

L'AMBIANCE LUMINEUSE ET LES RISQUES PROFESSIONNELS

Dr. A. TIBERGUENT



- 1. PRINCIPES FONDAMENTAUX DE L'ECLAIRAGE**
- 2. LA SENSIBILITE DE L'ŒIL**
- 3. LES DEFINITIONS**
- 4. MESURES PHOTOMETRIQUES**
- 5. LES NORMES**
- 6. LES FACTEURS DE GENE ET D'INCONFORT ET EFFETS SUR LA SANTE**
- 7. LA PREVENTION : LES PRINCIPES D'UN BON ECLAIRAGE**
- 8. LA REGLEMENTATION**
- 9. EXEMPLES**

1. PRINCIPES FONDAMENTAUX DE L'ECLAIRAGE

- ❖ Assurer un niveau d'éclairement suffisant,
- ❖ Assurer un niveau d'éclairement homogène et un équilibre entre les différents niveaux d'éclairement ,
- ❖ Harmoniser les luminances et assurer un équilibre des niveaux des luminances,
- ❖ Assurer un contraste satisfaisant,
- ❖ Réduire les éblouissements,
- ❖ Réduire les réflexions parasites.

1.1. Tenir compte des caractéristiques de l'activité de travail :

- **Utilisation des NTIC, TEV**
- **Dimensions des objets sur lesquels porte l'activité**
- **Le degré de finesse et de précision**
- **La distance œil – tâche**
- **Les mouvements et le temps de présentation**
- **Les exigences des couleurs**
- **L'aménagement dimensionnel du poste de travail**
- **La nature des surfaces ...**

1.2. Tenir compte des caractéristiques de l'environnement lumineux :

- ❖ Niveaux d'éclairage**
- ❖ Rapport d'éclairages**
- ❖ Niveaux de luminances**
- ❖ Rapport de luminances**
- ❖ Température de couleurs**
- ❖ Indice de rendu de couleur**
- ❖ Eclairage naturel**
- ❖ Contraintes spatiale.**

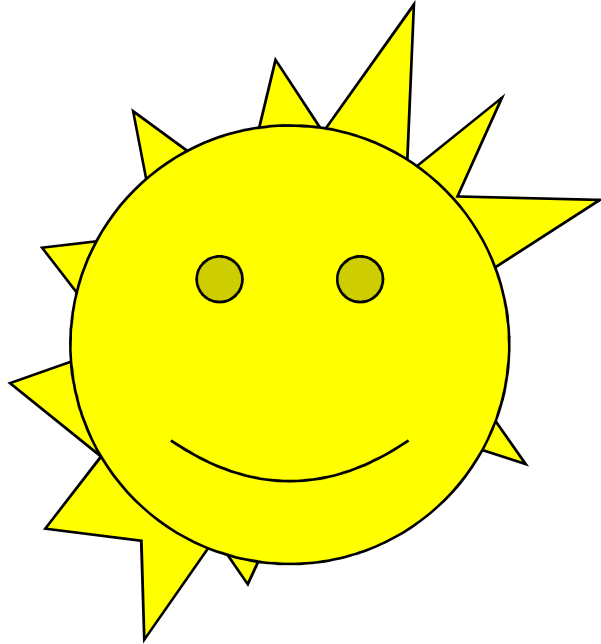


1.3. Tenir compte des caractéristiques individuelles :

- **L'âge, vision nocturne, vision diurne**
- **L'acuité visuelle, les corrections éventuelles**
- **La perception du relief, du mouvement**
- **La vision des couleurs et l'exigence de qualité et/ou de la sécurité.**



2. LA SENSIBILITE DE L'ŒIL

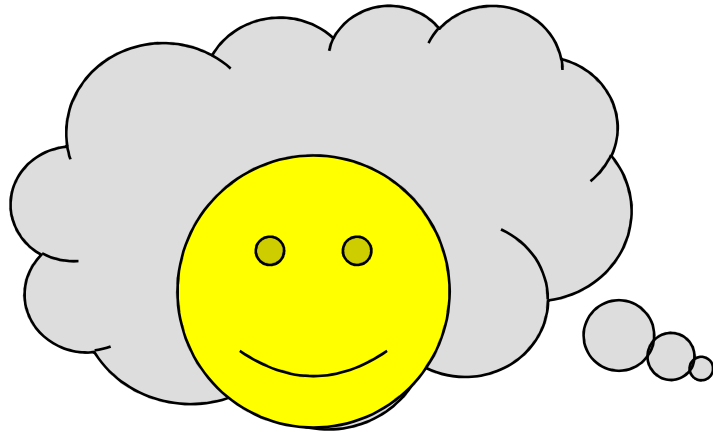


1. Vision photopique :

- ❖ Temps ensoleillé
- ❖ Vision nette, précise et colorée
- ❖ Rôle des cellules à cônes.

VISION PHOTOPIQUE



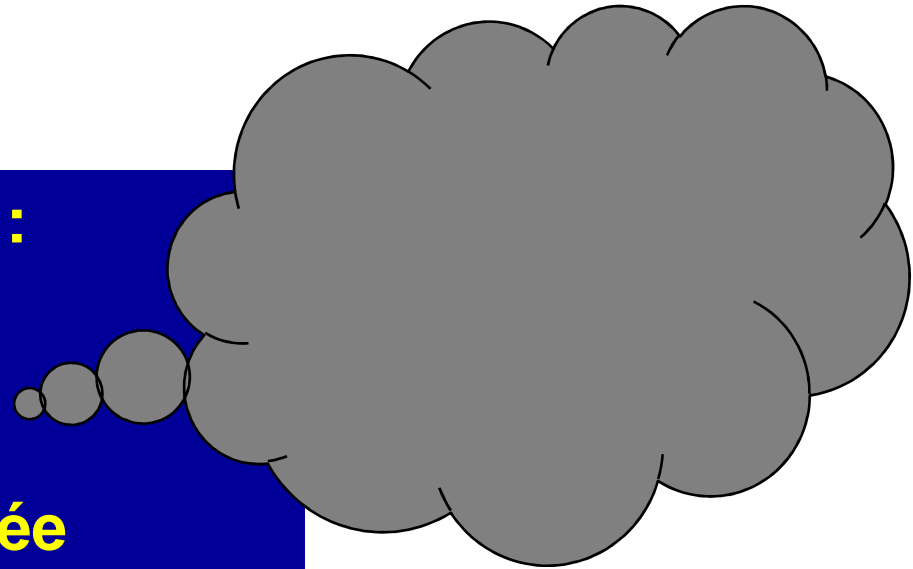


2.2. Vision mésopique :

- Ciel couvert
- Vision plus ou moins floue

2.3. Vision scotopique :

- Nuit
- Vision floue, non colorée
- Rôle des cellules à bâtonnets.

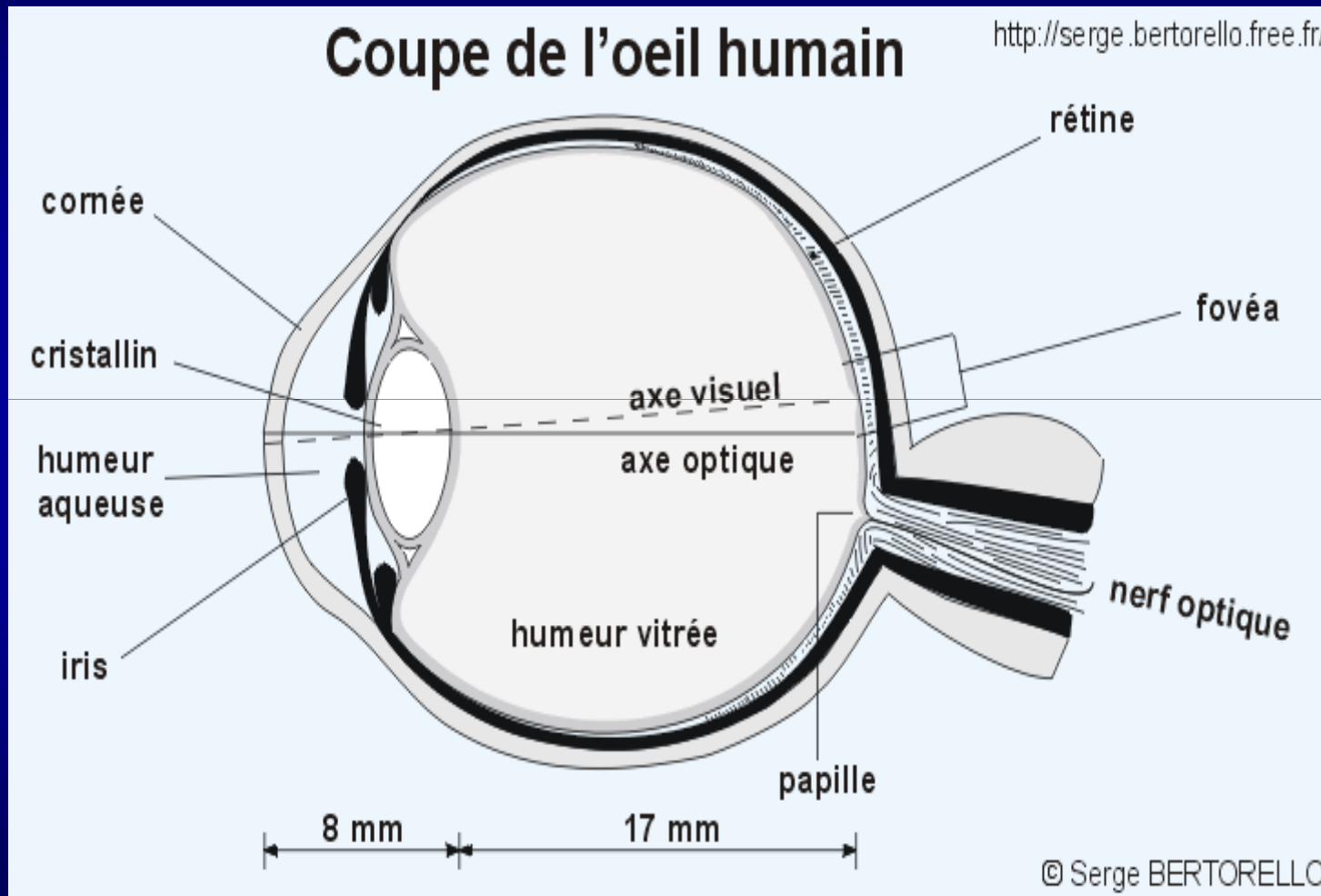




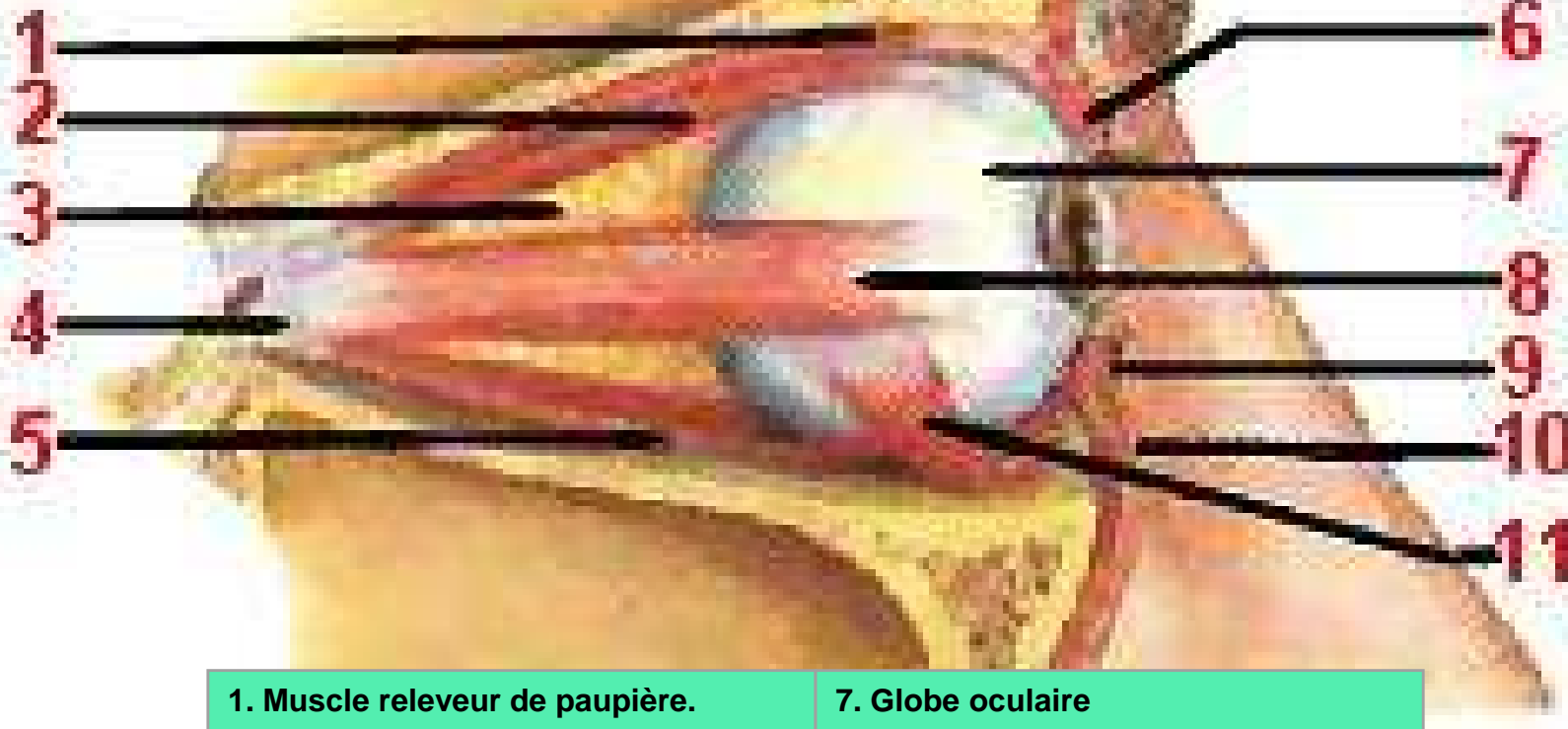
L'ŒIL EST L'ORGANE DE LA VISION

- Il est constitué par une cavité sphérique contenant un corps transparent, l'humeur vitrée.
- La lumière pénètre dans l'œil par un orifice circulaire situé au centre de l'iris, la pupille.

L'ŒIL EST L'ORGANE DE LA VISION



LES MUSCLES OCULO-MOTEURS



1. Muscle releveur de paupière.

2. Muscle droit supérieur

3. Corps adipeux.

4. Anneau de Zinn.

5. Muscle droit inférieur.

6. Paupière supérieur.

7. Globe oculaire

8. Muscle droit externe.

9. Paupière inférieure.

10. Muscle orbiculaire des paupières.

11. Muscle petit oblique.

3. LES DEFINITIONS

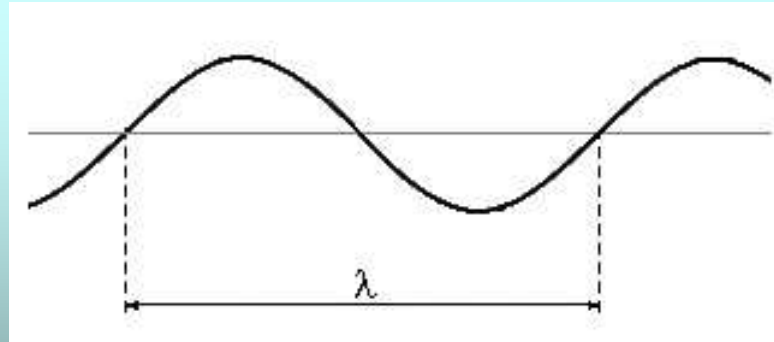
La lumière

- On appelle lumière la partie visible d'un vaste groupe de radiations, qui vont des rayons cosmiques aux ondes radar. Toutes ces ondes sont de même nature (électromagnétique) et se déplacent dans le vide à la même vitesse: environ 300'000 km/s.
- Elles diffèrent par contre les unes des autres selon leurs longueurs d'onde et l'énergie qu'elles transportent, qui devient très grande dans le cas des rayons cosmiques

La lumière

Dualité onde-particule

La nature profonde de la lumière est double: elle peut être décrite soit comme un ensemble de particules élémentaires de masse nulle, les photons, soit comme des ondes continues. Dans ce dernier cas, on emploie de préférence la longueur d'onde pour caractériser les différents rayonnements visibles.



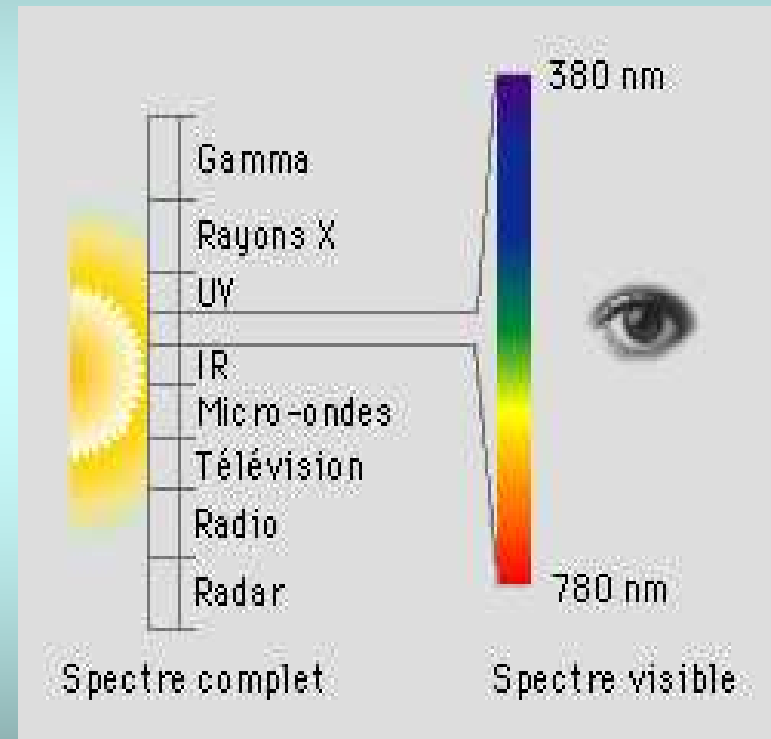
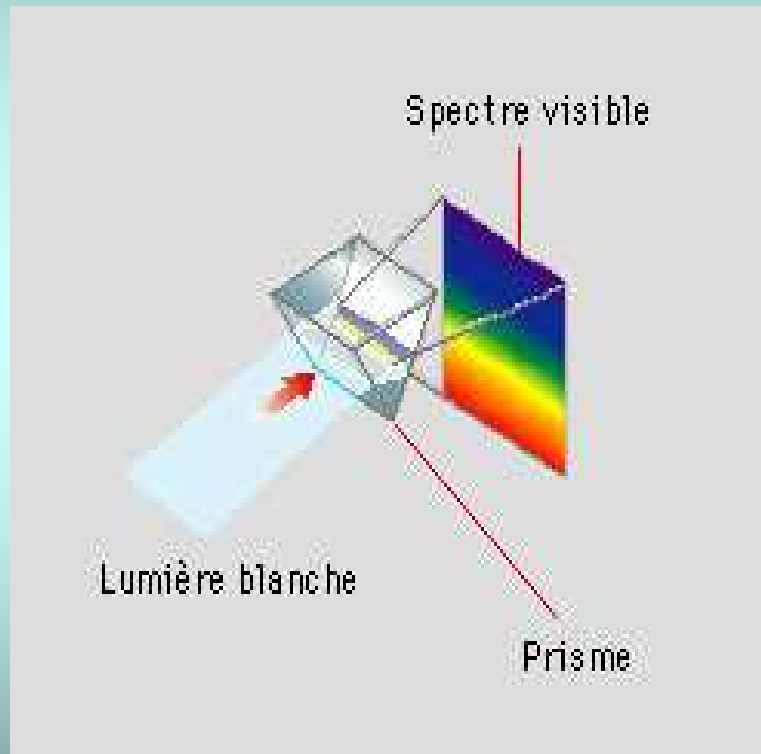
La longueur d'onde de la lumière s'exprime en nanomètres [nm]

La lumière

En faisant passer de la lumière blanche à travers un dispositif dispersif, tel qu'un prisme de verre, on peut la décomposer en une figure nommée spectre visible, qui s'étend de 380 nm à 780 nm.

Toutes les couleurs du spectre sont qualifiées de pures, car elles ne peuvent être séparées par un second passage à travers un prisme.

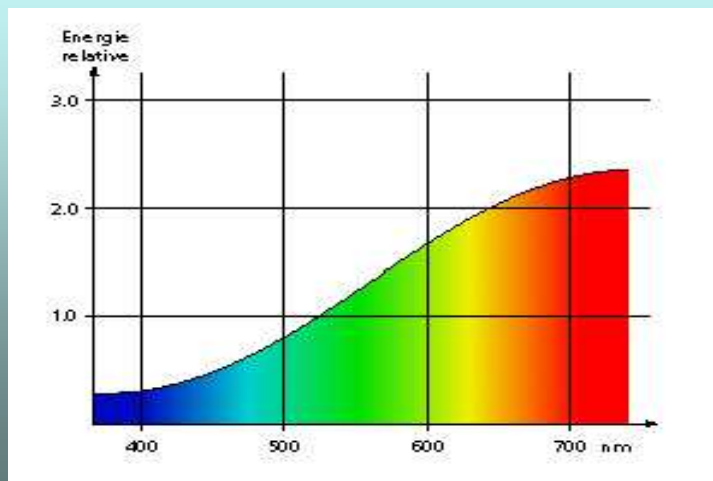
La lumière



La lumière : Types de spectres

Les différentes sources lumineuses peuvent être classées en quatre groupes, selon le type de spectre qu'elles émettent, c'est-à-dire en fonction de la répartition de l'énergie lumineuse émise dans les différentes longueurs d'onde.

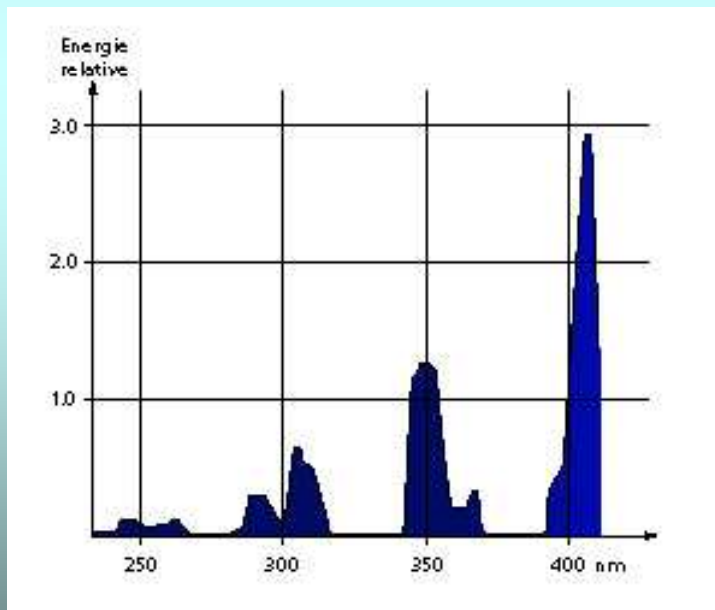
Spectre continu: dans un spectre de type continu, il y a émission d'énergie lumineuse de manière continue, à chaque longueur d'onde. Il s'agit essentiellement des sources thermiques, qui utilisent la chaleur pour exciter les électrons. C'est le cas par exemple des ampoules à incandescence, du soleil ou d'une bougie.



**Spectre continu, émis
par une ampoule
halogène**

La lumière : Types de spectres

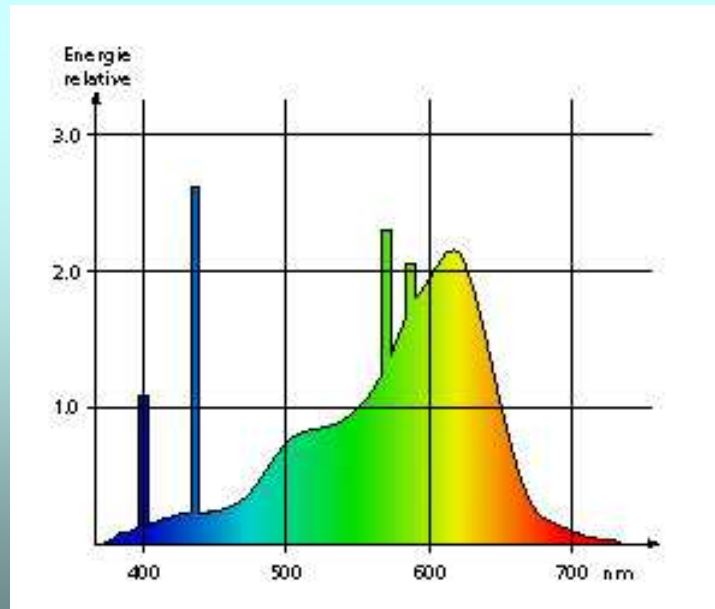
Spectre discontinu: ce type de spectre présente de nombreux trous, dans lesquels aucune énergie lumineuse n'est émise. Les sources utilisant une décharge électrique dans un gaz ionisé émettent généralement un spectre discontinu



**Spectre discontinu d'une
lampe aux vapeurs de
mercure, émettant dans les
UV**

La lumière : Types de spectres

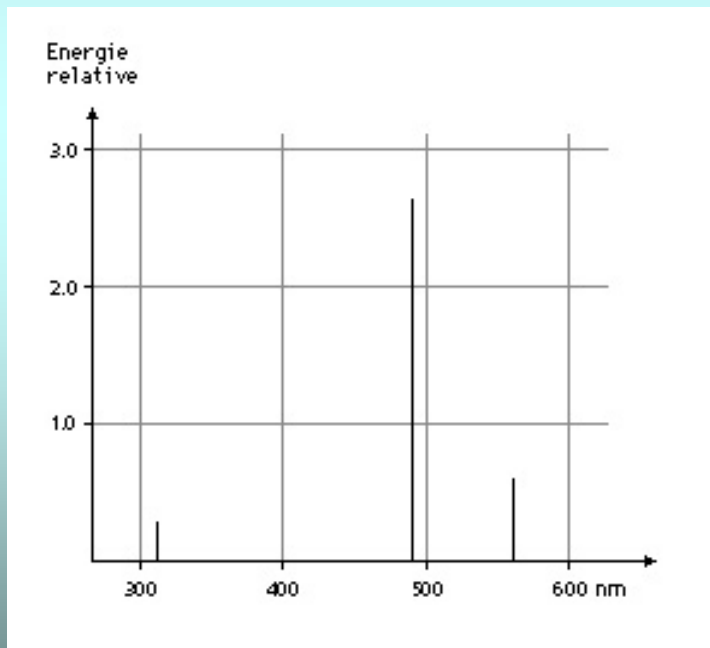
Spectre combiné: il s'agit de la combinaison d'un spectre continu et d'un spectre discontinu. Ce type particulier est émis par des sources à décharge électrique modifiées, telles que les tubes fluorescents.



Spectre combiné d'un tube
fluorescent de type
"Warm white"

La lumière : Types de spectres

Spectre de raies: certaines sources lumineuses, comme les lasers ou les diodes laser, n'émettent que dans de rares longueurs d'onde. Associées à des filtres à bande passante étroite, ces sources deviennent pratiquement monochromatiques.



Les 3 principales raies
d'émission du laser
Argon-ion

3.1. Les radiations visibles dans le spectre électromagnétique :

Violet = 400 nm ;

Bleu Vert = 500 nm ;

Jaune = 600 nm ;

Rouge = 700nm.

3.2. L'éclairement :

Il caractérise la quantité de lumière qui atteint une surface :

**le flux lumineux par m²
ou Lumen/m² = Lux ou lx.**

3.3. La luminance :

Elle caractérise la sensation lumineuse qu'une source ou une surface éclairée produit.

**= Intensité par unité de surface :
Candela/m² ou cd/m²**

3.4. La relation entre la luminance et l'éclairement :

Une surface recevant un éclairement, réfléchit de la lumière et présente une luminance :

$$**L = \rho E / \pi**$$

L = luminance apparente de la surface en cd/m²,

ρ = facteur de réflexion,

E = éclairement reçu en lx,

π = 3.14

3.5. Le contraste :

Différence d'apparence entre deux parties du champ visuel vues simultanément ou successivement :

$$**C = \frac{L2 - L1}{L1}**$$

**L1 = luminance du fond,
L2 = luminance de l'objet.**

3.6. La température de couleur :

Température du corps noir qui émet un rayonnement ayant la même chromaticité que le rayonnement considéré.

TC en °Kelvin (K)

Teintes chaudes : $T_c \leq 3300$ K,

Teintes intermédiaires : $3300 < T_c \leq 5000$ K ,

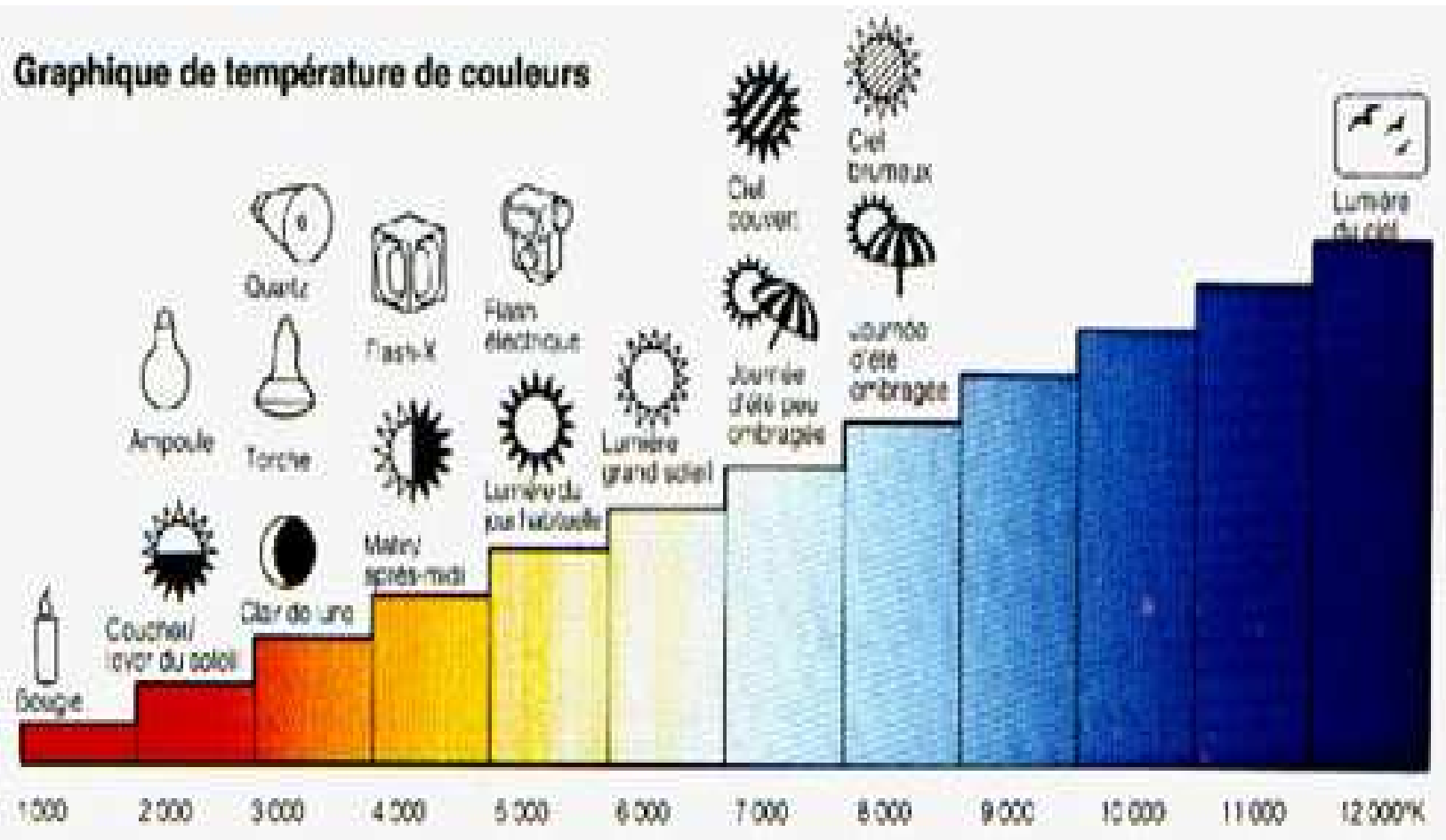
Teintes froides : $T_c > 5000$ K.

Diagramme de Kruithof.

TEMPÉRATURE DE COULEUR

- ❖ La composition spectrale d'une source de lumière incandescente à spectre continu, comme l'est celle du soleil, peut être définie avec précision par sa *température de couleur* (ou "Tc") en *kelvins* (K)
- ❖ En effet, pour les corps incandescents - dits "corps noirs" - il y a un rapport constant entre la température du corps chauffé et la composition de la lumière qu'il émet.
- ❖ On sait, par exemple, qu'un morceau de fer chauffé à 800°C est rouge ; à 1 000°C jaune ; à 1 500°C (sa température de fusion) blanc : le rayonnement émis est d'autant plus riche en radiations bleues que la température est plus élevée.

Graphique de température de couleurs

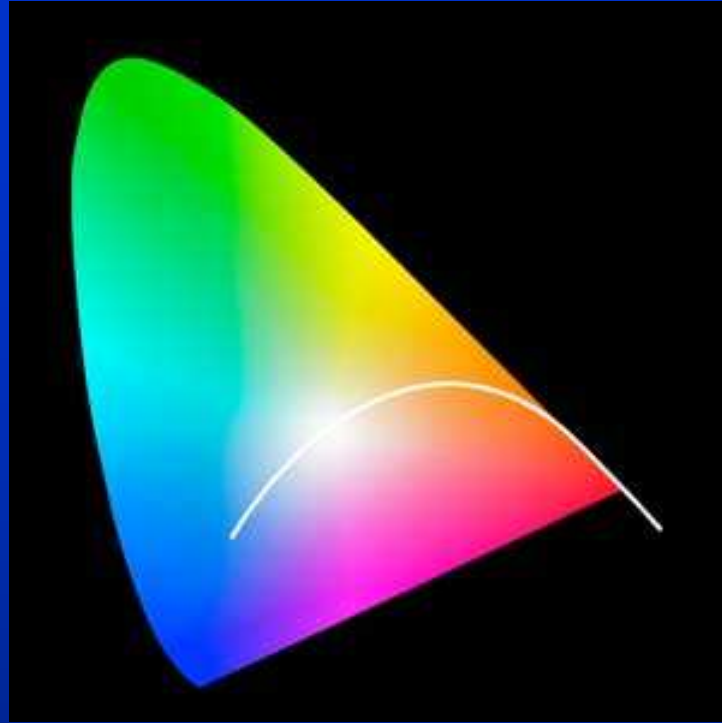


Température de couleur

En analysant le spectre émis par un corps noir, représentant une source thermique idéale, on constate que c'est vers une température de 5500 Kelvin que ce dernier émet approximativement la même quantité d'énergie dans toutes les longueurs d'onde.

Par comparaison avec un corps noir, on peut également assigner à toutes les sources thermiques une valeur de température de couleur, exprimée en Kelvin, qui précise la répartition spectrale des sources thermiques. Les sources dont la température de couleur est inférieure à 5500 K ont une tendance jaunâtre, et inversement, les sources possédant une température de couleur supérieure à 5500 K sont bleuâtres.

- Lampe à incandescence normale: 2500 K**
- Lampe halogène: 3400 K**
- Lumière du jour (photographie): 5500 K**
- Ecran du Macintosh: 7000 K**
- Télévision: 9000 K**



Tous les objets (minéraux ou métaux) que l'on chauffe jusqu'à, une très haute température commencent par émettre des rayons infrarouges, puis émettent une lumière rouge, puis progressivement orangée, jaune, blanche et enfin bleutée.

Le corps noir (un corps non coloré par des lumières extérieures) sera l'échantillon parfait pour cette expérience. On fait correspondre la courbe de température obtenue avec les variations de teinte.

La température de couleur est donc l'indice de neutralité du blanc.

3.7. L'Indice de Rendu de Couleur (IRC) :

Aspect coloré des objets éclairés par une source en fonction d'un illuminant de référence (indice défini par la CIE) :

- ❖ Lampes à incandescence : IRC = 100**

- ❖ Lampes fluorescentes :**
 - Blanc industriel : IRC = 66 ;**
 - Informatique IRC > 65.**

4. MESURES PHOTOMETRIQUES

4.1. Luxmètre :

Niveaux d'éclairement du plan de travail

4.2. Luminancemètre :

Luminance, facteur de réflexion.

4. MESURES PHOTOMETRIQUES

4.3. LES MESURES :

- **Lieu : Institutions, Entreprise, Directions, Service, Atelier**
- **Postes de travail : TEV, bureau aveugle**
- **Temps : nuageux, ensoleillé...**
- **Horaire**
- **Durée**
- **Eclairage naturel : indice de vitrage**
- **Eclairage artificiel : direct, indirect, mixte, sources, types de luminaires (grilles de défilement), angle de confort**
- **Moyens de protection : fenêtres, rideaux, stores; régulateur...**

5. LES NORMES

5.1. Facteur d'uniformité du local

$$\frac{E_{\text{minimal}}}{E_{\text{moyen}}} > 0.80 \text{ (AFE)}$$

5.2. Facteurs de réflexion :

- Du plafond > 0.7
- Des murs = 0.3 à 0.7
- Plan de travail = 0.3 à 0.5
- Sol = 0.2 à 0.4.

5.3. La limitation des rapports de luminance :

Rapport entre une source lumineuse et la surface sur laquelle elle apparaît :

$$**L_s/L_f < 50**$$

Rapport entre la zone où s'effectue la tâche visuelle et l'environnement immédiat :

$$**1 \leq L_t/L_{ei} \leq 3**$$

Rapport entre la zone où s'effectue la tâche visuelle et l'environnement lointain :

$$**1 \leq L_t/L_{el} \leq 10**$$

6. LES FACTEURS DE GENE ET D'INCONFORT ET EFFETS SUR LA SANTE

6.1. Les facteurs de gêne et d'inconfort :

- **Eclairage insuffisant ou non homogène**
- **Non respect des rapports des éclairagements**
- **Travail exclusivement en lumière artificielle**
- **Non respect des rapports de luminances**
- **Tâche visuelle avec faible contraste**
- **Sources d'éblouissement dans le champ visuel
(angle de défilement des sources lumineuses artificielles)**
- **Présence de reflets parasites sur l'écran**
- **IRC faible**
- **Absence de stores pour éviter l'éblouissement du à lumière naturelle**
- **Entretien insuffisant du matériel d'éclairage.**

6.2. Les effets sur la santé et la sécurité :

Effets sur la sécurité :

- **Défaut d'éclairage**
- **Défaut de signalétique**
- **Risque accident de travail**
- **Risque d'erreurs**
- **Gêne et inconfort dans la réalisation de la tâche**

TEV :

- **Fatigue visuelle, oculaire**
- **Charge sensorielle et mentale**
- **Picotement, sécheresse oculaire**
- **Mal de tête, syndrome du travail sur écran**
- **Stress**

Le travail sur écran : troubles visuels, cutanés, TMS

Catégories de symptômes Symptômes	Symptômes
▪ Visuels	Vision floue, diplopie (vision double), yeux tendus, fatigués, photophobie.
▪ Oculaires	Mal aux yeux, sensations de sable, sécheresse, yeux secs et irrités, yeux rouges, sensations de brûlures, fatigue oculaire, lourdeurs, larmoiement.
▪ Systémiques	Maux de tête, nausées, vertige.
▪ Musculo-squelettiques	Raideurs ou douleurs de l'épaule, du cou, du dos, du bras, du poignet, de la main.
▪ Cutanés	érythèmes (rougeur), sensations de brûlures ou de picotements du visage, de sécheresse, démangeaison de la face, rougeurs, gonflements.

7. LES FACTEURS DE CONFORT

7. Les facteurs de confort :

- **Eclairage suffisant et homogène répondant à l'activité**
- **Respect des rapports des éclairagements**
- **Travail en lumière de jour, lumière artificielle en complément**
- **Respect des rapports de luminances**
- **Tâche visuelle avec contraste optimal**
- **Absence de sources d'éblouissement dans le champ visuel (respect de angle de défilement des sources lumineuses artificielles)**
- **Absence de reflets parasites sur l'écran**
- **IRC élevé > 90**
- **Stores pour éviter l'éblouissement du à lumière naturelle**
- **Entretien suffisant et régulier du matériel d'éclairage.**

8. LA REGLEMENTATION

- **8.1. Décret du 2 août 1983 sur l'éclairage des lieux de travail, arrêté du 23 octobre 1984.
circulaire du 11 avril 1984**
- **Articles : R 232-7 à R 232-7-10 du C. du travail**
- **Articles : R 235-2 à R 235-2-3 du C. du travail**
- **Niveaux d'éclairement avec valeurs minimales**
- **Lumière naturelle**
- **Protection contre l'éblouissement, la gêne due aux effets thermiques**
- **Qualité de rendu des couleurs des sources d'éclairage**
- **Choix du matériel, facilité d'entretien**
- **Organes de commande avec voyants lumineux.**

8.2. Décret N°91-451 du 14 mai 1991 relatif à la prévention des risques professionnels liés au travail sur des équipements comportant des écrans de visualisation.

8.3. Normes NF X 35 –103 octobre 1990.

9. EXAMPLES

EXEMPLE N°1

OPEN-SPACE

« OPEN SPACE »

1. COMMUNICATION

2. OPTIMISATION DE L'ESPACE

3. ECONOMIE D'ECHELLE

4. MUTUALISATION DES SUPPORTS

5. REDUCTION DES COUTS

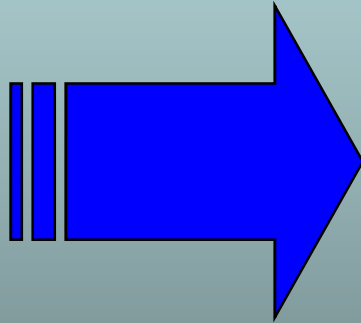
OPEN SPACE

- ❖ **POSTE INDIVIDUEL**
- ❖ **OPEN SPACE POSTE A LA CARTE**
- ❖ **PLATEFORME TELEPHONIQUE**
- ❖ **BUREAUX COLLECTIFS/OPEN SPACE**

OPEN SPACE

- « Comportement territorial » individuel et Collectif
- Open Space et espace sonore collectif/individuel
- Open space et repères personnels et Culturels
- Open space et espace comportemental collectif/individuel
- Open space et stratégies individuelles

OPEN SPACE ET EFFETS SUR LE TRAVAIL



- **Perte de concentration Interférence de communication et perturbation**
- **Discontinuité dans la tâche**
- **Confidentialité et difficulté de s'isoler**
- **Perte de productivité**

OPEN SPACE ET EFFETS SUR LA SANTE

➤ Contraintes et astreintes liées au poste :

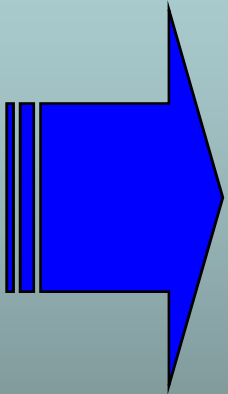
➤ physiques : contraintes posturales et gestuelles, la gêne due au bruit

➤ environnementales : ambiances de travail,

➤ neuro-sensorielles : visuelles, cognitives, mémorielles, attentionnelles,

➤ relationnelles : équipe, clients, experts internes ou externes, assureurs...

➤ psycho-sociales et subjectives : responsabilité, reconnaissance, motivation, Tension, Stress, Fragilisation du collectif de travail



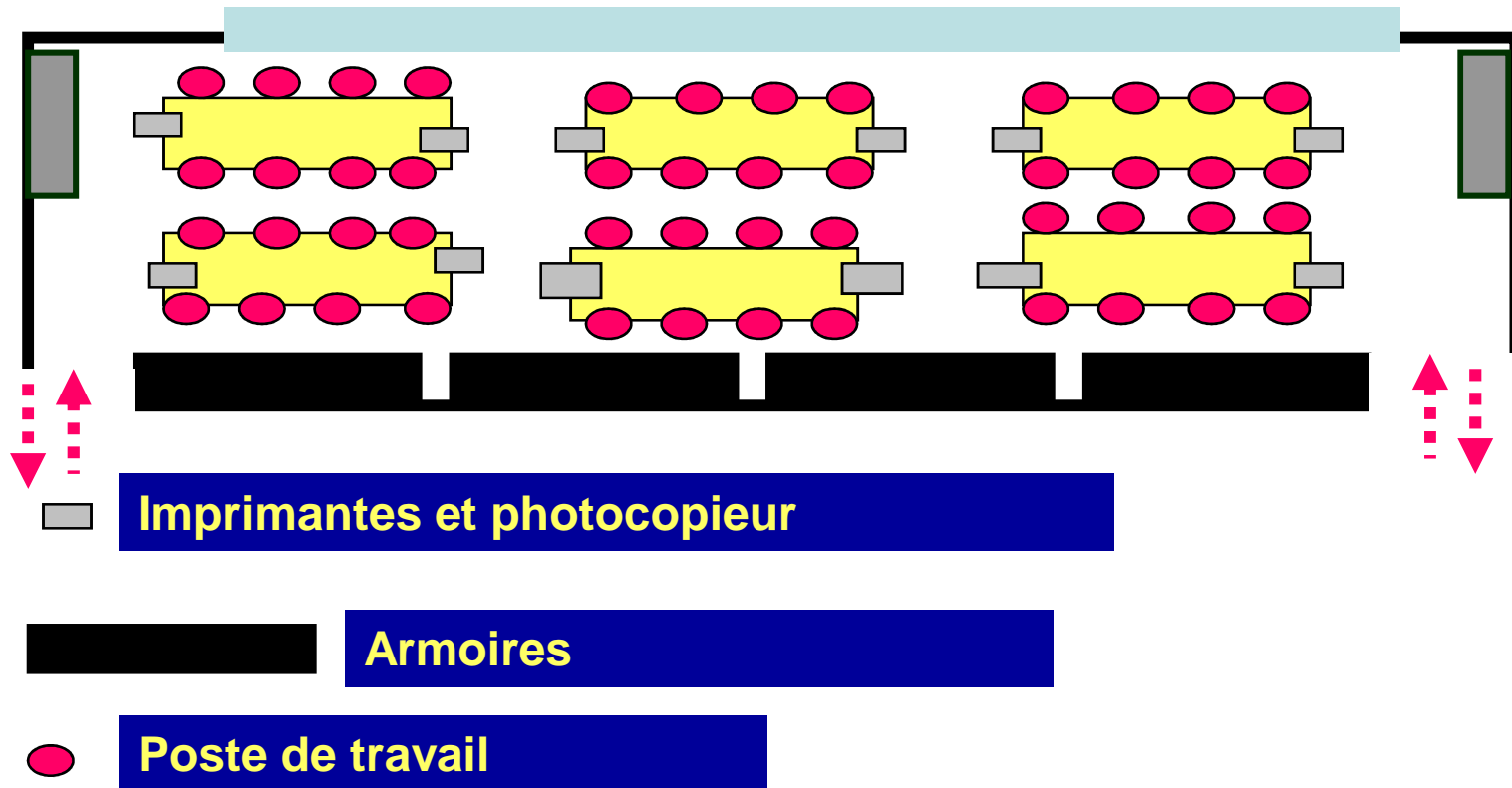
1. ETUDE DE CAS : POSTE DE TRAVAIL EN OPEN SPACE ET TEV

- Il s'agit d'un bureau paysager organisé en open space et occupant 240 personnes regroupés en 5 modules de 48 personnes chacun.
- Dans chaque module, les 48 personnes sont réparties en 6 équipes de 8 personnes chacune.
- Les tâches consistent à saisir les données chiffrées (devis, factures...), préparer les contrats, répondre au téléphone aux clients, chercher les dossiers dans les armoires ; les classer et les archiver.

Dr. Aziz TIBERGUENT

ETUDE DE CAS : POSTE DE TRAVAIL EN OPEN SPACE ET TEV

BAIES VITREES DONNANT SUR L'EXTERIEUR



ESPACE DE TRAVAIL

- ❖ L'ESPACE EST ORIENTÉ SUD
- ❖ ESPACE DE TRAVAIL : 300 M²
 - ❖ Surface utile, allées de circulations
 - ❖ Espace de rangement,
 - ❖ Espace reprographie et imprimantes partagées :
- ❖ SURFACE PAR POSTE DE TRAVAIL INFORMATIQUE : 5.20 M²
- ❖ DISPOSITION DES POSTES ET
- ❖ ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL

DISPOSITION DES POSTES ET ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL

- ❖ **Rebord des fenêtres = disposition des systèmes de climatisation, encastrés blanc brillant avec bruit de fond.**
- ❖ **Plan de travail beige avec sous-mains noir,**
- ❖ **Demi-cloisonnettes séparant les postes de travail : 0.50 m gris foncé.**
- ❖ **Caisson de couleur noire, armoires noires.**
- ❖ **Ecran : boîtier noir**
- ❖ **Murs et plafond très clairs : blancs**
- ❖ **Fenêtres : baie vitrée, absence de stores.**
- ❖ **Eclairage artificiel direct : luminaires disposés en rangées au dessus des postes de travail munis de grilles de défilement.**

AMBIANCE DE TRAVAIL LUMINEUSE, THERMO-HYGROMETRIQUE ET SONORE : METROLOGIE

ENVIRONNEMENT LUMINEUX

Eclairage artificiel : Janvier :

➤ Niveau d'éclairement de 550 à 700 lux en moyenne sur les postes de travail.

➤ Eclairage naturel : Juin – juillet :

Fenêtre	1300 Lux	1200 Lux	1100 Lux
Milieu	400 Lux	350 Lux	300 Lux
Côté armoires	200 Lux	150 Lux	180 Lux

ENVIRONNEMENT THERMO-HYGROMETRIQUE : Métrologie

Janvier :

Ta	Th	HR %	Ts	Tg	Va	Facteur vêtement
23° C	15°C	32%	24.8°c	20C	0.1 m/s	0.4

Juillet

Ta	Th	HR %	Ts	Tg	Va	Facteur vêtement
27° C	23°C	72%	27.1°C	30°C	0.1m/s	0.4

ENVIRONNEMENT SONORE

Bruit de fond : 53 – 55 dB(A)

Bruit sur des plateaux :

- **Activité modérée : 64-65 dB(A)**
- **Activité moyenne : 66-69 dB(A)**
- **Activité soutenue : 70-75 dB(A).**

ENVIRONNEMENT SONORE

Postes de travail	Activités	Niveaux relevés en dB(A)
Modules : 1 à 5 Postes : 1 à 48	Activités : communication téléphonique, conversation verbales, déplacements,	Leq = niveau équivalent continu = 71 dB(A) Niveau efficace max = 91.3 dB Niveau crête max = 121.7 dB

Selon la relation entre le niveau sonore du bruit gênant et la qualité de la communication orale avec des supports acoustiques (par exemple le téléphone) : ISO 9921- 1

Niveau de bruit L_{aeq} dB	Qualité de la communication verbale
< 40	➤ Parfaite
40 à 45	➤ Très bonne
45 à 50	➤ Bonne
50 à 55	➤ Satisfaisante
55 à 65	➤ Légèrement restreinte
65 à 80	➤ Difficile
> 80	➤ Insatisfaisante

***VOS QUESTIONS
VOS OBSERVATIONS ET REMARQUES
VOTRE ANALYSE ET VOTRE DIAGNOSTIC
VOS PRECONISATIONS***



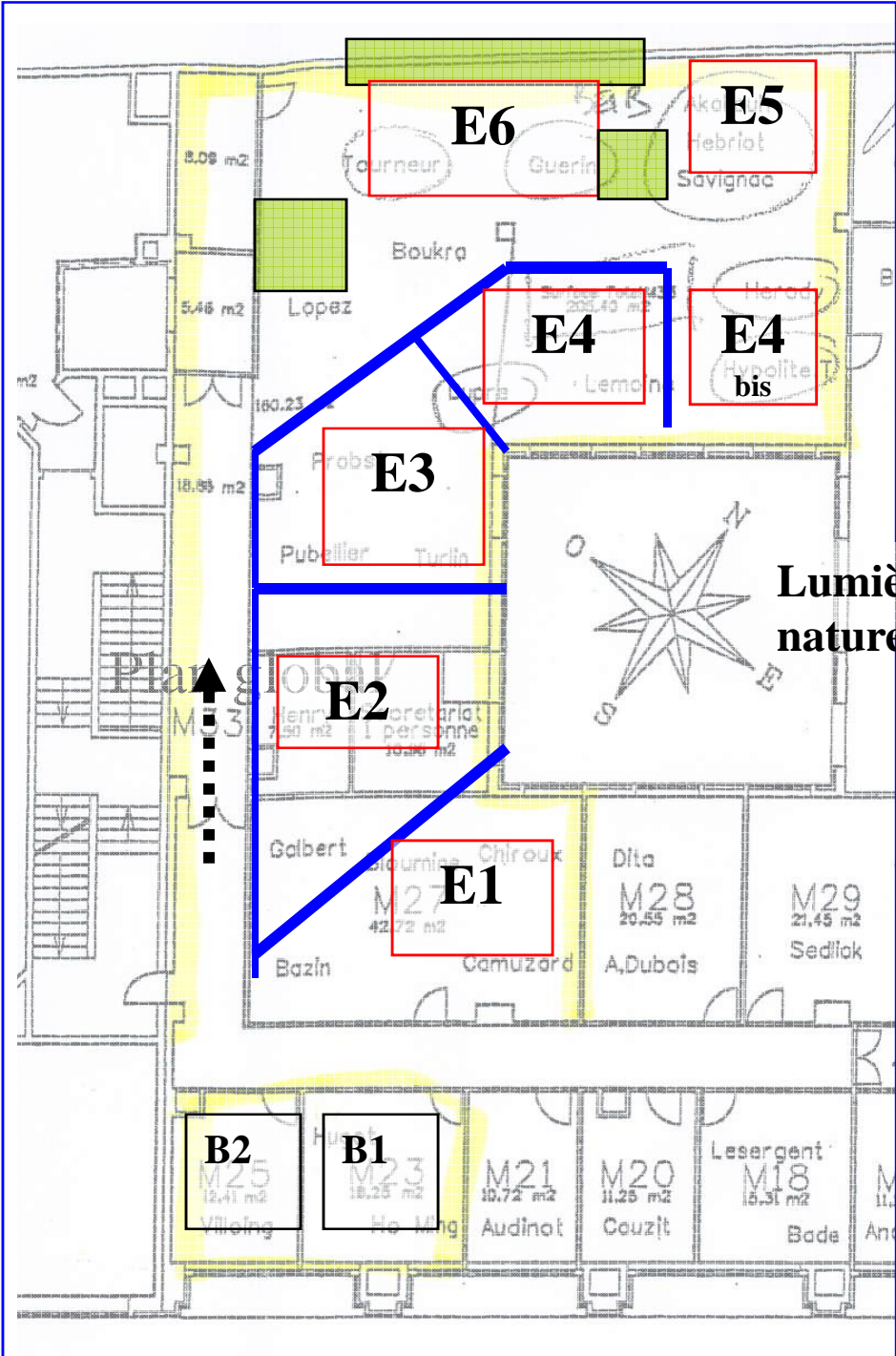
EXEMPLE N°2

Poste de prêt à
la Médiathèque

EXEMPLE N°3

Aménagement d'un
service

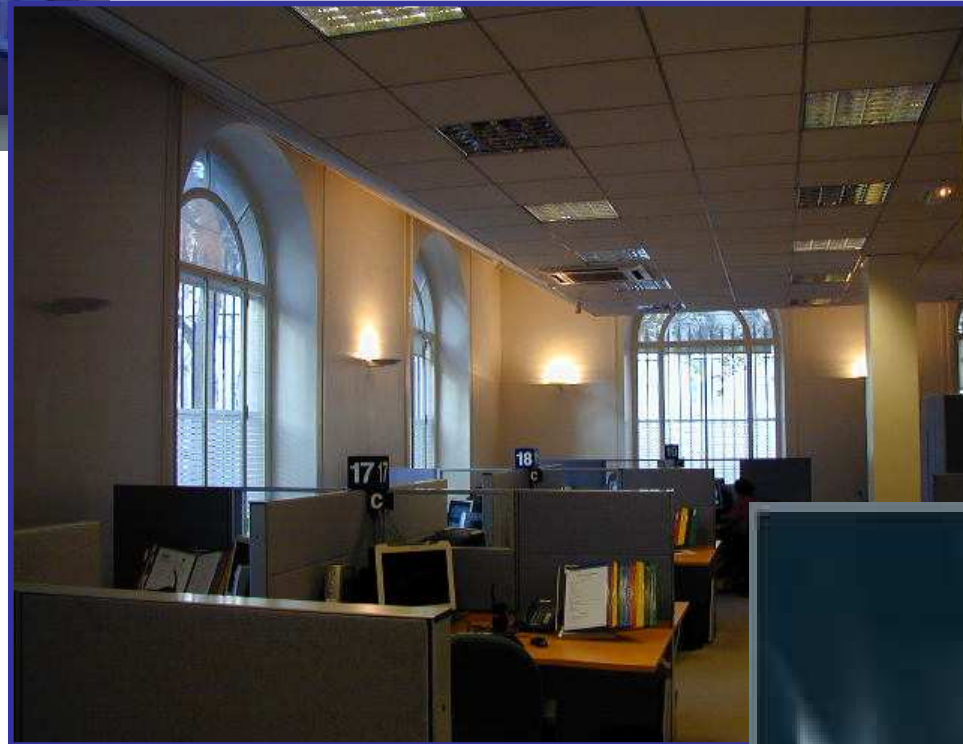
**L'ESPACE ET
LES
CONDITIONS
DE TRAVAIL**



EXEMPLE N°4

Centre d'Appel

Centre d'Appel



Centre d'Appel



**LA LUMIERE QUI CACHE
L'OBSCURITE !!!**