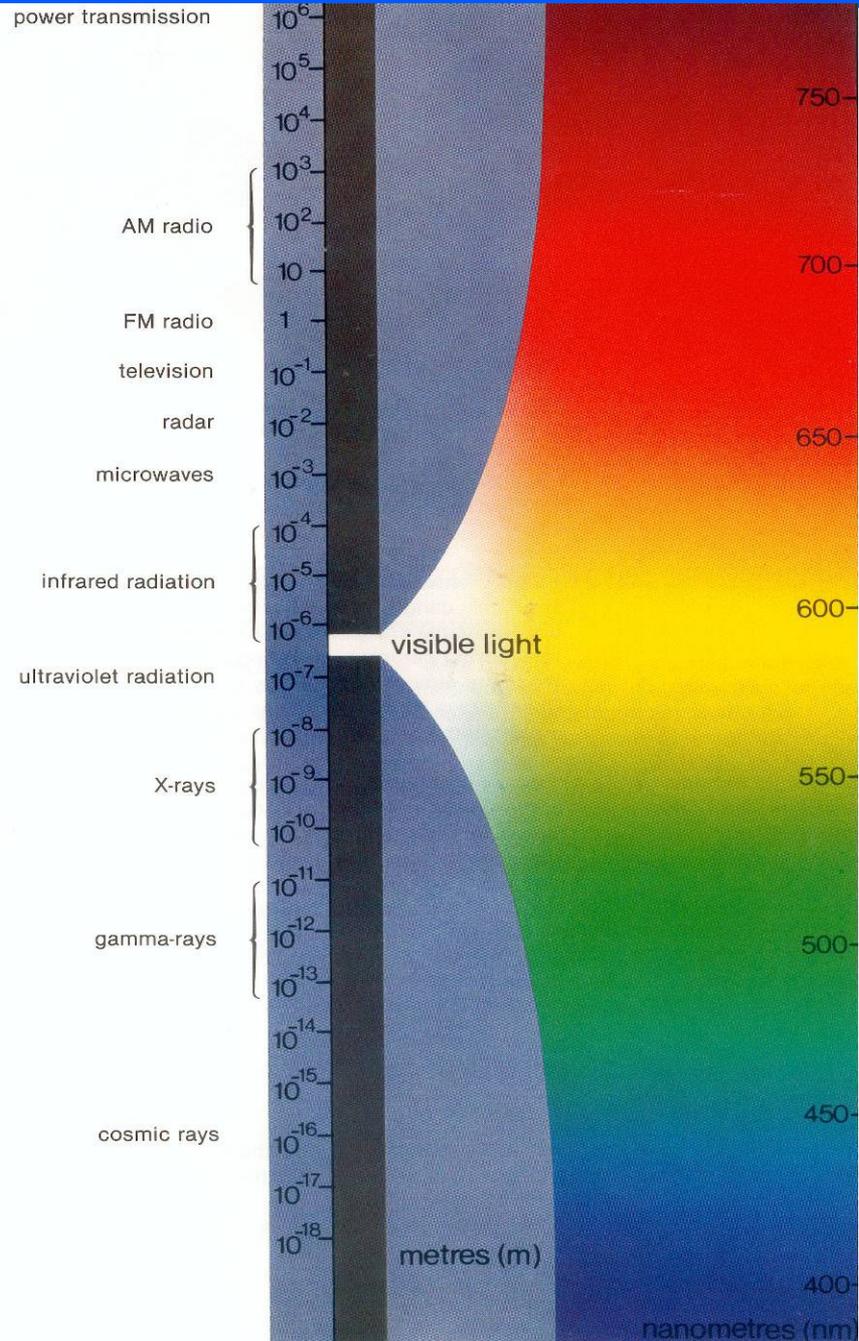
Qu'est ce que la lumière?

Qu'est ce que la lumière?

Définition: émission et transmission d'énergie, caractérisée par une fréquence spécifique (ν) et une longueur d'onde (λ).

Rayonnement optique: spectre d'1nm à 1mm

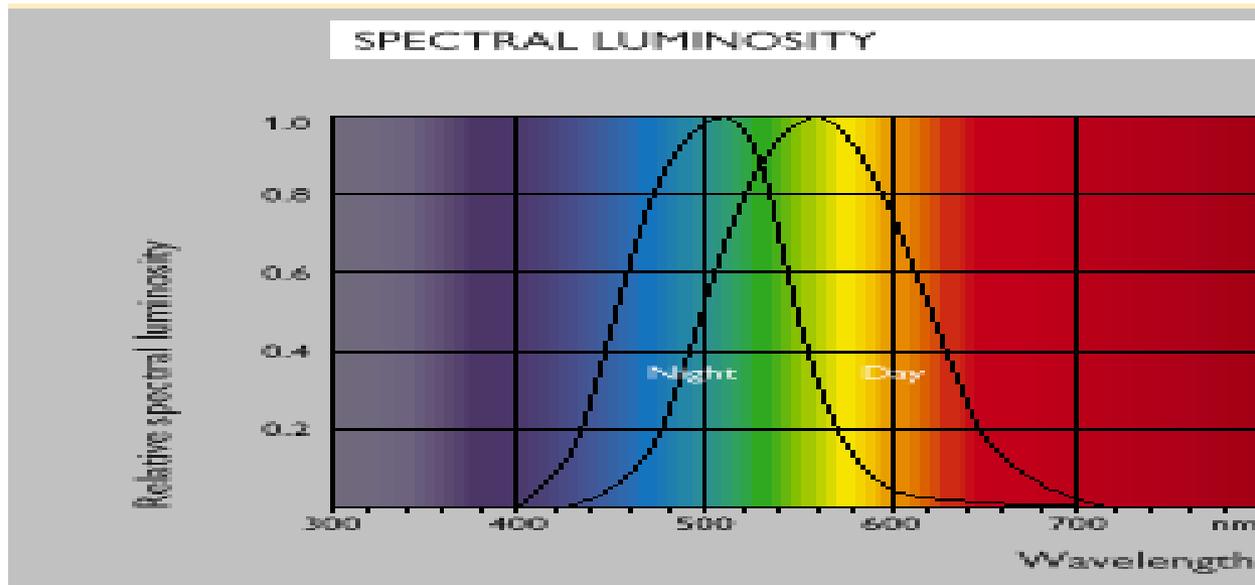
Longueur d'onde et radiation



BANDES	SENSATIONS COLOREES	λ
8	ROUGE	780 nm
7	ORANGE	660 nm
6	JAUNE	610 nm
5	VERT	560 nm
4	BLEU - VERT	510 nm
3	BLEU	460 nm
2	VIOLET	440 nm
1	VIOLET FONCE	400 nm
		380 nm

Spectre du visible

- **Important:** l'œil humain a des sensibilités variables aux radiations du visible



Observation: maximum de sensibilité à 555 nm

Source lumineuse, spectre, et rendu des couleurs

- **Important**

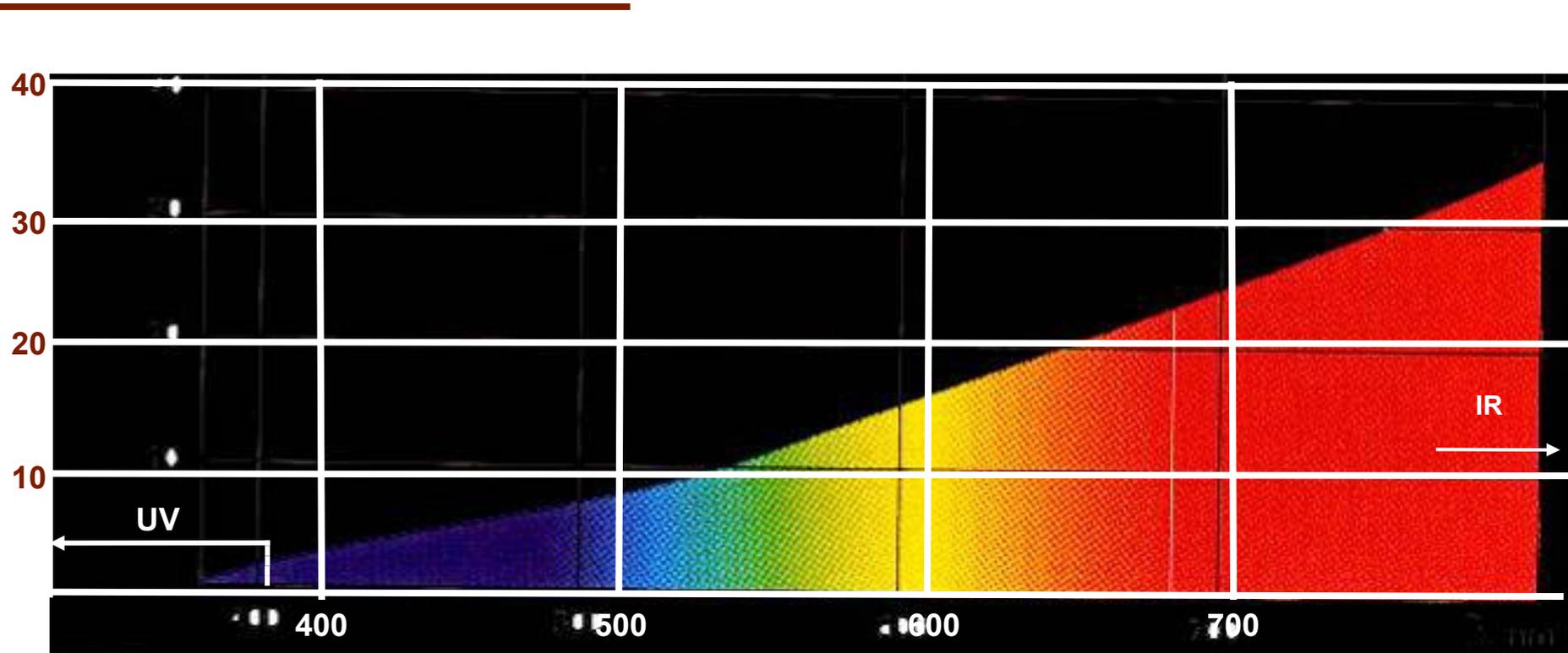
- A chaque couleur prise individuellement correspond une longueur d'onde donnée.
- Les objets colorés sont perçus dans leur « vraie couleur » seulement si cette couleur est aussi présente dans le spectre de la source lumineuse.

- **Vue d'ensemble:**

Source	Spectre	Couleurs
1. Soleil	Continu	Toutes
2. Lampe Incan.	Continu	Toutes
3. Lampe Fluo.	De raies	
4. Lampe à décharge	De raies	

SPECTRE
CONTINU

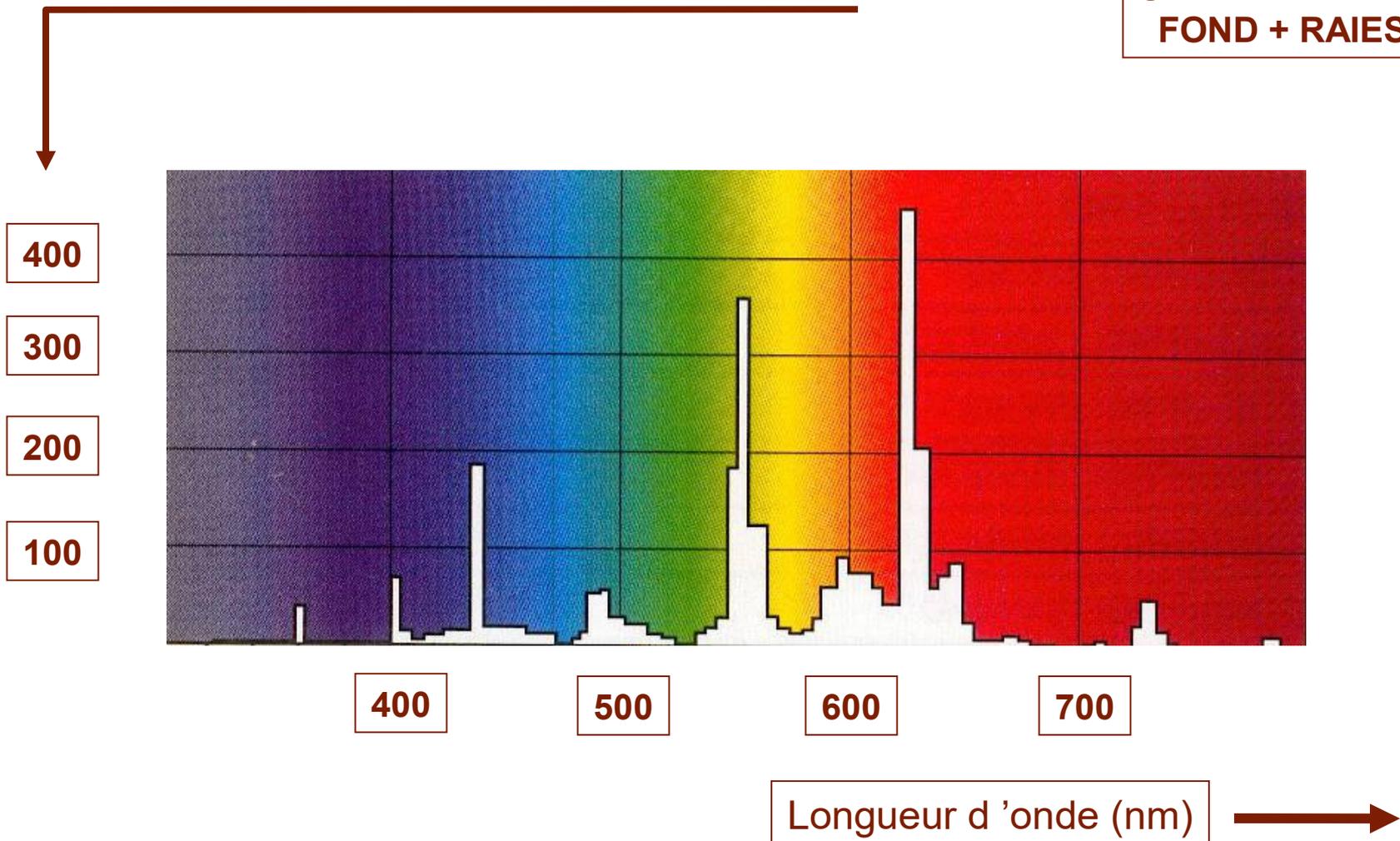
Energie spectrale (μ W/5nm/lm)



Longueur d'onde (nm) \longrightarrow

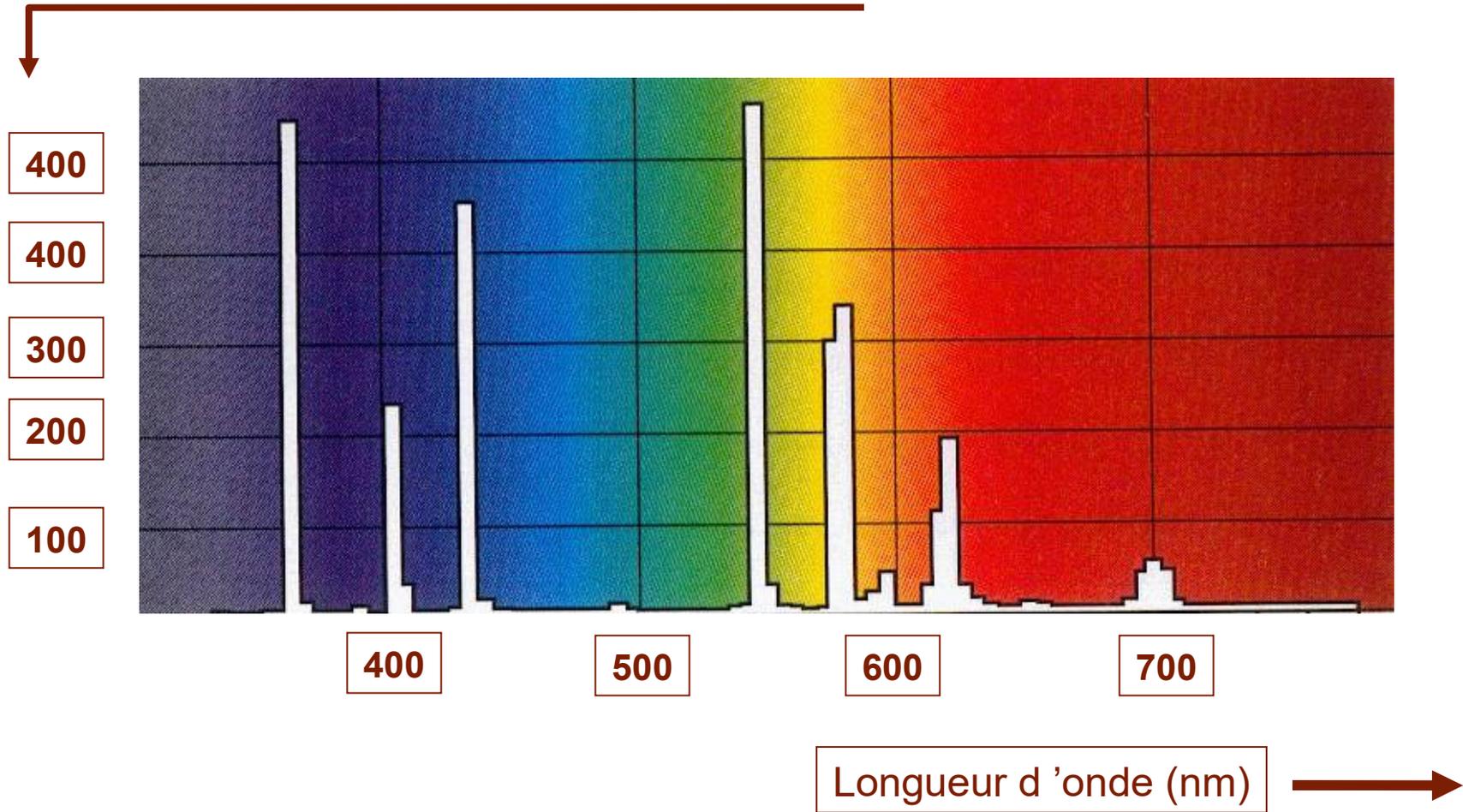
ENERGIE SPECTRALE ($\mu\text{W} / 5\text{nm} / \text{lm}$)

SPECTRE MIXTE
FOND + RAIES



SPECTRE DE RAIES

ENERGIE SPECTRALE ($\mu W / 5nm / 1m$)





Génération de la lumière

Principes de base

GENERATION DE LA LUMIERE

INCANDESCENCE

Lampe Incandescente
(radiateur proche du corps noir)

Rayonnement et dégagement de chaleur
par échauffement du filament

Spectre continu

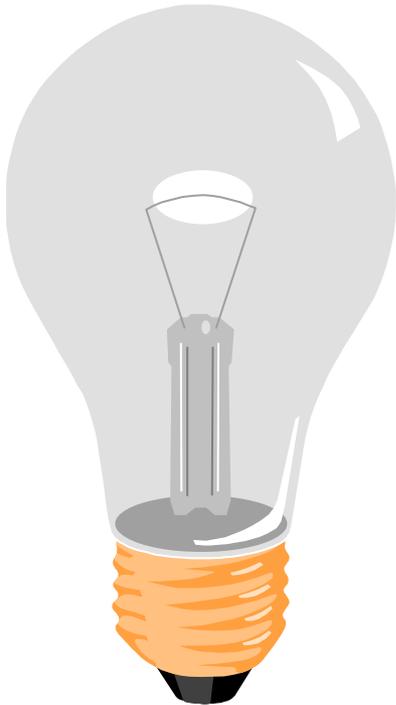
LUMINESCENCE

Lampe à décharge

Rayonnement électromagnétique
suite à l'excitation d'atomes de gaz

Spectre de raies

Incandescence Conventionnelle



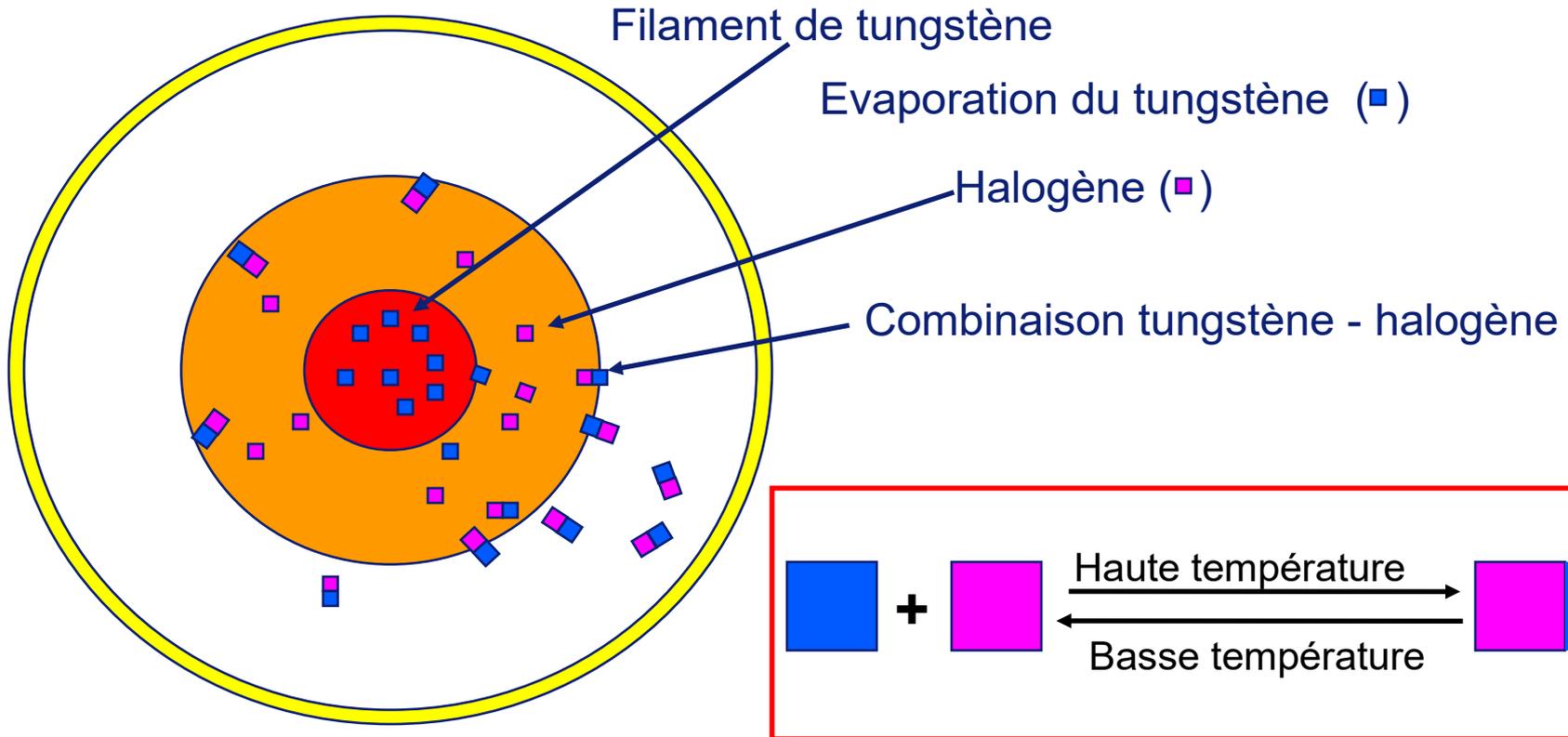
Principe:

Lampes à vide:

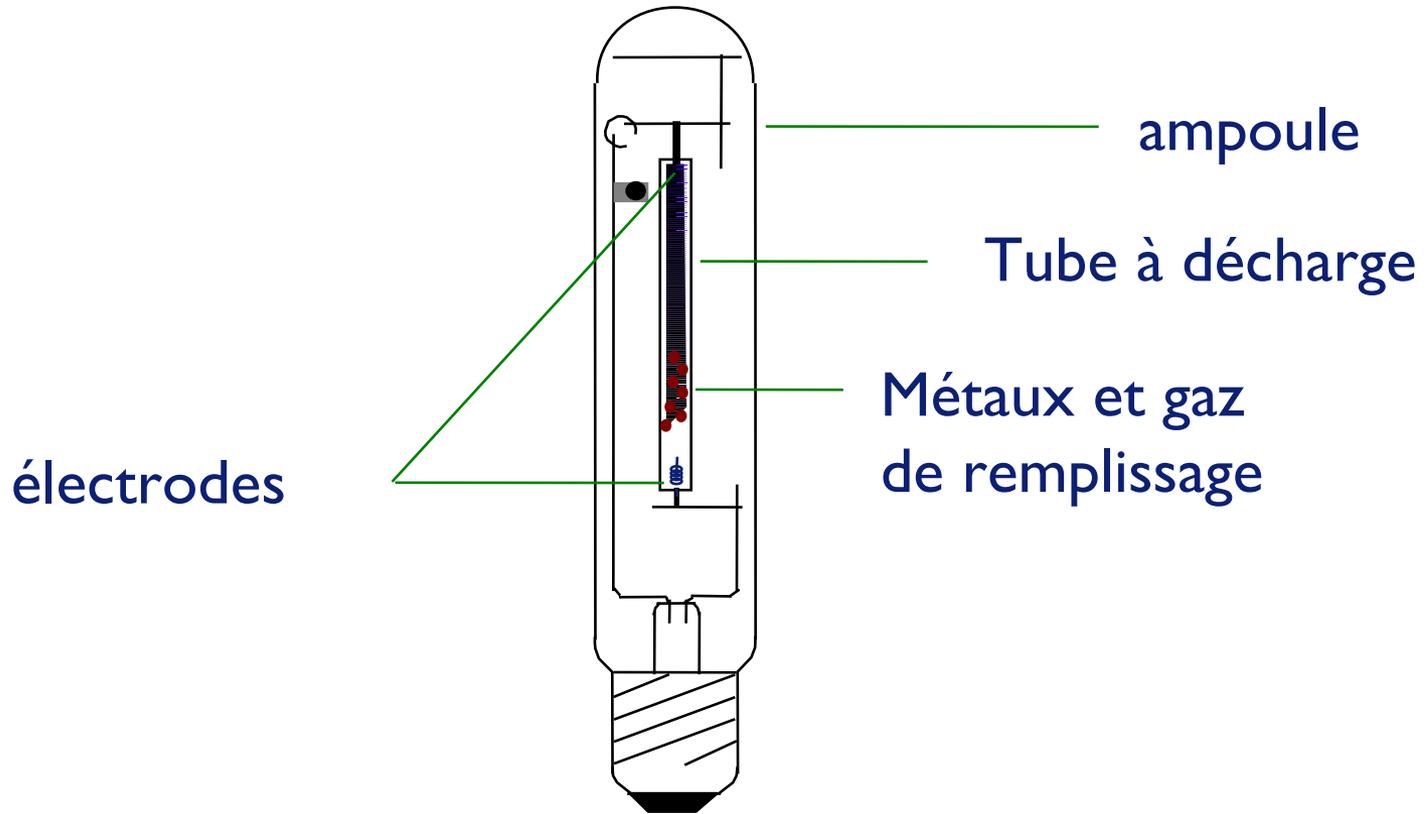
- On chauffe le filament par passage du courant
- On provoque ainsi l'évaporation du tungstène

Pour diminuer la vitesse d'évaporation, on remplit l'ampoule de gaz

Incandescence avec halogènes

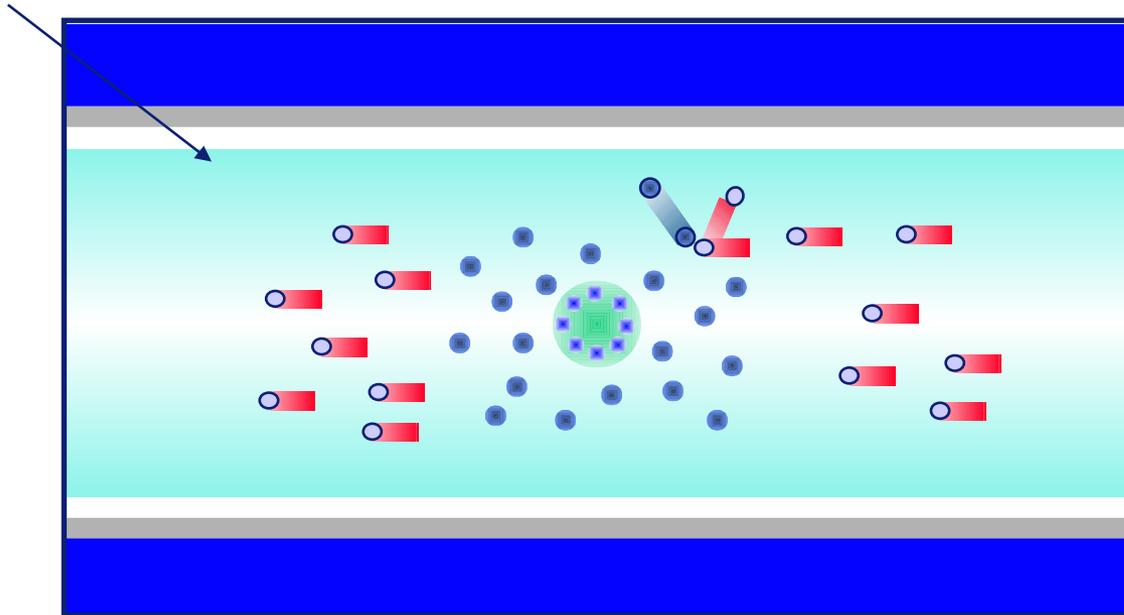


La lampe à décharge



Opération de décharge dans un gaz

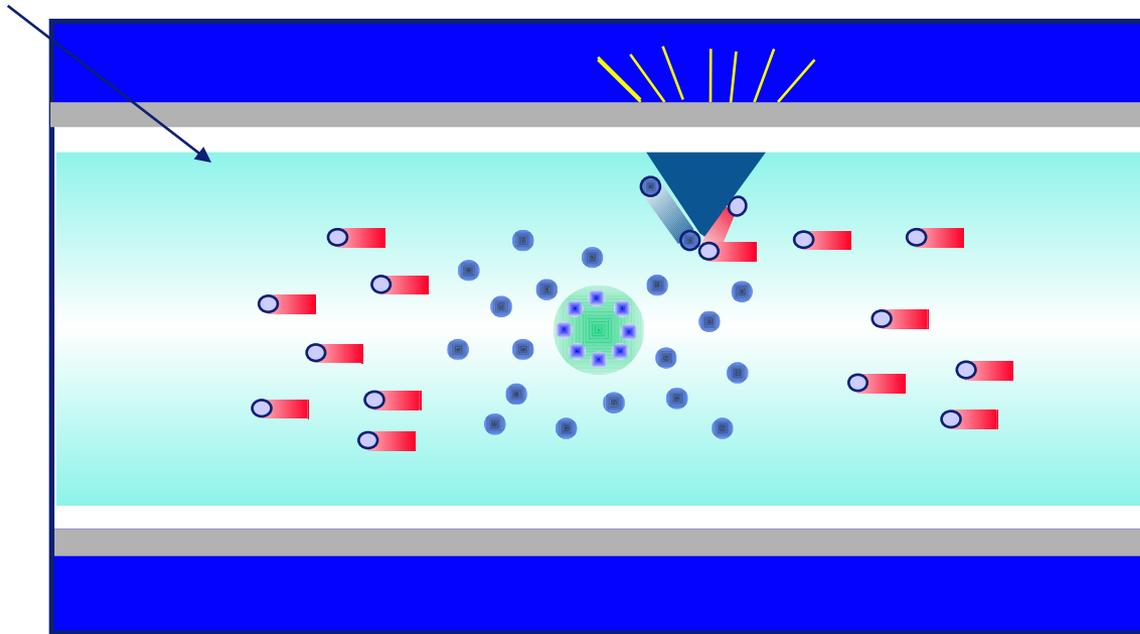
Tube à décharge



Ionisation par chocs entre atomes et électrons libres

Opération de décharge dans un gaz (1)

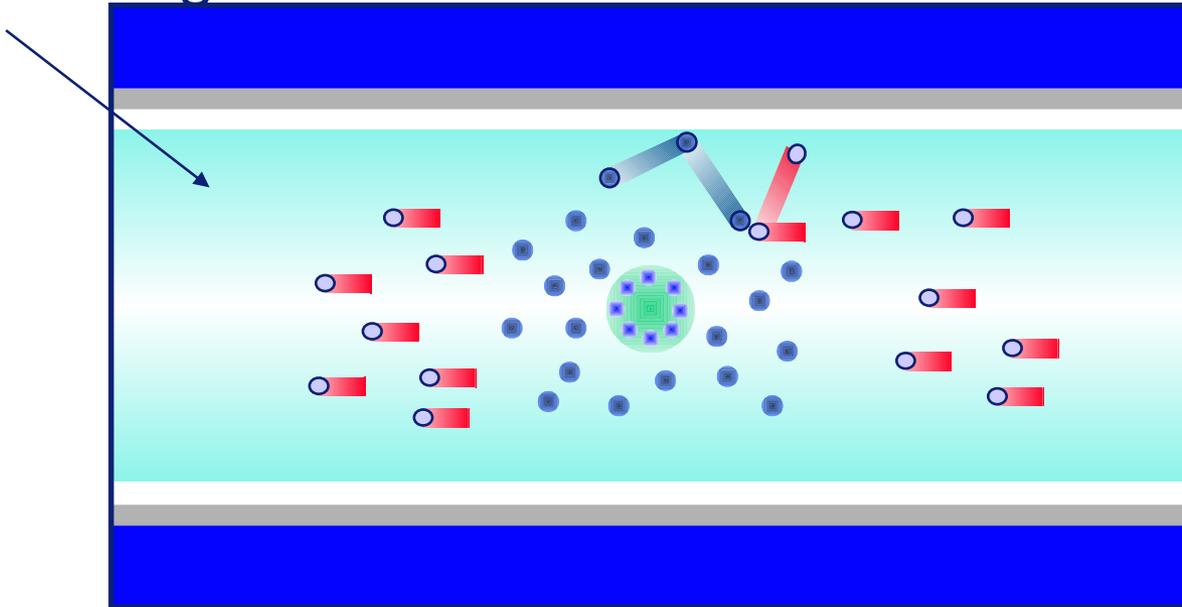
Tube à décharge



Rayonnement électromagnétique et dégagement de chaleur

Opération de décharge dans un gaz (2)

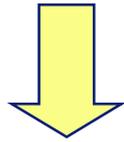
Tube à décharge



Les électrons libres entretiennent la décharge

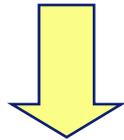
Etapes de la décharge

AMORCAGE



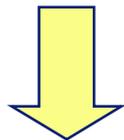
- tension de claquage

ROUGEOIEMENT



- émission d'électrons

MONTEE EN REGIME



- évaporation du mercure et des sels

STABILISATION

- limitation par inductance

Besoins du système pour un bon fonctionnement

- **MATERIEL DE CONTRÔLE (BALLAST & AMORCEUR)**
- **LUMINAIRE**
- **INSTALLATION (Tension nominale)**
- **AUTRES PARAMETRES EXTERNES**
(température, poussières, vibration etc.)

2. Familles et histoire des lampes à décharge



Positionnement des lampes à décharge

Incandescence

Conventionnelle

Halogène

Luminescence

Mercure

Sodium

Basse pression
(lampes fluo, QL)

Haute pression
(iodures métalliques,
CDM, HPL, ML)

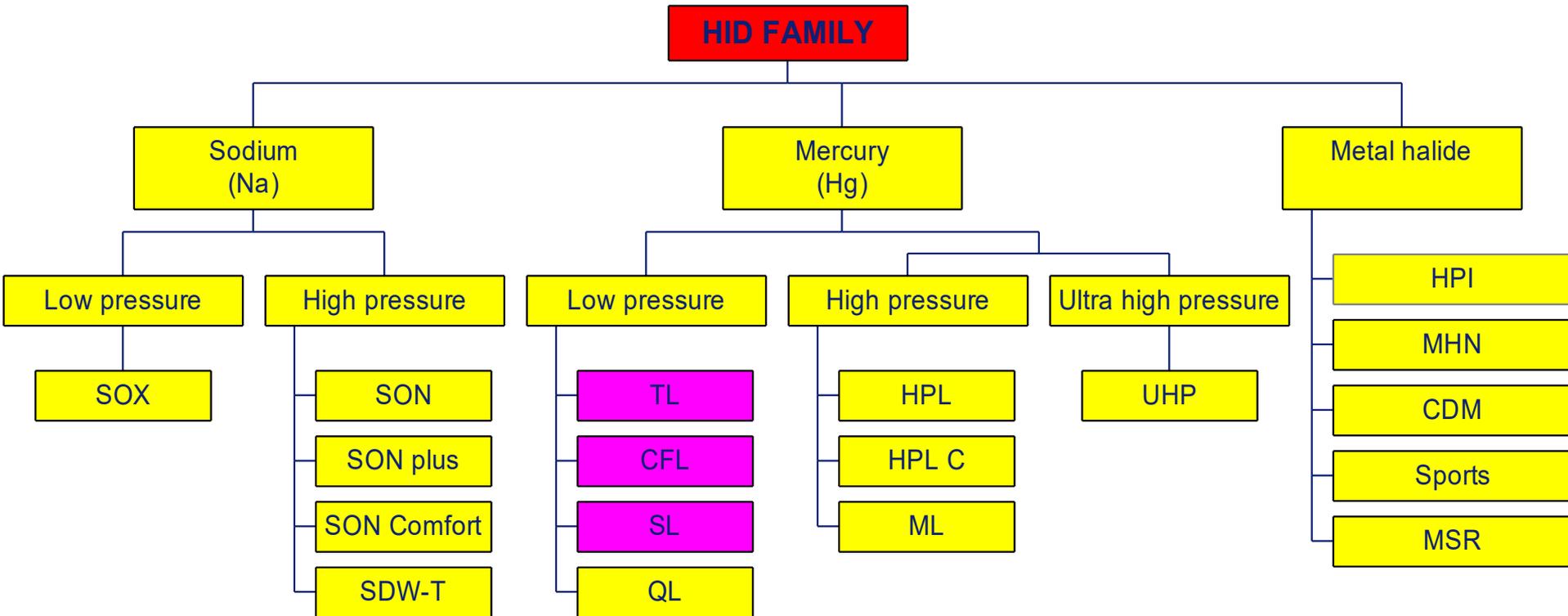
Haute pression
(SON)

Basse pression
(SOX)

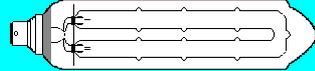
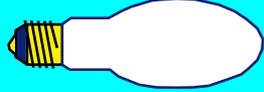
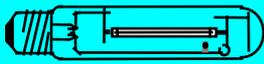
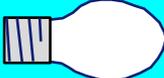
Efficacité lumineuse Lm/W

Rendu des couleurs Ra

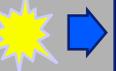
Vue d'ensemble et désignations



Histoire des lampes à décharge

1932	SOX lampe sodium basse pression	
1935	HP lampe mercure haute pression	
1964	HPI lampe halogénures métalliques	
1965	SON lampe sodium haute pression	
1986	SDW-T lampe sodium HP blanche	
1988	MHD lampe aux iodures métalliques	
1991	QL système à induction	
1994	MASTERCouleur CDM	
1998	UHP	

Vue d'ensemble:

	HPL	ML	SON	SOX	CHID	MHL	QL
 Puissance W	1000 ↑ 50	500 ↑ 100	1000 ↑ 50	180 ↑ 18	250 ↑ 20	2000 ↑ 250	165 ↑ 55
Flux lumineux Lm 	58500 ↑ 1800	13000 ↑ 1100	130000 ↑ 3400	32500 ↑ 1800	23000 ↑ 1300	220000 ↑ 17000	12000 ↑ 3500
Efficacité lumineuse Lm/W 	58 ↑ 36	25 ↑ 11	150 ↑ 70	200 ↑ 100	100 ↑ 40	108 ↑ 66	70 ↑ 65
Rendu des couleurs Ra 	55 ↑ 37	72 ↑ 48	65 ↑ 20	/	85 ↑ 70	90 ↑ 65	>80
Température de couleur K 	4400 ↑ 3400	3400	2500 ↑ 2000	/	4200 ↑ 3000 2500	5600 ↑ 4200	4000 ↑ 2700
Durée de vie h 	16000 ↑ 10000	4000	16000 ↑ 10000	14000	10000 ↑ 6000	8000 ↑ 2000	60000 20%

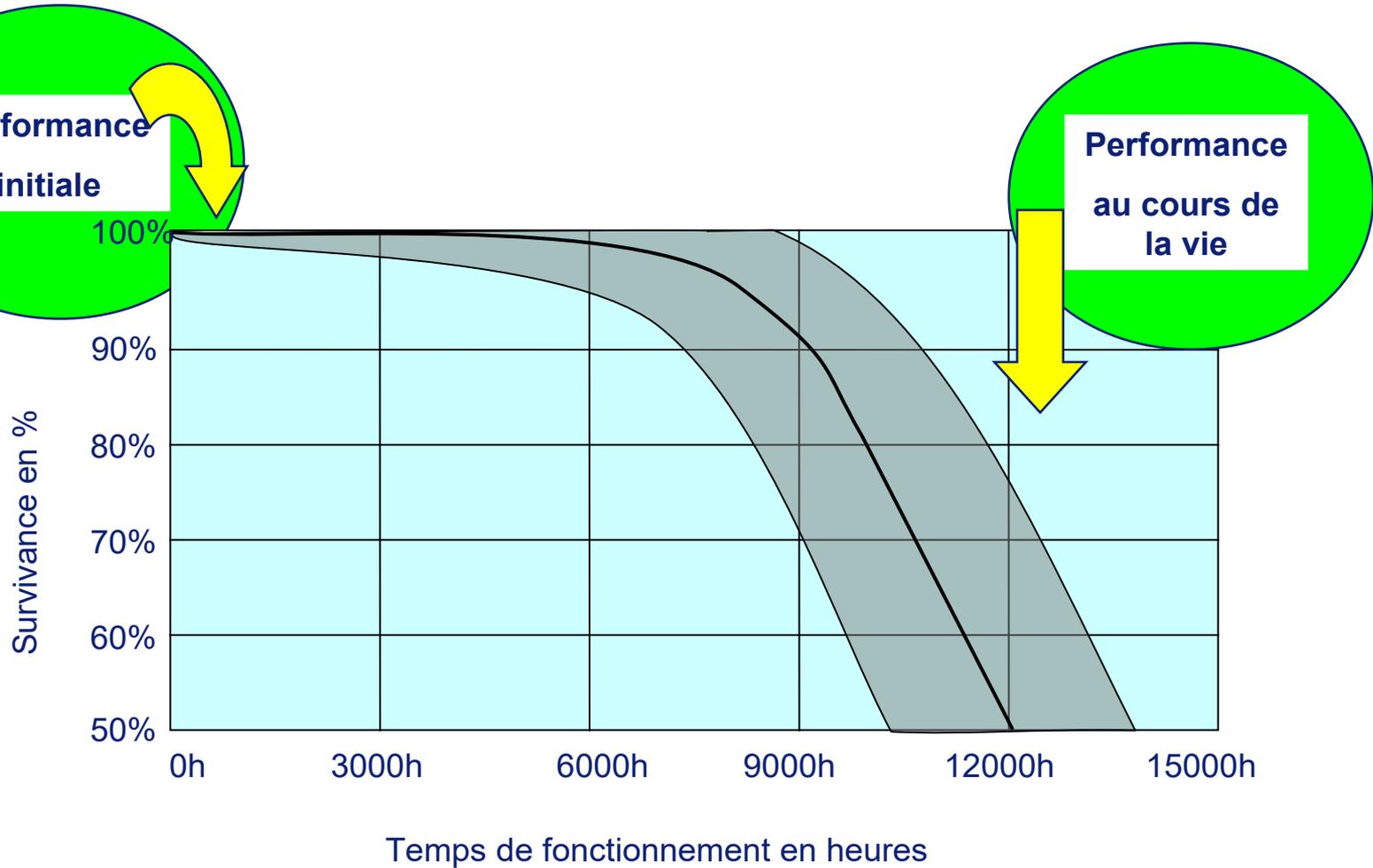


I. Caractéristiques importantes des lampes

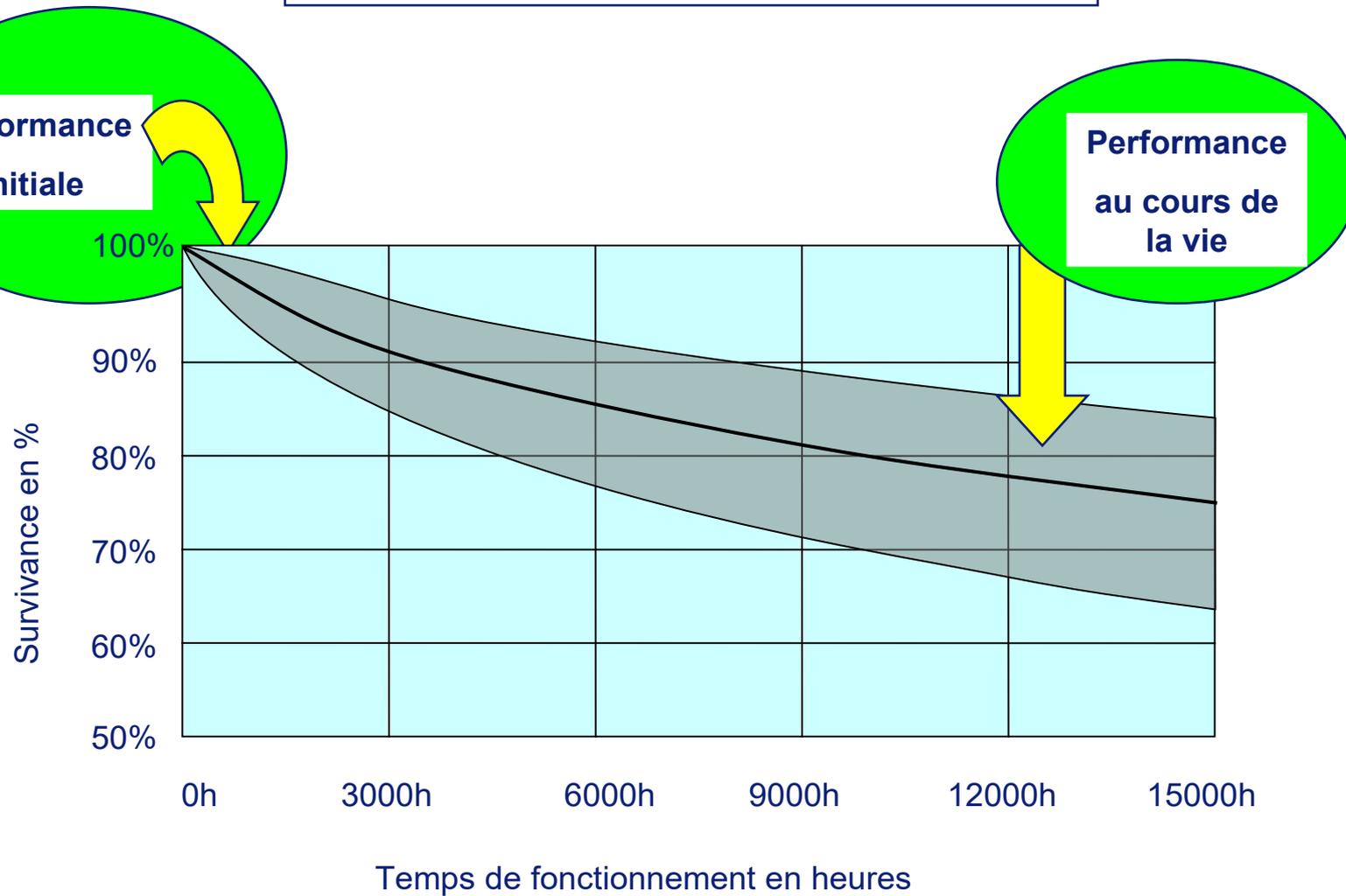
CONTENU

- **DUREE DE VIE ET MAINTENANCE DU FLUX LUMINEUX**
- **CARACTERISTIQUES DES LAMPES**
 - **ELECTRIQUES**
 - **LUMINEUSES**
 - **FLUX**
 - **COULEUR**
- **PERFORMANCES**

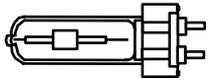
DUREE DE VIE



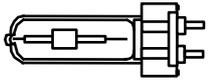
MAINTENANCE DU FLUX



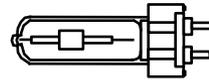
Paramètre électriques



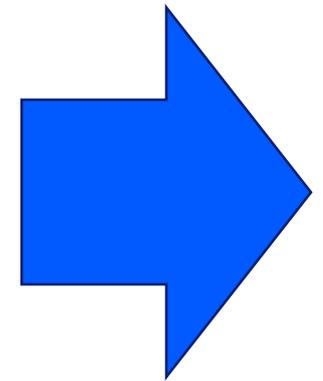
Tension d'arc (V_{la})



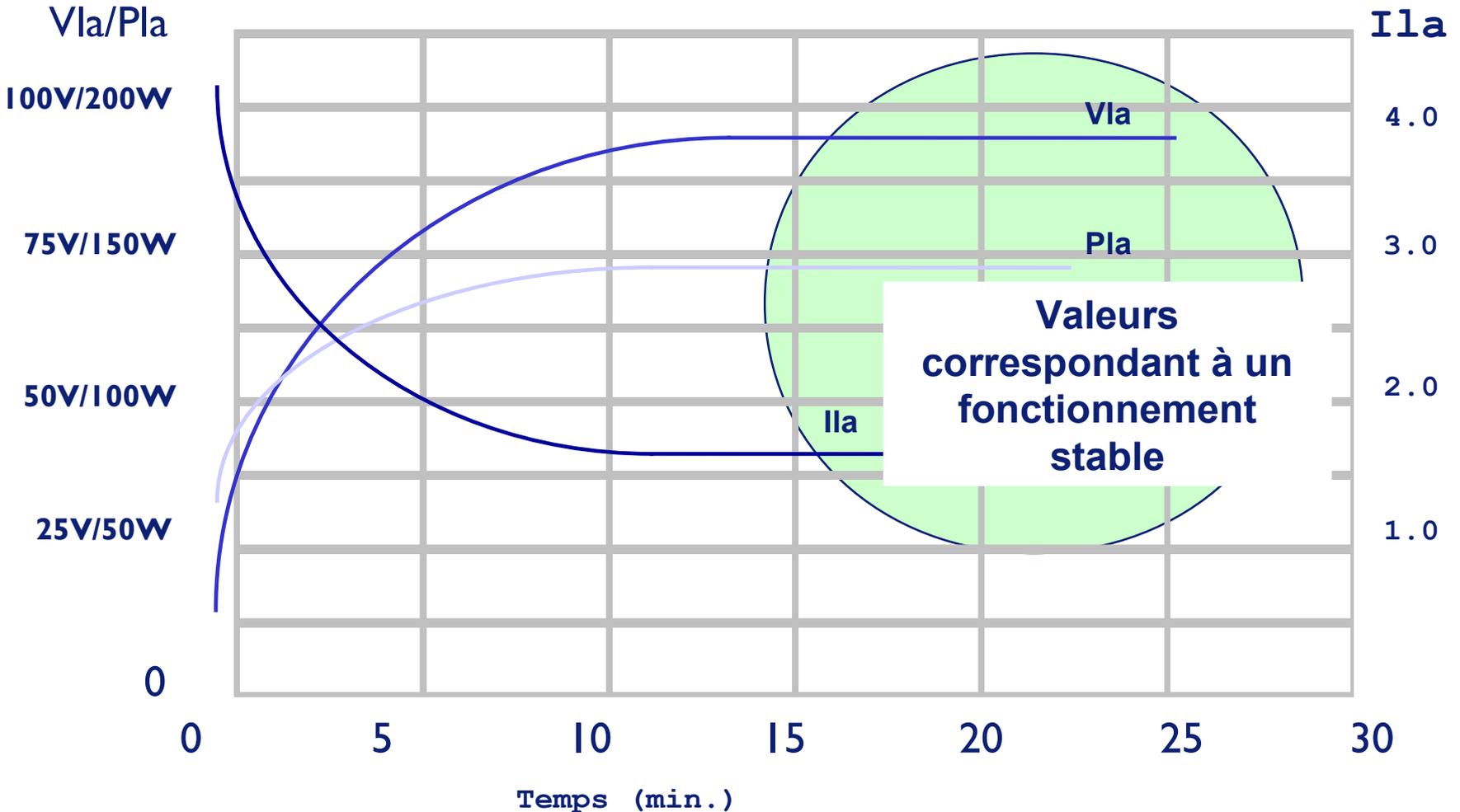
Puissance lampe (P_{la})



Courant lampe (I_{la})

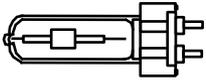


Comportement des lampes au démarrage et stabilisation

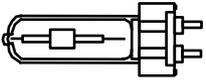


Paramètres techniques lumineux

LUMENS

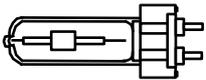


Flux lumineux

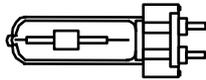


Efficacité lumineuse

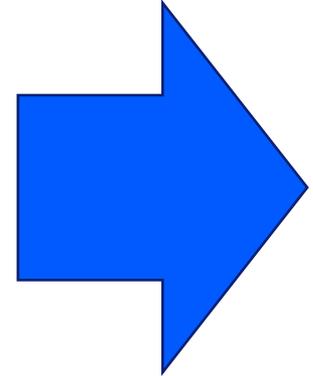
COULEUR



Température de couleur



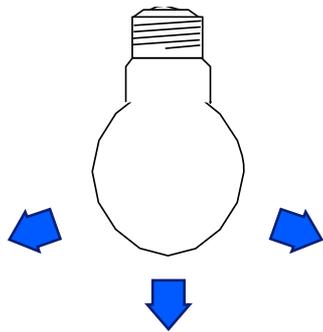
Rendu des couleurs



Paramètres techniques lumineux

Flux lumineux et efficacité lumineuse

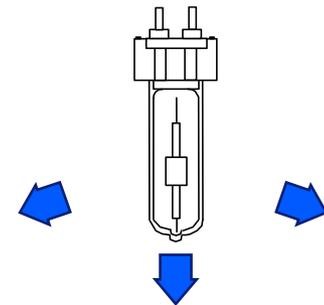
Lampe incandescence



13000 Lm

$$\frac{13000\text{Lm}}{1000\text{ W}} = 13\text{ Lm/W}$$

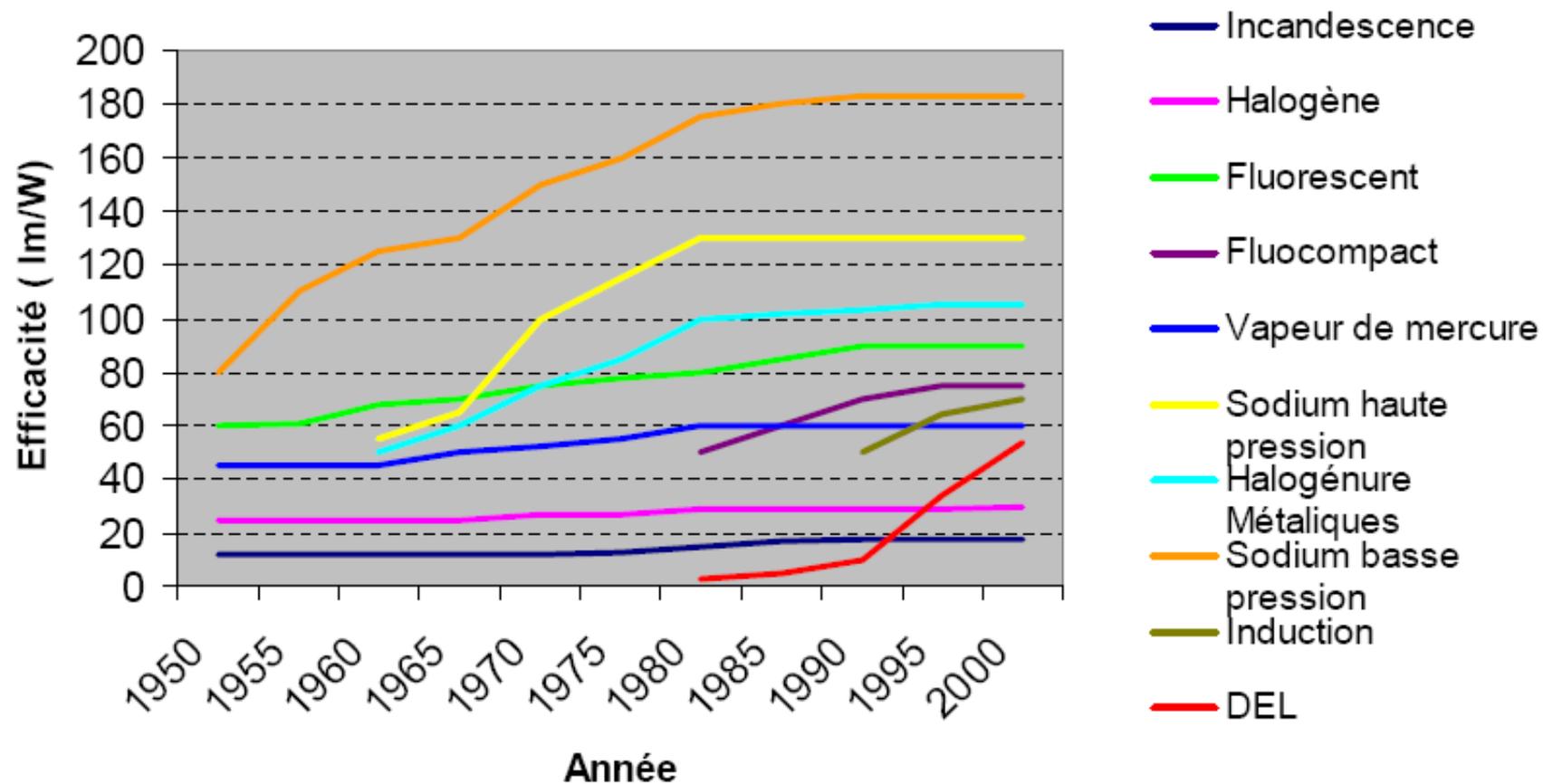
CDM



13500 Lm

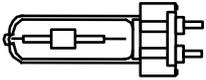
$$\frac{13500\text{Lm}}{150\text{ W}} = 90\text{ Lm/W}$$

Évolution de l'efficacité des sources lumineuses

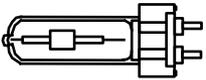


Paramètres techniques lumineux

LUMENS

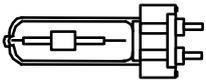


Flux lumineux

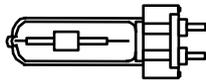


Efficacité lumineuse

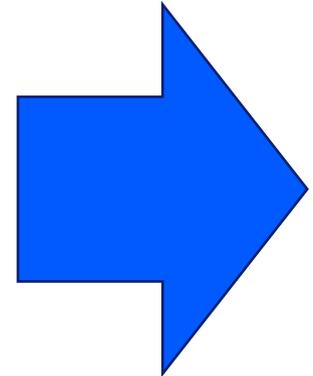
COULEUR



Température de couleur



Rendu des couleurs



Température de couleur



Ambiance chaude

Faible température
de couleur



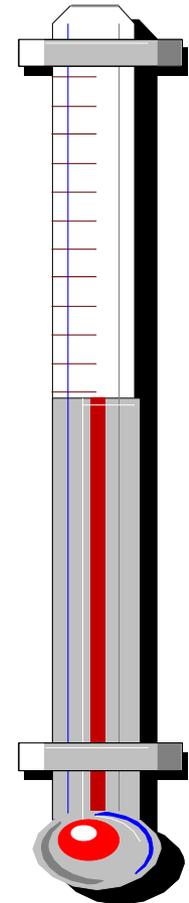
Ambiance froide

Température de
couleur élevée

Température de couleur

Exprimée en Kelvin ($-273^{\circ}\text{C} = 0\text{K}$)

Couleur de la lumière	Température de couleur
Lumière du jour	7000K Kelvin
	6000K
Teinte neutre	5000K
	4000K
Teinte chaude	3000K
	2500K
	2000K



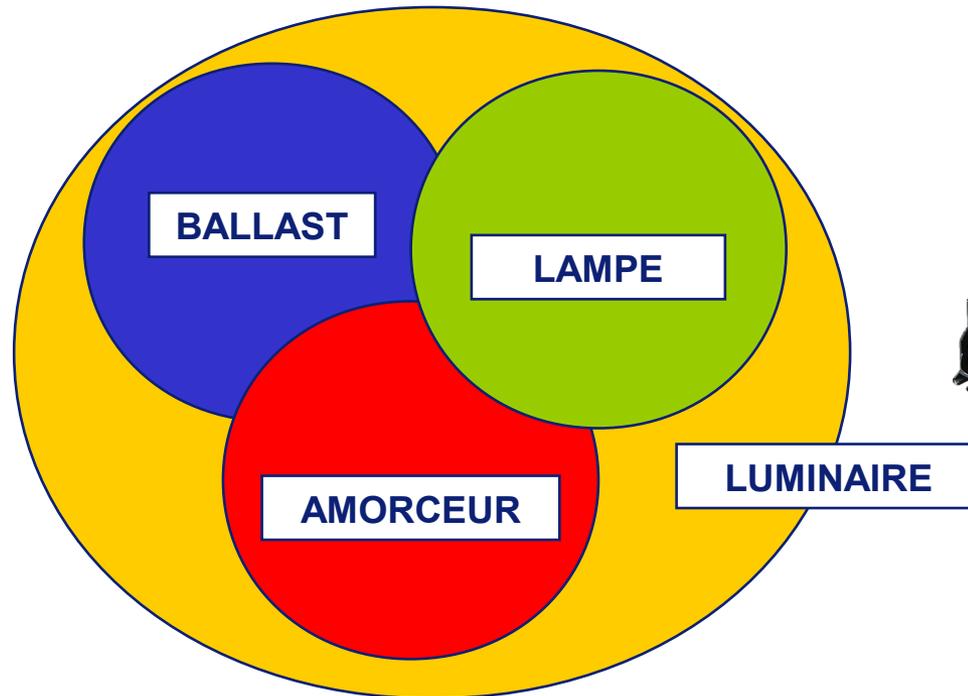
Généralités: appareillages

- 1. Le ballast**
- 2. L'amorceur**
- 3. Comportement des lampes en fin de vie**
- 4. Le condensateur**



I. Le ballast

LA LAMPE A DECHARGE COMME UNE PARTIE INTEGRANTE D'UN SYSTEME COMPLET

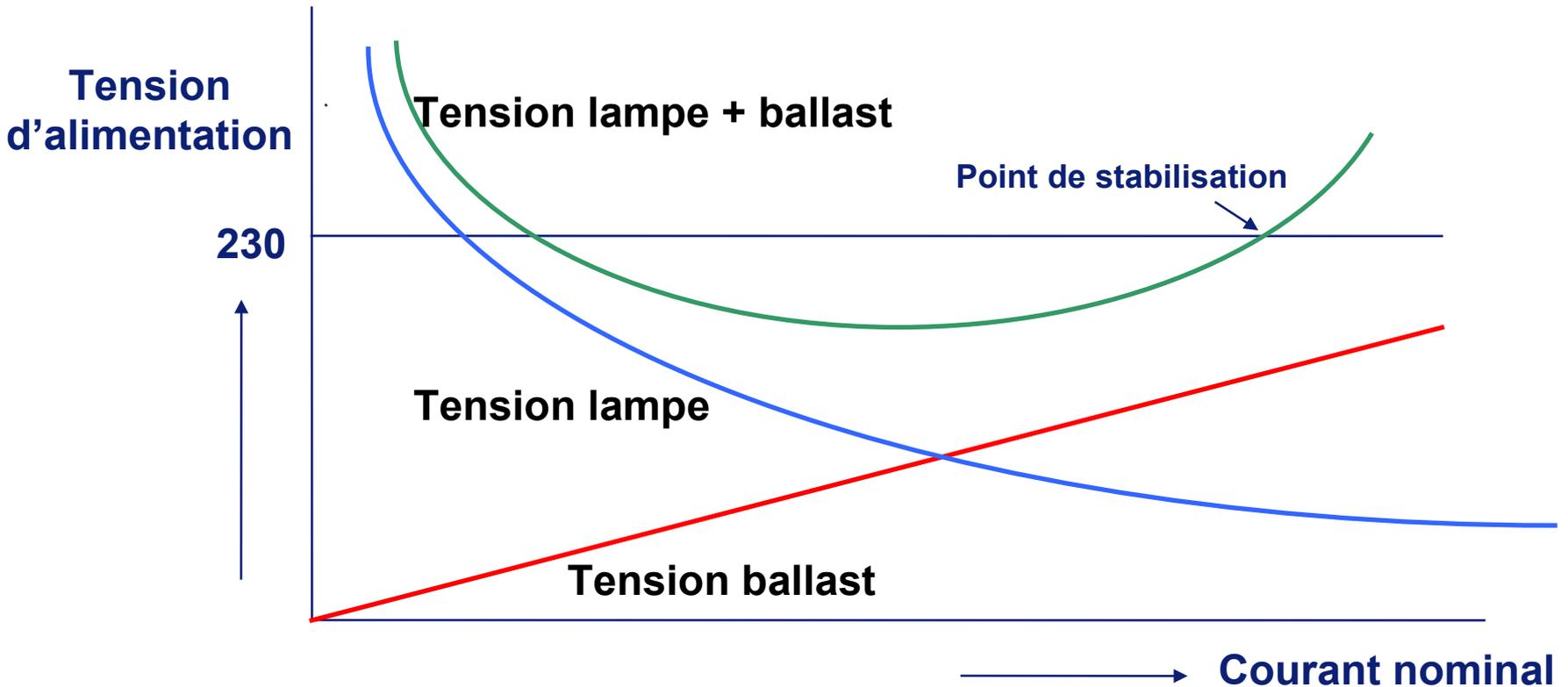


Pourquoi utiliser un appareillage?

- Transport des électrons
- Résistance
- Courant lampe
- Amorçage

Pourquoi utiliser un appareillage?

Une lampe à décharge possède une caractéristique tension-courant négative. C'est pourquoi elle a besoin d'un appareil avec une courbe V-I positive.

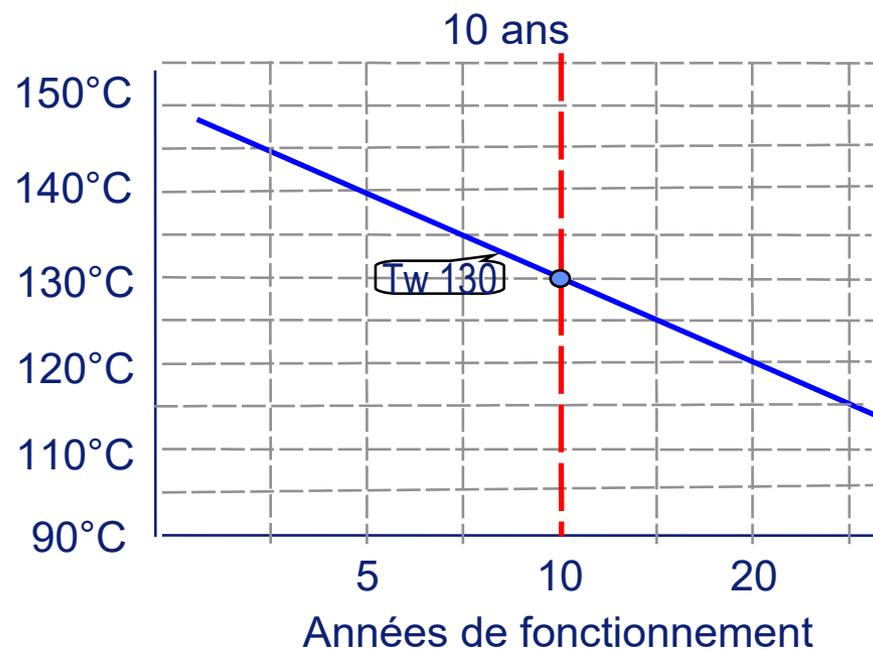


Type de ballasts

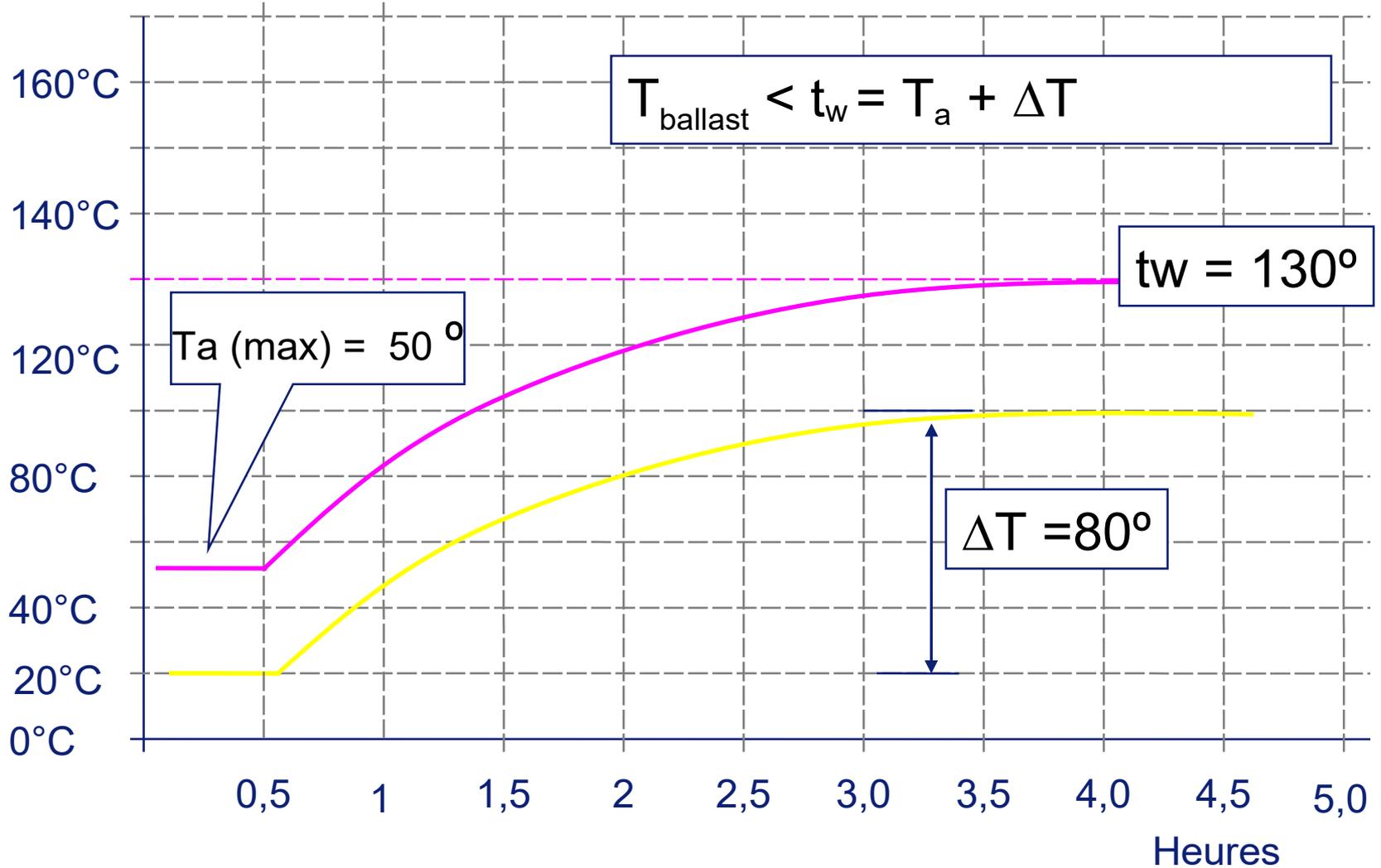
- **Résistifs**
(filament de tungstène dans les lampes mixtes)
- **Inductif**
A utiliser si la tension nominale est environ 2 fois supérieure à la tension d'arc (pour lampes SON)
- **Auto-transformateur à fuite**
A utiliser si la tension nominale est inférieure à 2 fois la tension d'arc (pour lampes SOX)
- **Circuits hybrides à puissance constante**
Plus légers et moins chers que les auto-transformateurs à fuite

Durée de vie d'un ballast?

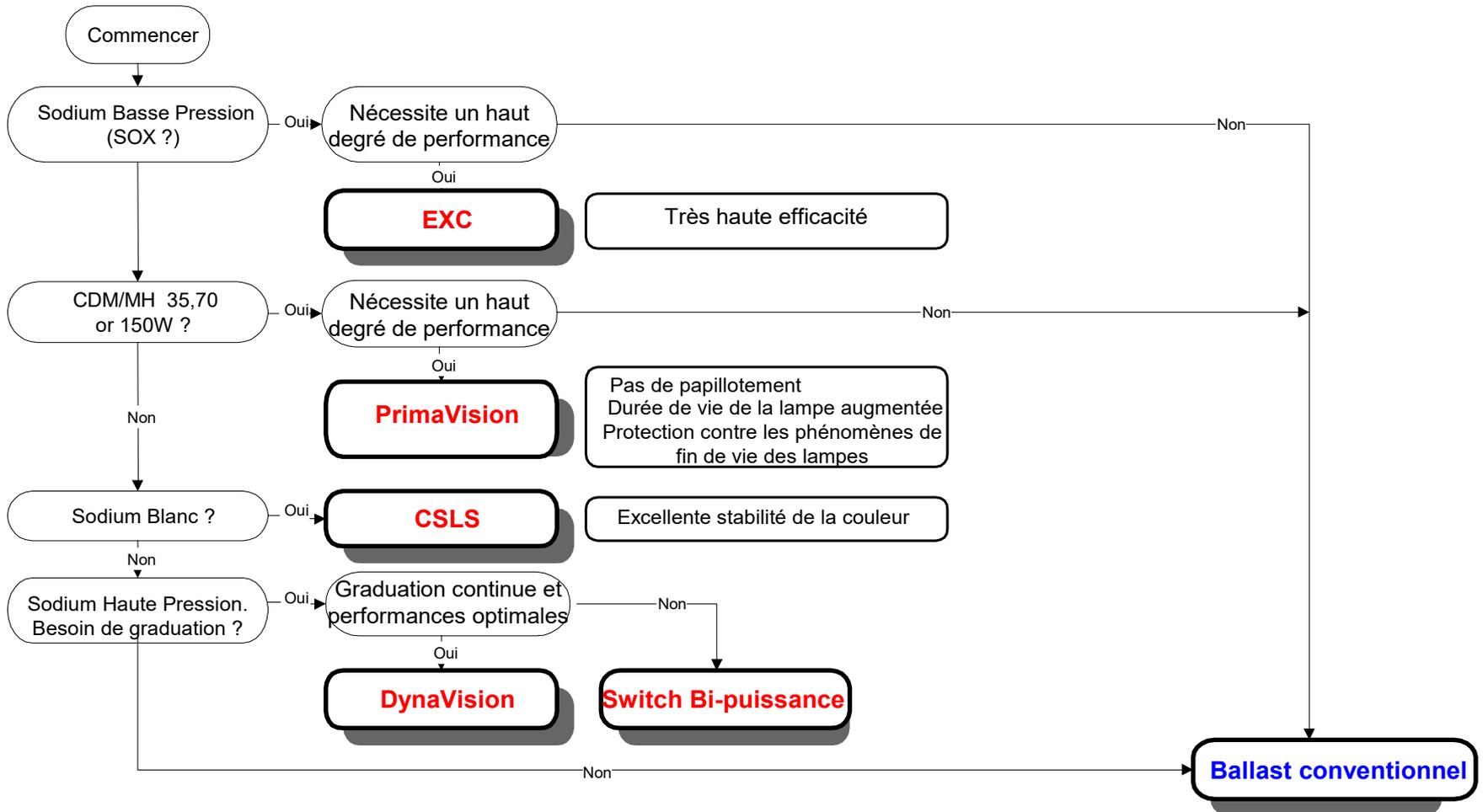
- La durée de vie du ballast est de 10 ans pour un fonctionnement continu aux conditions normales à la température ambiante de $t_w - \Delta T$ (norme EN 60922)
- t_w : température maximale des enroulements (en général $t_w = 130^\circ\text{C}$)
 ΔT : écart entre la température des enroulements et la température ambiante (en général, $\Delta T = 70$ à 80°C)
- Règle ! Une différence de 10°C va diviser ou multiplier par 2 la durée de vie attendue.



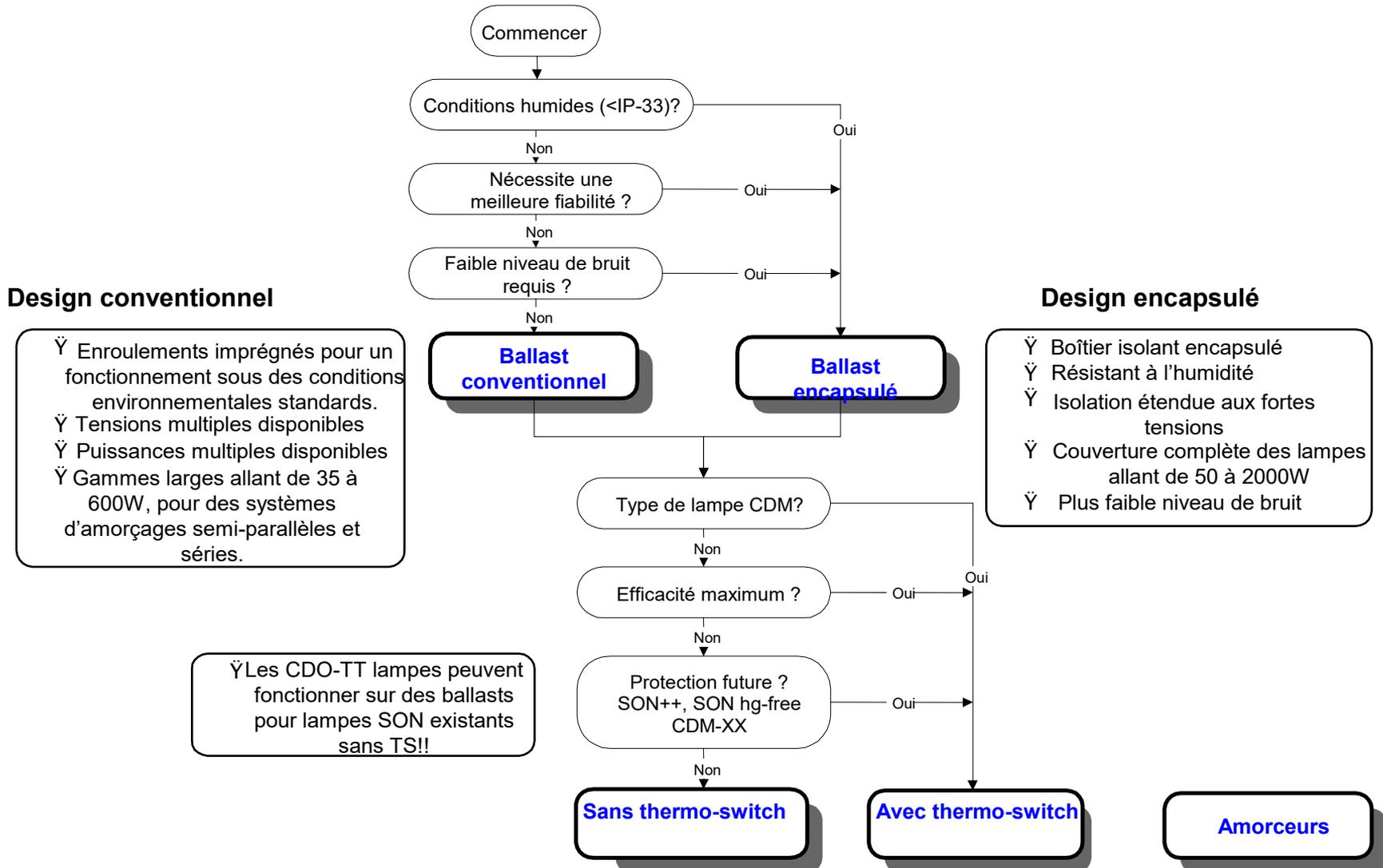
$T_w, T_a, \text{ et } \Delta T$



Comment sélectionner le bon ballast?



Comment sélectionner le bon ballast?



Pertes ballast

$$P_{pertes} = P_{fe} + P_{cu}$$

$$P_{fe} = M_{fe} \left(\sigma_h \cdot \frac{f}{100} + \sigma_e \cdot \left(\frac{f}{100} \right)^2 \right) \cdot B_m^2$$

Les pertes fer sont des pertes magnétiques (e)
et se font par rayonnement (h)

$$P_{cu} = I_{ballast}^2 \cdot R_{cu}$$

Les pertes cuivre dépendent du diamètre d'enroulement

Total des pertes d'un système:

- Pertes ballast
 - Pertes cuivre I^2R (diamètre du cuivre)
 - Pertes par courant rayonnant (courant dans les lamelles)
 - Pertes magnétiques (caractéristiques des lamelles)

- Puissance standard d'un système total SON250
 - Puissance lampe 250W
 - Pertes ballast 26W
 - Pertes amorceur 0,2W (3W pour le série)
 - Pertes condensateur 1W
 - Puissance totale 277W

Exemple:

$$P_{\text{système}} = U_{\text{nom}} \times I_{\text{nom}} \times P.F (\cos\gamma)$$

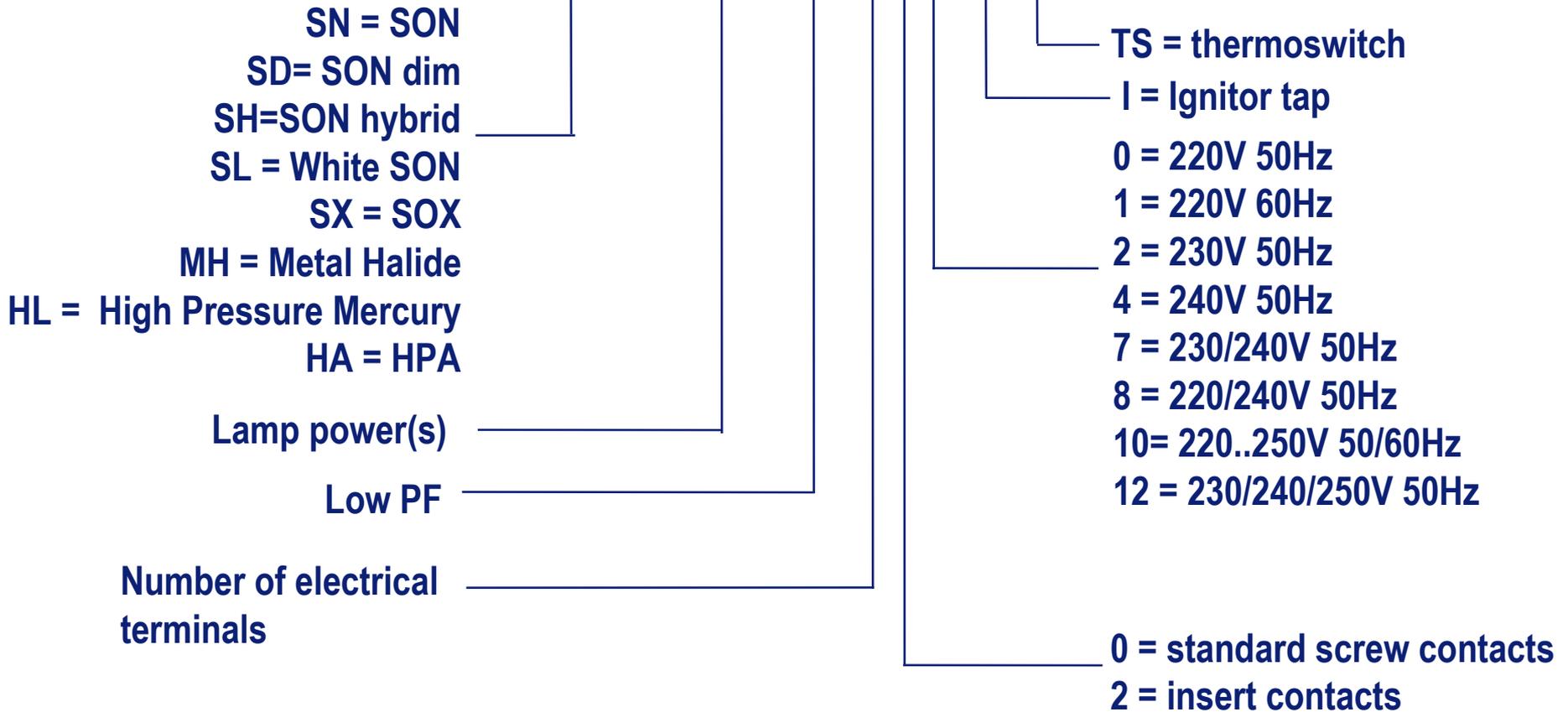
$$277W = 230V \times 3,0A \times 0,40$$

$$277W = 230V \times 1,4A \times 0,86 \text{ (avec FP)}$$

*Les pertes ballast publiées sont les valeurs à froid.
En réalité, elles sont 10 à 30% supérieures.*

Définition ballast imprégné ou conventionnel

B SN 150 L 407-ITS





Circuits amorceurs

Circuit

Typiquement utilisé pour:

Parallèle

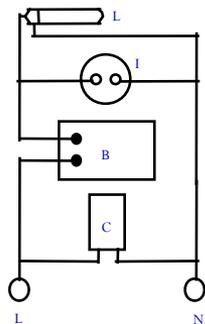
- Halogénures métalliques
- Lampes SOX

Semi parallèle

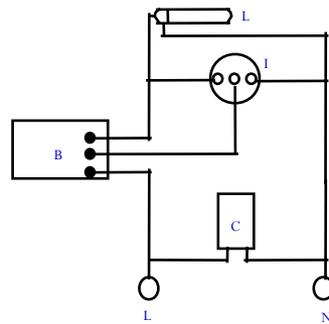
- Lampes SON

Série

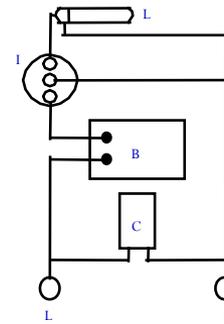
- Iodures métalliques compactes



Parallèle



Semi parallèle



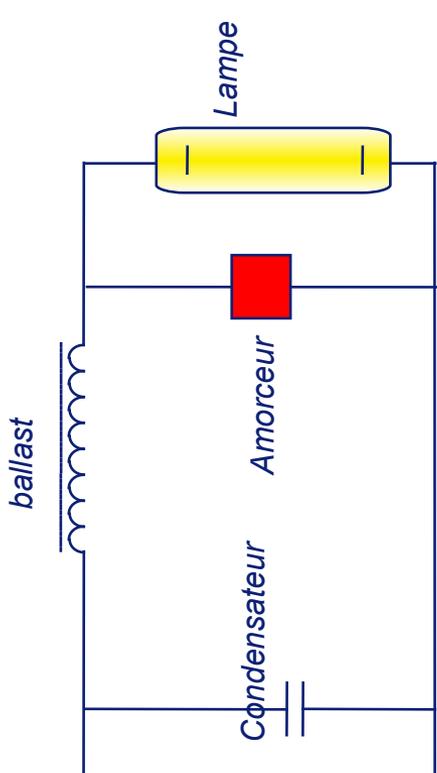
Série

Amorçage

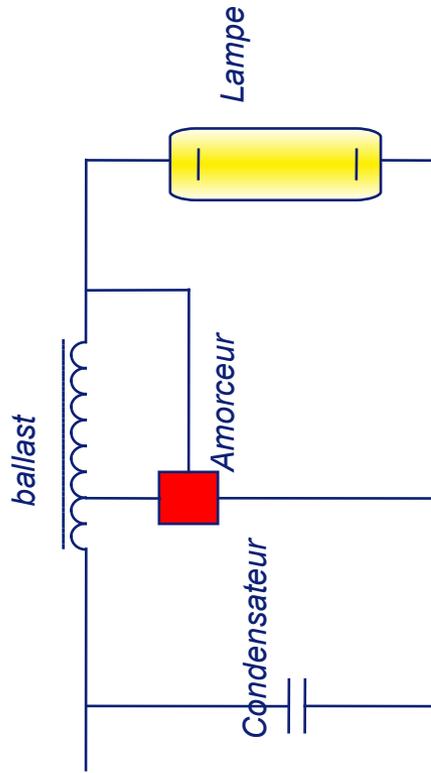
- Produire une haute tension (tension de claquage) pour provoquer la décharge
- Chaque type de lampe requiert des tensions d'amorçage différentes:
 - forme de l'impulsion,
 - nombre d'impulsions par période,
 - instant d'application des impulsions,
 - énergie disponible,
 - amplitude
- Après l'amorçage, l'amorceur arrête la production d'impulsions de tension par la détection:
 - de la tension lampe,
 - du courant lampe,
 - et/ou par timer

Amorçage

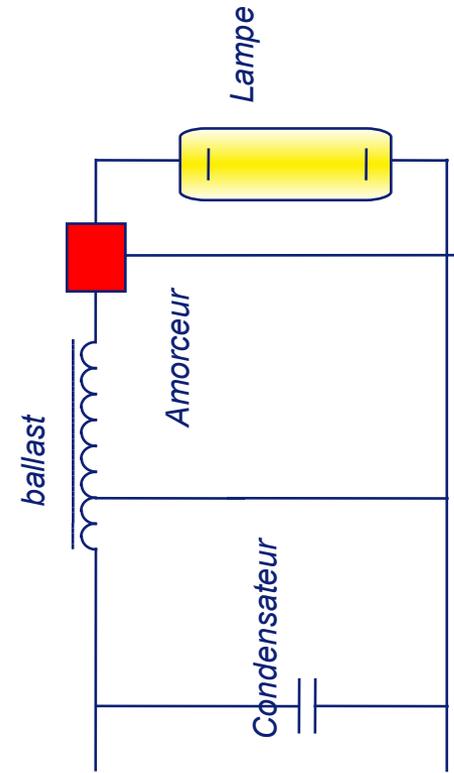
- Trois types principaux d'amorceurs:



Parallèle



Semi-Parallèle



Série

Semi Parallèle & Parallèle

Avantages

- Plus d'énergie dans les impulsions 
Des distances plus longues entre amorçeur et lampe sont possibles
- Amorceurs moins chers que les "séries" 
- Après l'amorçage, aucun courant ne traverse l'amorçeur
moins de perte d'énergie, de dissipation de chaleur, de bruit

Inconvénients

- Ballasts plus chers
- Les amorceurs semi-parallèles ne sont pas compatibles avec tous les ballasts

Série

Avantages

- Les amorces série sont compatibles avec tous les ballasts
- Les ballasts sont moins chers

Inconvénients

- Les amorces séries restent dans le circuit, produisant du bruit, de la chaleur, et des pertes en énergie
- Les amorces série sont considérablement plus chers
- La longueur de câble entre l'amorceur et la lampe doit être limitée à cause des faibles tensions d'impulsions.

Appareillage entièrement électronique

Avantages

- Economies d'énergies
- Plus petit, plus léger
- Accroît la durée de vie des lampes
- Réduit les différences de couleurs
- Elimine tout papillotement
- Les influences de la tension d'alimentation deviennent négligeables

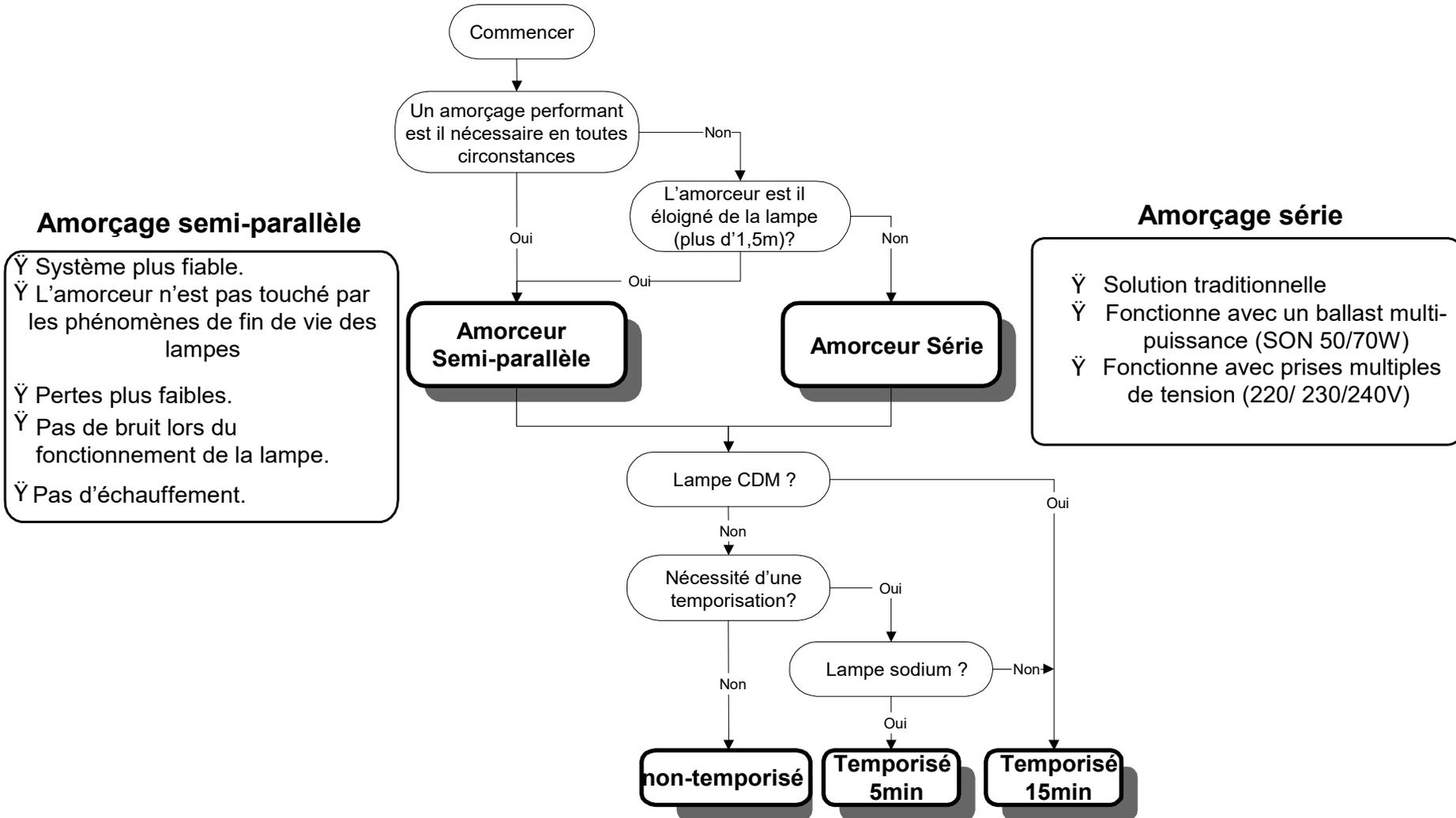
Inconvénients

- Investissement initial plus important
- Pas disponible pour toutes les lampes

STRATEGIE POSSIBLE

- **Utiliser le système semi-parallèle pour toute lampe nécessitant des pics d'amorçages $> 3\text{kV}$**
- **Avoir un système série adéquat disponible pour le plus grand nombre de lampes**
- **Tenir compte de l'accroissement de la demande en gradation**

Comment choisir son amorçeur?



I. Comportement des lampes en fin de vie



Phénomènes électriques en fin de vie des lampes CDM

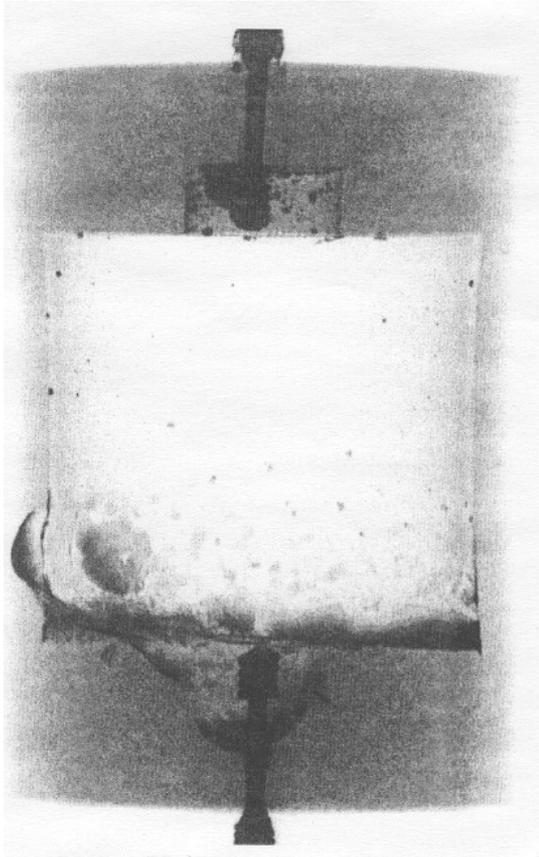
- Extinction des lampes
(par accroissement de la tension d'arc au cours du temps)
- Fuite au niveau du tube à décharge
(Erosion du PCA)

Fuite au niveau du tube à décharge d'une lampe CDM-TC



Trou dans la céramique et attaque de «Métal» sur l'ampoule

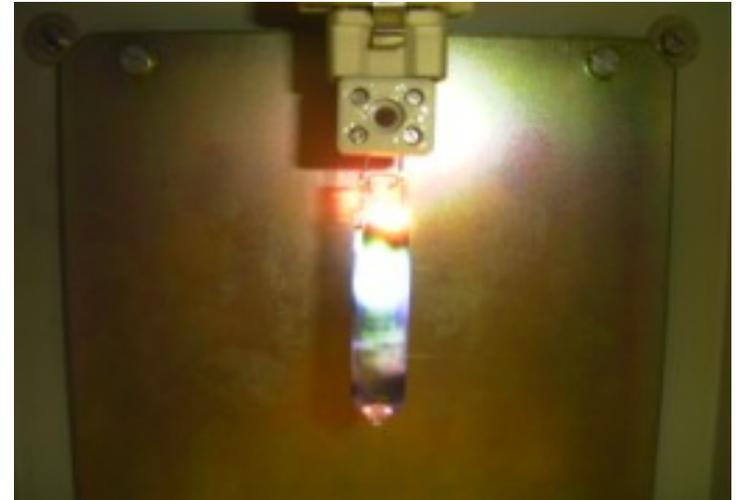
Fuite au niveau du tube à décharge d'une lampe CDM-TC



- Photo de la fuite au niveau du tube à décharge d'une lampe CDM-TC 70W

Fuite au niveau du tube à décharge

- Augmentation de la pression à l'intérieur de l'ampoule
- La décharge se produit au sein de l'ampoule:
 - amorce de lueur rougeâtre
 - phase d'établissement de l'arc
 - mode incandescent



Observations possibles en fin de vie

	Observations visuelles	Caractéristiques électriques	Conséquences
Phase de rougeoiement	<ul style="list-style-type: none"> - rougeoiement autour des parties métalliques de la capsule - amorce de la décharge sous forme de couronne autour des parties métalliques 	<ul style="list-style-type: none"> - tension d'arc élevée (à peu près 200V), faible courant asymétrique (0,1 à 0,5A) - impulsions d'amorçage activées - interactions HF dans le circuit de l'amorceur, causées par les impulsions de ce dernier 	<ul style="list-style-type: none"> - élévation de température des composants des circuits à amorçage série
Phase d'établissement de l'arc	<ul style="list-style-type: none"> - établissement de la décharge entre les support métalliques dans la lampe 	<ul style="list-style-type: none"> - faible tension d'arc (à peu près 20V) et très fort courant asymétrique (effet redresseur) (3 à 20 A dans les ballasts CuFe) 	<ul style="list-style-type: none"> - température excessive du ballast, principalement des ballasts CuFe où le courant peut être très élevé. Dans les ballasts électroniques, le courant est limité par le contrôleur de puissance
Mode incandescent	<ul style="list-style-type: none"> - dégagement rougeâtre juste au dessus du pincement de la lampe 	<ul style="list-style-type: none"> - tension d'arc moyenne (60 à 160V) 	<ul style="list-style-type: none"> - chaleur excessive du culot, de la douille - pas de risques électriques

Comportement des lampes SHP et MH en fin de vie (1)

- Les lampes HID ne meurent parfois qu'après avoir observé un certain comportement en fin de vie
- Ce comportement dépend:
 - construction
 - pression de gaz
 - ratio en volume entre le brûleur et l'ampoule

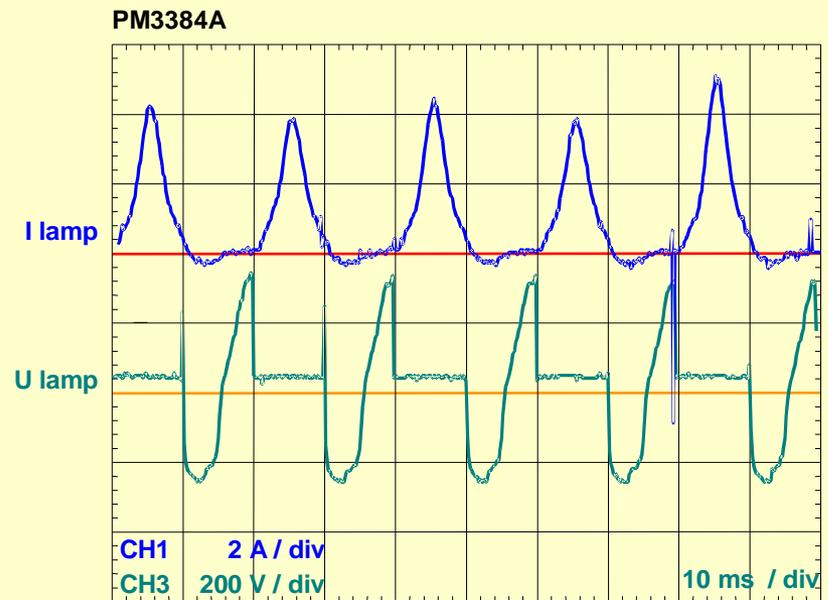


Comportement des lampes SHP et MH en fin de vie (2)

Forme de tension normale

Durant la fin de vie des lampes SHP et MH, le courant lampe comme la tension d'arc ne sont pas symétriques

Forme de courant normale



RETOUR

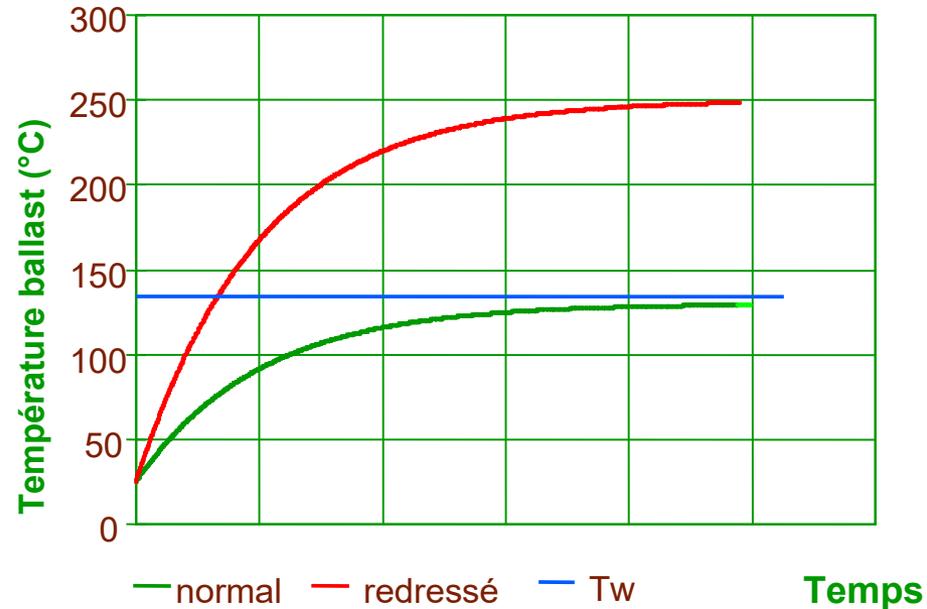


ÉCRAN



Comportement en fin de vie

- Le courant continu DC ainsi généré va endommager les composants inductifs comme les ballasts et les amorces série
- Cela provoque une montée en température du ballast jusqu'à dépasser la température maximum admissible pour les enroulements



Comportement en fin de vie



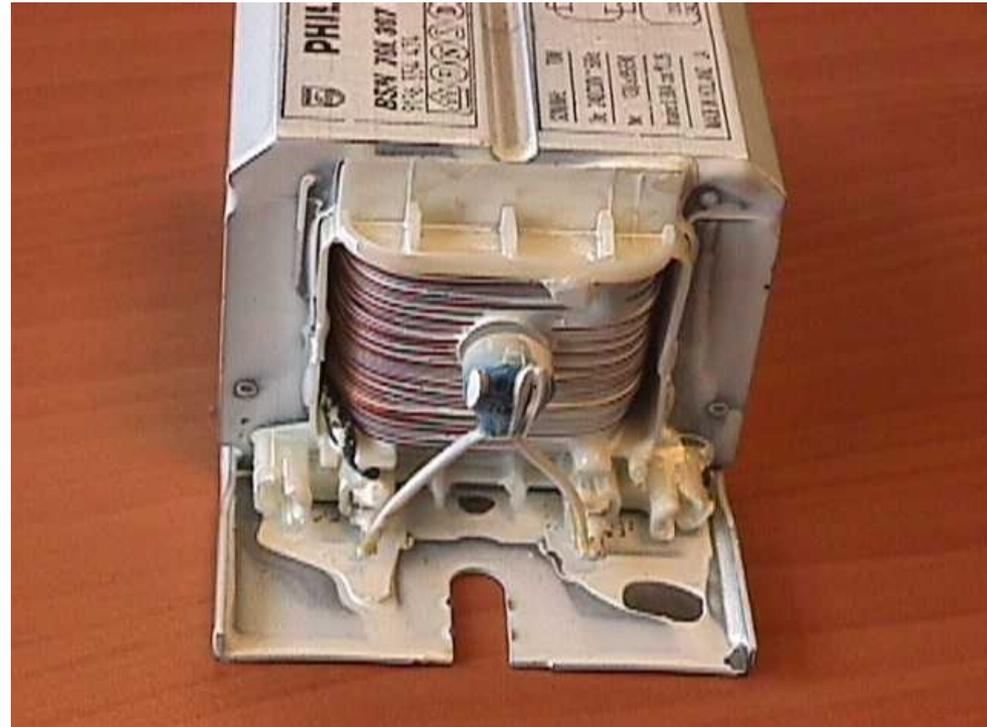
- Cela conduit à réduire le temps de vie du ballast et même à provoquer un possible court-circuit de ce dernier

Norme Européenne luminaires EN60598

- L'amendement A14 a été ajouté à la norme EN60598-1 incluant les lampes SHP dans les lampes rencontrant le phénomène de rectification
- A partir du 01-09-2002, l'utilisation des lampes SHP et IM nécessite l'incorporation de protections envers les ballasts

Norme NF EN 60598-1

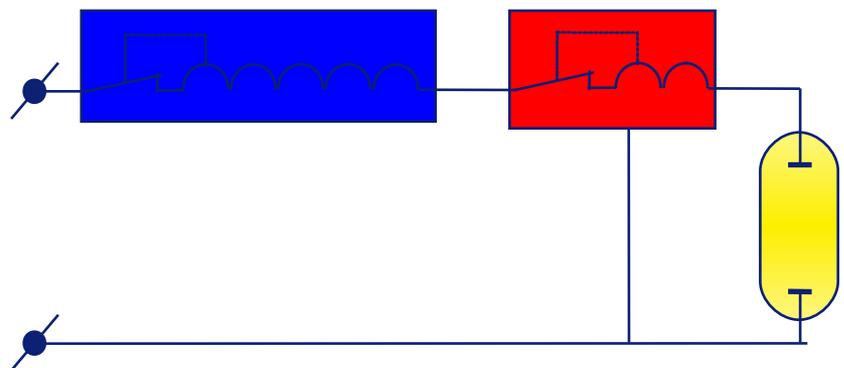
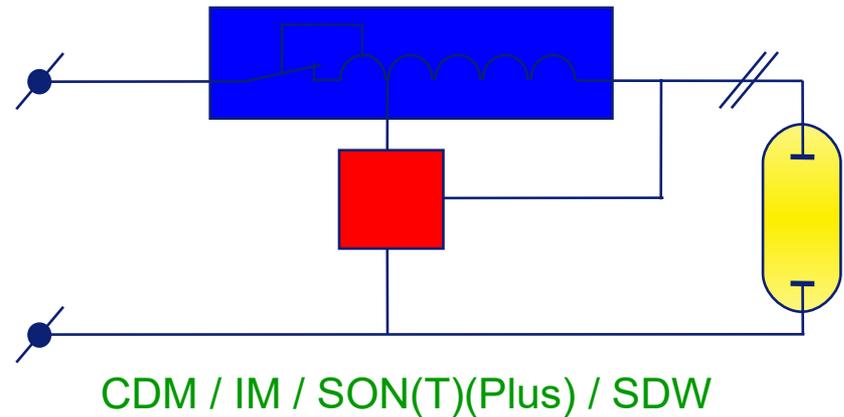
- Disposition proposée par les constructeurs de ballasts = adjonction d'un dispositif de protection thermique « thermo-switch »



Protection Thermo-switch

- Le thermo-switch sert à prévenir l'élévation de température du ballast en fin de vie des lampes
- Pour éviter l'accentuation du phénomène, l'utilisation d'amorceurs temporisés est recommandée

Thermo-switch (TS) :
s'ouvre à une température de 150°C



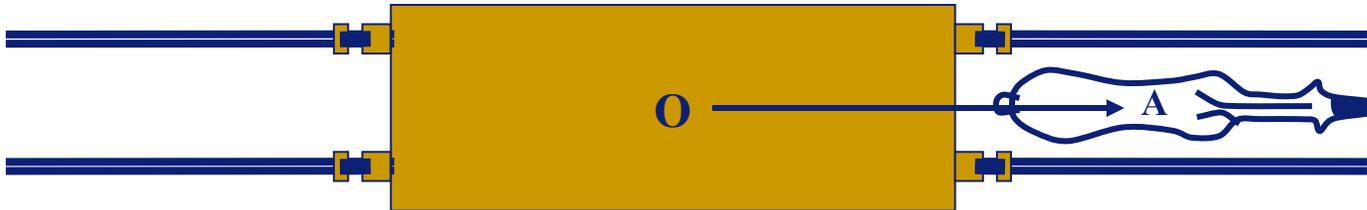
Et les autres types de lampes?

Famille de lampe	Type / Puissance	Nécessité d'une protection
Iodures Métalliques (IM)	35-150W CDM (T, TD, R, TP, TC) 70-250W MHN/W-TD	OUI OUI
	250-400W HPI Plus (T, BU (S/P)) 1kW-2kW HPI/MHN	NON NON
Vapeur de Mercure	50-700W HPL (Standard/Comfort)	NON
Sodium Blanc	35-100W SDW (T et TG)	NON
Sodium Haute Pression	50-1000W SON (T, E, I, Comfort)	OUI
Sodium Basse Pression	18-180W SOX (Plus et E)	NON

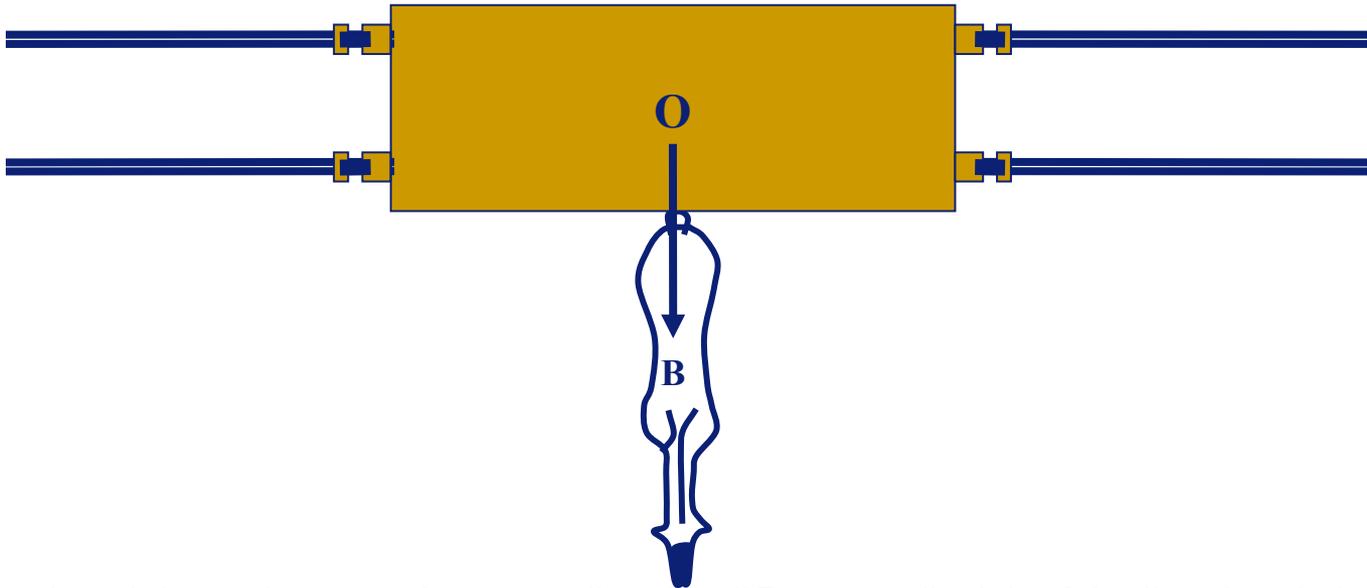


4. $\cos\varphi$, PF, et condensateur

Utilisons une comparaison mécanique qui fera mieux saisir la signification et le rôle du $\cos \varphi$

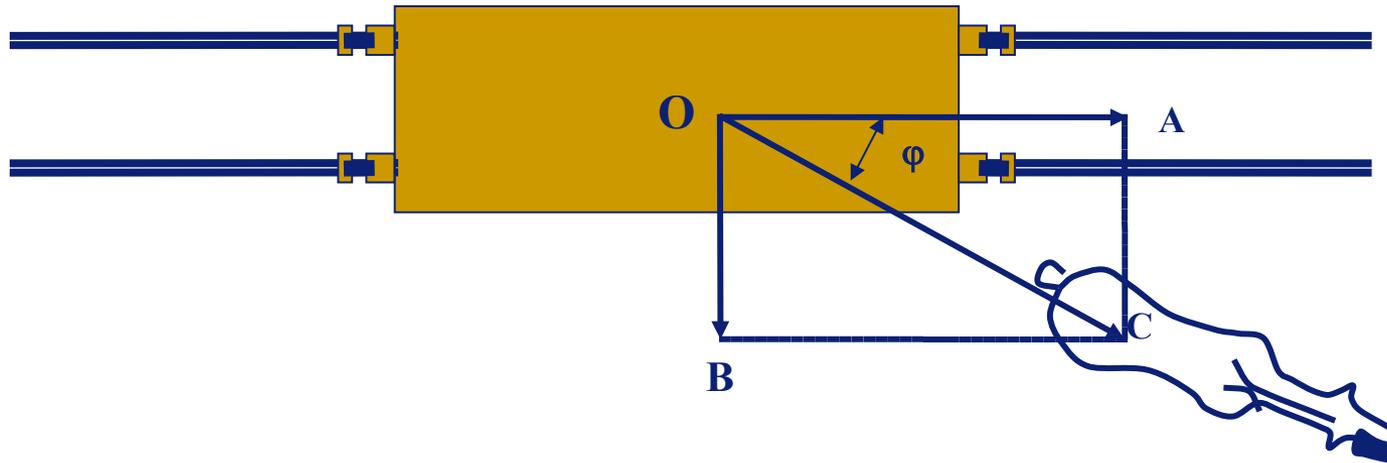


1. Un cheval tire un wagon dans le sens de la voie ferrée. Il exerce une traction OA qui est entièrement utilisée en travail réel qui fait mouvoir le wagon



2. Le cheval tire maintenant dans une direction OB perpendiculaire à la direction de la voie. Le wagon ne bouge pas. L'effort est exercé en pure perte sans production de travail utile.

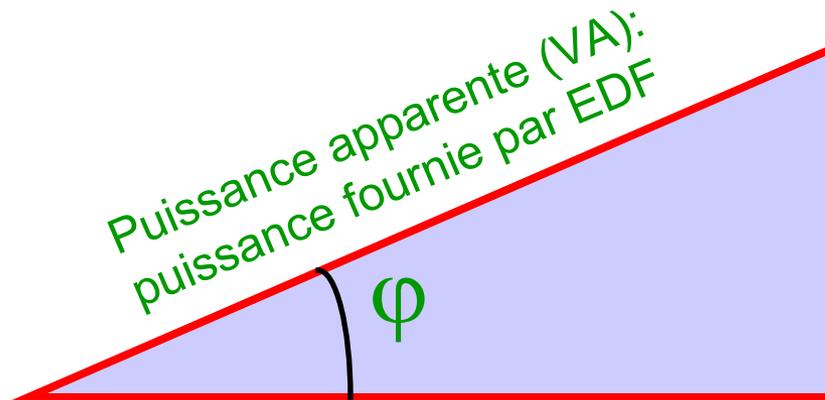
3. Le cheval donne son effort dans une direction OC faisant un angle φ avec la direction de la voie. Pour obtenir le même travail que dans le cas 1, le cheval devra exercer un effort OC supérieur à OA.



L 'effort utile : $OA = OC \cos \varphi$

DANS LE DOMAINE DU COURANT ALTERNATIF,
ON RETROUVE LES MEMES ANALOGIES

Le condensateur



Puissance réactive (VAR): les VAR sont présents sous l'effet de charges inductives (ballasts) et doivent être compensés par des condensateurs de correction

Puissance active (W): partie réelle de l'alimentation électrique, elle inclut les pertes de chaleur

Le tarif d'électricité est basé sur les Watts