

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université 8 Mai 1945 – Guelma

Faculté des Sciences et de la Technologie

Laboratoire Génie civile et hydraulique

Département d'Architecture



-1 ère Année PG-

Matière: Analyse Thématique

EXPOSE THEMATIQUE:

**LES FACADES ADAPTATIVES POUR
LE CONFORT VISUEL DANS LES
BUREAUX**

Présenté par:

BENDJEDDOU Sana

Chargé du module:

Pr. ALKAMA Djamel

Année Académique: 2019-2020

PLAN DE LA PRESENTATION:

- ❖ **INTRODUCTION**
- ❖ **PARTIE 1: L'ÉCLAIRAGE NATUREL ET LE CONFORT VISUEL**

I- ECLAIRAGE NATUREL

- 1- Définition de l'éclairage naturel
- 2- Les bienfaits de la lumière naturelle
- 3- Les sources de l'éclairage naturel
- 4- Les types de l'éclairage naturel
- 5- Les paramètres influant l'éclairage naturel
- 6- La stratégie de l'éclairage naturel
- 7- Les grandeurs photométriques
- 8- Les instruments de mesures

II- LA LUMIERE ET LA VISION

- 1- Mécanisme de vision
- 2- La perception de la lumière naturelle

II- LE CONFORT VISUEL

- 1- Définition du confort visuel
- 2- Les critères du confort visuel
- 3- Les paramètres du confort visuel
- 4- Le confort visuel dans les bureaux
- 5- La réglementation relative à l'éclairage naturel pour les bureaux

- ❖ **PARTIE 2: LES FACADES ADAPTATIVES**

I- GENERALITES SUR LES FACADES

- 1- Définition de la façade
- 2- Les fonctions de la façade
- 3- Les critères du choix de la façade
- 4- Les typologies de la façade
- 5- La classification de la façade

II- LA FACADES ADAPTATIVES

- 1- Définition de la façades adaptative
- 2- L'historique des façades adaptatives
- 3- Les types des façades adaptatives
- 4- Les façades adaptatives et le confort visuel

II- LE CONFORT VISUEL

- ❖ **CONCLUSION**
- ❖ **BIBLIOGRAPHIE**

Introduction:

- Les bureaux contemporains se caractérisent par de grandes façades vitrées en vue de l'esthétique permettant de pénétrer un rayonnement lumineux important engendrant généralement de l'inconfort visuel, la surchauffe et une consommation énergétique importante.
- Les Façade classiques sont incapables de gérer et de contrôler la quantité de lumière naturelle pénétrant l'espace.
- Il semble donc, nécessaire pour les bureaux d'investir dans un autre types de façade capable d'assurer le confort visuel des occupants.



Fig 01 : Immeuble de bureaux contemporain
Source: KHADRAOUI ,2019



PARTIE 1: l'éclairage naturel et le confort visuel

1-Définition de l'éclairage naturel:

- Éclairer un espace est l'acte de distribuer la lumière sur des surfaces, élaborer l'éclairage est le fait de maîtriser l'utilisation de la lumière naturelle et artificielle afin d'éclairer cet espace. Les aspects relatifs à l'éclairage (naturel ou artificiel) sont classés en deux catégories distinctes mais complémentaires, les aspects quantitatifs et qualitatifs de la lumière (**Belakehal, 2006**) cité par **Dirahoui, 2015**.
- D'une manière générale, l'éclairage naturel est défini comme étant « l'utilisation de la lumière du jour pour éclairer les tâches à accomplir » (**W, C, BROWN et K, RUBERG., 1988**).

2-LES BIENFAITS DE LA LUMIÈRE NATURELLE

Pour la santé

La lumière naturelle est perçue comme plus naturelle, agréable, lumineuse et stimulante qui fournit des niveaux plus élevés de détente et de confort visuel avec moins de fatigue. **Daich, 2019**.

Pour la Productivité

De nombreuses recherches ont rapporté que, grâce à l'amélioration des conditions environnementales intérieures y compris un éclairage naturel suffisant dans les lieux de travail, la production des travailleurs était augmentée avec un pourcentage qui varie entre 5 et 20 % (**Abdou, 1997; Nicklas & Bailey, 1996; Penney & Althof, 1990; Riegel, Windheim, Davy & Shanus, 1983**) cité par **Daich 2019**.

Pour la consommation énergétique

l'utilisation de la lumière du jour dans le bâtiment minimise la consommation électrique, les émissions CO2 et donc la facture énergétique

I- ECLAIRAGE NATUREL

3- LES SOURCES DE L'ECLAIRAGE NATUREL :

Sources lumineuses diurnes directes

➤ **Sources primaires :** Le soleil est une source primaire de la lumière naturelle diurne et il est à l'origine du rayonnement visible direct appelée **lumière solaire** (Matallah, 2016).

➤ **Sources secondaires:**

Une « **source secondaire** » est une source de lumière qui n'est visible que lorsqu'elle est éclairée par une source primaire, telle la voûte céleste qui est éclairée par le rayonnement solaire dont une partie (environ 25%), qui est absorbée et réémise par l'atmosphère, constitue ce que les spécialistes appellent la **lumière diffuse du ciel**. (Ecarta.2004)

Sources lumineuses diurnes indirectes

Tous les corps opaques excepté les corps noirs, interceptent le rayonnement solaire et le réfléchissent mais la quantité de la lumière réfléchi, dépend du facteur de réflexion de la surface, c'est-à-dire de son albédo. Quant à la couleur de la lumière réémise, elle correspond à la couleur de l'objet (si l'objet est éclairé en lumière blanche) (Matallah, 2016).

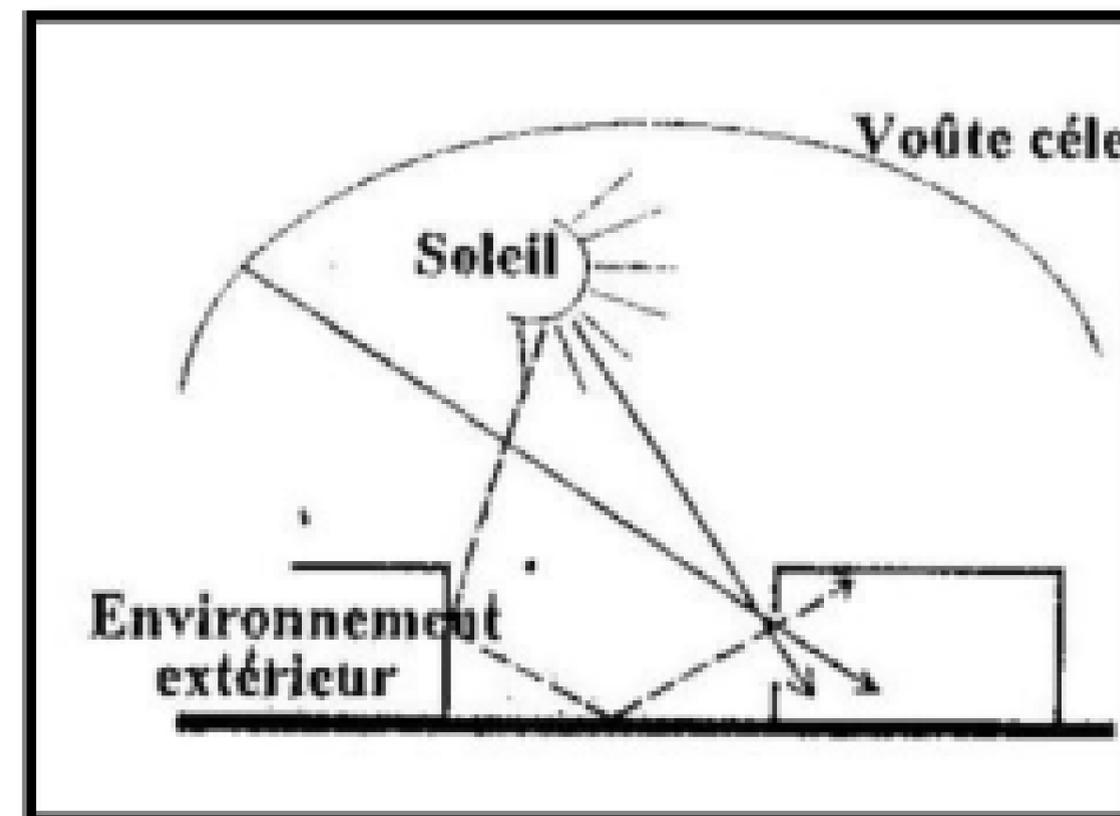


Fig 02 :Sources lumineuses diurnes.
Source: Belakehal, Tabet ,2003.

4- LES TYPES D'ECLAIRAGE NATUREL :

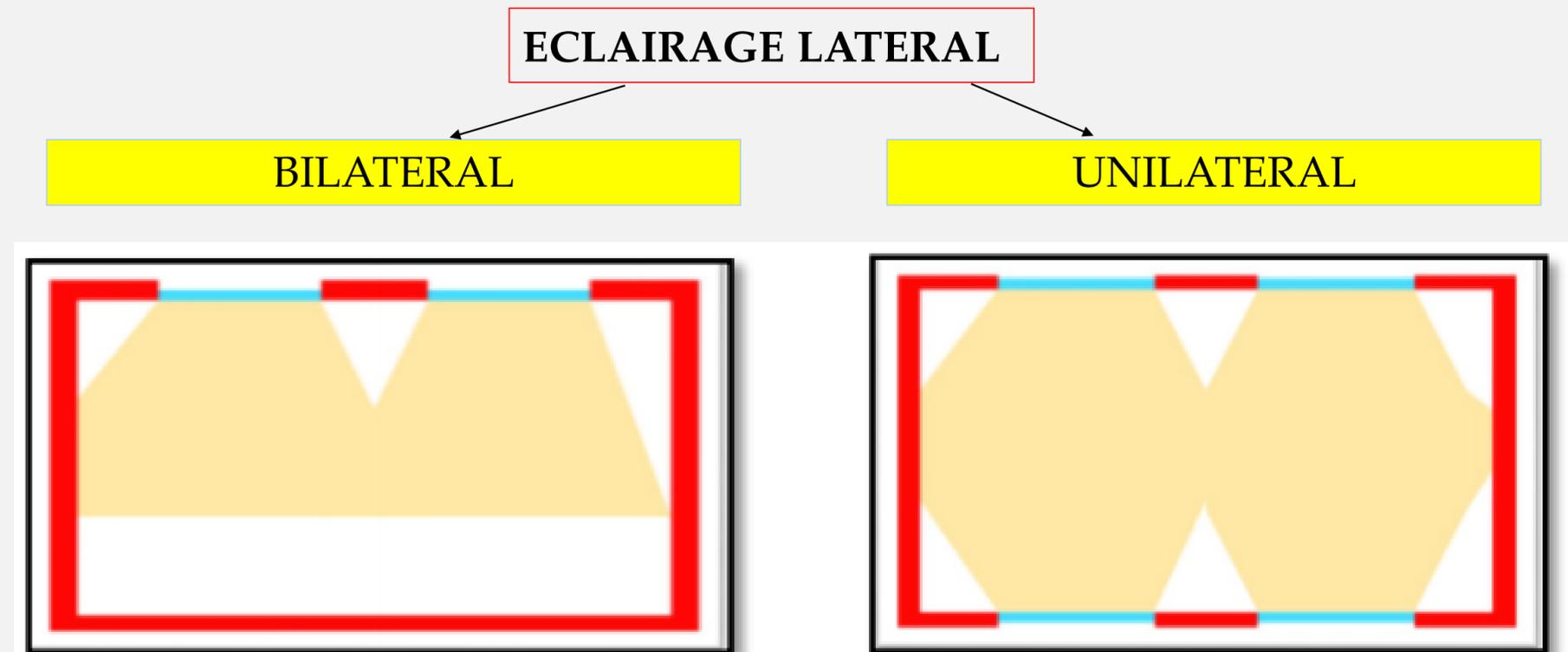
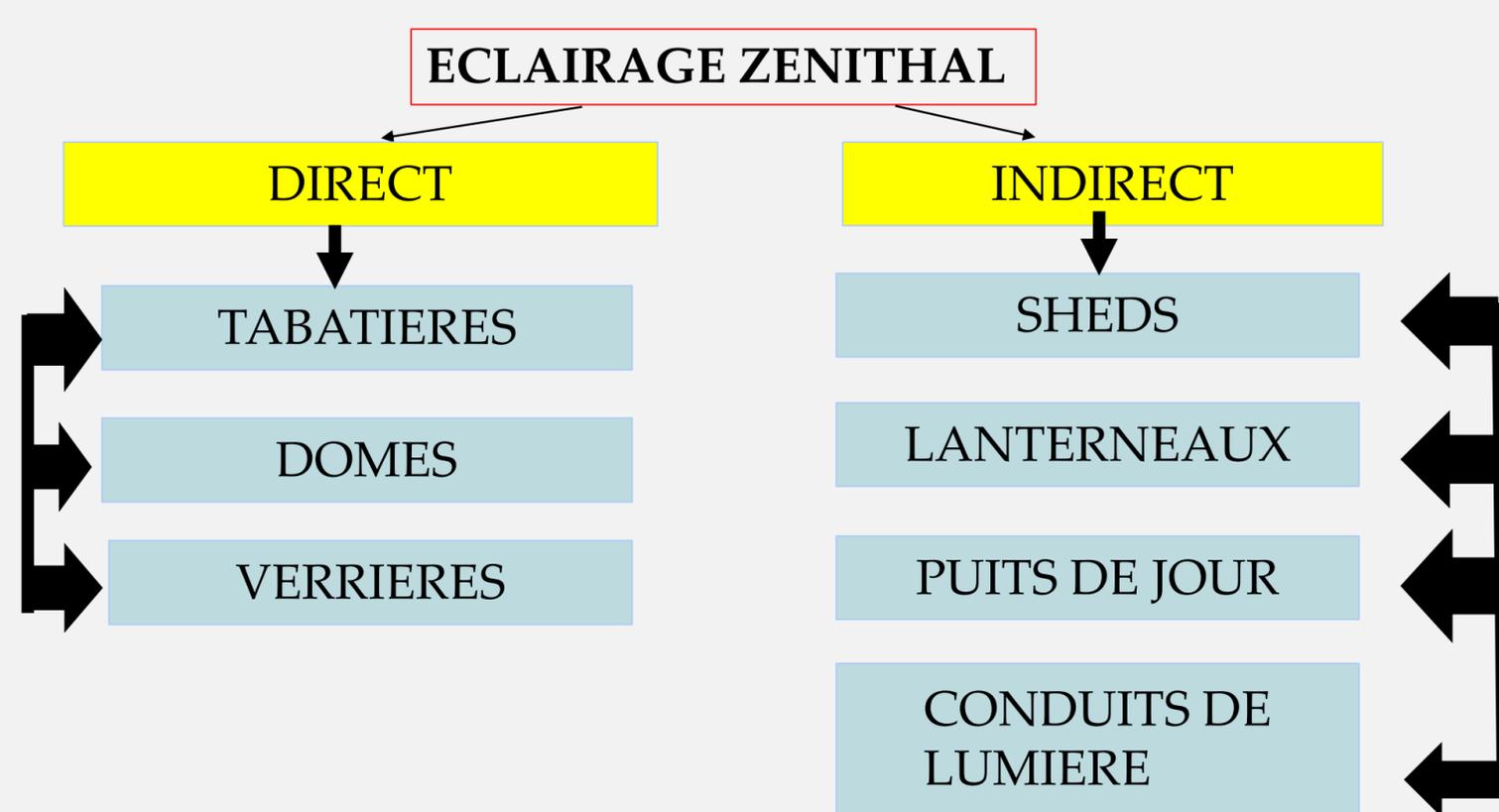


Fig 08 : Exemple d'éclairage unilatéral.
Source: Boudoukha,2015.

Fig 09 : Exemple d'éclairage bilatéral.
Source: Boudoukha,2015.

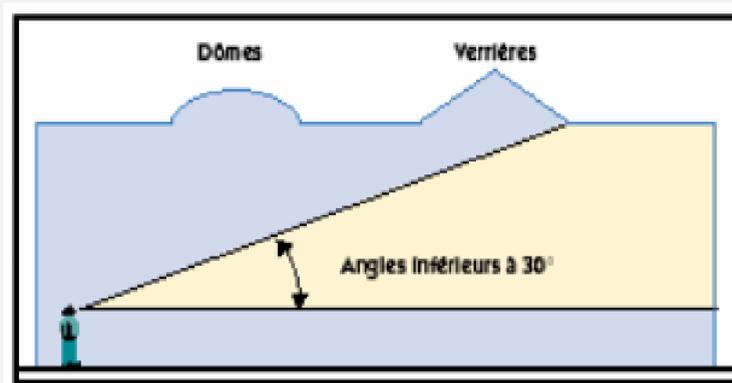


Fig 03 : Dispositifs d'éclairage zénithal direct.
Source: TERRIER, VANDEVYER,1999.



Fig 04 : Eclairage zénithal par les sheds.
Source: mysti2d.net

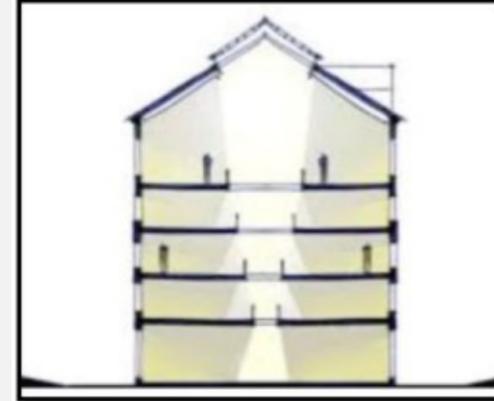


Fig 05 : Puits de jour.
Source: arpc167.epfl.ch



Fig 06 : Les composants d'un conduit de lumière. Source: ww.pining.com



Fig 07 : Exemple d'éclairage zénithal de type tabatière. Source: ww.lebloglaurielumière.com

5- PARAMÈTRES INFLUANT L'ÉCLAIRAGE NATUREL :

1-RELATIFS A L'ENVIRONNEMENT

LA LATITUDE

Coordonnée géographique qui exprime la position d'un point donné sur terre par une valeur angulaire, détermine l'inclinaison des rayons du soleil ou la surface étalée sous un rayon de lumière. **(Balez, 2004) Cité par (Dirahoui, 2015)**

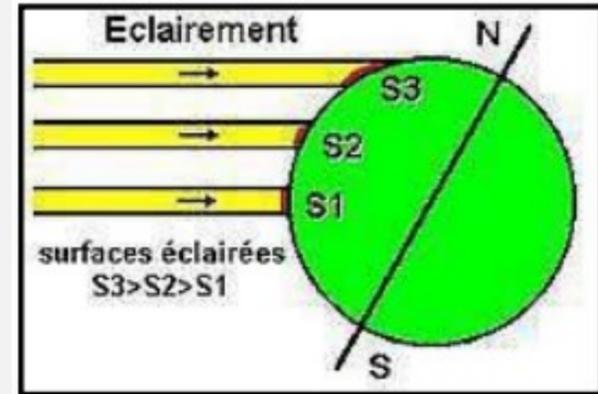


Fig 10 : L'éclairage sur trois différentes latitudes. **Source:** Balez, 2004 cité par dirahoui , 2015.

LA SAISON

La course du soleil est changeante suivant le moment de l'année, l'éloignement du soleil par rapport à la terre et l'angle d'incidence sont les principaux changements apportés par ce paramètre. Les effets apportés en termes d'éclairage naturel sont la durée d'éclairage qui peut grandement varier, par exemple entre le solstice d'été et celui d'hiver, la journée peut durer de 8 h 30 jusqu'à 15 h 30 **(Paule, 2003) Cité par (Dirahoui, 2015).**

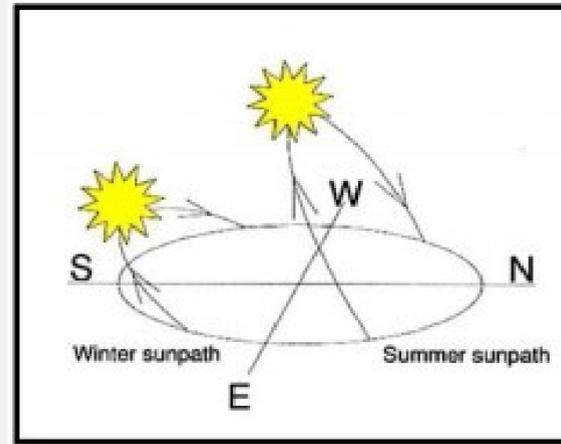


Fig 11 : La course du soleil en hiver et en été. **Source:** énergieconsciusdesign.ecda.ec.uk.

L'HEURE

La répartition lumineuse varie fortement d'une heure à une autre, la cause principale de cette variation réside dans l'épaisseur d'atmosphère que le rayonnement doit traverser, lorsque le soleil est haut dans le ciel, ses rayons traversent une couche d'atmosphère moins importante que s'il était bas sur l'horizon **(Reiter, De Herde, 2004).**

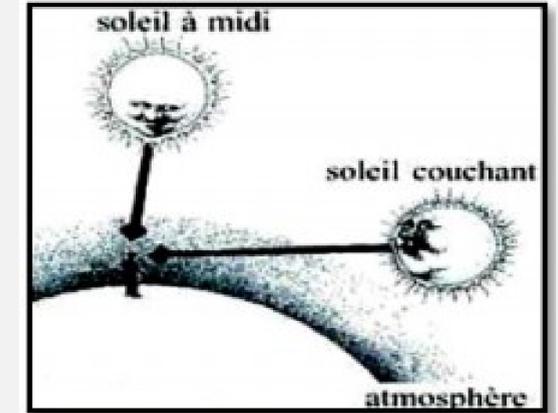


Fig 12 : L'incidence de la lumière naturelle selon la position du soleil. **Source:** (De Herde, 2004).

LE TYPE DE CIEL

Face à la multitude de conditions météorologiques existantes, trois types de ciels ont été établis pour les études d'éclairage **(Magri, 2006) ;**

- ⊙ Ciel couvert
- ⊙ Ciel partiellement couvert
- ⊙ Ciel clair avec soleil

Ils se distinguent par la quantité des nuages ,plus il est clair plus le niveau d'éclairage augmente.

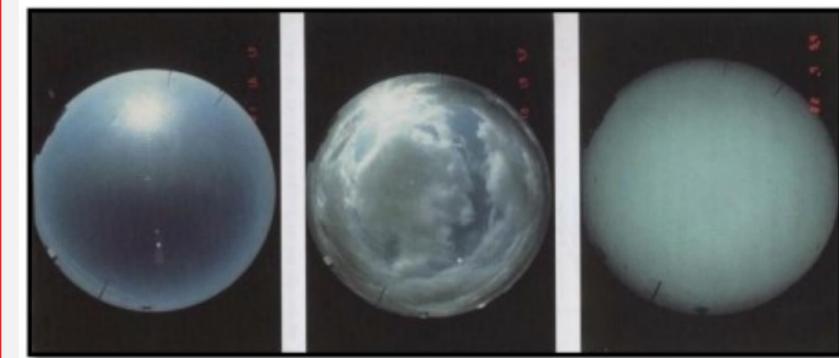


Fig 13 : Les différents types de ciels. **Source:** (Balez, 2007) cité par dirahoui

LE SITE

Plusieurs éléments relatifs à l'environnement direct d'un bâtiment viennent influencer le niveau de lumière disponible, la topographie, la végétation, la nature de surfaces, le bâti avoisinant... Autant de paramètres qui peuvent fluctuer significativement la lumière d'un espace **(Reiter, De Herde,2004).**

5- PARAMÈTRES INFLUANT L'ÉCLAIRAGE NATUREL :

2-RELATIFS AU BATIMENT

LES OUVERTURES (Orientation/Dimension)

- La forme et l'orientation des ouvertures influe sur le niveau d'éclairage intérieur et la distribution de lumière à l'intérieur; les ouvertures orientées sud bénéficient d'un éclairage plus important que celles orientées nord par exemple.
- La dimension des ouvertures détermine aussi la quantité de lumière pénétrant un local, où l'éclairage au fond de l'espace peut tripler rien qu'en doublant la surface de l'ouverture (Reiter, De Herde, 2004).

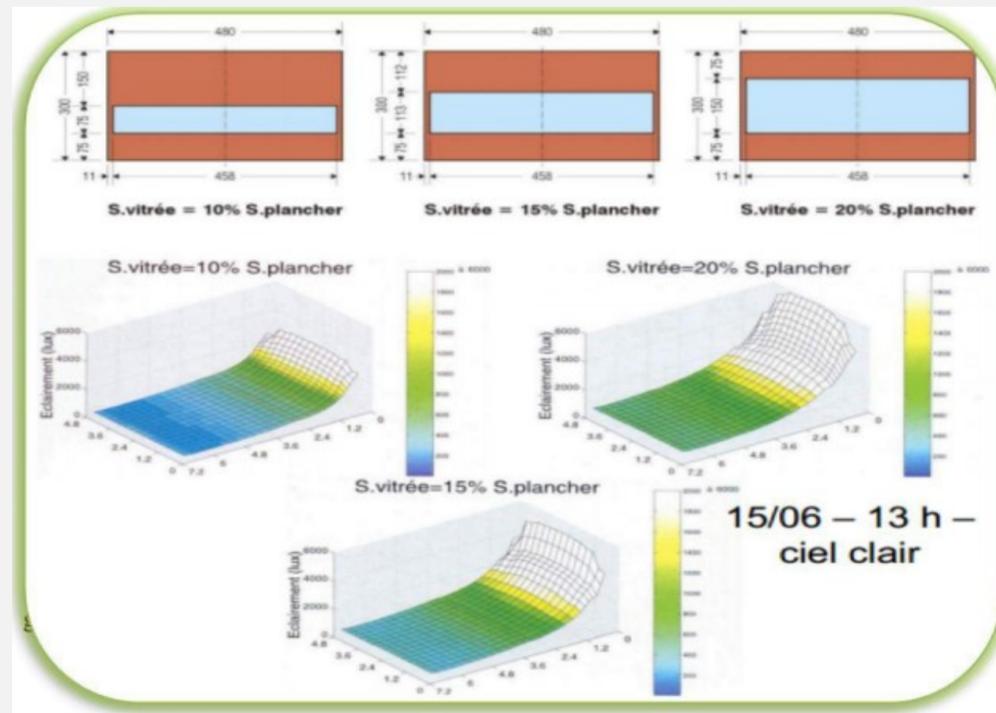


Fig 14 : L'éclairage d'un espace relatif selon la taille de la fenêtre Source: Bodart, 2002 cité par Matallah, 2016.

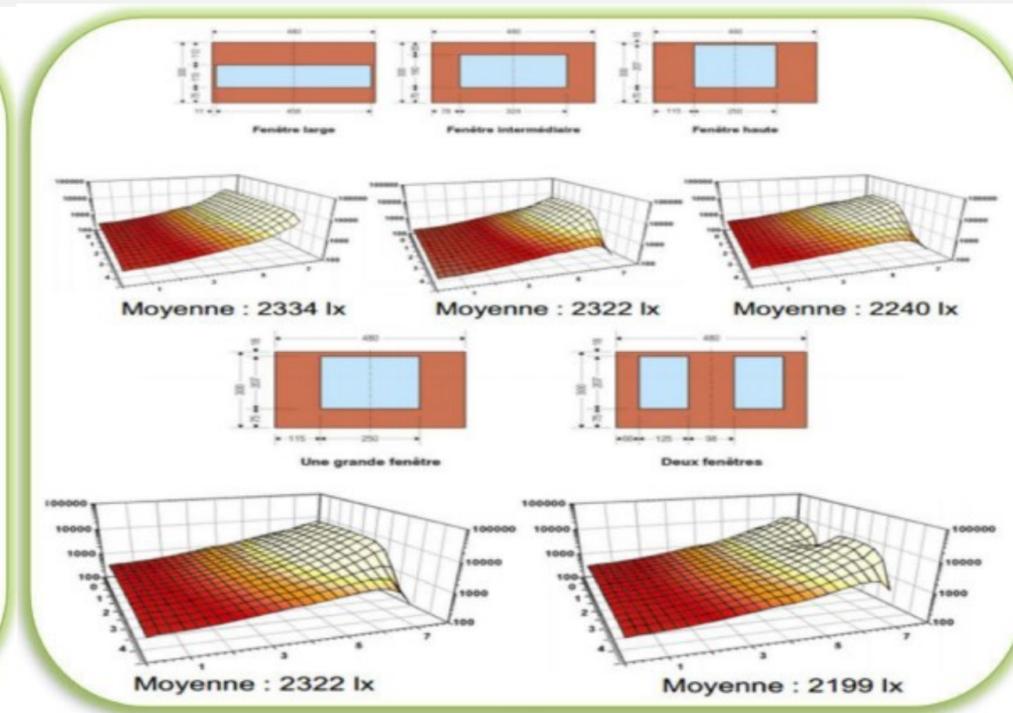


Fig 15 : Influence de la forme de l'ouverture sur l'éclairage Source: Bodart, 2002 Cité par Matallah, 2016

LE LOCAL (Dimension/Profondeur/Couleur)

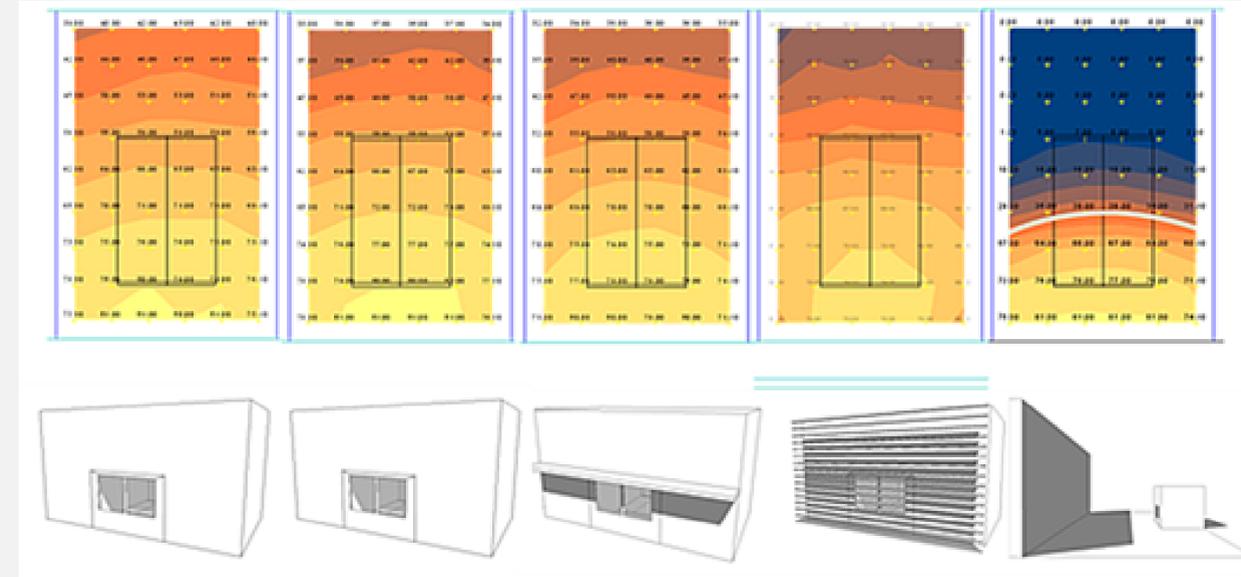


Fig 16 : l'effet des différents protections solaires sur l'éclairage intérieur Source: energyplus-lesite.be

- Les dimensions du local (la hauteur, la profondeur) ainsi que les dispositifs de protection peuvent affecter le niveau d'éclairage, le type du vitrage influe sur la transmission lumineuse (MAGRI, 2006)

6-LA STRATEGIE DE L'ECLAIRAGE NATUREL :

Les stratégies de l'éclairage naturel peuvent contribuer à réduire la consommation énergétique dans les bâtiments ainsi que les émissions de GES par la réduction des besoins de leur éclairage électrique et de refroidissement (Scartezzini et al, 1994). Cité par (Daich,2019)

Capter la lumière naturelle :

en prenant en compte l'influence du type de ciel, du moment de l'année, de l'heure, de l'orientation et de l'inclinaison de l'ouverture ainsi que de l'environnement.

Transmettre la lumière naturelle : grâce à l'étude des caractéristiques des lanterneaux et façades translucides, des dimensions du local, et de son aménagement intérieur.

Distribuer la lumière naturelle :

en jouant sur le type de distribution lumineuse, la répartition des ouvertures, l'agencement des parois intérieures, le matériau des surfaces du local, les zones et les systèmes de distribution lumineuse.

Protéger : de l'éblouissement, de la surchauffe par des vitrages protecteurs, diffusant, des protections fixes ou mobiles.

Contrôler la lumière naturelle : consiste à gérer la quantité et la distribution de lumière dans un espace en fonction de la variation des conditions climatiques et des besoins des occupants. (Balez ,2007) cite par Matallah, 2016.

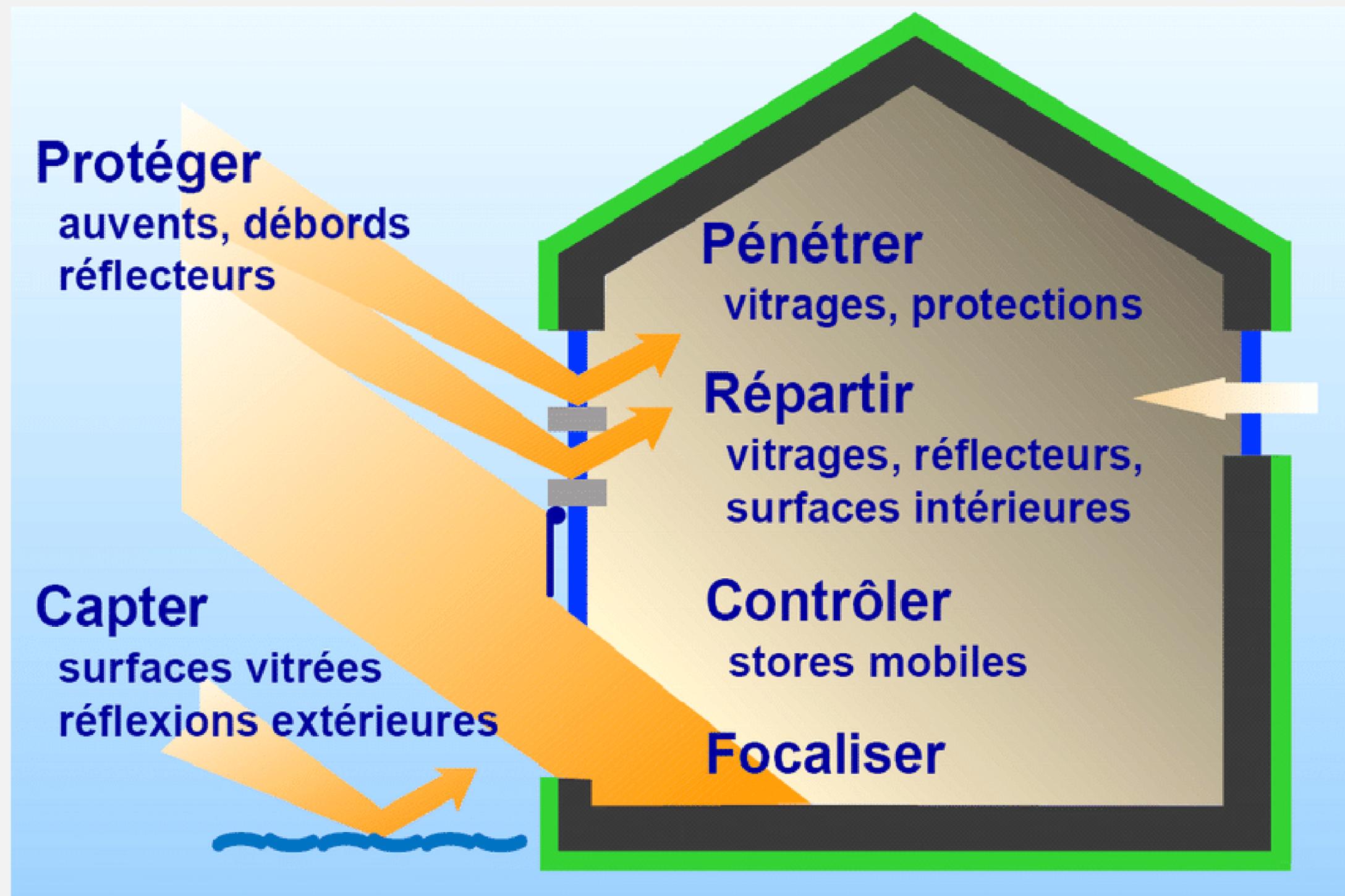


Fig 17 :Stratégies d'éclairage naturel dans le bâtiment
Source: CHERIER M, Kamal.,2018

7-LES GRANDEURS PHOTOMETRIQUES

Les grandeurs *photométriques* (flux lumineux, éclairement, luminance...) sont utilisées pour déterminer les caractéristiques des rayonnements lumineux en relation avec la sensation visuelle qu'ils provoquent.

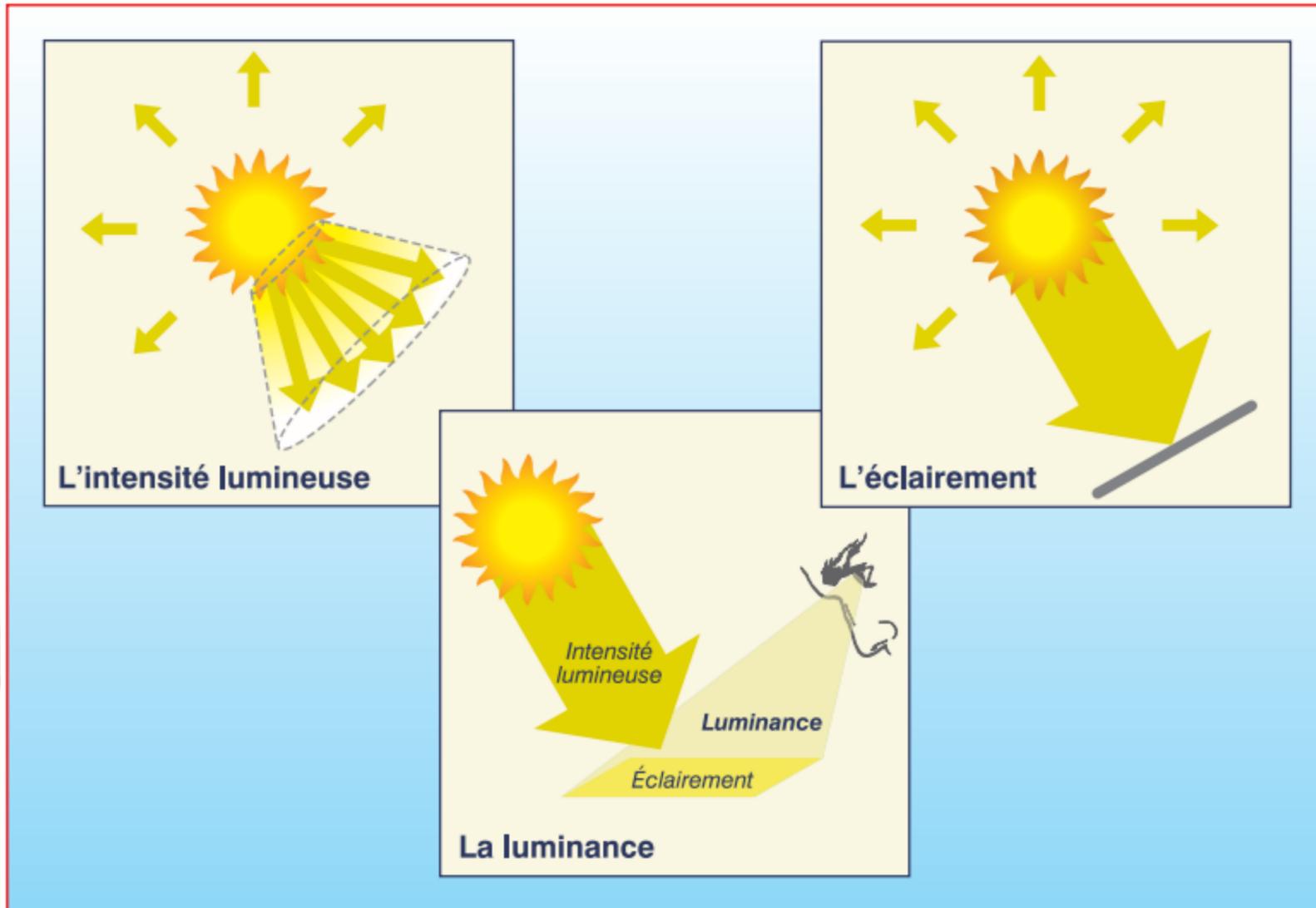


Fig 18 : La définition de l'intensité lumineuse, l'éclairement et la luminance **Source:** Liébard, De Herde, 2005

Le flux lumineux (Φ) : Le flux lumineux Φ d'une source est l'évaluation, selon la sensibilité de l'œil, de la quantité de lumière rayonnée dans tout l'espace de cette source. Il s'exprime en **lumen (lm)**. (Liébard, De Herde, 2005).

L'éclairement (E) se réfère à la quantité de lumière reçue par une surface ou la densité du flux lumineux tombant sur une surface. L'unité de l'éclairement est le lux (lx) : il définit l'éclairement d'une surface d'un m² recevant un flux lumineux d'un lumen (lm) : $1 \text{ lux} = 1 \text{ lm.m}^{-2}$ ($E = \Phi/S$ (lx) (Floru, 1997).

Cette grandeur est très difficilement perceptible par l'œil humain. De par ses facultés d'adaptation, celui-ci évalue en réalité des différences d'éclairements dans l'espace ou dans le temps. (Liébard, De Herde, 2005).

L'intensité lumineuse:

Corresponds à l'ampleur du flux lumineux émis dans une direction donnée, l'unité de mesure de l'intensité lumineuse est le Candela (Cd), un Candela correspond à un flux d'un Lumen rayonné dans un angle solide (Reiter, De Herde, 2004).

La luminance (L):

Est le rapport entre l'intensité lumineuse émise dans une direction et la surface apparente de la source lumineuse dans la direction considérée, Elle s'exprime en Candéla par mètre carré (cd/m^2) $L = I/S$ apparente (cd/m^2)

Elle traduit la sensation visuelle de luminosité créée par un source de lumière secondaire (surface éclairée)

La luminance est la seule grandeur photométrique réellement perçue par l'œil humain. (Liébard, De Herde, 2005).

7- LES GRANDEURS PHOTOMETRIQUES

Le Facteur de Lumière du jour (FLJ):.

Selon DE HERDE et LIEBARD, (2005) « Le facteur de lumière du jour comme est le rapport de l'éclairement naturel intérieur reçu en un point d'un plan de référence à l'éclairement extérieur simultané sur une surface horizontale en site parfaitement dégagé par ciel couvert CIE ».

Ce facteur est estimé selon la formule suivante:

$$FLJ = E_i / E_o \times 100\%$$

FLJ : le facteur de lumière du jour exprimé en pourcent; E_i : l'éclairement naturel intérieur ; E_o : l'éclairement extérieur.

Facteur de lumière du jour (FLJ)	Moins de 1%	de 1% à 2%	de 2% à 4%	de 4% à 7%	de 7% à 12%	Plus de 12%
	Très faible	Faible	Modéré	Moyen	Élevé	Très élevé
Zone considérée	Zone éloignée des fenêtres (distance supérieure à 3 fois la hauteur de la fenêtre)			Zone à proximité des fenêtres ou sous des lanterneaux.		
Impression de la clarté	Sombre à peu éclairé		Peu éclairé à clair		Clair à très clair	
Remarques	Convient aux zones de circulation, stockage, etc.		Convient aux locaux de travail.		Attention aux éblouissements.	
Impression visuelle	Cette zone.....semble être séparée.....de cette zone					
Ambiance	Le local semble être renfermé sur lui-même.			Le local s'ouvre vers l'extérieur.		

Figure 20 : Les valeurs typiques Facteur de Lumière du jour (FLJ)
Source: <https://energieplus-lesite.be/theories/eclairage12/physique-lumiere/facteur-de-lumiere-du-jour/>

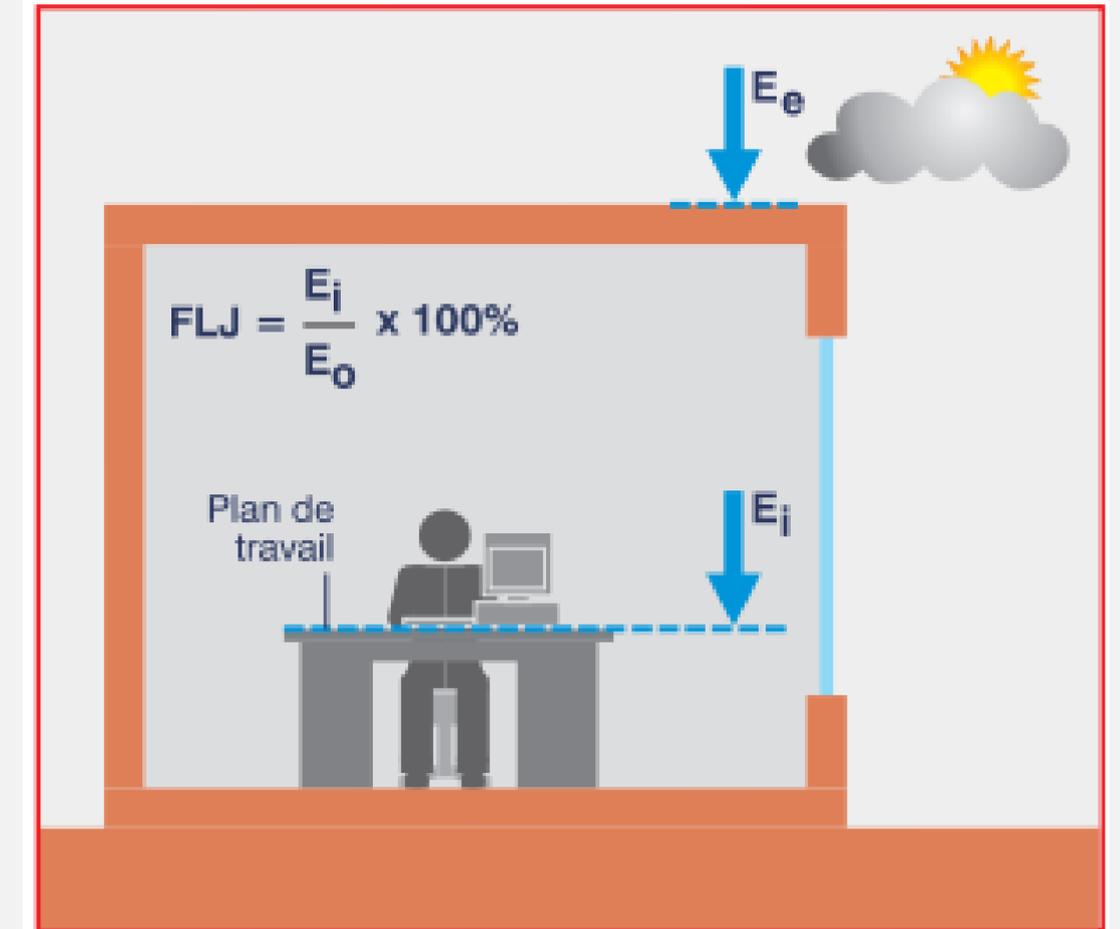


Fig 19: La définition du Facteur de Lumière du jour (FLJ)
Source: DE HERDE et LIEBARD, 2005

Les variables considérés pour déterminer le facteur de lumière du jour sont:

- 1- les valeurs du ciel diffus moyen pour une région en particulier pour obtenir les valeurs quantitatives en pourcentage.(il existe aussi des valeurs moyennes publiées pour chaque latitude par Illuminating Engineering Society « IES »).

- 2- les variables de design qui accompagnent les résultats qualitatifs du FLJ (Reiter, De Herde, 2004) en lien à la perception de brillance par exemple en considérant les réflectances de certains matériaux. (Dirahoui, 2015)

8- LES INSTRUMENTS DE MESURE

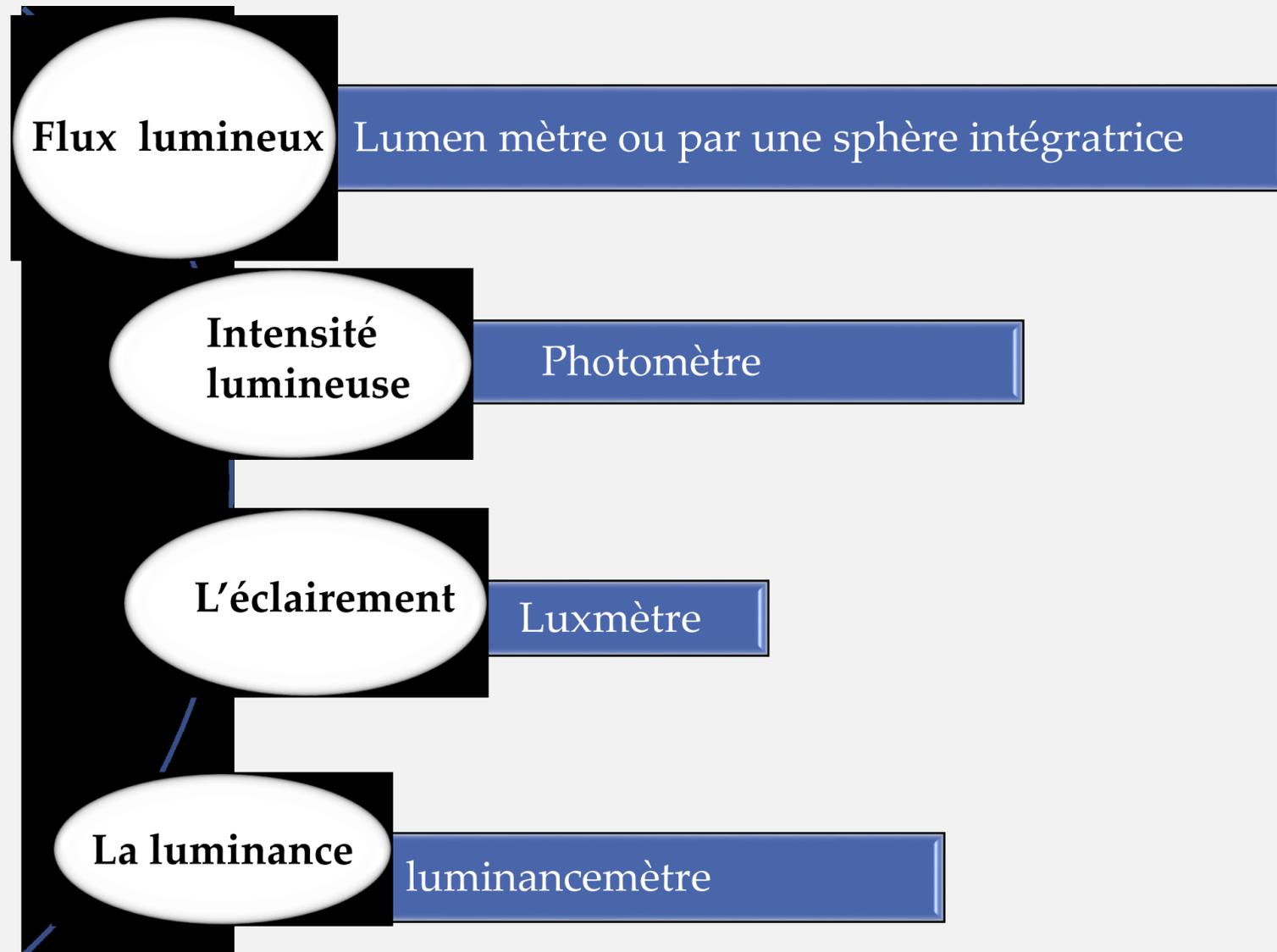


Fig 21: La sphère intégratrice
Source: Directusine-mesure.fr



Fig 22 : le photomètre
Source: Aquaportail.com



Fig 23: Le luxmètre
Source: Cdiscount.com



Fig 24: La luminancemètre
Source: Directindustry.fr

II- LUMIERE ÉT VISION:

1- MECANISME DE VISION :

Le sens de la vue est basé sur le fonctionnement d'un organe spécialisé « l'œil » qui agit comme un capteur physique. Cet organe est muni d'un diaphragme, la pupille, qui régule le flux lumineux qui pénètre dans l'œil en modulant la surface de l'ouverture dans un rapport de 1 à 16. Plus la pupille est fermée, moins le flux entrant est important, mais plus la profondeur de champ de vision nette est grande. (Boudoukha, 2015).

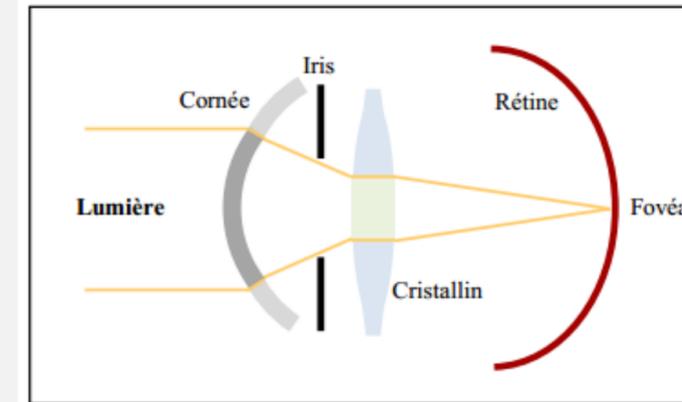


Fig 25: Le mécanisme de la vision.
Source: Daich, 2011

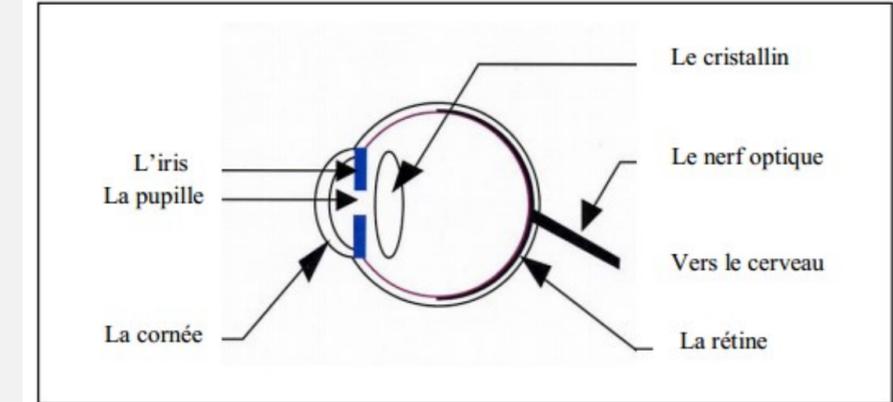


Fig 26 : Coupe sur l'œil humain.
Source: Daich, 2011

2- PERCEPTION DE LA LUMIERE NATURELLE :

• LE CHAMP VISUEL:

Selon l'association Belgique orthoptique, le champ visuel d'un œil est l'ensemble de tous les points de l'espace vus par cet œil alors qu'il regarde un point droit devant lui (sans bouger l'œil ou la tête). Sachant que le champ visuel est légèrement différent pour chaque individu. Le champ visuel n'est pas circulaire, il est de 94° du côté temporal, de 62° du côté nasal, de 50° et 80° vers le Haut et vers le bas

• PERCEPTION DE LA COULEUR:

La couleur apporte une dimension supplémentaire à l'éclairage. Les comportements humains sont en effet influencés par les réponses émotionnelles à l'environnement et la couleur est l'un des facteurs principaux de sa perception. La couleur d'un objet dépend de la lumière qui l'éclaire : la couleur bleu est une couleur froide (riche en radiations bleues) tandis la couleur rouge est une couleur chaude (riche en radiations rouges). (Daich, 2011).

• LA PERFORMANCE VISUELLE :

est un taux d'évaluation du système visuel utilisé pour quantifier les aptitudes d'une personne à détecter, identifier et analyser les détails entrant dans son champ de vision en se fondant sur la vitesse, la précision et la qualité de sa perception. (Daich, 2011).

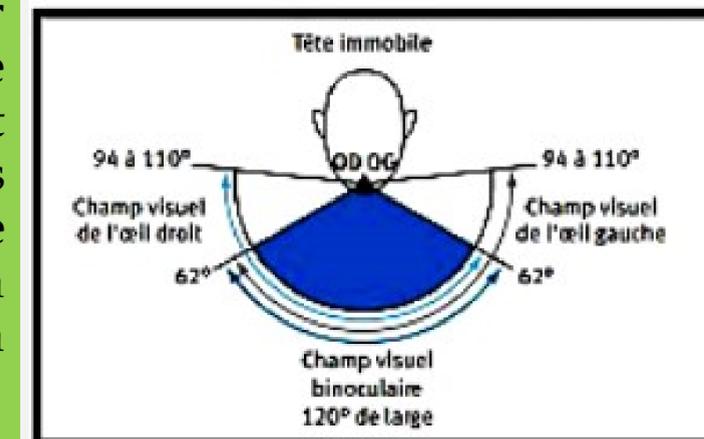


Fig 27 : Le champ visuel.
Source: <http://academie-en-ligne.fr/>

III- CONFORT VISUEL

1- DEFINITION:

Selon Liebard, Herde , 2005 Le confort visuel : est une impression subjective liée à la quantité, à la distribution et à la qualité de la lumière,

Selon MUDRI, 2002 « le terme de confort visuel est pris pour indiquer l'absence de gêne qui pourrait provoquer une difficulté, une peine et une tension psychologique, quel que soit le degré de cette tension ».

2- LES CRITERES DU CONFORT VISUEL:

- Le site, avec toutes ses contraintes dont l'ensoleillement, les masques et les reliefs, la nature des surfaces et l'éclairage artificiel extérieur.
- Le nombre d'ouvertures, leur taille, leur orientation.
- La quantité de lumière naturelle.
- La qualité de l'éclairage naturel qui est mesurée par le facteur de lumière du jour (FLJ).
- La qualité de l'éclairage électrique en termes de confort et de dépenses énergétiques est caractérisée par l'indice de rendu des couleurs et la température des couleurs.
- La relation visuelle avec l'extérieur.

(Daich, 2011)

3- LES PARAMETRES DU CONFORT VISUEL :

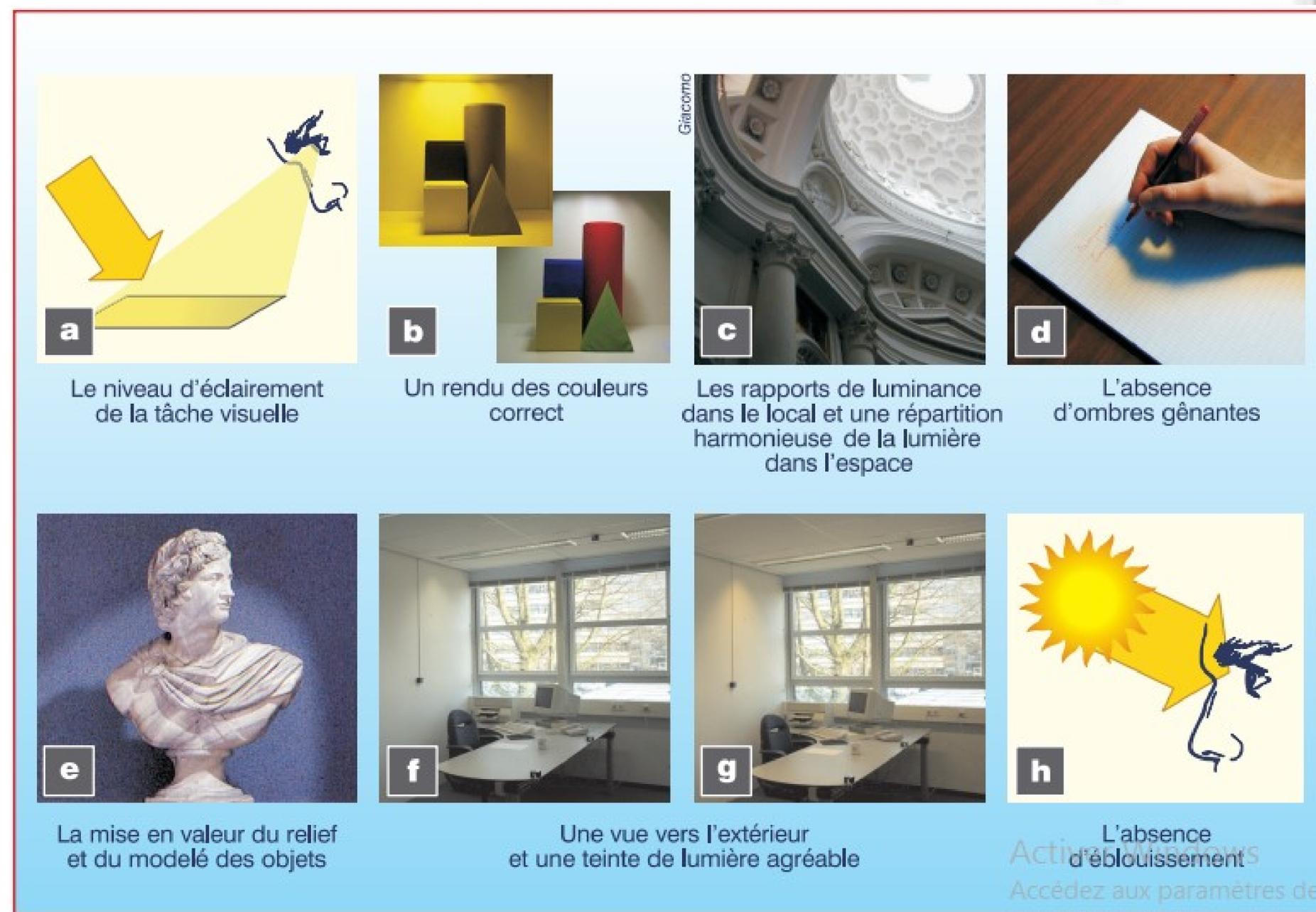


Fig 28 : Les paramètres du confort visuel
Source: LIEBARD, De Herde, 2005

4- LE CONFORT VISUEL DANS LS BUREAUX

Le confort visuel vise la réalisation d'une ambiance lumineuse adéquate pour le travail tout autant que le bien être de l'individu dans son espace de travail. A cet effet, plusieurs paramètres interviennent; **le contraste des luminances intervenant dans le champ de la vision, l'éclairement de la tâche, la nature de la tâche, la qualité de la lumière, les rayonnements directs, les couleurs des surfaces environnantes** (Tiller, 1992) cité par (Seksaf ,2006).

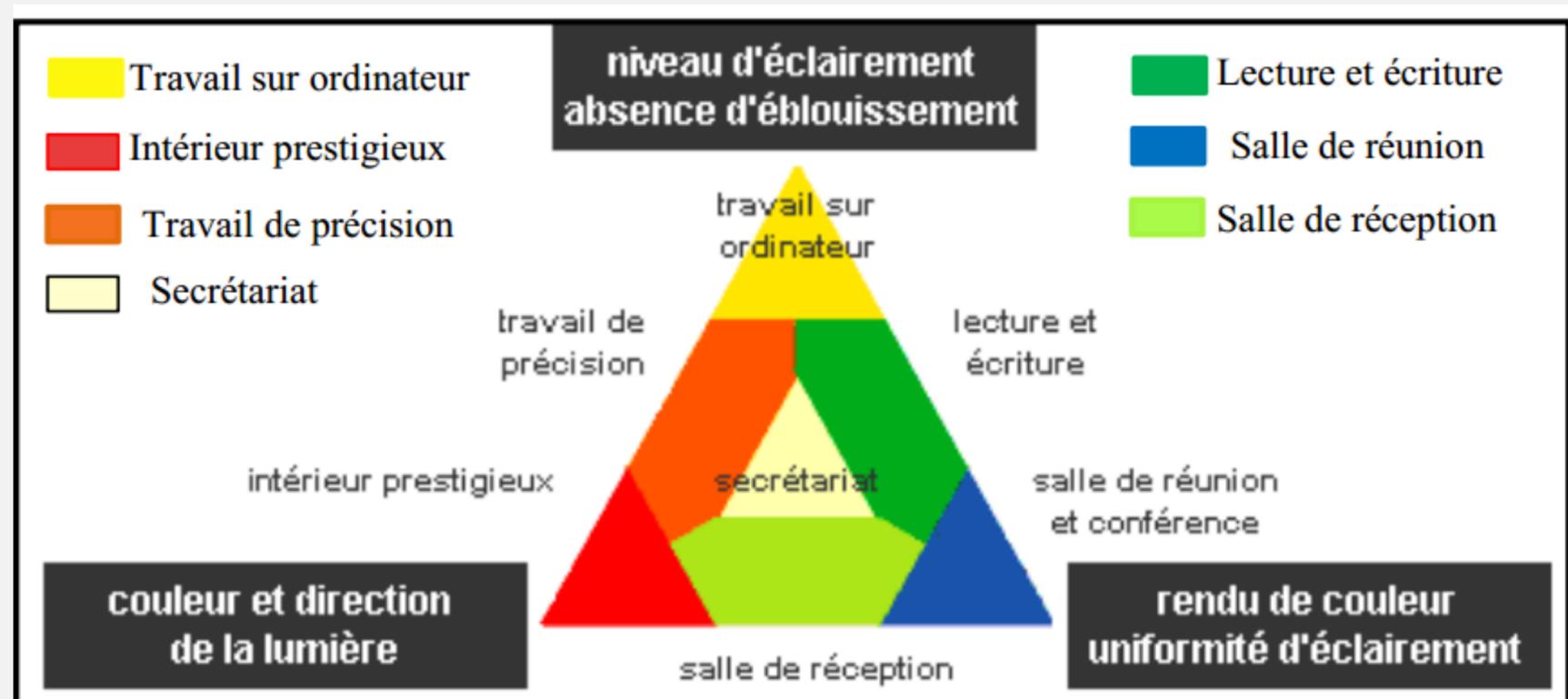


Fig 29 : Les exigences du confort visuel en fonction de la tâche à accomplir.
Source: www.energieplus-lesite.be.

Un bon éclairage doit, ainsi, offrir aux occupants une ambiance lumineuse agréable et vivante tout en leur permettant à la fois de mieux voir et mieux travailler. L'institut de Recherche en Construction du Canada (IRC) a défini un rapport de la performance visuelle qui dépend de quatre caractéristiques de la vision dans un espace de travail, à savoir:

- Le contraste entre l'objet et son environnement immédiat
- La taille d l'objet mesurée de point de vue de l'observateur
- L'âge de l'observateur
- La luminance d'adaptation dans le champ de vision (Seksaf,2006).

5- LA REGLEMENTATION RELATIVE A L'ECLAIRAGE NATUREL POUR LES BUREAUX

Objectifs de la réglementation de l'éclairage

D'après H. LAEDLEIN, les objectifs d'une réglementation technique de l'éclairage dans le bâtiment sont les suivants :

1

- Assurer le confort visuel des occupants.

2

- Assurer la sécurité des occupants contre tous risques possibles.

3

- Assurer à l'occupant des conditions d'hygiène acceptables

4

- Assurer la pérennité et la durabilité de la construction et de ses installations

5

- L'économie: cette exigence est relativement nouvelle et concerne surtout l'économie d'énergie

Outils de la réglementation de l'éclairage:

1-Les textes législatifs appelés« Règlements de construction ».

- Les lois, les décrets et arrêtés
- Les circulaires, instructions, notes: qui sont des documents internes à l'administration n'ayant aucune autorité vis-à-vis des personnes étrangères à cette dernière.

2-les textes normatifs:

D'après le C.G.S (Centre National de Recherche Appliquée en Génie Parasismiques): « les normes de construction sont les documents définissant surtout les propriétés essentielles des bâtiments, des composants et des produits qui les constituent, leurs dimensions, leurs caractéristiques et leurs performances. Elles renseignent souvent aussi sur la façon dont ces caractéristiques peuvent être vérifiées. (ministère de l'habitat)

3-les règles techniques:

Les textes techniques constituent un ensemble de recommandations dont le respect donne l'assurance d'une bonne construction mais dont l'application n'est strictement obligatoire que dans un certain nombre de cas : ils n'ont pas un caractère réglementaire.

Les « textes techniques » regroupent les Documents Techniques Réglementaires (D.T.R), les Règles Professionnelles, les Avis Techniques...ect **LAEDLEIN**

5- LA REGLEMENTATION RELATIVE A L'ECLAIRAGE NATUREL POUR LES BUREAUX

La principale norme européenne traitant de l'éclairage est la **NF EN 12464-1 : 2011** : Lumière et éclairage - éclairage des lieux de travail - Partie 1 : lieux de travail intérieur.

Elle a 3 critères:

- Eclairage moyen à maintenir
- Une valeur minimale de l'indice de rendu des couleurs (IRC) est requise.
- La limite de l'éblouissement d'inconfort

Elle recommande un niveau d'éclairage moyen de 500 lux sur le plan de travail pour les tâches de bureau classiques.

Zones, tâches, activités	Eclairage moyen à maintenir (lux) Valeur minimale	UGR – Valeur maximale	Indice de rendu des couleurs – R _a Valeur minimale
Eclairage des bureaux :			
– classement	300	19	80
– dactylographie, lecture	500	19	80
– poste CAO	500	19	80
– réception	300	22	80
– archives	200	25	80

Fig 30 : Valeurs de l'éclairage requises pour l'usage des bureaux par NF EN 12464-1:2011
Source: NF EN 12464-1:2011

L'espace du bureau	éclairage moyen à maintenir
Bureaux de travaux généraux	425 lux
Travail sur écran	350 lux
Dactylographie	425 lux
Salle de dessin, tables	850 lux

Fig 31: Valeurs de l'éclairage requises pour l'usage d'un bureau Source: AFE,1993

Niveau d'éclairage correspondant à une activité donnée de bureau	Somme résultante		
	-2 -3	+2 +3	-1 0 ou +1
200-300-500 lux	200 lux	500 lux	300 lux
500-750-1000 lux	500 lux	1000 lux	750 lux
1000-1500-2000 lux	1000 lux	2000 lux	1500 lux

Fig 32 : Critère de choix de l'éclairage proposé par IESNA Source: IENSA,1993

Type de bâtiment	Type d'espace	Eclairage moyen maintenu sur le plan de travail (lux)	Hauteur du plan de travail (m)
Bureau	Bureau individuel	400	à 0.8 m
	Bureaux paysager	400	à 0.8 m
	Salle de conférence	300	à 0.8 m

Fig 33: Valeurs de l'éclairage requises pour l'usage des bureaux Source: IENSA,2002



PARTIE 2: LES FACADES ADAPTATIVES

I- GENERALITES SUR LES FACADES

1- DEFINITION DE LA FACADE :

Selon Koolhaas et al, 2014 le terme « façade » est un concept qui désigne la surface extérieure d'un bâtiment , elle est dominée par l'ordre, la composition , la rigidité et la signification mais après le développement technologique, la façade a été transformée en un « emballage étanche » sous forme de murs rideaux. Cité par (khadraoui, 2019)

2- FONCTIONS DE LA FACADE :

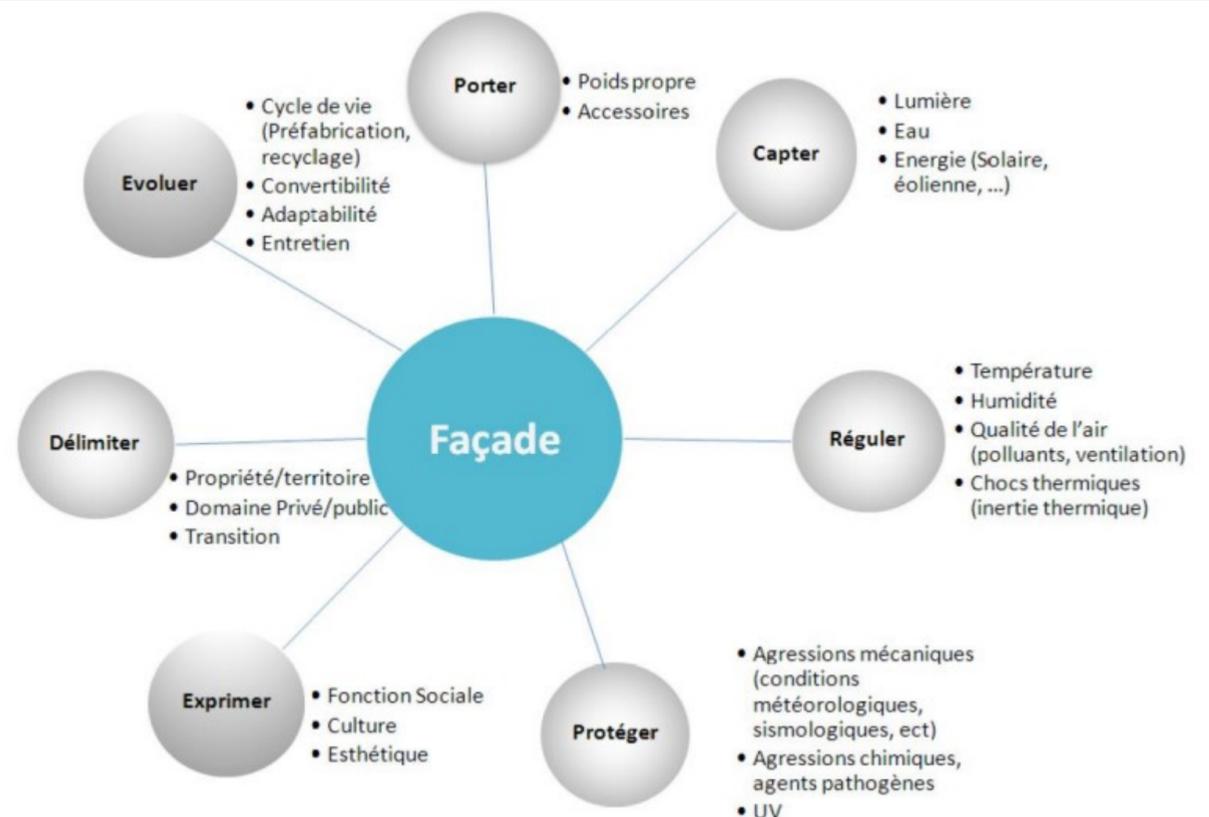


Fig 34: Les fonctions de la façade.

Source: Bucchianeri, 2012 cité par khadraoui, 2019

3- CRITERES DU CHOIX DE LA FACADE :

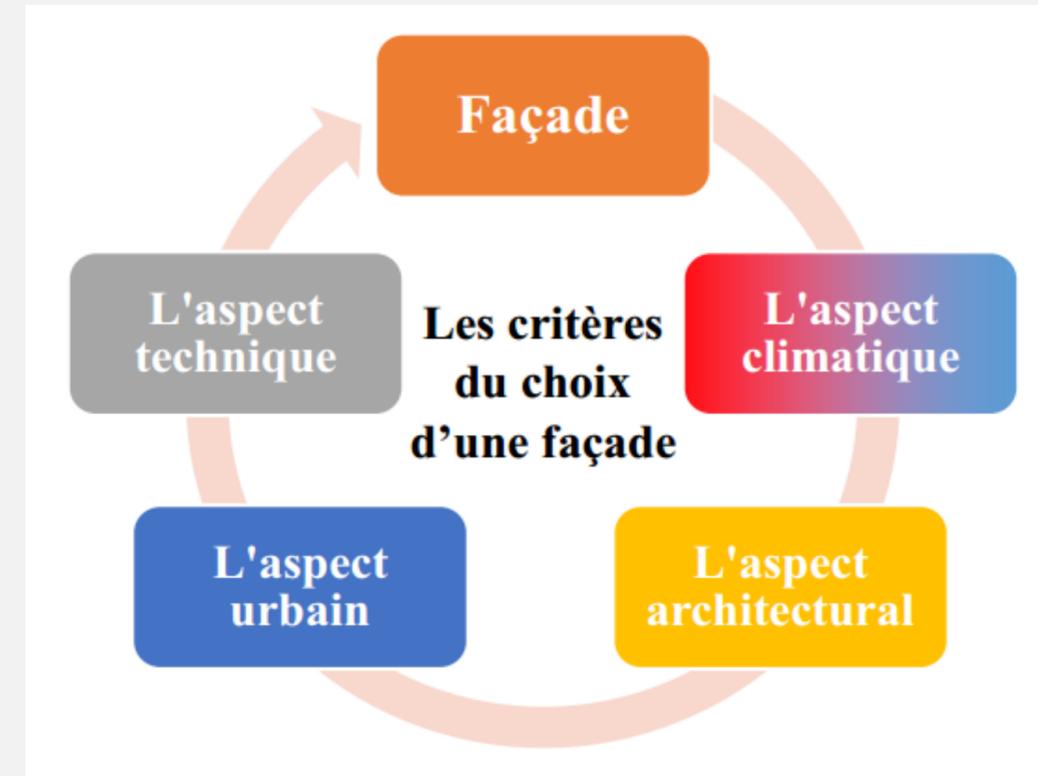


Fig 35 : Les critères du choix d'une façade. Source: Khadraoui, 2017

4- TYPOLOGIES DE LA FACADE :

1. FACADES PORTEUSES(Lourdes):

- Sont des composants qui participent à la fonction structurale et à la stabilité du bâtiment, elles portent les charges des toitures et des planchers(CERTU,2003)
- Les matériaux de ce genre: **la pierre, la brique de la terre cuite, le béton armé et les blocs du béton.**

1. FACADES NON PORTEUSES (Légères):

- Sont des composants légers qui ne participent pas à la fonction structurale ou la stabilité du bâtiment, cette typologie regroupe deux types: la façade légère et la façade en remplissage maçonnerie à faible épaisseur (CERTU, 2003)

5- CLASSIFICATION DE LA FACADE :

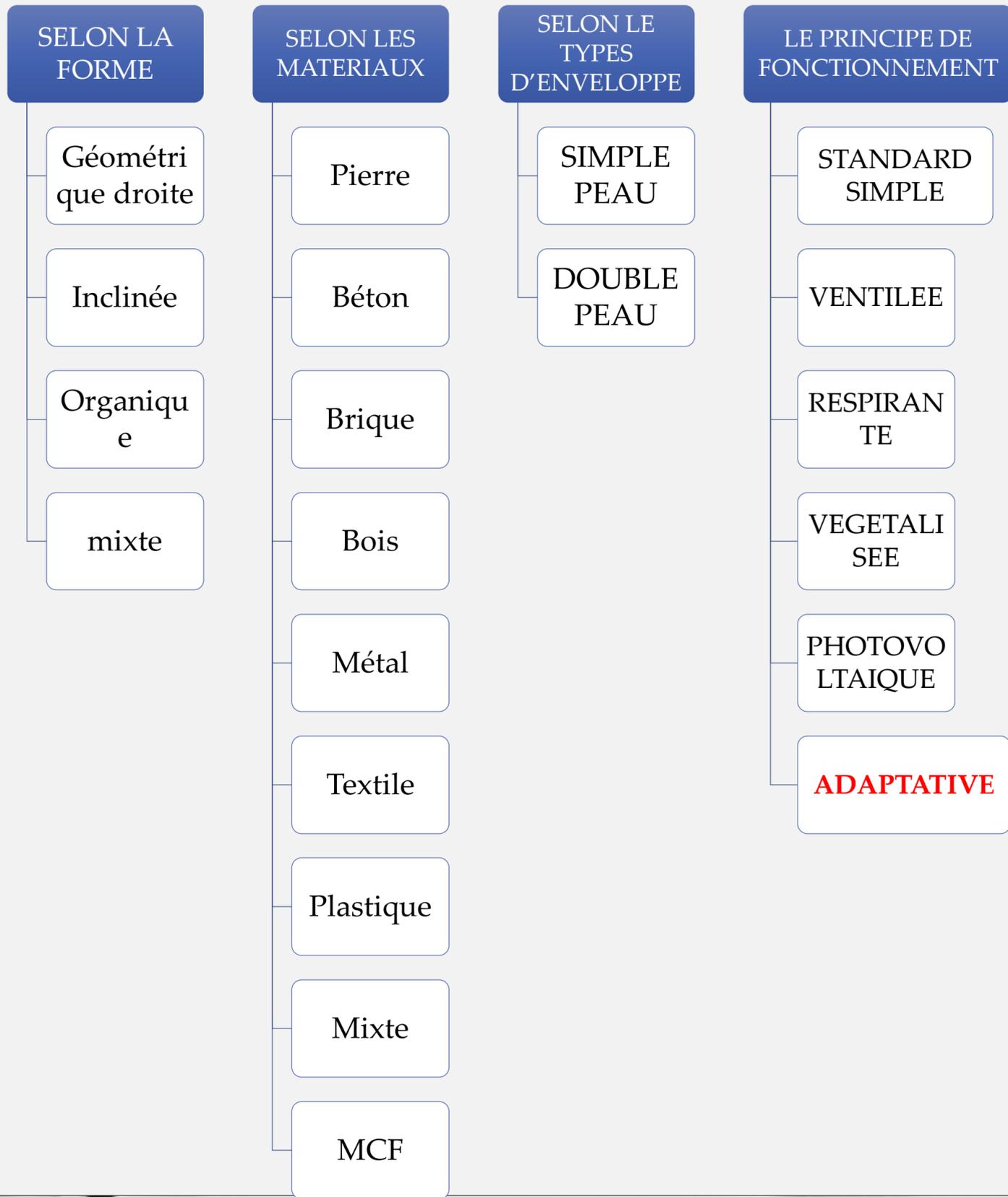


Fig 36 : Une façade végétalisée.
Source: Labastrou.ch



Fig 37 : Une façade végétalisée.
Source: Construction21.org



Fig 38 : Une façade organique.
Source: Cyberarchi.com

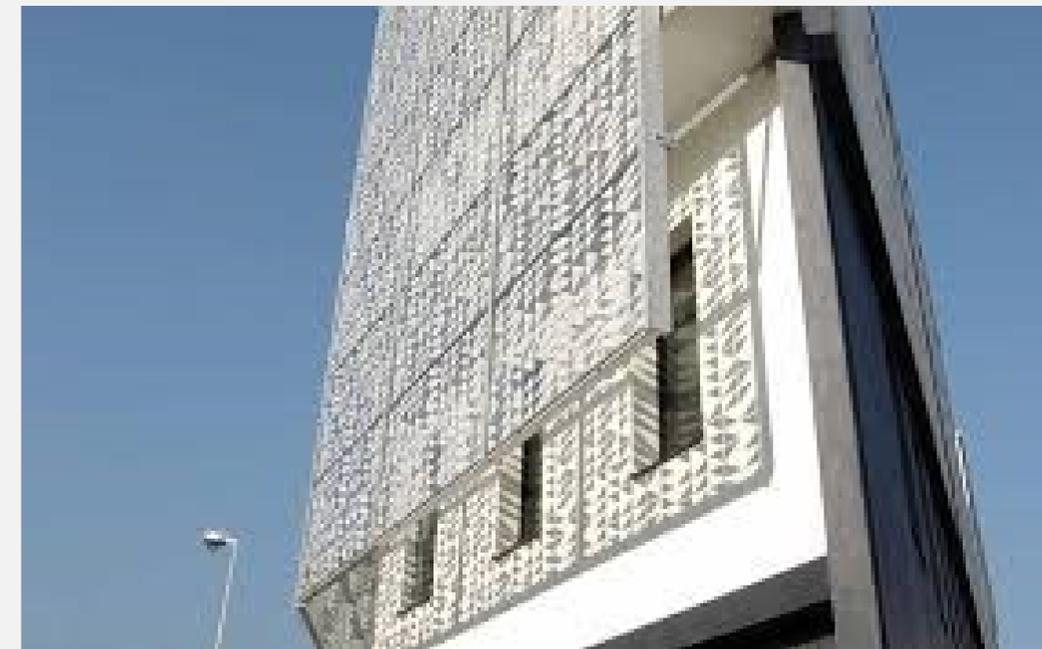


Fig 39 : Une façade double peau.
Source: lenoirmetallerie.fr

II- LES FACADES ADAPTATIVES

1- DEFINITION DE LA FACADE ADAPTATIVE :

La façade adaptative est une façade intelligente et dynamique caractérisée par sa capacité d'adaptation et le changement de son comportement en temps réel selon les conditions externes, internes et les besoins des occupants dont l'objectif est d'assurer le confort des utilisateurs et améliorer la performance globale du bâtiment **(Alenei et al.,2016)**

Elle présente des bienfaits sur plusieurs plans thermiques, lumineux et aérauliques **(Karanouh et al.,2015)** .

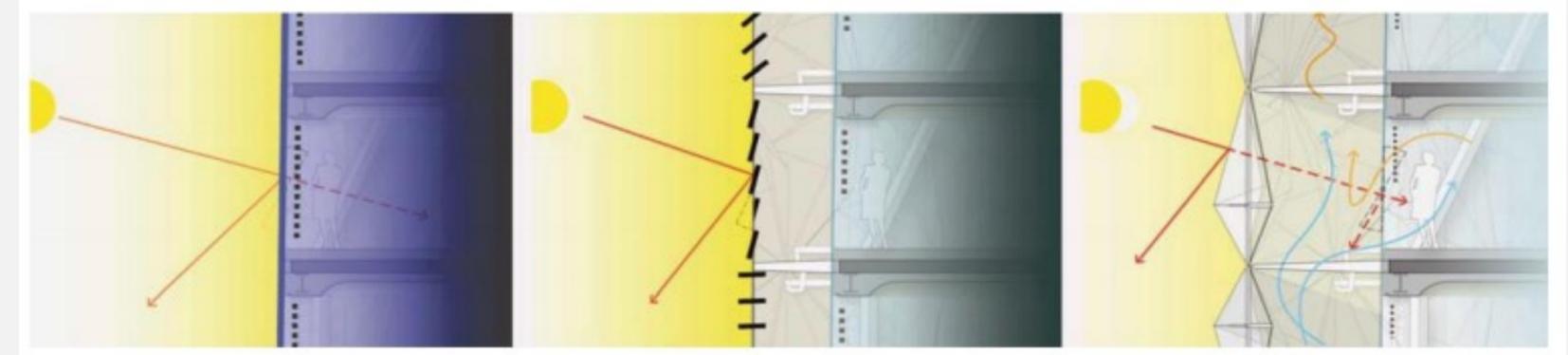


Fig 40 : Comparaison entre façade adaptative et les façades classiques.
Source: Karanouh et al., 2015

2- HISTORIQUES DES FACADES ADAPTATIVES :

L'une des premières enveloppes climatiques adaptatives automatisées c'était la façade de Buckminster Fuller du pavillon des États-Unis construit pour l'Expo 1967 de Montréal, qui a donné la naissance à une nouvelle génération d'enveloppes à haute performance et l'émergence des ensembles sophistiqués alliant réponse en temps réel de l'environnement ont utilisant des matériaux développés, et de nouvelles techniques de conception pour la fabrication **(Trubiano, 2012)** cité par **(Benbacha, 2017)**



Fig 41: Le pavillon des États-Unis a Montréal – Expo 67.
Source: Pinterest.ca

3- TYPE DES FACADES ADAPTATIVES :

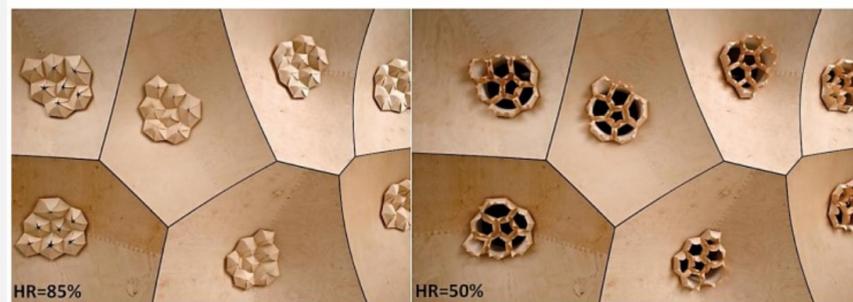
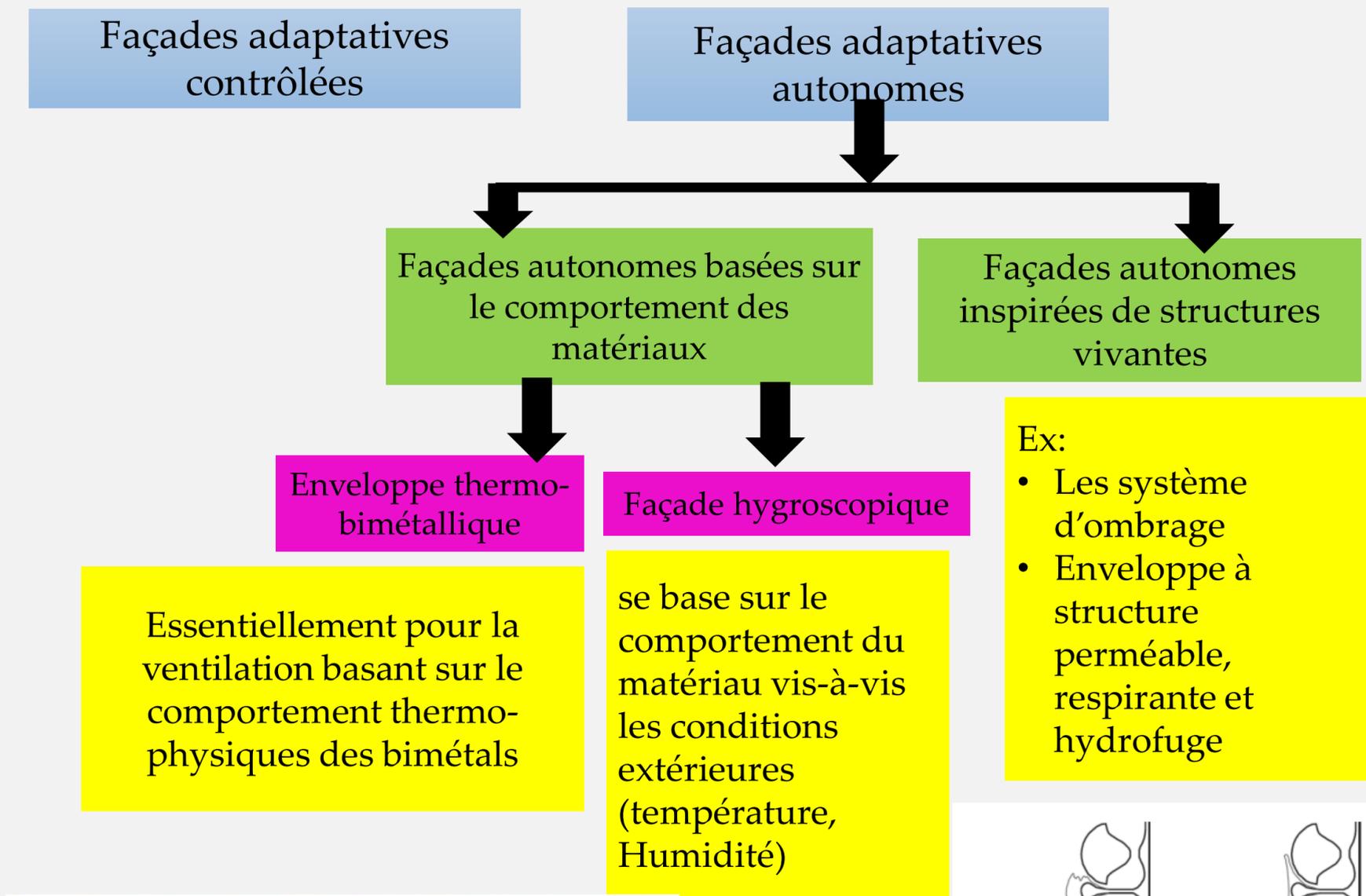
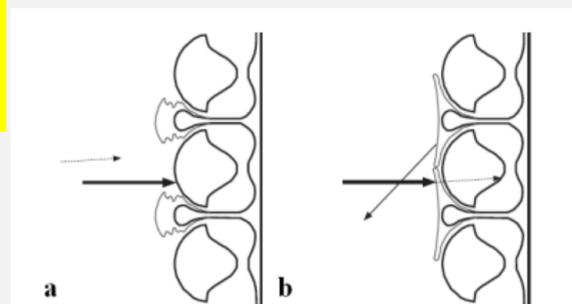


Fig 42 : Le comportement hygroscopique du bois (*HygroSkin-Meteorosensitive Pavilion*).
Source: www.icd.uni-stuttgart.de



de principe du système d'ombrage auto sensitif (a) l'exposition au soleil (b) lentille ombrée (Source: Braun 2008)

Fig 43 : Schéma de principe du système d'ombrage auto sensitif a) exposition au soleil b) lentille ombrée
Source: Braun, 2008 cité par Hadbaoui, 2018

4- LES FACADES ADAPTATIVES ET LE CONFORT VISUEL

Des études sur les façades adaptatives ont confirmé leurs impacts sur l'amélioration de la qualité de l'environnement intérieure des bâtiments du point de vue de la lumière naturelle. D'autres recherches ont montré aussi les effets positifs des ombrages dynamiques dans la gestion de l'autonomie de la lumière du jour et ces mouvements qui limitent les problèmes de l'éblouissement (Reinhart et Jones, 2004). Cité par (Benbacha, 2017)

une étude menée par Konis, Lee et Clear en 2011, a conclu qu'après l'utilisation des stores vénitiens divisés et automatisés par rapport aux stores vénitiens statiques, ils sont arrivés à améliorer le niveau de confort visuel de « simplement inconfortable » au niveau « juste acceptable ». (Benbacha, 2017)

CONCLUSION

- La notion du confort visuel dans le bâtiment est complexe puisqu'elle dépend de plusieurs paramètres quantitatifs et qualitatifs.
- L'enveloppe de bâtiment en tant que la première ligne défensive contre les conditions extérieurs, joue un rôle dans le confort intérieur thermique, acoustique et visuel...ect .
- Les façades adaptatives constitue une alternative aux façades classiques pour les bureaux par leur capacité d'adapter avec les conditions climatiques. Au plan du confort visuel elles permettent le contrôle et régulation de la lumière naturelle en minimisant l'éblouissement produisant un environnement lumineux sain et confortable.

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages:

- **DE HERDE, André, LIEBARD, Alain**, 2005. *Traité d'Architecture et d'Urbanisme Bioclimatique : Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable*, Ed Observer, Paris.
- **LAEDLEIN, Hervé**. Réglementation technique de la maison individuelle : guide pratique du constructeur. Série CATED. Paris : Eyrolles. 1979.
- **MUDRI, L.**,2002. *De l'hygiène au bien-être, du développement sans frein au développement durable : ambiances lumineuses*. Paris. Ecole d'architecture de Paris Belleville.

THESES ET MEMOIRES:

- **BENBACHA Cherif**.2017. « Les façades dynamiques; moyen de contrôle solaire pour accroître l'efficacité énergétique des équipements administratifs en climat aride » – Biskra [En ligne]. Mémoire de Magister, Constantine : Université Constantine 3, 153 P. Disponible sur :< <https://www.researchgate.net/publication/322404246>.>
- **BENHARKAT, Sarah**. 2006. « Impact de l'éclairage naturel zénithal sur le confort visuel dans les salles de classe ». [En ligne]. Mémoire de magister. Constantine : Université Mentouri, ,266p. Disponible sur :< bu.umc.edu.dz/thesis/architecture/BEN4473.pdf >.
- **BOUDOUKHA, Ayoub**. 2015. « Analyse de la Symbiose environnement lumineux et qualité architecturale dans le secteur résidentiel. Cas de la cité des 426 lots El Eulma, Sétif ».[En ligne]. Mémoire de magister. Architecture, Formes, Ambiances et développement durable. Biskra : Université Mohamed KHIDER de Biskra, 127p.Disponible sur :< http://thesis.univbiskra.dz/1476/1/Archi_m3_2015.pdf >.
- **CHERIER Mohamed Kamal**, 2018. «L'utilisation passive de l'énergie solaire dans les habitats de ghardaïa ». [En ligne]. Thèse de Doctorat, Tlemcen: Université Abou-Bekr Belkaid ,169p. Disponible sur : < https://www.researchgate.net/publication/327562315_L'utilisation_passive_de_l'energie_Solaire_dans_les_habitats_de_Ghardaia >
- **DAICH, Safa**. 2011. «Simulation et optimisation du système light shelf sous des conditions climatiques spécifiques, Cas de la ville de Biskra». [En ligne]. Mémoire de magister. Biskra : Université Mohamed KHIDER de Biskra. Disponible sur :< <http://thesis.univ-biskra.dz/1126/> >
- **DAICH, Safa**. 2019. « Modélisation du système anidolique pour un environnement lumineux intérieur intégré ». [En ligne]. Thèse de Doctorat. Biskra : Université Mohamed KHIDER de Biskra ,355p. Disponible sur :< <http://thesis.univ-biskra.dz/4011/> >.

BIBLIOGRAPHIE

THESES ET MEMOIRES:

- **DIRAHOUI, Mohamed Adlene. 2015.** « Caractérisation de la qualité de l'environnement lumineux à l'intérieur des ateliers d'architecture à l'EPAU ». [En ligne]. Mémoire de magister, Alger : école polytechnique d'architecture et d'urbanisme EPAU, 155P. Disponible sur : < www.epaualger.edu.dz/Index.php/post-graduation/.../34.../48-soutenus-en-2015.pdf >.
- **HADBAOUI Hicham, 2018.** « Pratique du biomimétisme dans l'architecture bioclimatique : Essai sur la performance énergétique des enveloppes architecturales autonomes responsives dans un climat aride ». [En ligne]. Mémoire de Magister, Constantine : Université de Constantine 3, 138 P. Disponible sur : < <https://www.researchgate.net/publication/324419036> Pratique du biomimetisme dans l'architecture bioclimatique Essai sur la performance energetique des enveloppes architecturales autonomes responsives dans un climat aride >
- **KHADRAOUI Mohamed Amine. 2019.** « Etude et optimisation de la façade pour un confort thermique et une efficacité énergétique (cas des bâtiments tertiaires dans un climat chaud et aride) ». [En ligne]. Thèse de Doctorat, Biskra : Université Khider Mohamed de Biskra, 309P. Disponible sur : < <http://thesis.univ-biskra.dz/4017/1/Th%C3%A8se%20Khadraoui%20Mohamed%20Amine%202019.pdf> >
- **MAGRI, S. 2006** « Rapport entre éclairage naturel et confort thermique dans les milieux à climat chaud et aride, proposition d'une typologie de dispositifs architecturaux ». Mémoire de magister. Alger : EPAU.
- **MATALLAH, Zineb. 2016.** « Etude des effets de l'orientation sur le confort visuel dans les salles de cours » [En ligne]. Mémoire de magister. Ville et architecture au Sahara. Biskra : Université Khider Mohamed de Biskra , 199P. Disponible sur : < thesis.univ-biskra.dz/257/1/Mémoire_25_2016.pdf >.
- **SEKSAF Mouniette ennoufous. 2006.** « impact de la conception des fenêtres en milieu aride sur la perception et le comportement des usagers des espaces de bureau vis-à-vis de l'éclairage : étude exploratoire cas de la ville de Biskra ». [En ligne]. Mémoire de Magister, Biskra : Université Khider Mohamed de Biskra, 157 P. Disponible sur : < <http://thesis.univ-biskra.dz/2402> >

BIBLIOGRAPHIE

ARTICLES SCIENTIFIQUES/RAPPORTS TECHNIQUES:

- **Algérie. Ministère de l'Habitat.** Réglementation technique algérienne du bâtiment : concepts et nomenclature. Alger : Centre National de Recherche Appliquée en Génie Parasismiques C.G.S. Mars 1998.
- **AELENEI ,D., AELENEI, L., VIEIRA, C.P. 2016.** Adaptive Façade : concept, applications, research questions. Energy Procedia, 91, 269-275.
- **Association Française de l'Éclairage :** Recommandations relatives à l'éclairage intérieur des lieux de travail, AFE, 1993
- **BELAKEHAL, A. et TABET AOUL, K. Juin 2003.** « L'éclairage naturel dans le bâtiment, référence aux milieux arides à climat chaud et sec ». Courrier du Savoir, n°04, Biskra : Université Mohamed Khider, 10P. Disponible sur : < <http://www.webreview.dz/IMG/pdf/1-Belakehal.pdf> > .
- **BROWN, W. C. et RUBERG, K.1988.** « RSB 88 : Facteurs de performance des fenêtres ». Canada.
- **CERTU.2003,** Mémento technique du bâtiment –Les façades. disponible sur www.CERTU.fr
- **FLORU, R. 1996.** « Eclairage et vision » [En ligne]. Rapport de recherche Notes scientifiques et techniques de l'INRS NS 149, (INRS). Disponible sur :< <https://hallara.archives-ouvertes.fr//hal-01420151/document> >
- **IESNA .2000.** *The IESNA Lighting Handbook, 9th ed.* New York: IESNA (Illuminating Engineering Society of North America).
- **IESNA .1993.** *Lighting Handbook-Reference & Application, ed.: REA M, IESNA (Illuminating Engineering Society of North America).*
- **Karanouh,A.,Kerber,E. 2015.** Innovations in dynamic architecture: The Al-Bahar Towers Design and delivery of complex facades. Journal of Facade Design and Engeneering, 3(2), 185-221.
- **REITER, S., De Herde, A. 2004.** *L'éclairage naturel des bâtiments.* Presses universitaires de Louvain.
- **TERRIER, Christian et VANDEVYVER, Bernard. 1999.** "L'éclairage naturel", fiche pratique de sécurité, Paris : ED 82, *Travail et Sécurité*, Mai1999. [En ligne]. Disponible sur :<www.inrs.fr>.

SITES WEB/AUTRES SOURCES:

- www.pining.com
- : Labastrou.ch
- Construction21.org
- : Cyberarchi.com
- lenoirmetallerie.fr
- Pinterest.ca
- www.energieplus-lesite.be
- <http://academie-en-ligne.fr/>
- Directusine-mesure.fr
- www.icd.uni-stuttgart.de
- Aquaportail.com
- <http://www.orthoptie.be/fr>
- Cdiscount.com
- Directindustry.fr
- ww.lebloglaurielumiere.com
- energieconsciousdesign.ecda.ec.uk
- arpc167.epfl.ch
- mysti2d.net
- Encarta 2004