



Effets biologiques de la lumière sur l'homme

La lumière et sa modélisation

Bernard Duval - AFE - AFNOR X90X

AFE - Collège Santé - 19 mars 2014 - Paris

La lumière et sa modélisation Sommaire

- Lumière et grandeurs photométriques
- Lumière et basse vision – la contribution des normes
- Lumière et couleur – Modèles de la CIE
- Lumière naturelle et logiciels de calcul

La lumière et sa modélisation

Sommaire

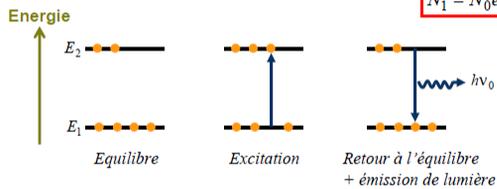
- Lumière et grandeurs photométriques
- Lumière et basse vision – la contribution des normes
- Lumière et couleur – Modèles de la CIE
- Lumière naturelle et logiciels de calcul



Lumière et grandeurs photométriques

Les niveaux d'énergie des constituants de la matière sont **quantifiés**. Soit un système à deux niveaux d'énergie $E_1 < E_2$, soient N_1 et N_2 les populations de ces niveaux. **A l'équilibre thermodynamique** :

$$N_1 = N_0 e^{-\frac{E_1}{k_s T}} > N_2 = N_0 e^{-\frac{E_2}{k_s T}}$$



Après une excitation du système, le retour à l'équilibre s'accompagne de l'émission de lumière de fréquence ν_0 :

$$\nu_0 = \frac{E_2 - E_1}{h}$$

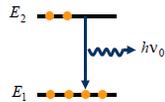
9



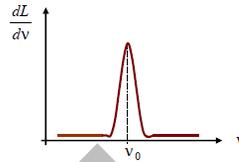
Lumière et grandeurs photométriques

Si l'on parvient à exciter de manière très sélective un système simple (ex: système à 2 niveaux). On obtient un rayonnement au spectre fin et centré sur :

$$\nu_0 = \frac{E_2 - E_1}{h}$$



Spectre d'émission



Lorsque l'excitation sélective est

- Electrique : **électroluminescence** (ex : DEL, type spectrale de TP, ...)
- Optique : **photoluminescence** ou **fluorescence** (ex : lampes fluorescentes)



Lumière et grandeurs photométriques

Abondances relatives des éléments dans l'univers

Hydrogène	1
Hélium	0.15
Carbone	0.0003
Néon	0.0022
Azote	0.00009
Oxygène	0.0007
Magnésium	0.000008
Silicium	0.003
Fer	0.00015
Argon	0.000014
Soufre	0.000016



Spectre d'émission de l'hydrogène

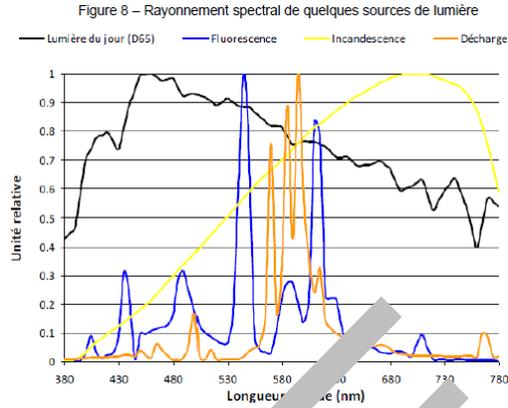


Spectre d'absorption de l'hydrogène

Valeurs minimales selon C.W. Allen, Astrophysical Quantities, University of London, 1973.



Lumière et rayonnement spectral

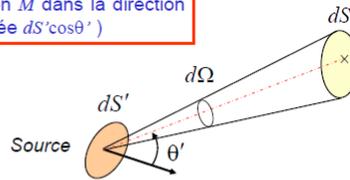


Lumière et grandeurs photométriques

La luminance

La **luminance** $L(x, y, \theta')$ est l'intensité en M dans la direction θ' par unité de surface apparente (notée $dS' \cos \theta'$)

θ' est l'angle entre la normale à la surface élémentaire considérée et la direction d'observation



$$L(x, y, \theta') = \frac{dI(x, y, \theta')}{dS' \cos \theta'} = \frac{d\Phi(x, y, \theta')}{dS' d\Omega \cos \theta'}$$

Unité : $W/sr/m^2$

Une source dont la luminance ne dépend pas de θ' est une source **LAMBERTIENNE**



Présentation d'un atelier de prototypage des luminaires

Samuel CARRE,
ingénieur, service éclairage,
Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
(CSTB) – JNL Bordeaux 006



Photométrie en champ proche un autre mode de caractérisation

Mesure "classique"

- A grande distance
- 2 dimensions
- Mesure d'intensité

Intensité du luminaire
dans chaque direction

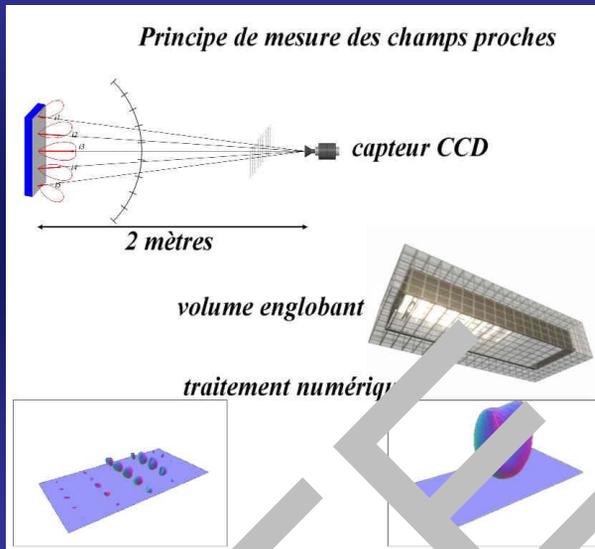
en champ proche

- A courte distance
- 4 dimensions
- Mesure de luminance

Image du luminaire
dans chaque direction

Photométrie en champ proche

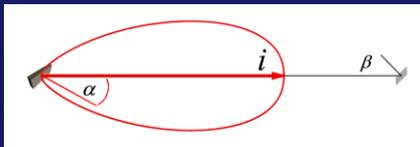
Fonctionnement du banc de mesure



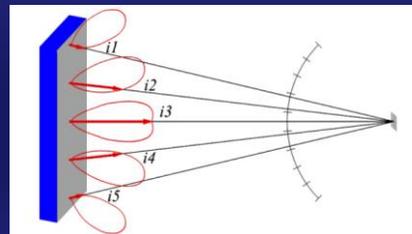
Photométrie en champ proche

Explication des mesures

Calcul simple, mais plus complet



$$E = \frac{I(c, \gamma) \cdot \cos(\beta)}{d^2}$$



$$E = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{I(c_i, \gamma_i) \cdot \cos \alpha_i}{d_i^2}$$

Photométrie en champ proche Précision à courte distance



source ponctuelle (2D)



source surfacique (2D)



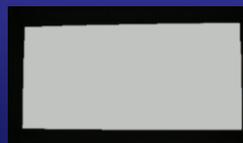
source étendue (4D)



Photométrie en champ proche Évaluation de l'éblouissement



=



?



=



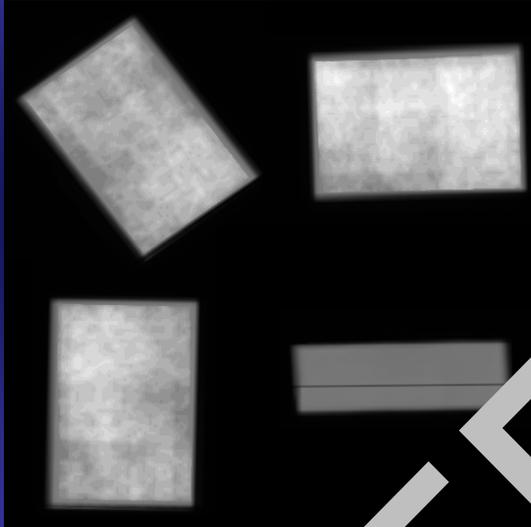
?



- Quelle luminance ?
- Quelle surface ?
- Quelle forme ?



Photométrie en champ proche Contrôle visuel du luminaire



- uniformité
- réflecteurs
- diffuseurs

Sources OLED



Photométrie en champ proche conclusion

- Dispositif simple, de taille réduite
- Calculs simples
- Calculs plus précis à courte distance
- Meilleure définition des luminaires
- Autre évaluation de l'éblouissement
- Contrôle surfacique



La lumière et sa modélisation

Sommaire

- Lumière et grandeurs photométriques
- Lumière et basse vision – la contribution des normes
- Lumière et couleur – Modèles de la CIE
- Lumière naturelle et logiciels de calcul



Quelques valeurs de luminance

Luminance – cd.m ²	
Disque solaire à midi	1,6 x 10 ⁹
Surface de la lune	2 500
Ciel couvert – ciel très sombre	2 000 – 10 ⁻³
Lampe à incandescence claire – opale	600x10 ⁴ 20 000
Luminance maximale d'un tube fluorescent T5	17 000
Luminance minimale susceptible d'impressionner l'oeil	10 ⁻¹¹
Eclairage de 400 lux sur du papier blanc-gris-noir (ρ : 0,8/0,4/0,04)	100 – 50 - 5



Lumière et équilibre de luminance

La leçon de la norme X 35-103 d'ergonomie visuelle

Exigence visuelle	Forte	Moyenne	Faible
Localisation			
Entre la zone de travail et la zone périphérique	Entre 1 et 5	Entre 1 et 10	Entre 1 et 20
Entre la zone de travail et son environnement immédiat	Entre 1 et 3	Entre 1 et 5	Entre 1 et 10
Entre un luminaire et son pourtour	< 20	< 50	< 80
Entre une baie vitrée et les murs adjacents	< 2	< 5	< 100



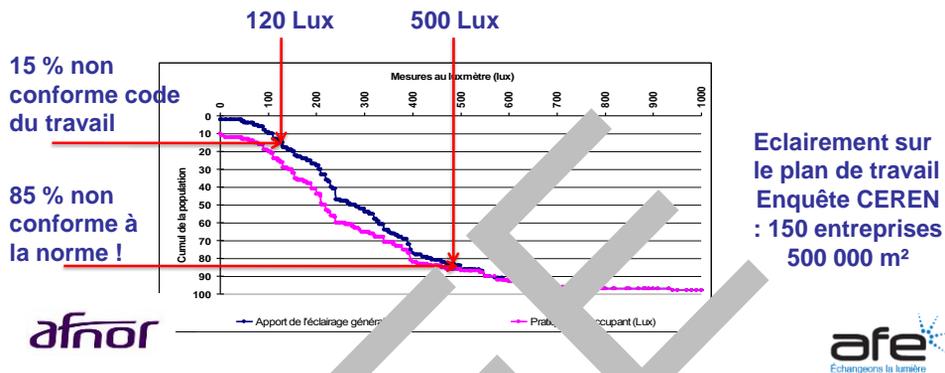
Enquête CERMA/ADF/AFNOR/Syndicat de l'éclairage - 2007 Éclairage des bureaux

- 143 sites exploitables, de bureaux de toutes tailles
- 22 000 personnes concernées sur 505 000 m²
- 94 % des sites sont à usage de bureaux seuls
- L'occupant est propriétaire dans 60 % des cas
- Présence de lumière naturelle dans 91 % des surfaces de bureaux



Eclairage dans le bâtiment - Etat des lieux !

- Vétusté, matériel inadapté !
- Conditions d'éclairage médiocre
- Cout économique et de maintenance prohibitifs



Eclairage et santé au travail

La perception des contrastes est essentielle
Ex: des besoins spécifiques en Basse Vision

Thierry HAMONIC, Médecin du travail - INSTITUT de MEDECINE du TRAVAIL
et d'ERGONOMIE de BOURGOGNE FRANCHE-COMTE

Pourquoi s'intéresser à la basse vision ?

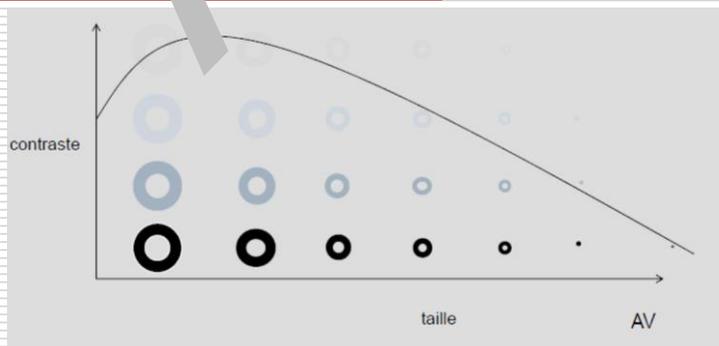
- de nombreuses personnes malvoyantes exercent une activité professionnelle
- vieillissement de la population au travail
- situation de handicap prise en compte par la norme X-35103
- besoins spécifiques en lumière
- la démarche ergonomique pour répondre à ces besoins rejoint celle proposée par la norme X-35103

La perception des contrastes de luminance est essentielle !

rencontres AFNOR 2.04.2014

23

contraste de luminance



rencontres AFNOR 2.04.2014

24

Définition : Basse vision, malvoyance

- déficience importante de la vision
- limitation des capacités de voir et d'agir
- AV du meilleur œil, après correction, de 1/20 à 4/10
Champ visuel < ou = 20°
- causes diverses

Ce que perçoivent réellement les personnes:

- Atteinte de la vision centrale
- Atteinte de la vision périphérique: vision tubulaire
- Vision floue
- Autres

Situations de handicap

- gêne dans les activités quotidiennes et notamment professionnelles, variable selon l'atteinte visuelle
- difficultés à percevoir, identifier, reconnaître et anticiper

Norme X 35-103:

- *Lorsque les opérateurs présentent des **déficiences visuelles** (malvoyance), seules les recommandations concernant l'augmentation des contrastes (4.3.2) et la réduction de l'éblouissement (4.3.5) s'appliquent. Une analyse spécifique de la situation est alors nécessaire*
- L'analyse des besoins spécifiques et l'étude des postes de travail concernés s'inscrivent dans une **démarche ergonomique, ergologique** que l'on retrouve dans les principes et la méthode ergonomique proposée
- Finalité: réalisation de projets d'éclairage adaptés aux besoins de la vision

Norme X 35-103:

- *La perception, la détection, la reconnaissance, l'identification d'objets, de détails fins, d'obstacles dans l'environnement visuel font appel à des processus psychophysiologiques complexes notamment **la sensibilité aux contrastes** et la discrimination des formes.*
- *Aussi, pour assurer un confort visuel satisfaisant, l'exécution d'une tâche de travail nécessite:*
 - *des niveaux suffisants de luminance*
 - *des **contrastes de luminances** satisfaisant entre les objets et leur environnement*
 - *un équilibre entre les luminances perçues dans l'espace visuel.*
- *L'équilibre dépend également d'un niveau d'éclairement adapté à la perception visuelle de la tâche.*

Toute modification

- du poste de travail et de son environnement (déplacement du poste de travail dans un autre local, de son orientation et/ou de ses caractéristiques dimensionnelles, colorimétriques, lumineuses, changement de la nature d'un revêtement modifiant le toucher),
- du mode opératoire
- du geste professionnel
- du contenu du travail

va entraîner des adaptations par rapport au modèle mémorisé

Optimisation des ambiances lumineuses

Etude ergologique:

- analyse et mesurage des ambiances lumineuses
- analyse des tâches, des déplacements
- prise en compte des besoins spécifiques des personnes malvoyantes
- connaissance des performances visuelles (appui de la consultation spécialisée en ophtalmologie)

Optimisation des ambiances lumineuses

Eclairage

besoins différents et variés selon nature de l'atteinte visuelle

- éclairage naturel
- éclairage artificiel ambiant
IRC fort, TC élevées 6500 K
luminaires grilles de défilement basses luminances
- éclairage d'appoint pour la perception des détails fins, modulable et orientable
Un éclairage latéral favorise la perception des CL et des reliefs

Suppression des sources responsables d'éblouissements lumineux (murs, baies vitrées, plans de travail ...)

- photophobes (risque de chutes, de traumatismes)
→ valeurs moindres/norme X35-103 notamment lors des atteintes visuelles périphériques
- niveau d'adaptation aux variations lumineuses beaucoup plus faible et plus lent
→ diminuer également l'alternance de luminosités d'intensité différente
- rapports de luminances recommandés (T_{max} à respecter).
Des rapports de luminance trop élevés entre la source lumineuse directe ou indirecte et son environnement génèrent un éblouissement inconfortable ou incapacitant.

Renforcer les contrastes lumineux

- aires de circulation: rampes courantes, bords de marche, rampes, trottoirs, baies vitrées, encadrements de portes, poignées, ...
- environnement de travail: interrupteurs, plans de travail, sièges, armoires...
- postes de travail: objets vus, manipulés /fond, optimiser la localisation des zones de perception, de préhension des outils...

Eclairage et santé au travail

La perception des contrastes est essentielle Ex: des besoins spécifiques en Basse Vision

Thierry HAMONIC, Médecin du travail - Institut de Médecine du TRAVAIL
et d'ERGONOMIE de BOURGOGNE-FRANCHE-COMTE

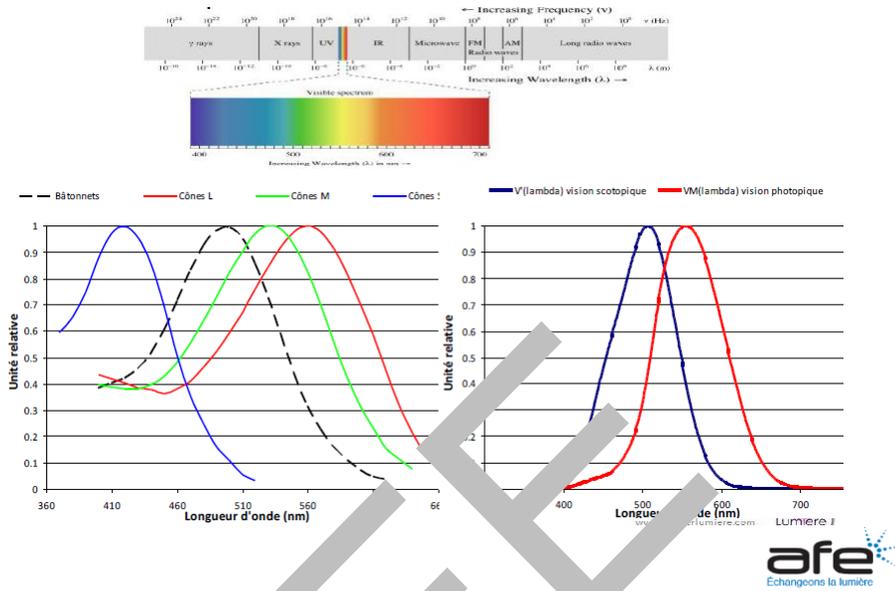
recommandations AFNOR 2.04.2

35

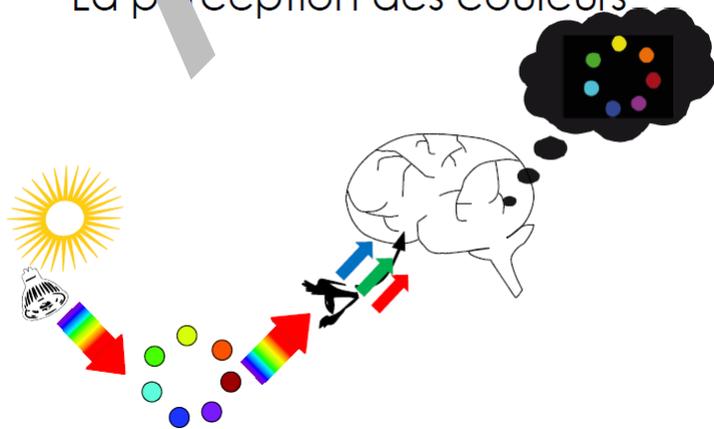
La lumière et sa modélisation Sommaire

- Lumière et grandeurs photométriques
- Lumière et basse vision – la contribution des normes
- Lumière et couleur – Modèles de la CIE
- Lumière naturelle et logiciel de calcul

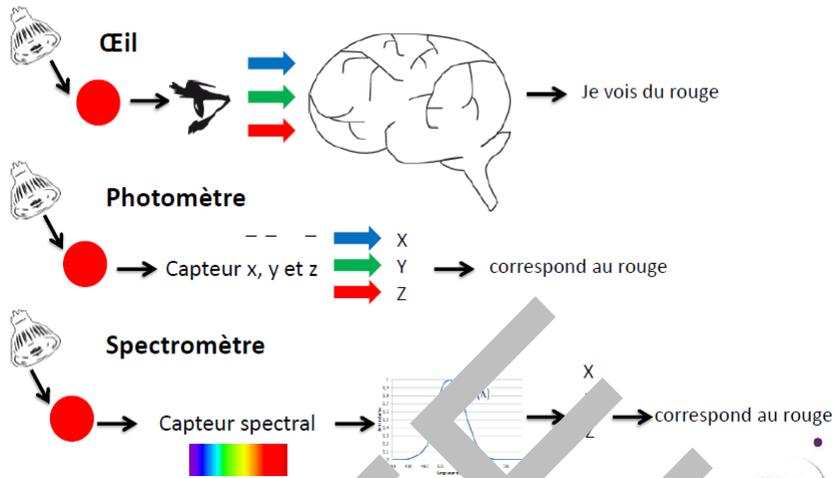
La perception des couleurs – Sophie Jost-ENTPE



- La perception des couleurs



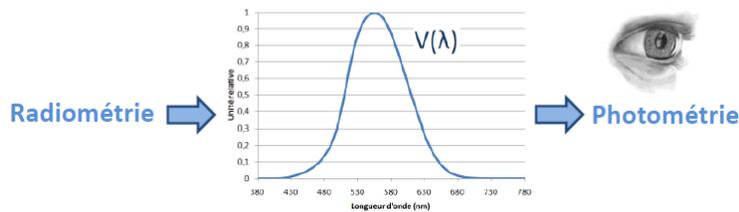
La perception des couleurs



- La perception des couleurs dépend des conditions d'observation
- Source lumineuse
- Différences d'observateurs
- Différences de fond
- Différences directionnelles
- Différence de taille



- La mesure des sources



Flux (W)
 Intensité (W/sr)
 Radiance (W/m².sr)
 Irradiance (W/m²)
 Exitance (W/m²)

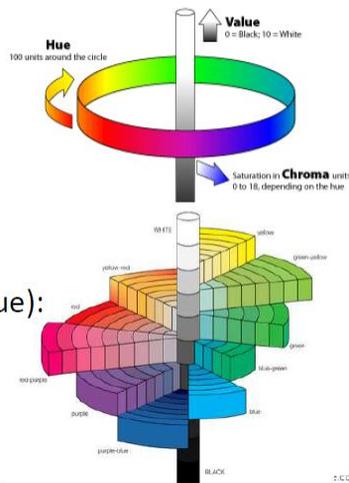
Flux (lm)
 Intensité (cd)
 Luminance (cd/m²)
 Éclairage (lux)
 Exitance (lm/m²)



Lumière et apparence colorée

- Aspect de la couleur

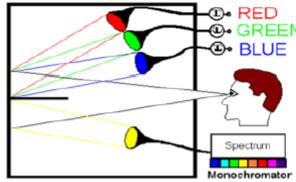
- Teinte (hue):
bleu, vert, rouge, violet
- Saturation (chroma):
niveau de pureté, terne, vif
- Clarté ou luminosité (value):
pâle/foncée, claire/sombre



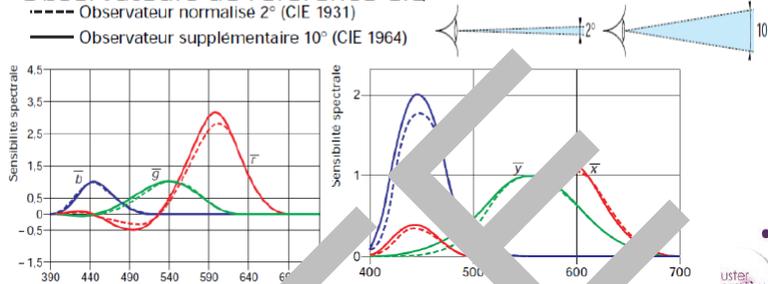
Lumière et apparence colorée

- Notions de colorimétrie

- Egalisations visuelles ou théorie trichromatique



- Observateurs de référence CIE

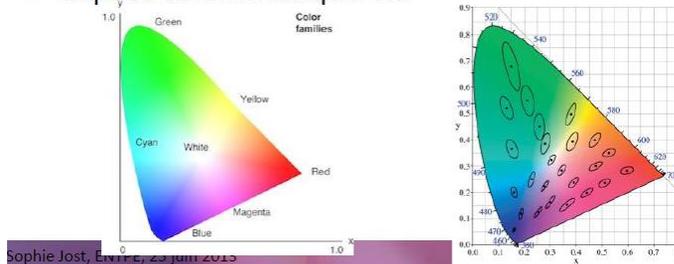


- Notions de colorimétrie

- Calcul des coordonnées trichromatiques

$$\begin{cases} X = k \cdot \int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} \bar{x}(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \\ Y = k \cdot \int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} \bar{y}(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \\ Z = k \cdot \int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} \bar{z}(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \end{cases} \rightarrow \begin{cases} x = \frac{X}{X + Y + Z} \\ y = \frac{Y}{X + Y + Z} \\ z = \frac{Z}{X + Y + Z} \end{cases}$$

- Espace colorimétrique CIE



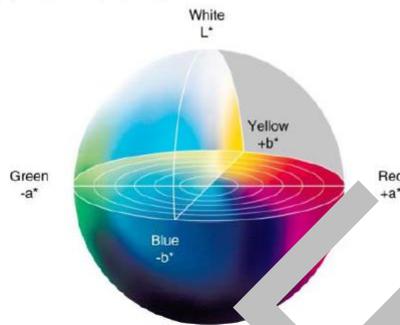
Sophie Jost, EMI C, 29 Juin 2015



- Notions de colorimétrie

- Espace colorimétrique CIE Lab

$$L^* = 116f(Y/Y_n) - 16, \\ a^* = 500 [f(X/X_n) - f(Y/Y_n)], \quad \text{où } f(t) = \begin{cases} t^{1/3} & \text{si } t > (\frac{6}{29})^3, \\ \frac{1}{3} (\frac{29}{6})^2 t + \frac{4}{29} & \text{sinon.} \end{cases} \\ b^* = 200 [f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)],$$



La lumière et sa modélisation

- Lumière et grandeurs photométriques
- Lumière et basse vision – la contribution des normes
- Lumière et couleur – Modèles de la CIE
- Lumière naturelle et logiciels de calcul





LUMIÈRE DU JOUR ET LOGICIELS DE CALCUL

Dominique Dumortier - Directeur Associé pour l'éclairage naturel

CIE Division 3 (LASH / LANTPE)



Tours - JNL 2010 - 28 septembre 2010
Lumière du jour : l'énergie renouvelable du bâtiment



CONTENU DE LA PRÉSENTATION

I. Dimensionnement et facteur de lumière du jour

II. Les logiciels de calcul du FJ

- Accès, fonctionnalités, méthodes
- Quelques exemples d'interface



UNE ÉTUDE D'ÉCLAIRAGE NATUREL, C'EST...

- Définir la taille, la position, le vitrage
- Définir les protections solaires
- Définir les systèmes de contrôle

- Maîtriser la lumière en quantité et en qualité
- Réduire l'utilisation de l'éclairage artificiel

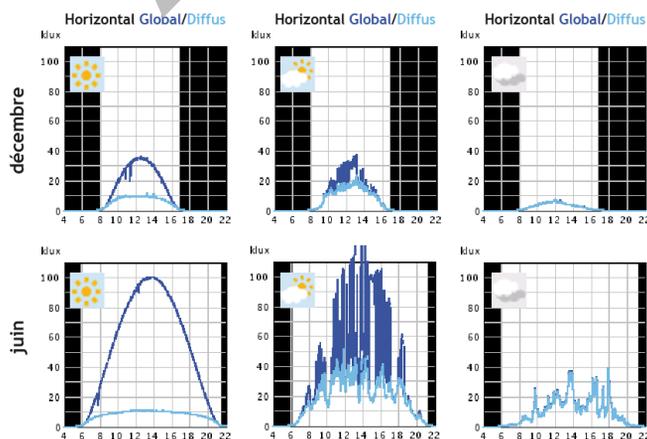
- En tenant compte de la variabilité de la lumière naturelle...



LA LUMIÈRE NATURELLE EST TRÈS VARIABLE

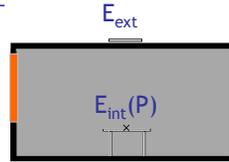
Lieu, saison, heure, couverture nuageuse

Éclairages lumineux mesurés à Lyon



POUR S'AFFRANCHIR DE LA VARIABILITÉ : LE FJ

➤ Le facteur de lumière du jour $FJ = \frac{E_{int}(P)}{E_{ext}}$



- Dépend du type de ciel
- Face au nord d'un ciel clair (4 %) Min
 - Face à un ciel couvert (5 %)
 - Face à un ciel uniforme (6 %)
 - Face au sud d'un ciel clair (21 %) Max
 - **Le ciel couvert est le ciel de référence !**

- Dépend de la fenêtre : taille, position, vitrage...
- Dépend des caractéristiques photométriques des parois
- Dépend de la position du point dans la pièce
- Il est généralement calculé sur le plan utile



LES VALEURS DU FACTEUR DE LUMIÈRE DU JOUR

FJ sur un plan horizontal	< 1 %	1...2 %	2...4 %	4...7 %	7...12 %	> 12 %
Accès à la lumière du jour	Très faible	Faible	Modéré	Moyen	Elevé	Très élevé
Zone dans la pièce	Eloignée des fenêtres à une distance de 1 à 2 fois leur hauteur			A proximité des fenêtres ou sous des lanterneaux		

Valeurs souhaitables pour le lieu de travail



LOGICIELS DE CALCUL DU FJ

Logiciels facilement disponibles

- SODALIGHT (www.soda-is.com)
- DIAL-Europe (www.estia.ch)
- DIALUX (www.dialux.com)
- Daylight Visualizer (viz.velux.com)
- AGI32 (www.agi32.com)
- ECOTECH Analysis (www.autodesk.fr)
- ReluxPro (www.relux.biz)



APPROCHE DE PRÉSENTATION DES LOGICIELS

- Je suis ingénieur dans un bureau d'étude
- Je dois calculer les FJs dans un bureau
 - Dimensions : 5,4 m x 3,6 m x 2,8 m
 - Plan utile à 0,8 m
 - Facteurs de réflexion : plafond 0.70, murs 0.50, sol 0.20
 - Fenêtre : 3,4 m x 1,2 m à 1 m du sol, vitrage double : 0.80
 - Facteurs de réduction pour saleté : 0.90 et menuiserie : 0.80
- Je découvre le logiciel
- Combien de temps me faut-il ?
- Est-ce que je peux faire confiance dans les résultats ?
- Est-ce que je peux utiliser le logiciel pour d'autres domaines ?



PRÉSENTATION DES LOGICIELS (ACCÈS...)

Produit	Type	Où	Gratuit	Essai ?	Langue	Prise en main	Temps FJ Bureau
SODALIGHT 1.0	appli Web	www.soda-is.com	oui	n/a	anglais	très facile	5 mn
DIAL-Europe 4.4	logiciel	www.estia.ch	non	oui	français	très facile	10 mn
Dialux 4.8	logiciel	www.dialux.de	oui	n/a	français	facile	30 mn
Daylight Visualizer 2.5.7	logiciel	viz.velux.com	oui	n/a	français	très facile	15 mn
AGI32-2.1	logiciel	www.agi32.com	non	oui	anglais	complexe	120 mn
ECOTECT	logiciel	www.autodesk.fr	non	oui	anglais	complexe	60 mn
ReluxPro 2010	logiciel	www.relux.biz	oui	n/a	français	facile	20 mn



PRÉSENTATION DES LOGICIELS (SAVOIR-FAIRE...)

Produit	Géométrie	Import	Ciels CIE	FJs	Eclairéments	Luminances	Surfaces
SODALIGHT 1.0	rectangulaire	non	couvert	oui	non	non	plan utile
DIAL-Europe 4.4	rectangulaire	non	couvert	oui	non	non	plan utile
Dialux 4.8	quelconque	oui	3 types CIE	oui	oui	oui	toutes surfaces
Daylight Visualizer 2.5.7	quelconque	oui	15 types CIE*	oui	oui	oui	toutes surfaces
AGI32-2.1	quelconque	oui	15 types CIE*	oui	oui	oui	toutes surfaces
ECOTECT	quelconque	oui	couvert	oui	oui	non	toutes surfaces
ReluxPro 2010	quelconque	oui	3 types CIE	oui	oui	oui	toutes surfaces

*CIE S 011 - Spatial Distribution of Daylight - CIE Standard General Sky



PRÉSENTATION DES LOGICIELS (CALCULS...)

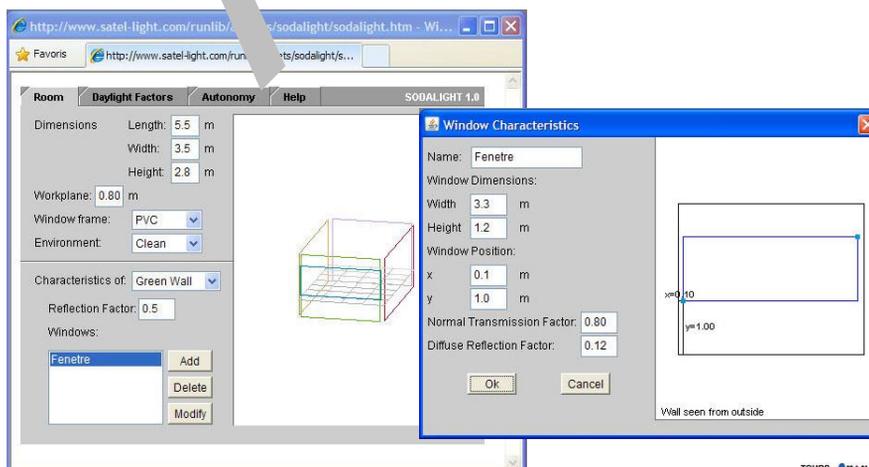
Produit	Méthode de calcul	Grille de calcul	Validation sur cas tests CIE*	Calculs autonomie	Autres domaines
SODALIGHT 1.0	analytique (BRE ^o)	fixe	non	oui	non
DIAL-Europe 4.4	analytique (BRE ^o)	variable	non	oui	notions de thermique
Dialux 4.8	radiosité	variable	oui	non	éclairage artificiel
Daylight Visualizer 2.5.7	suivi de rayons	fixe	oui	non	non
AGI32-2.1	radiosité	variable	oui	non	éclairage artificiel
ECOTECT	analytique (BRE ^o)	variable	non	non	thermique
ReluxPro 2010	suivi de rayons	variable	oui	oui	éclairage artificiel

*CIE 171-2006 - Test cases to assess the accuracy of lighting computer programs
 °BS 8206-2-1992 - Lighting for buildings. Code of practice for daylighting



UTILISATION DE SODALIGHT

description de la pièce et de la fenêtre



UTILISATION DE SODALIGHT

Facteurs de lumière du jour et autonomie

The screenshot shows the SODALIGHT 1.9 software interface. It includes a 'Room' tab with the following parameters:

- Room Description: length=5.5 m, width=3.5 m, height=2.8 m, work plane height=0.8 m, grid size= 0.88 m*0.79 m
- Walls description: Red Wall, width=5.5 m, height=2.8 m, reflection factor=0.5
- number of windows: 0
- Green Wall, width=2.5 m

The 'Daylight Factors' tab displays a grid of values for a room with a grid size of 0.88 m x 0.79 m. The grid shows values ranging from 1.1 to 13.0. Below the grid, the software reports: Average DF=3.2% and Uniformity (max)=0.05.

The 'Autonomy' tab shows input parameters: Latitude 45 deg N, Longitude 5 deg (-W,+E), and Level 300 lux. A 'Get results' button is visible. The results table shows daylight factor percentages for various grid points over a 6-hour period (0 to 5) for 'All year' from 8:00 to 18:00 (1996 to 2000).

	0	1	2	3	4	5	6
0	99%	96%	88%	64%	33%	21%	15%
1	99%	97%	89%	73%	39%	21%	18%
2	99%	97%	89%	73%	39%	21%	18%
3	99%	96%	88%	64%	33%	21%	15%



UTILISATION DE DIAL-EUROPE

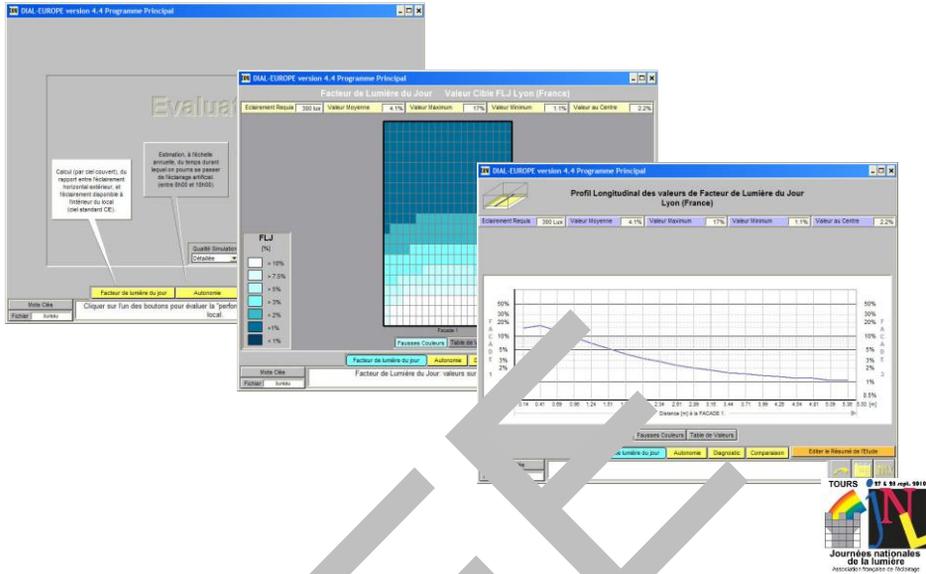
Description de la pièce et de la fenêtre

The screenshots show the DIAL EUROPE version 4.4 software interface. The first screenshot shows the 'Hauteur Largeur Local' (Room Height Width) dialog box with a 3D model of a room. The second screenshot shows the 'Clarté Murs' (Wall Brightness) dialog box with a 3D model of a room and a person. The third screenshot shows the 'Hauteur Largeur Ouverture' (Room Height Width Opening) dialog box with a 3D model of a room and a window opening.



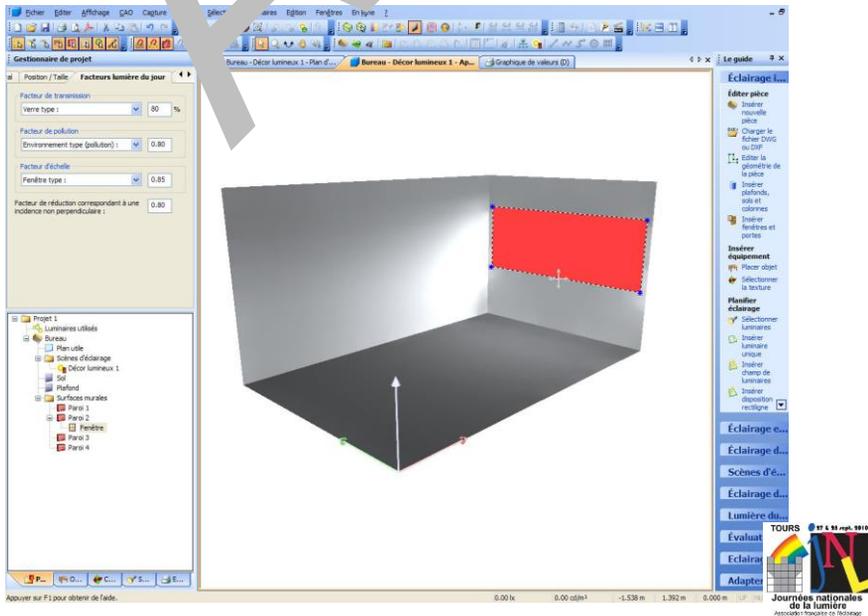
UTILISATION DE DIAL-EUROPE

Facteurs de lumière du jour et autonomie



UTILISATION DE DIALUX

Description de la pièce et de la fenêtre



UTILISATION DE DIALUX

Facteurs de lumière du jour

Bureau / Décor lumineux 1 / Plan utile / Graphique de valeurs (D)

0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	1.48	1.48	2.49	4.00	4.00	0.92
0.46	0.01	0.01	0.00	0.00	1.48	1.48	2.79	5.71	5.71	7.93
0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	1.00	1.00	3.04	6.39	6.39	8.87
0.00	0.04	0.04	0.70	0.93	1.76	3.13	6.65	6.63	6.16	
0.00	0.03	0.03	0.00	0.01	0.05	1.00	3.04	6.39	6.39	8.83
0.46	0.49	0.49	0.64	0.87	1.00	1.80	2.77	5.69	5.69	7.96
0.01	0.03	0.03	0.07	0.00	1.48	1.48	2.49	4.04	4.04	5.97

Position de la surface dans la pièce:
Point marqué: (0.000 m, 0.000 m, 0.800 m)

Trame: 11 x 7 Points

D_{max} [%]: 2.60 D_{min} [%]: 0.46 E_{h} [%]: 11432 lx D_{max} / D_{min} : 0.057

Intensités d'éclairage horizontale: E_{h} , 11432 lx

Echelle: 1:40

UTILISATION DE DAYLIGHT VISUALIZER

Description de la pièce et de la fenêtre

VELUX Daylight Visualizer

Surfaces à définir:

Étape	Plafond	Mur	Fenêtre de toit	Fenêtre de façade	Partie de la façade
Éléments	Plafond	Mur	Fenêtre de toit	Fenêtre de façade	Partie de la façade

Vue d'ensemble de la pièce et de la fenêtre.

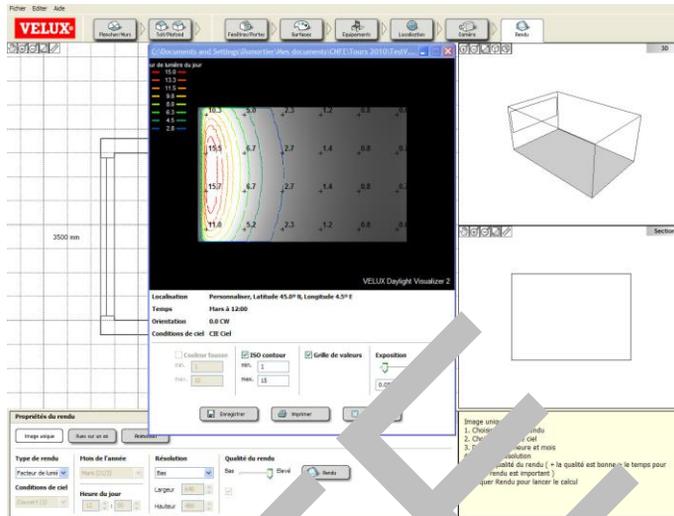
Surfaces à définir: Plafond, Mur, Fenêtre de toit, Fenêtre de façade, Partie de la façade.

Propriétés de la surface: Plafond, Réflectance: 0.50, Rugosité: 0.03, Spécularité: 0.00.



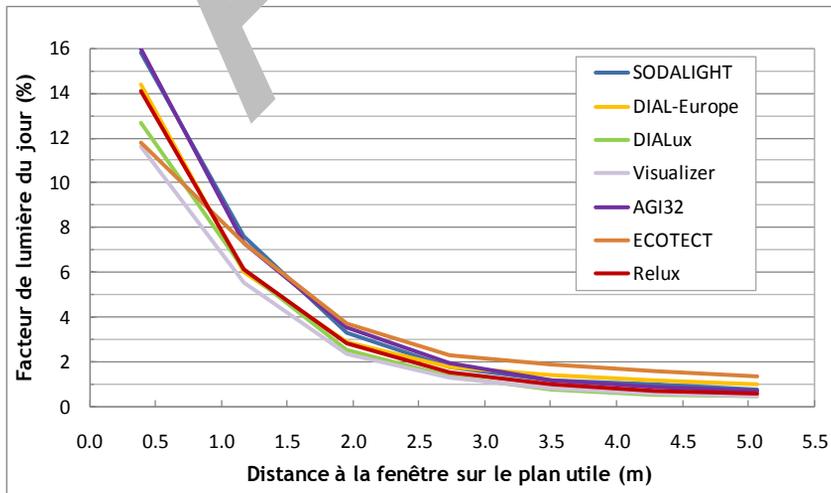
UTILISATION DE DAYLIGHT VISUALIZER

Calcul des facteurs de lumière du jour



COMPARAISON DES RÉSULTATS DES LOGICIELS

Cas d'une bureau étudié par l'ingénieur





MERCI

AFE - Collège - 19 mars 2014 - Paris

AFE