



INSTITUT  
NATIONAL  
des SCIENCES  
APPLIQUÉES

**INSA**  
ROUEN



Philippine BARLAS

Etienne BOUISSONNIE

Thibaud BROCHET

Cécile LE BORGNE

Céline JACQUET

Camille PICARD

Alexis VAQUETTE

Enseignant(s)-responsable(s) du projet

Jean-Noël LE TOULOUZAN



**ECLAIRAGE BATIMENT :  
CARACTERISATION ET ETUDE  
COMPARATIVE DE SOURCES  
LUMINEUSES**



À TAILLE  
HUMAINE  
À L'ECHELLE  
DU MONDE



**Eclairage bâtiments**  
-Caractérisation et étude comparative de sources lumineuses-

Date de remise du rapport : **24/06/2008**

Référence du projet : **STPI/P6-3/2008 – n°14**

Intitulé du projet : ***Eclairage bâtiment : caractérisation et étude comparative***

Type de projet : ***expérimental***

Objectifs du projet :

- ***Dresser un historique de l'éclairage,***
- ***Dresser un tableau comparatif de plusieurs types de lampes composé de caractéristiques à la fois scientifiques et pratiques,***
- ***Vérifier des données et trouver expérimentalement des données qui nous manquent pour le tableau comparatif.***
- ***Déterminer quels types de lampes sont les mieux adaptés à certains bâtiments.***

Si existant, n° cahier de laboratoire associé : **A30232**

## Table des matières

1	Introduction.....	5
2	Méthodologie/Organisation du travail .....	5
3	Travail réalisé et résultats.....	7
3.1	Historique de l'éclairage.....	7
3.1.1	L'éclairage : de la préhistoire... ..	7
3.1.2	L'éclairage :...à aujourd'hui .....	8
3.2	Comparatif et explications.....	9
3.2.1	Définitions de quelques caractéristiques .....	9
3.2.2	Le comparatif.....	11
3.2.3	Bilan du comparatif .....	15
3.3	Expérience.....	15
3.3.1	Mise en place du dispositif. ....	15
3.3.2	Etude des spectres.....	16
3.4	Etude pratique.....	18
3.4.1	Les types de bâtiments dont l'éclairage est important.....	18
3.4.2	Les types de lampes les mieux adaptés.....	21
4	Conclusion et perspectives.....	22
5	Bibliographie.....	22

## 1 Introduction

Avant de commencer la lecture de ce rapport, il semble important de rappeler dans quelles conditions celui-ci a été rédigé.

Ce rapport est l'aboutissement d'un semestre de travail en groupe autour d'un projet de physique, dans le cadre de l'U.V. P6-3.

Différents sujets ont été proposés par les professeurs de physique. Notre groupe, composé de 7 étudiants, a été désigné pour le projet sur "l'éclairage bâtiment : caractérisation et étude comparative de sources lumineuses".

Après quelques heures de discussion autour de ce thème, nous sommes arrivés à la conclusion que l'éclairage, quel qu'il soit, est primordial. En effet, dans les entreprises pour le confort des salariés, dans les espaces comme les salles de réception ou les halls d'accueil pour embellir et valoriser ces lieux... l'éclairage fait partie de notre vie quotidienne.

Créer des ambiances différentes selon les activités n'est pas simple. En effet, afin de pouvoir créer des scènes pour la vidéo projection, pour les réunions, réguler la lumière selon le type de travail, embellir une pièce pour l'accueil des clients... une multitude de lampes existe mais aussi une infinité de moyen d'y parvenir. Que privilégier ? Une lampe qui s'allume et s'éteint en fonction de la présence de personnes dans la pièce ? Des lampes économiques ? La lumière naturelle ? Un éclairage dynamique ? Plutôt statique ? Une lumière stimulante ou plutôt apaisante ? Un éclairage collectif ou plutôt individuel ?

Dans tous les cas, un éclairage adapté est chose complexe à mettre en place et doit répondre à des normes strictes !

Nous avons donc défini les grands axes de notre projet : étudier les différentes sortes de lampes qui sont utilisées pour l'éclairage de bâtiments, les comparer à l'aide d'un tableau et enfin étudier quels types de lampes utiliser dans différents secteurs.

Nous avons ensuite peu à peu construit ce projet en nous répartissant les tâches entre élèves. Chacun a effectué des recherches de son côté, en les communiquant au fur et à mesure au reste du groupe. Ainsi, nous étions tous au courant de l'avancement global du projet. Au fur et à mesure, nous nous attribuions de nouvelles tâches.

La rédaction de ce rapport s'est effectuée de la même manière, chacun apportant sa partie, son paragraphe sur les travaux dont il avait la responsabilité.

Ce rapport est donc la finalisation d'un travail effectué en groupe autour d'un sujet de physique portant sur l'éclairage des bâtiments. Dans un premier temps, nous tracerons un historique de l'éclairage, puis nous définirons les différents types de lampes que nous avons étudiés. Ensuite nous exposerons une partie du tableau comparatif réalisé, et enfin nous analyserons quels sont les types de lampes utilisés dans les bâtiments.

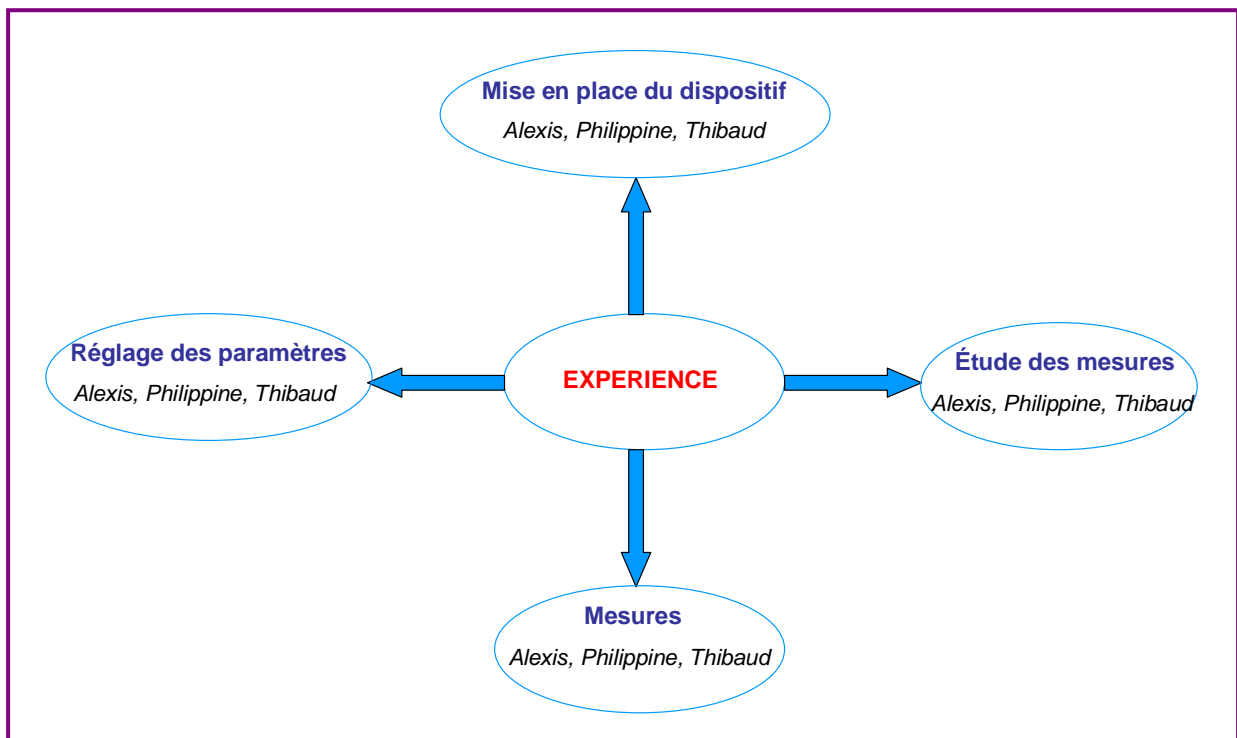
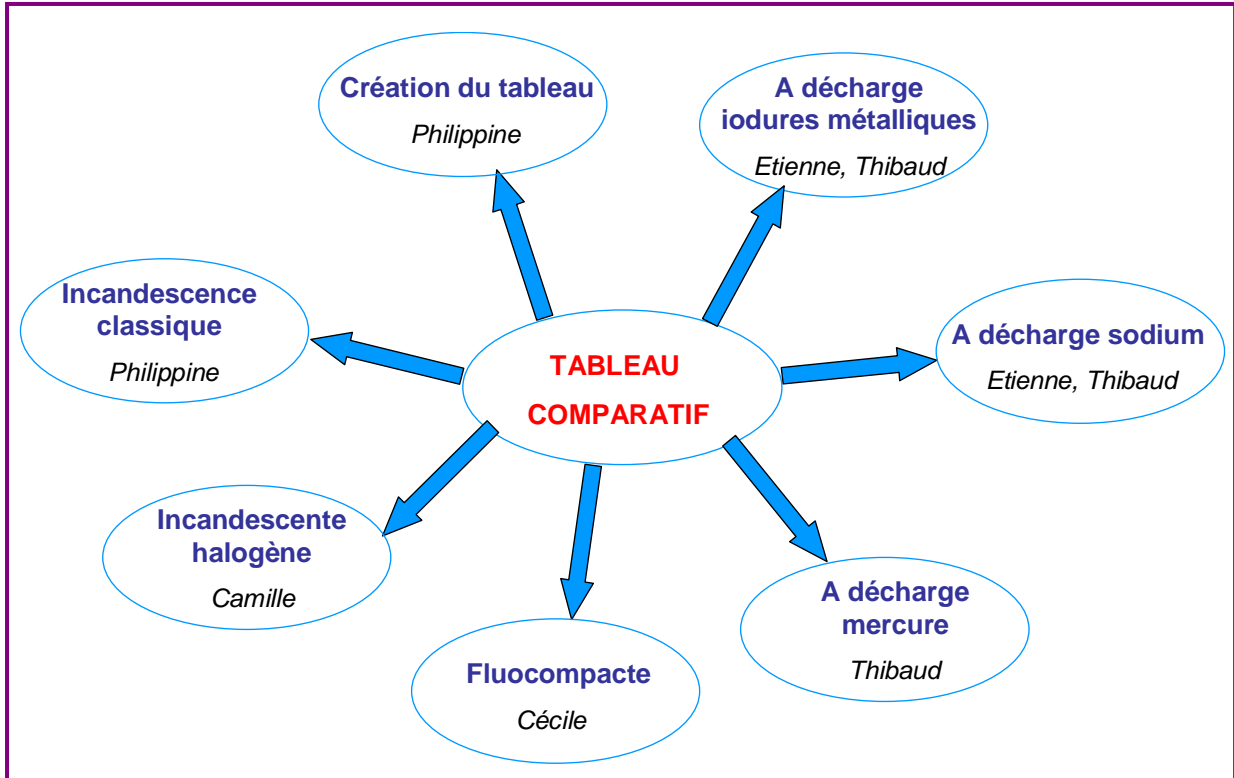
## 2 Méthodologie/Organisation du travail

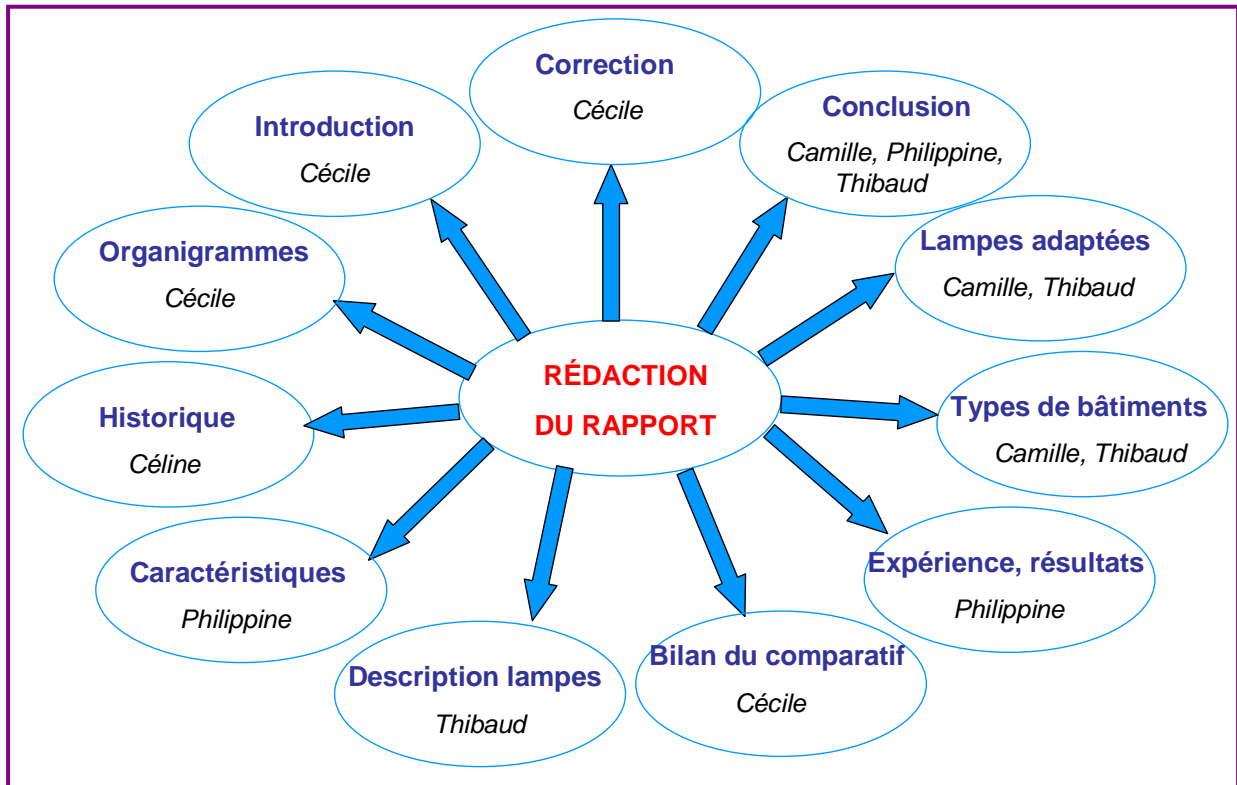
Au début du semestre, nous avons commencé par nous atteler au tableau comparatif. Chaque étudiant s'est vu attribuer un type de lampe à étudier. Ainsi, si dans le tableau, certaines catégories de lampes ne sont pas remplies, c'est que le travail n'a pas été effectué.

Quelques expériences sur les lampes qui étaient à notre disposition ont été réalisées pour essayer de compléter et justifier le tableau comparatif.

Ensuite, nous avons commencé à rédiger des parties du rapport, encore une fois, en fractionnant le travail et en se le répartissant.

Pour schématiser comment nous sommes réparti le travail, nous avons construit les trois organigrammes suivants :





### 3 Travail réalisé et résultats

#### 3.1 Historique de l'éclairage.

##### 3.1.1 L'éclairage : de la préhistoire...

Bien avant les premières civilisations, une source de lumière éclairait déjà la Terre et ses planètes environnantes : le Soleil. Suivant les saisons, son intensité au cours de la journée et le temps de luminosité varient. Bien vite, nous inventons alors d'autres sources de lumières. La combustion de matériaux naturels est la première source de lumière qui fut utilisée par l'Homme avec la découverte du feu. Au siècle des Lumières, la bougie fit son apparition et fut un des moyens de s'éclairer les plus répandus. Quelques années plus tard, la lampe à huile sera très employée pour sa sécurité par rapport à la bougie. Elle se perfectionne rapidement, permettant une intensité lumineuse plus grande et une meilleure stabilité de la flamme.

Petit à petit, la lampe à pétrole remplace la lampe à huile. En Europe, plusieurs types sont créés, mais tous possèdent un bec et un verre bien particuliers, étirant ou élargissant la flamme.



**Figure 1 :** Lampe à pétrole

Toujours au XVIII<sup>ème</sup> siècle, l'Occident découvre l'éclairage au gaz, source lumineuse connue depuis de nombreuses années par les chinois. Mais c'est au siècle suivant que la lampe devient réellement utilisable, qui s'inscrit alors dans l'ère de la révolution industrielle.

### 3.1.2 L'éclairage :...à aujourd'hui

Concernant l'éclairage public, l'éclairage systématique des rues de Paris est annoncé avec l'invention du réverbère au XIX<sup>ème</sup> siècle. Il permet de sécuriser les espaces publics, de décorer les espaces les plus importants et les plus prestigieux, et surtout d'accroître la circulation dans les villes. En 1879, Thomas Edison invente la première ampoule électrique, avec un filament de... bambou du Japon ! Il aura auparavant testé plus de 6 000 végétaux du monde entier et dépensé quelques 40 000 dollars. Malheureusement, le modèle d'Edison a une durée de vie de seulement 30 heures. C'est alors que trois ans plus tard, des ingénieurs de la firme qu'Edison a créé remédient au problème du filament en inventant l'ampoule à incandescence, avec un filament de carbone. L'éclairage urbain se développe alors de plus en plus, renforcé par un éclairage permanent de certains sites et bâtiments.

Ainsi, de nos jours de nombreux types de lampes et d'ampoules existent tels que les lampes à incandescence bien sûr, mais aussi les lampes halogènes, fluocompactes...

D'autre part, la chimie a énormément fait évoluer nos moyens d'éclairage en nous apportant entre autre les lampes à vapeur de sodium ou de mercure, le tube néon (couleur rouge uniquement) ou fluorescent. Ces modèles sont utilisés en grande partie pour la mise en valeur des publicités.



**Figure 2 :** de gauche à droite : lampe à incandescence, lampe fluorescente, lampe à vapeur de mercure



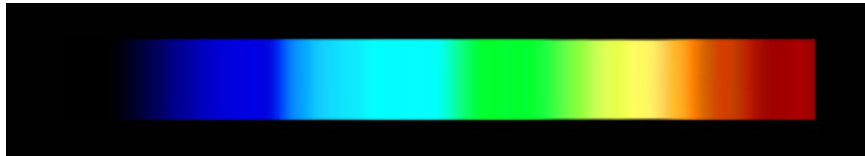
## 3.2 Comparatif et explications.

### 3.2.1 Définitions de quelques caractéristiques

Les lampes comportent des caractéristiques différentes selon leur type. Nous avons donc choisi de faire un comparatif afin de mettre en avant ces différences. Mais définissons tout d'abord les principales caractéristiques présentes dans le comparatif.

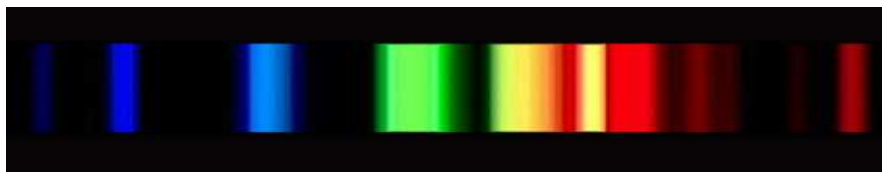
**Le type d'émission** : Chaque famille de lampes possède son propre type d'émission, c'est-à-dire que de chaque lumière émise par une lampe, on peut obtenir un spectre d'émission. Celui-ci est constitué de raies lumineuses, qui correspondent à des radiations de longueur d'onde  $\lambda$  dans le vide. Il existe 2 types de spectres d'émission : les spectres continus et les spectres de raies.

Le spectre continu est, comme son nom l'indique, continu. Il est constitué d'une infinité de raies. Le spectre continu de référence est celui de la lumière blanche. Par exemple les lampes incandescentes possèdent une émission de type continu.



Spectre d'une lampe incandescente

Le spectre de raies est, par opposition au spectre continu, un spectre discontinu. Il est composé d'un nombre de raies limité.



Spectre d'une lampe à décharge (vapeur de mercure)

**Le flux lumineux** : Le flux lumineux correspond à la puissance lumineuse émise par une lampe en fonction de la sensibilité de l'œil. Son unité est le Lumen (lm).

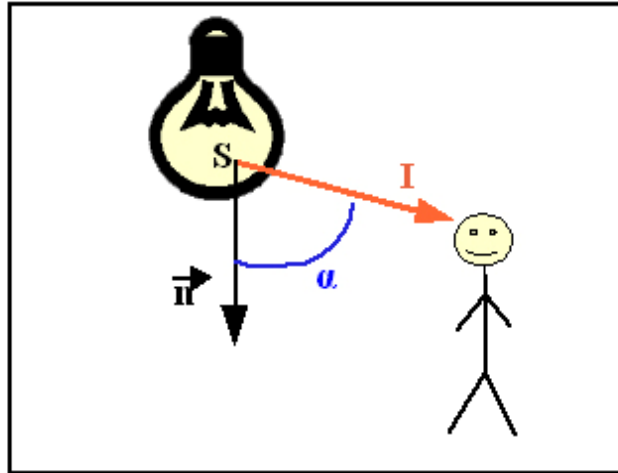
**L'intensité lumineuse**: Il s'agit de la quantité d'énergie émise par une source lumineuse. Elle s'exprime en candela (cd).

**La luminance** : La luminance désigne l'intensité lumineuse divisée par la surface apparente de la lampe. Elle s'exprime donc en candela par m<sup>2</sup>. La luminance peut s'écrire de la manière suivante :

$$L = I / (S \cos \alpha)$$

Avec

- I : l'intensité lumineuse
- S : la surface réelle de la lampe
- $\alpha$  : l'angle sous lequel est vue la lampe



*Schéma illustrant le calcul de la luminance*

**La température de couleur** : Lorsque l'on regarde différents types de lampes, on remarque une différence de teinte au niveau de la lumière émise. Par exemple, les lampes halogènes ont une teinte plutôt bleue alors que les lampes incandescentes ont une teinte jaune. Ces différentes teintes sont caractérisées par la température de couleur de la lampe, qui se mesure en Kelvin (K). Plus la température sera basse, plus la couleur sera chaude (jaune/orangé). Plus la température sera élevée, plus la couleur sera froide (blanc/bleuté).



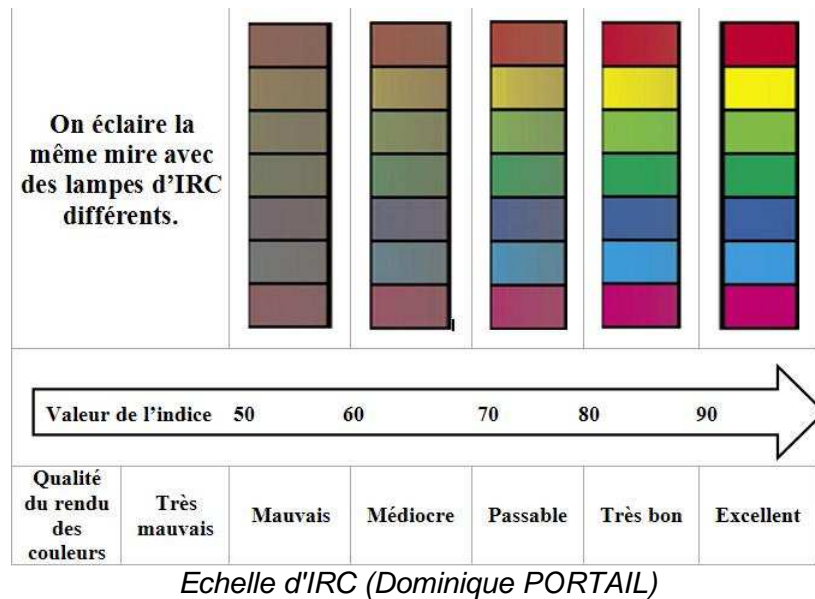
*Schéma de la température de couleur*

Ce schéma illustre bien qu'entre 2500K et 2700K, c'est une lumière "chaude" qui est émise, il en résulte une ambiance dite "incandescente", qui est par exemple utilisée dans les restaurants ou dans les bars. Entre 3000K et 3500K, la lumière est plus blanche, on dit que c'est une ambiance chaude, utilisée dans les chambres d'hôtel. Entre 3500K et 4500K, la lumière est blanche, neutre. Cela produit une ambiance intermédiaire, utilisée par exemple dans les hôpitaux. Au dessus de 5000K, la lumière est très blanche voire bleutée : c'est une ambiance froide, utilisée dans les grandes surfaces.

On peut donc résumer en disant que les couleurs chaudes sont utilisées pour créer une ambiance conviviale ou luxueuse, et les couleurs froides sont utilisées plutôt pour une ambiance tonique ou technique.

**L'I.R.C (ou Ra)** : L'Indice de Rendu de Couleur désigne l'aptitude d'une lampe à éclairer un objet sans que sa couleur soit altérée. L'IRC est compris entre 0 et 100, l'indice maximum correspond à la lumière du jour. Par exemple si l'on éclaire un objet avec une lampe possédant un IRC proche de 100, on verra les couleurs de l'objet comme à la lumière du jour. En revanche si la lampe a un IRC faible, les couleurs seront modifiées.

Il est à noter que sur les lieux de travail comme les magasins ou les bureaux, l'IRC ne doit pas être inférieur à 80, afin de ne pas générer de fatigue visuelle.



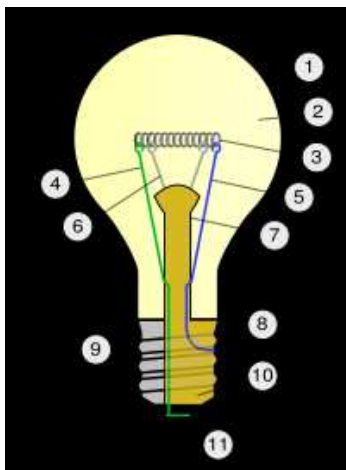
### 3.2.2 Le comparatif

#### A- Les différents types de lampes

- ❖ Les lampes à incandescence

##### Lampes incandescentes classiques

L'ampoule à incandescence produit de la lumière grâce à l'incandescence son filament de tungstène. Auparavant le filament était en carbone, qui, en se sublimant et en se condensant sur le verre de l'ampoule, noircissait et opacifiait rapidement le verre.



1. Ampoule de verre, aussi appelée globe, bulbe ou enveloppe
2. Gaz inerte
3. Filament de tungstène
4. Fil conducteur (contact avec le plot central)
5. Fil conducteur (contact avec le culot)
6. Fils de support du filament
7. Monture ou support en verre
8. Culot (contact électrique)
9. Culot (pas de vis, baïonnette)

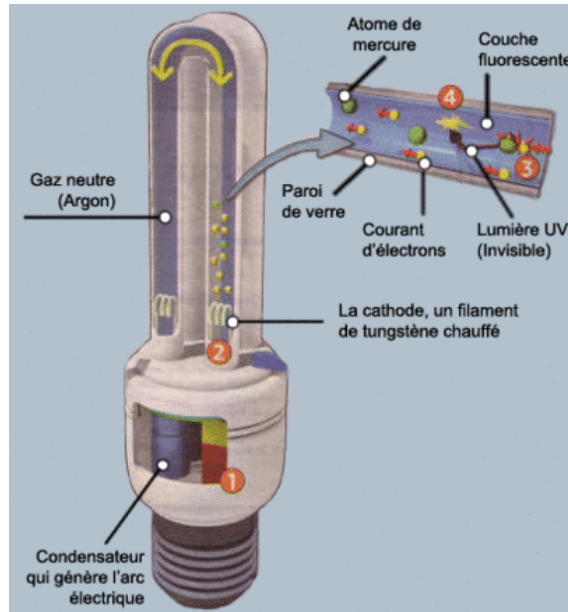
##### Les lampes à incandescence halogène

Elles produisent de la lumière comme une ampoule incandescente, mais en plus du filament de tungstène, des gaz halogénés sont introduits dans une ampoule en quartz.

❖ Les lampes à décharge

La lampe fluorescente compacte

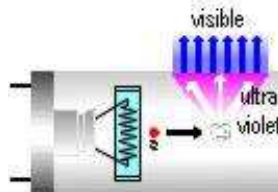
Elle est durable, économe, et éclaire plus qu'une ampoule traditionnelle incandescente. De plus, elle consomme 75% d'énergie en moins.



Les lampes à décharge mercure, sodium et iodures métalliques

Ce sont des lampes électriques constituées d'un tube ou d'une ampoule de verre rempli de vapeur métallique sous haute ou basse pression. Grâce à un courant électrique, une différence de potentiel apparaît entre les deux électrodes situées aux extrémités de la lampe. Un immense flux d'électrons la traverse alors. Un photon est ensuite créé, dont la longueur d'onde dépend de l'énergie qu'il contient. Comme chaque gaz émet différentes longueurs d'ondes en fonction de sa structure atomique, on peut obtenir différentes couleurs d'éclairage.

Les tubes fluorescents sont des lampes à décharge basse pression. Ces tubes contiennent du mercure ou de l'argon qui émettent une lumière ultraviolette invisible lorsqu'elles sont ionisées, le tout sous basse pression. Ce rayonnement est absorbé par la couche fluorescente de la face interne du tube, et est ensuite converti en rayonnement visible.



## B- Le tableau comparatif

Notre tableau comparatif se trouve dans le fichier nommé "comparatif\_P6-3\_2008\_14.xls". Nous l'avons construit de la façon suivante :

- La page "d'accueil"

P6-3 2008		TABLEAU COMPARATIF			Eclairage bâtiment
Catégorie de Lampes	Sous catégorie	Généralités	Emissions	Dimensions, formes	
Incandescence	Classique	<a href="#">Généralités</a>	<a href="#">Emissions</a>	<a href="#">Dimensions, formes</a>	
	Halogène	<a href="#">Généralités</a>	<a href="#">Emissions</a>	<a href="#">Dimensions, formes</a>	
A Décharge	Fluorescente(Tube/Compact)	<a href="#">Généralités</a>	<a href="#">Emissions</a>	<a href="#">Dimensions, formes</a>	
	Mercure	<a href="#">Généralités</a>	<a href="#">Emissions</a>	<a href="#">Dimensions, formes</a>	
	Sodium(Haute/Basse Pression)	<a href="#">Généralités</a>	<a href="#">Emissions</a>	<a href="#">Dimensions, formes</a>	
	Iodures Métalliques	<a href="#">Généralités</a>	<a href="#">Emissions</a>	<a href="#">Dimensions, formes</a>	
<b>MESURES EFFECTUEES</b>					

Cette page permet de naviguer entre les différents types de lampes. Pour chaque type de lampe, il existe une page "Généralités", une page "Emissions" et une page "Dimensions, formes". De plus, à partir de la page "d'accueil", il est possible d'accéder aux quelques résultats obtenus grâce aux expériences que nous avons effectué.

- Les pages "Généralités" :

FLUORESCENTE								
Généralités								
Type et Modèle	Constructeur	Nom du produit	Durée de Vie	Label d'efficacité énergétique	Bilan Carbone	Prix (€)	Emissions	Dimensions, formes
Fluocompacte alimentation incorporée : standard	SYLVANIA	Mini-Lynx Ambience	6 000 h	A		16,46 €		
	OSRAM	DULUX EL CL A 20 W/827 E27	10 000 h	A		3,18 €		
Fluocompacte alimentation incorporée : flamme	PAULMANN	Flamme fluocompacte 7W E14 127-40mm B1c chd extra	8 000 h	A		7,93 €		
	SYLVANIA	Mini-Lynx Candle	10 000 h	A		13,40 €		
Fluocompacte alimentation incorporée : tube	PHILIPS	MASTER PL-Electronic 5W/827 E27 230-240V 1CT	15 000 h	A		21,09 €		
	OSRAM	DULUX LONGLIFE Fcy 18 W/827 E27	15 000 h	A				

Sur cette page, on peut voir les différents types et modèles de lampe étudiées, le nom de leur constructeur, le nom de la lampe, sa durée de vie, son label d'efficacité énergétique, son bilan carbone et son prix approximatif. Certaines cases ne sont pas remplies car nous n'avons pas pu trouver les informations nécessaires. Il est également possible d'accéder aux pages "Emissions", "Dimensions, formes" ou de retourner à la page d'accueil.

- Les pages "Emissions"

FLUORESCENTE							
<a href="#">Retour</a>	Emissions						
Nom du produit	Type Emissions (C, raie)	Flux lumineux (lm)	Couleur (K)	I.R.C	Puissance d'éclairage (watt)	Puissance consommée (watt)	Flux/Puissance
<i>Mini-Lynx Ambience</i>	Continue	550 lm	2700 K (blanc chaud)	85	70 W	11 W	
<i>DULUX EL CL A 20 W/827 E27</i>	Continue	1160 lm	2700 K (blanc chaud)	85	100 W	20 W	
<i>lampe fluocpcte 7W E14 127-40mm Blc chd extr</i>	Continue	320 lm	2700 K (blanc chaud)	85	40 W	7 W	
<i>Mini-Lynx Candle</i>	Continue	200 lm	2700 K (blanc chaud)	85	40 W	7W	
<i>MASTER PL-Electronic 5W/827 E27 230-240V 1CT</i>	Continue	230 lm	2700 K (blanc chaud)	82	25 W	5 W	
<i>DULUX LONGLIFE Fcy 18 W/827 E27</i>	Continue		2700 K (blanc chaud)	85	100 W	18 W	

Sur cette page, on retrouve le nom des lampes étudiées, et on peut voir leur types d'émissions, leur flux lumineux, leur couleur, leur I.R.C., leur puissance d'éclairage ainsi que le rapport du flux sur la puissance.

- Les pages "Dimensions, formes"

FLUORESCENTE							
<a href="#">Retour</a>	Dimensions, Formes					Emissions	Généralités
Nom du produit	Forme de la zone	Culot	Dimensions : hauteur (mm)	Dimensions : diamètre (mm)	Emissions	Généralités	
<i>Mini-Lynx Ambience</i>		E 27	127 mm	60 mm			
<i>DULUX EL CL A 20 W/827 E27</i>		E 27	153 mm	70 mm			
<i>Flamme fluocpcte 7W E14 127-40mm Blc chd extra</i>		E 14	127 mm	40 mm			
<i>Mini-Lynx Candle</i>		E 14	131 mm	40 mm			
<i>MASTER PL-Electronic 5W/827 E27 230-240V 1CT</i>		E 27	114 mm	28 mm			
<i>DULUX LONGLIFE Fcy 18 W/827 E27</i>		E 27	137 mm	45 mm			

Ici, on peut voir la forme de la zone éclairée, la forme du culot, la hauteur et le diamètre des lampes.

- La page "Mesures effectuées"

<a href="#">Retour</a>	MESURES EFFECTUEES		
Lampes testées	$\lambda_{Re, \lambda_{max}(nm)}$	$\lambda_{min}(50\%)$	$\lambda_{max}(50\%)$
PHILIPS Inc Claire 60W	691	585	804
PHILIPS Inc Dépolie 40W	693	583	806
PHILIPS Inc Kr 60W	695	579	793
MAZDA Inc Perle 60W	698	568	847
CLAUDE Inc Dépolie 25W	698	587	805

Cette page permet de voir les valeurs des mesures effectuées lors des expériences.

### 3.2.3 Bilan du comparatif

Comme son nom l'indique, le tableau comparatif que nous avons construit nous permet de comparer les différents types de lampes étudiés. Tout d'abord, il nous permet de bien différencier les différents types de lampes, grâce à la page "Généralités".

Ensuite, on peut effectuer une comparaison au sein d'un même type de lampes : on remarque que souvent, de nombreuses caractéristiques sont semblables. Par exemple, on remarque que les durées de vie des lampes à halogènes sont sensiblement les mêmes. On peut voir aussi que toutes les lampes fluocompactes ont un label d'efficacité énergétique A.

On peut également remarquer que les températures de couleur sont souvent identiques. Toutes ces similitudes permettent donc d'approuver que les lampes étudiées font bien partie du même type de lampes.

La partie la plus intéressante de la comparaison grâce à ce tableau réside dans la comparaison de lampes de types différents. C'est à l'aide de ce style de comparaison que l'on va pouvoir déterminer les avantages et les inconvénients de types de lampes, et déterminer quel est le type de lampe le mieux adapté à la demande du bâtiment à éclairer.

Prenons l'exemple de la comparaison des lampes incandescentes classiques avec les lampes fluocompactes : au niveau de la durée de vie, il est clair que les fluocompactes sont largement plus intéressantes, puisque les incandescentes classiques ont une durée de vie d'environ 1000 heures, alors que les fluocompactes durent entre 6000 et 15000 heures.

Les fluocompactes sont aussi plus intéressantes en terme d'efficacité énergétique, car elles sont toutes de catégorie A, alors que les incandescentes classiques sont de catégorie E, F ou même G. Par contre, les fluocompactes sont beaucoup plus chères que les incandescentes classiques. On peut toutefois relier le prix à la durée de vie, le prix élevé des fluocompactes est alors "rentabilisé".

Au niveau des émissions, les incandescentes classiques sont plus performantes : en effet, le rapport du flux sur la puissance des incandescentes classiques est compris entre 7,75 et 16 lm/watt, tandis que celui des fluocompactes est compris entre 5 et 11,6 lm/watt. On peut également remarquer que l'IRC des incandescentes classiques est toujours égal à 100, alors que celui des fluocompactes est d'environ 85. La température de couleur, quand à elle, est la même pour les deux types de lampes (2700 K).

En ce qui concerne les dimensions des lampes, on ne peut pas vraiment comparer, étant donné que le tableau comparatif ne présente qu'un échantillon des différentes lampes qui existent. Les lampes incandescentes classiques et fluocompactes existent sous beaucoup de formes et dimensions, en parcourant les différents constructeurs on peut trouver toutes les formes que l'on souhaite.

Pour conclure sur cette comparaison entre lampes incandescentes classiques et lampes fluocompactes, on peut dire qu'au niveau de la longévité et de l'efficacité énergétique, ce sont les fluocompactes les plus intéressantes. Cependant, en terme d'émissions, ce sont les incandescentes classiques qui sont les plus efficaces.

Grâce au tableau comparatif, il est donc possible de comparer tous les types de lampes, et ainsi de définir quel est le type de lampe le mieux adapté à la demande.

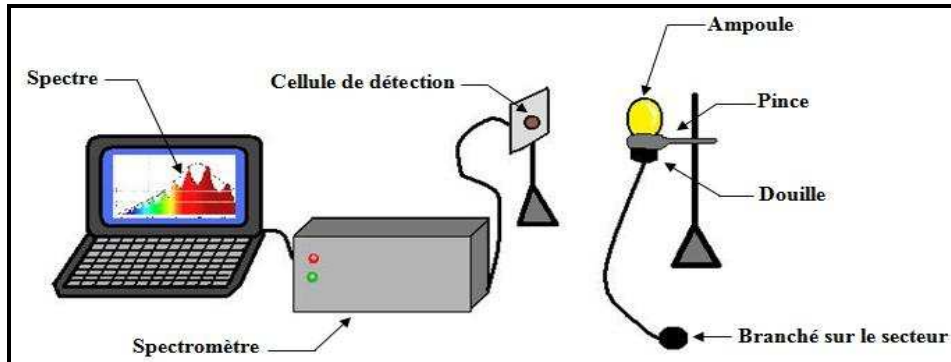
## 3.3 Expérience.

### 3.3.1 Mise en place du dispositif.

Dans le cadre de notre projet, nous voulions réaliser des mesures sur des ampoules qui étaient à notre disposition, afin de savoir si nous pouvions en déduire des

caractéristiques. Les mesures que nous avons pu effectuer étaient des mesures du spectre de nos ampoules grâce au spectromètre de l'INSA.

Nous avons donc mis en place un dispositif afin de pouvoir réaliser ces mesures. Pour cela, nous avons dû connecter une douille de type B22 et une douille de type E27 à une rallonge, afin de pouvoir brancher les lampes sur le secteur. Nous pouvions ainsi tester des lampes ayant deux types de culots différents. Ensuite, nous avons positionné la cellule de détection du spectromètre de manière à obtenir le spectre de la lampe grâce au logiciel SpidH.R. Voici le montage :

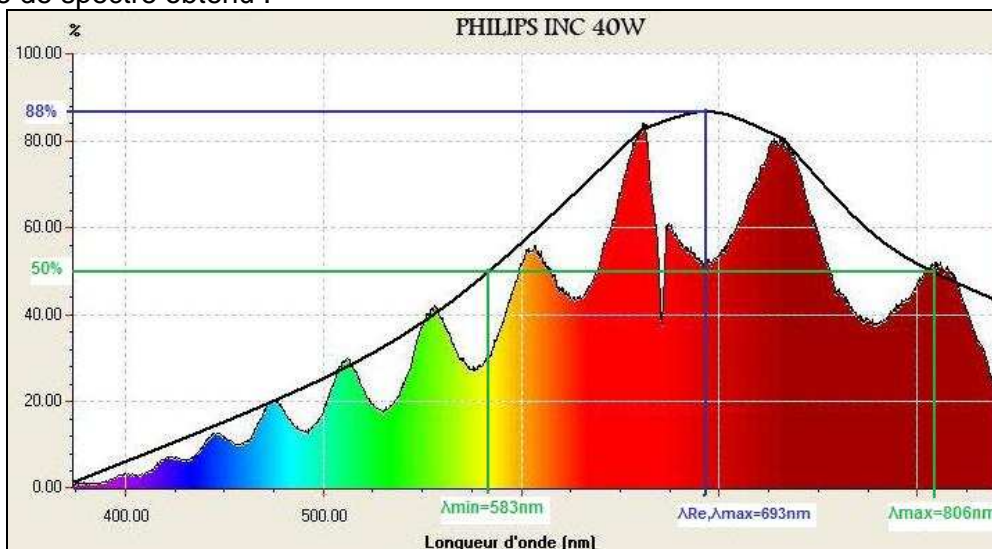


### 3.3.2 Etude des spectres.

Une fois le montage effectué, nous avons réalisé des mesures sur différentes lampes mises à notre disposition. Les deux douilles que nous avons ne nous ont permis de faire que des mesures sur des lampes incandescentes.

Grace au spectromètre SpidH.R, nous avons obtenu leurs spectres d'émission. Il s'agit de l'ensemble des radiations lumineuses monochromatiques émises par une source dans le visible ou non visible (c'est-à-dire des infrarouges aux ultraviolets), caractérisées par des longueurs d'onde ( $\lambda$ ) exprimées en nanomètres (nm). Dans le cadre de nos mesures, les spectres des lampes auxquelles nous nous sommes intéressés ne sont que dans le visible.

En effet, les lampes incandescentes sont caractérisées par un spectre continu, dont les couleurs vont du bleu au rouge lorsque la lampe est correctement alimentée. Voici un exemple de spectre obtenu :



Nous avons ensuite relevé sur chaque spectre la longueur d'onde correspondant au rayonnement maximal ainsi que les longueurs d'ondes minimum et maximum que l'on a



posées à 50% du rayonnement. Nous avons ensuite regroupé nos valeurs dans le tableau suivant :

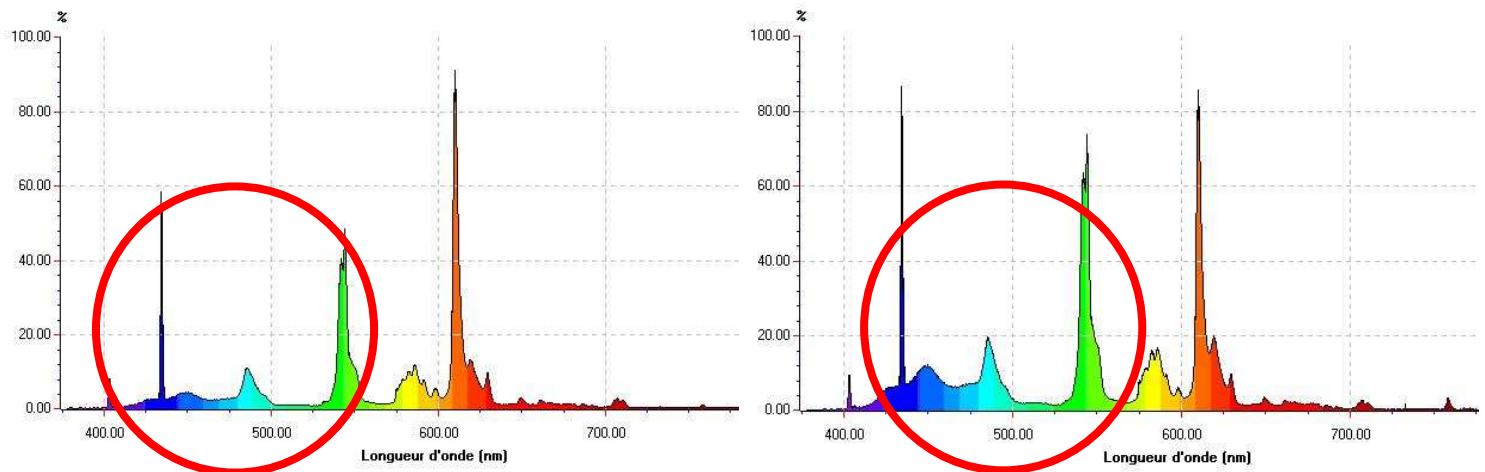
<a href="#">Retour</a>	MESURES EFFECTUEES		
Lampes testées	$\lambda_{Re, \lambda_{max}}(nm)$	$\lambda_{min}(50\%)$	$\lambda_{max}(50\%)$
PHILIPS Inc Claire 60W	691	585	804
PHILIPS Inc Dépolie 40W	693	583	806
PHILIPS Inc Kr 60W	695	579	793
MAZDA Inc Perle 60W	698	568	847
CLAUDE Inc Dépolie 25W	698	587	805

Nous avons remarqué que les valeurs variaient très légèrement, nous n'avons donc pas pu en tirer de conclusions.

En revanche, il est possible de comparer des spectres de tubes fluorescents. En effet, les tubes fluorescents montrent un spectre composé de quelques raies brillantes. La couleur de ces raies varie d'une lampe à l'autre car le spectre de raies dépend de la nature du gaz contenu dans le tube. Ces raies sont la "signature" de l'élément chimique présent. Ces raies en émission se superposent à un spectre continu de plus faible intensité.

Les lampes que nous allons étudier sont des tubes fluorescents contenant du mercure, d'où la présence des raies propres au mercure. On pourra donc déduire de deux spectres de lampes ayant un IRC proche, laquelle des deux possède la température de couleur la plus haute. De même, pour deux lampes possédant des températures voisines, il est possible de déduire celle qui aura le meilleur IRC.

Etudions les spectres suivant un exemple :



**$T_c = 4\ 000\ K$  IRC = 85**

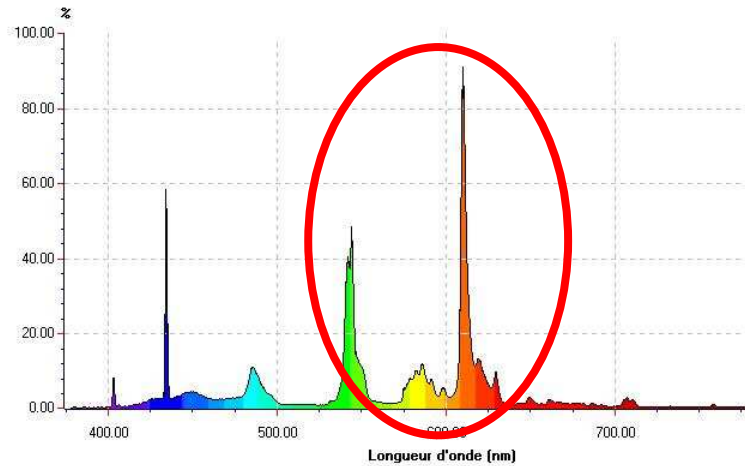
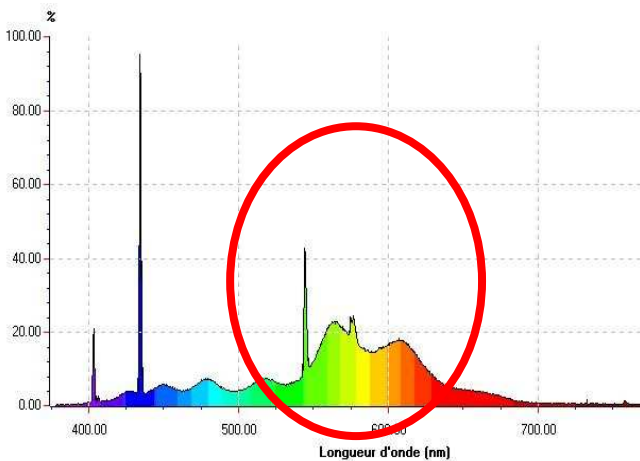
**$T_c = 6\ 500\ K$  IRC = 80**

Ici on peut remarquer que le deuxième spectre s'étend plus vers le bleu et le vert. Cela explique que la deuxième lampe ait une température de couleur plus élevée. En effet, nous avons vu précédemment que plus on allait vers le bleu, plus la température était élevée. La première lampe donnera donc une ambiance plus chaude (teintes jaunes) alors que la deuxième lampe donnera une ambiance froide (teintes bleues).

Regardons un deuxième exemple :

$T_c = 4\ 100\ K$  IRC = 63

$T_c = 4\ 000\ K$  IRC = 85



Dans cet exemple, la deuxième lampe possède un meilleur IRC que la première. Nous pouvons voir sur le premier spectre qu'une des raies n'est pratiquement pas visible (la raie rouge) alors que sur les spectres ayant un bon IRC celle-ci est bien présente. Le manque d'une des raies caractéristique du mercure explique ce mauvais IRC. La première lampe ne rendra donc pas correctement les couleurs contrairement à la deuxième. Ainsi un faible IRC se traduit par un spectre dont certaines raies sont mal définies.

Nous avons donc pu voir qu'il était possible de comparer des spectres entre eux afin de déterminer les températures de couleur et les IRC les plus hauts. Cependant, l'étude des spectres se révèle vite limitée et si l'on veut mesurer d'autres caractéristiques, il faut alors avoir recours à d'autres instruments.

### 3.4 Etude pratique.

#### 3.4.1 Les types de bâtiments dont l'éclairage est important

Les types de bâtiments qui nécessitent un éclairage particulier sont nombreux. Chaque situation est soumise à une norme en lux décrite dans le code du travail. Par exemple, l'éclairage des escaliers et des entrepôts d'une entreprise doit avoir un éclairement de 10 lux minimum, les locaux où des employés se trouvent quasiment en permanence et dépourvus de fenêtres doivent avoir au minimum 200 lux.

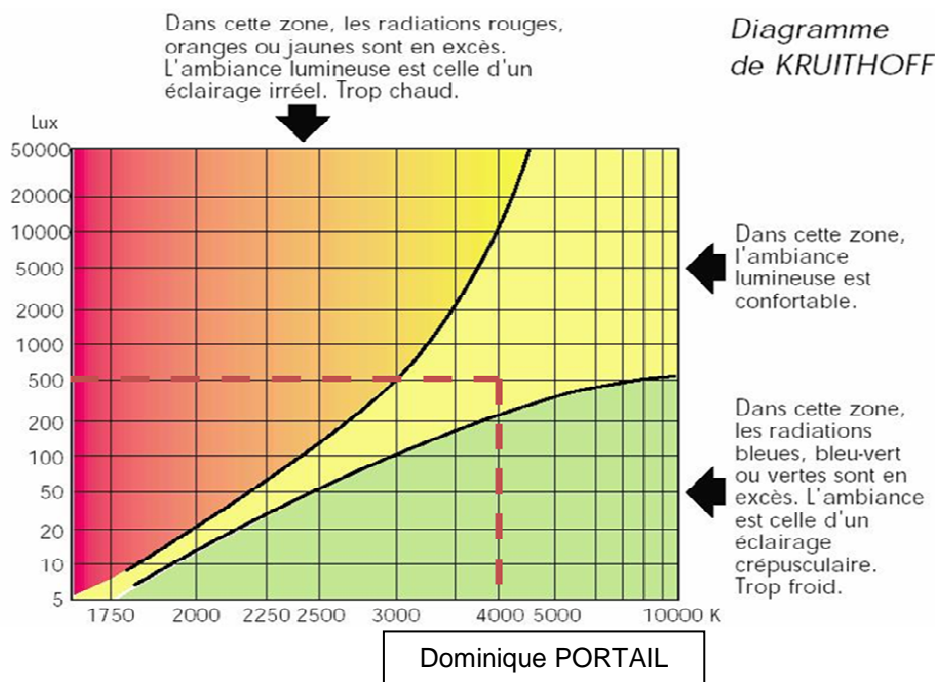
Voici un résumé des exigences de la norme NF EN 12464-1, une des normes de l'éclairage du bâtiment.

Tableau 5.2 — Éclairage des activités industrielles et des métiers (suite)

2.5 Industrie chimique, des plastiques et du caoutchouc					
N° réf.	Type d'intérieur, tâche ou activité	$E_m$ lx	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Remarques
2.5.1	Installation de transformation à distance	50	—	20	Les couleurs de sécurité doivent être identifiables
2.5.2	Installation de transformation avec intervention manuelle limitée	150	28	40	
2.5.3	Lieux de travail constamment occupés dans les installations de transformation	300	25	80	
2.5.4	Salles de mesure de précision, laboratoires	500	19	80	
2.5.5	Production pharmaceutique	500	22	80	
2.5.6	Fabrication de pneus	500	22	80	
2.5.7	Inspection des couleurs	1 000	16	90	T <sub>CP</sub> ≥ 4 000 K
2.5.8	Coupe, finition, inspection	750	19	80	

Dominique PORTAIL

Suivant cette norme, et afin d'assurer de bonnes conditions de travail, il faut trouver exactement la lampe qui conviendra pour que l'ambiance créée par la lampe soit acceptable. Si on utilise une lampe ayant une température de couleur trop faible, l'ambiance sera chaude, ce qui ne sera pas forcément agréable pour les occupants. A l'inverse, si une lampe possède une température trop grande, l'ambiance sera froide et les conditions de travail se détérioreront de ce fait.



C'est pour cela que l'on doit choisir avec application les lampes que l'on placera dans divers lieux de travail.



*Ambiance chaude*



*Ambiance froide*

Dominique PORTAIL

Dans une entreprise, par exemple, on peut trouver les valeurs d'éclairage minimal suivantes :

<u>Types de locaux</u>	<u>Eclairage minimal (lux)</u>
Voies de circulation intérieures	40
Escaliers et entrepôts	60
Locaux de travail, vestiaires, sanitaires	120
Locaux aveugles affectés à un travail permanent	200
Zones et voies de circulation extérieures	10
Espaces extérieurs où sont effectués des travaux à caractère permanent	40

Le choix peut aussi dépendre du type d'activité :

<u>Type d'activité</u>	<u>Eclairage minimal (lux)</u>
Mécanique moyenne, dactylographie, travaux de bureau	200
Travail sur petites pièces, bureau de dessin	300
Mécanique fine, gravure, comparaison de couleurs, industrie de vêtement	400
Mécanique de précision, électronique fine, contrôles divers	600
Tâches difficiles dans l'industrie ou les laboratoires	800

Dans les hôpitaux, par exemple, les lampes devront d'abord veiller à garantir le bien-être des patients et du personnel hospitalier, et moins avoir une basse consommation. Tout dépend du type de bâtiment en cause. Il existe des entreprises qui privilégient l'environnement, la consommation, le rendement, l'IRC, le respect des normes...

Enfin, les lampes ne doivent pas être trop gourmandes en énergie. Suite aux politiques environnementales, les constructeurs se sont vus imposer des normes de consommation de leurs lampes. Une fois de plus, ces caractéristiques sont très surveillées.

Voici un exemple de certaines réglementations imposées aux constructeurs :

Destination de la zone	$P_{\text{écl,ref}}$ (W/m <sup>2</sup> )
Commerces et bureaux Établissement sanitaire avec hébergement Hôtellerie et restauration Enseignement Établissement sanitaire sans hébergement Salles de spectacle, de conférence Industrie Locaux non mentionnés dans une autre catégorie	12
Établissement sportif Stockage Transport	10
Local demandant un éclairage à maintenir de plus de 600 lux	2,5 W/m <sup>2</sup> pour 100 lux, avec une limite supérieure de 25 W/m <sup>2</sup>

Dominique PORTAIL

On peut voir que l'univers de l'éclairage du bâtiment est parsemé de réglementations afin de garantir de bonnes conditions de travail et d'empêcher les problèmes oculaires qui proviennent d'un mauvais éclairage, tout comme la fatigue que peut provoquer une ambiance inopportune.

### 3.4.2 Les types de lampes les mieux adaptés.

Dans toutes les comparaisons, il est apparu que les lampes qui savaient le mieux s'adapter aux différentes situations étaient les lampes fluocompactes. Elles ont été capables de remplacer les lampes à incandescence qui sont devenues une sorte de plaie de l'éclairage. Ces dernières avaient en effet une consommation trop élevée et une durée de vie insuffisante.

Les lampes fluocompactes ont été en mesure de pallier à tous ces défauts et de s'adapter au plus grand nombre de cas possibles. Il est essentiel de constater que dans la plupart des bâtiments, ce sont des modèles différents de lampes qui sont utilisés, mais que tous font partie de la famille des fluorescentes. Leur polyvalence en fait les lampes les mieux adaptées pour le moment.

Que la préoccupation soit le rendement, la consommation ou la qualité de l'éclairage ; les lampes fluocompactes sont capables de répondre aux besoins. Un seul petit problème concerne l'environnement : les poudres permettant de filtrer les U.V présents dans la lumière émise par le gaz sont extrêmement toxiques et nuisibles pour l'environnement.

## 4 Conclusion et perspectives

Pour conclure sur le travail effectué, nous pensons avoir réalisé un tableau comparatif satisfaisant. Nos recherches nous ont permis d'acquérir des connaissances sur les différentes caractéristiques des lampes ainsi que les grandes catégories de lampes existantes. Grâce à nos recherches, il nous est également apparu que certaines lampes sont plus adaptées à l'éclairage de bâtiments que d'autres. Suivant l'ambiance et l'utilisation recherchées, la lumière doit être plus ou moins chaude, la lampe plus ou moins puissante, économique...

Il existe de ce fait un très grand nombre de lampes différentes. C'est sans doute la raison pour laquelle notre tableau comparatif était difficile à rendre exhaustif. Ainsi, nos ambitions de départ pour ce tableau ne sont que partiellement réalisées.

D'un point de vue organisationnel, ce projet nous a permis d'appréhender les difficultés du travail en groupe. Que ce soit à cause du nombre important de personnes dans le groupe, du fait qu'on ne se connaisse pas ou encore du manque d'intérêt de certains pour le projet, l'accomplissement de ce projet ne fut pas chose facile... Mais finalement, nous avons tout de même réussi à réaliser la plupart de nos objectifs premiers.

Enfin, pour ce qui est des perspectives de ce projet, nous conseillons de compléter le tableau comparatif au fur et à mesure de l'évolution des lampes, et d'approfondir les expériences, si du nouveau matériel est mis à disposition à l'INSA.

## 5 Bibliographie

- Documentation "papier" :

- Classeur réalisé par le département Génie Thermique et Energie de l'IUT de Rouen sur la journée technique du jeudi 31 mars 2005 sur le thème de "l'efficacité énergétique des systèmes d'éclairage".
- THORN 2003-2004 : Les Lumières

- Liens Internet : <http://www.philips.fr/>

<http://www.sylvania-lamps.com/>

<http://www.paulmann.de/>

<http://www.osram.fr/>

<http://www-energie.arch.ucl.ac.be>

<http://www.astrosurf.com/astro-images/spectro-lampes/spectro-lampes.htm>

<http://www.francelampes.com/>

<http://www.mazdaclairage.com/>

- Nous souhaitons remercier Dominique PORTAIL, enseignant à l'IUT de Rouen, qui nous a fourni différents documents et informations qui nous ont été utiles à la réalisation de ce projet.