



Elithis Solutions

Numéro de l'affaire :

82294

Chargé de projet : Fabien VINCENT

Phase : APS-Programme

Date de diffusion : 27/06/2024



Rapport d'analyse du confort visuel

CENTRE ULM

1, rue d'ULM

Paris 5^{ème} arrondissement (75)

Maitre d'Ouvrage	Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne
Architecte	Lemoal Lemoal

Historique du document

INDICE	PLANS	CE	MODIFICATION	DATE
A	Plans phase APS- Programme 12/04/2023	FV	1 ^{ère} diffusion	27/06/2024

SOMMAIRE

1. GENERALITES	5
1.1 CADRE	5
1.2 PROJET	5
1.3 OBJECTIFS	5
1.4 EXIGENCES ET REFERENTIELS	6
1.5 ESPACES CONCERNES PAR L'ETUDE	6
1.6 MOYENS INFORMATIQUES	6
1.7 VALIDITEE DE L'ETUDE	6
2. SYNTHESE	7
3. SIMULATION	8
3.1 OUTILS DE SIMULATION	8
3.2 PLAN UTILE	8
3.3 ZONE DE 1 ^{ER} ET 2 ND RANG	8
3.4 MAILLAGE DE LA ZONE D'ETUDE	9
3.5 FICHER METEOROLOGIQUE	10
3.6 MODELISATION 3D	12
4. HYPOTHESES	13
4.1 PAROIS VITREES	13
4.2 REVETEMENTS INTERIEURS	14
4.3 OBSTRUCTIONS EXTERIEURES	15
5. AUTONOMIE LUMINEUSE - ALJ	16
5.1 DEFINITION	16
5.2 PARAMETRES	16
5.3 OBJECTIFS	16
5.4 RESULTATS DETAILLES	17
5.5 RECAPITULATIF DES RESULTATS	24
5.6 LIMITATION AUX HEURES DE JOUR	25
5.7 REEVALUATION DE LA CIBLE ALJ	25
6. INDICE D'OUVERTURE	26
6.1 DEFINITION	26
6.2 RESULTATS	26
7. ACCES A L'ECLAIRAGE NATUREL	28
8. FACTEUR LUMIERE JOUR - FLJ	29
8.1 DEFINITION	29
8.2 RESULTATS DETAILLES	30
8.3 RECAPITULATIF DES RESULTATS	37
8.4 ANALYSE DES RESULTATS	38
8.5 EVALUATION DES RESULTATS	39
8.6 REEVALUATION DE LA CIBLE FLJ	40
9. RISQUES D'EBLOUISSEMENT	42
9.1 DEFINITION	42
9.2 EXIGENCE	42

9.3	ANALYSE DU RIQUE D'EBLOUISSEMENT	42
9.4	GESTION DU RIQUE D'EBLOUISSEMENT	42
10.	ANNEXES.....	43
10.1	ZONES DE PREMIER RANG	43
10.2	COEFFICIENTS DE REFLEXION CONVENTIONNELS	47

1. GENERALITES

1.1 CADRE

La présente opération a pour but la réfection des façades du bâtiment Centre ULM, situé au 1 Rue d'Ulm Paris 5^{ème}. Dans ce cadre, Elithis accompagne la maîtrise d'ouvrage (Université Paris Sorbonne) en tant qu'AMO sur les sujets techniques et environnementaux du projet.

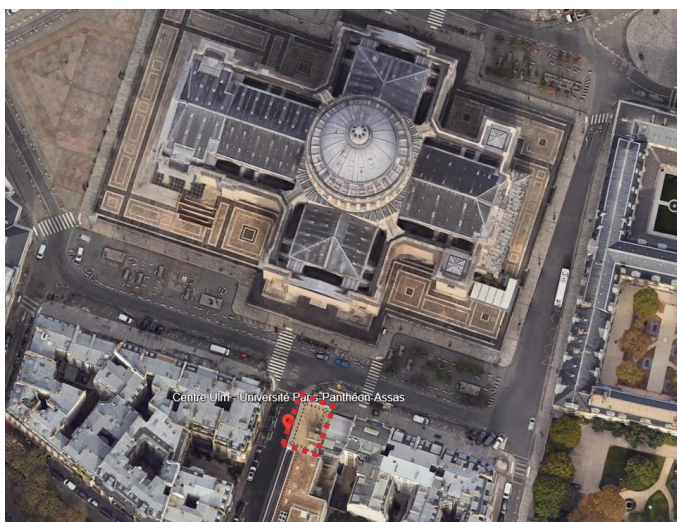
Le carnet de bord de la région Ile De France fixe certaines règles et décline les exigences selon plusieurs axes dans le cadre de projet de construction et/ou de rénovation de bâtiment.

L'opération devra répondre aux différents items fixé par ce cahier des charges.

Les façades ont la particularité d'être soumises à l'approbation des architectes des bâtiments de France. L'aspect des façades actuelles devra donc être conservé.

1.2 PROJET

Le bâtiment se situe au croisement de la rue d'Ulm et de la place du Panthéon (Paris 5^{ème} arrondissement).



Vue aérienne du Centre ULM : google earth

Le bâtiment a été construit dans les années 70 et est mitoyen d'un côté au n°3 rue d'Ulm et de l'autre au n°7 place du Panthéon.

Le centre ULM s'élève sur 5 niveaux de bureaux surplombé d'une toiture terrasse. En sous-sol se trouvent une salle de réunion, un espace de pause ainsi que des pièces de stockage et les installations techniques.

Les deux façades sont conçues selon deux principes constructifs différents :

1. Une façade rideau côté Panthéon
2. Une façade lourde classique côté rue d'Ulm

1.3 OBJECTIFS

Cette étude porte sur l'analyse du confort visuel du projet, encadré par l'orientation 9 de l'axe 5 du carnet de bord développement durable de la région Ile-de-France.

L'analyse du bâtiment avant travaux permettra de dresser un **état des lieux de l'existant** afin de déterminer les **objectifs à atteindre** pour **définir l'engagement des travaux** de construction prévus.

1.4 EXIGENCES ET REFERENTIELS

Le carnet de bord durable (TBD) de la région Ile de France fixe plusieurs objectifs au niveau du confort visuel (axe 5, orientation 9) :

1. L'atteinte d'une autonomie de lumière naturelle globale $\geq 66\%$
2. Un indice d'ouverture : $Io \geq 25\%$
3. L'utilisation $\geq 50\%$ de l'éclairage naturel sur 95% de la surface du bâtiment
4. Un FLJ $> 2\%$ pour 80% de la zone de premier rang
5. Un Daylight Glare Probability $< 5\%$

1.5 ESPACES CONCERNES PAR L'ETUDE

Les espaces étudiés dans cette étude sont limités aux bureaux et salles de réunion ayant un accès direct à la lumière naturelle et qui sont impactées par la rénovation des façades.

1.6 MOYENS INFORMATIQUES

Les résultats issus de la simulation thermodynamique (STD) et de l'étude du facteur lumière jour (FLJ) et d'autonomie lumineuse (ALJ) du projet sont issus du logiciel PLEIADES (IZUBA) version 6.24.4.2 (mise à jour permanente).

1.7 VALIDITEE DE L'ETUDE

Toute modification des hypothèses de calcul décrites dans cette étude entrainera la remise en cause des calculs et des résultats présentés dans ce document.

2. SYNTHÈSE

Certains objectifs fixés par le TBD ne sont pas atteints par le bâtiment existant avant travaux. Les façades étant soumises à l'approbation des architectes des bâtiments de France, leur aspect actuel sera conservé. Aussi, nous proposons d'adapter certains objectifs afin de les rendre atteignable tout en maintenant un niveau d'exigence élevé dans la qualité du confort visuel :

Cibles	Cibles TBD	Proposition ELITHIS Cibles programmatiques	Commentaires
Autonomie de lumière naturelle globale	$ALJ \geq 66\%$	$ALJ \geq 45\%$	$ALJ_{\text{existant}} = 52\%$ Ne pas dégrader de plus de 15% le niveau d'éclairement naturel par rapport à celui existant avant travaux → Exigence adaptée
Indice d'ouverture	$Io \geq 25\%$	$Io \geq 25\%$	$Io_{\text{existant}} = 26\%$ → Exigence conservée
Utilisation de l'éclairage naturelle	$\geq 50\%$ sur 95% de la surface du bâtiment	Accès à la lumière naturelle dans 100% des espaces étudiés	Les espaces concernés par l'étude sont ceux touchés par les mesures de rénovation des façades et ont donc tous accès à la lumière naturelle → Exigence adaptée
Facteur lumière jour	$FLJ \geq 2\%$ pour 80% de la zone de premier rang	$FLJ \geq 0.7\%$ pour 80% de la zone de premier rang dans 50% des espaces étudiés (en surface) ET $FLJ_{\text{moyen}} \geq 3.1\%$	Seuil de base du référentiel HQE rénovation « bâtiment tertiaire » avec prise en compte de la réduction de 0.5% pour travail sur écran ET Ne pas dégrader de plus de 15% le niveau d'éclairement naturel par rapport à celui existant avant travaux → Exigence adaptée
Gestion du risque d'éblouissement	$DGP < 5\%$	$DGP < 5\%$	Gestion par store extérieur et/ou intérieur sur la façade ouest côté rue d'Ulm → Exigence conservée

3. SIMULATION

3.1 OUTILS DE SIMULATION

Il existe sur le marché international un nombre important de logiciels permettant la simulation numérique de l'éclairage. Les logiciels existants diffèrent entre eux par les algorithmes qu'ils utilisent, par leur approche DAO (Dessin Assisté par Ordinateur), par la prise de considération des différents types de sources lumineuses, par leur capacité à simuler les phénomènes de propagation de lumière plus ou moins complexes, par leur interface utilisateur et finalement par leur vocation et leurs domaines d'application.

Les algorithmes utilisés dans les logiciels de simulation de l'éclairage sont des algorithmes dits d'éclairage global (en anglais, « global illumination ») puisqu'ils font un calcul tridimensionnel de la propagation de la lumière et peuvent être classés sous trois grandes familles :

- La radiosité
- Le lancer de rayon (méthode de Monte Carlo)
- Le lancer de particules (Photon Mapping)

Ces familles tendent à avoir des avantages et des inconvénients complémentaires, ce qui fait que certains logiciels utilisent une logique hybride combinant ces familles.

Dans le cadre de l'étude de l'éclairage naturel, le logiciel de simulation utilisé doit donc répondre à un certain nombre de critères. **Le logiciel doit être destiné au calcul du niveau d'éclairage naturel dans les bâtiments et doit permettre :**

- **Un calcul selon l'un des trois algorithmes** cités ci-dessus ou une combinaison de ces algorithmes.
- **Une modélisation conforme à la géométrie des locaux**
- La définition d'**un maillage de calcul conforme aux exigences** du référentiel de certification utilisé.

3.2 PLAN UTILE

Le plan utile est un plan fictif sur lequel sont calculées les valeurs d'ensoleillement naturel. La hauteur du plan utile dépend du type de local considéré. On se référera au tableau ci-dessous pour la déterminer.

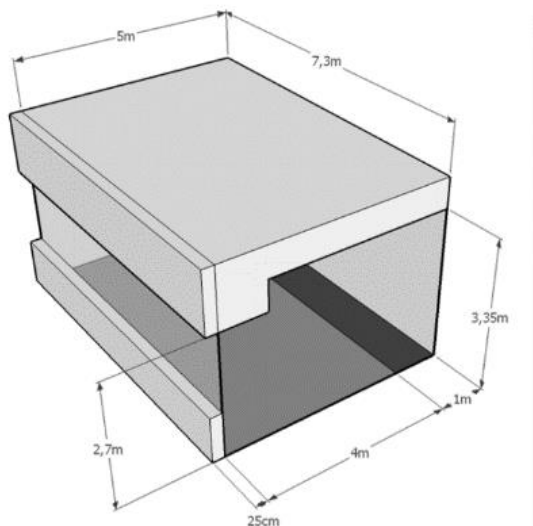
ACTIVITES	HAUTEUR DU PLAN UTILE (m)
Bureaux, salles d'enseignement, espaces privatifs	0,7 ou hauteur réelle du plan de travail
Crèches	0
Entrepôts, circulations, halls	0
Autres espaces	0,7 ou hauteur réelle

3.3 ZONE DE 1^{ER} ET 2ND RANG

La zone de **premier rang** est la zone s'étendant depuis le nu intérieur du mur extérieur jusqu'à une profondeur égale à deux fois la distance verticale entre le plan de travail et le niveau du plafond.

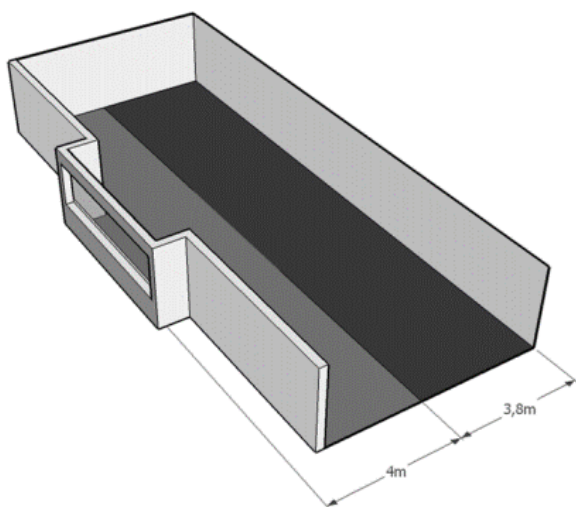
La zone de **second rang** est comprise entre la limite de la zone de 1^{er} rang et le fond de la pièce. Dans le cas où la zone de 1^{er} rang couvre déjà toute la surface de la pièce, la zone de 2nd rang est inexistante, et les éventuelles exigences concernant celle-ci sont sans objet.

Exemple : Ci-dessous sont illustrées les zones de 1^{er} et 2nd rang pour un bureau. La profondeur de la zone de premier rang vaut $2 \cdot (h_{\text{sous plafond}} - h_{\text{plan utile}}) = 2 \cdot (2,7 - 0,7) = 4\text{m}$. La profondeur du local étant de 5 m, la zone de 2nd rang s'étend depuis la fin de la zone de 1^{er} rang, c'est-à-dire depuis la ligne des 4 m depuis la façade jusqu'au fond du local.

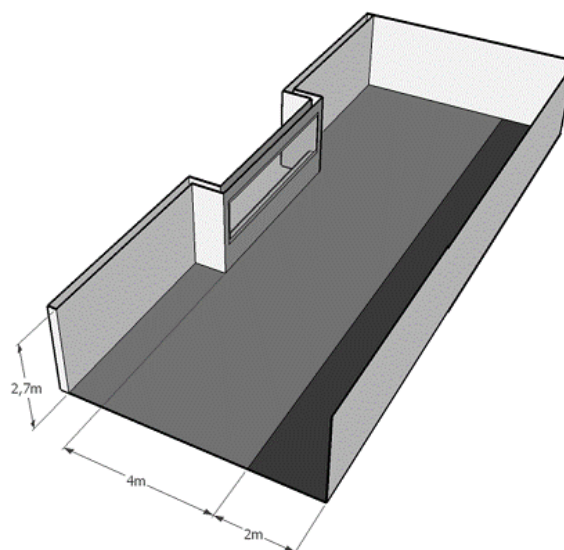


■ Zone de 1^{er} rang
■ Zone de 2nd rang

Zone de 1^{er} et 2nd rang



Zone de 1^{er} et 2nd rang – Ouverture en avancée



Zone de 1^{er} et 2nd rang – Ouverture en renforcement

3.4 MAILLAGE DE LA ZONE D'ETUDE

Le maillage (grille de calcul) de la zone d'étude est défini selon **la norme NF EN 12464-1**.

La taille maximale de la grille se calcule en fonction de la dimension la plus grande de la zone de calcul, largeur ou longueur (sauf dans le cas où le rapport du plus long côté sur le plus court côté est supérieur ou égal à 2, le dimensionnement se fait par rapport à la plus courte dimension).

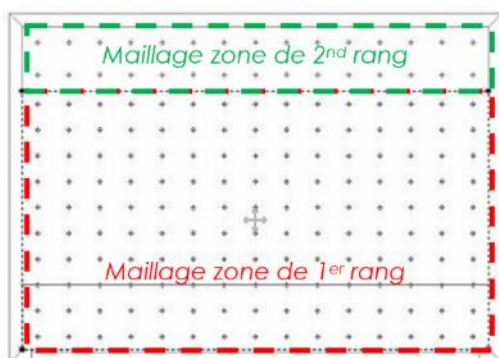
Des grilles proches du carré sont préférables, le rapport de la longueur sur la largeur d'une maille de la grille doit être conservé entre 0,5 et 2.

Pour les locaux de **forme rectangulaire**, un maillage rectangulaire est à privilégier. La taille maximum des mailles est fonction de l'usage et de la surface au sol des locaux. Il convient de respecter des tailles de mailles inférieures ou égales aux tailles maximales données dans le tableau suivant :

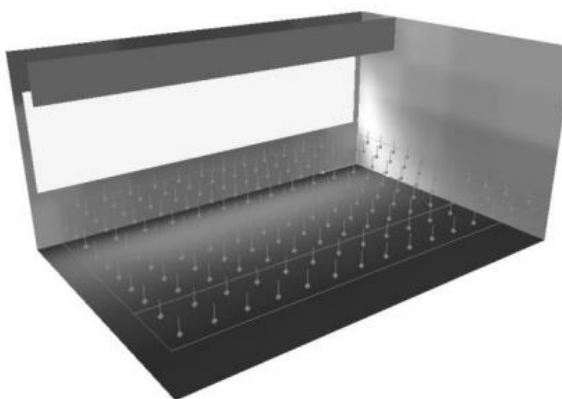
TPOLOGIE D'ESPACE	DIMENSIONS MAXIMALES DU MAILLAGE (m x m)
Bureaux (individuels, collectifs, open space), salles d'enseignement et de travaux pratiques, espaces privatifs	0,5 x 0,5
Grands espaces communs dédiés à la circulation, espace de restauration fréquenté par les clients des bâtiments d'hôtellerie	0,8 x 0,8
Entrepôts	1 x 1
Espaces associés, espaces caractéristiques de l'activité non couverte par un des tableaux du référentiel	A justifier en fonction de l'espace et des maillages définis ci-dessus

Pour les locaux de forme non rectangulaire, la même taille maximum de maille s'applique. Si un maillage rectangulaire peut également être utilisé, il peut être en revanche utile de raisonner en termes de maillage non rectangulaire en ayant recours à une densité de point par unité de surface.

Exemple : Ci-dessous est illustré un maillage couvrant la zone de 1^{er} et de 2nd rang d'un bureau. Les nombres de points du maillage respecte un espacement maximum de 0,5 m x 0,5 m (deux trames de calcul sont définies séparément pour faciliter la lecture des résultats sur les zones de 1^{er} et 2nd rang).



Grille de calcul vue de dessus



Maillage vu en perspective

3.5 FICHIER METEOROLOGIQUE

Le fichier météo utilisé provient des données de la station météo Paris-Orly et se base sur les données moyennes annuelles d'irradiation solaire entre 2001 et 2020 générés par le logiciel Meteonorm.

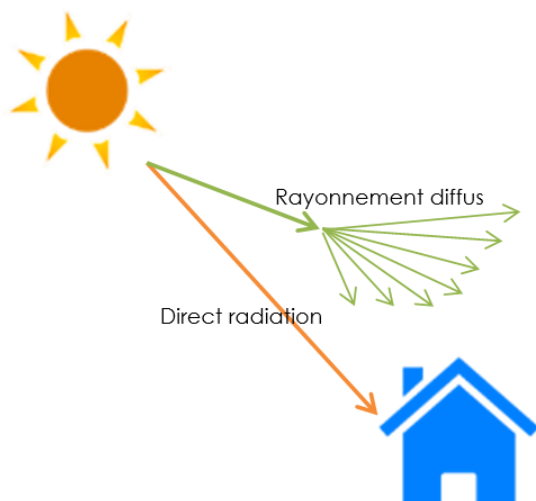
L'étude de l'autonomie d'éclairage se base essentiellement sur le rayonnement solaire.

Celui-ci présente deux composantes principales :

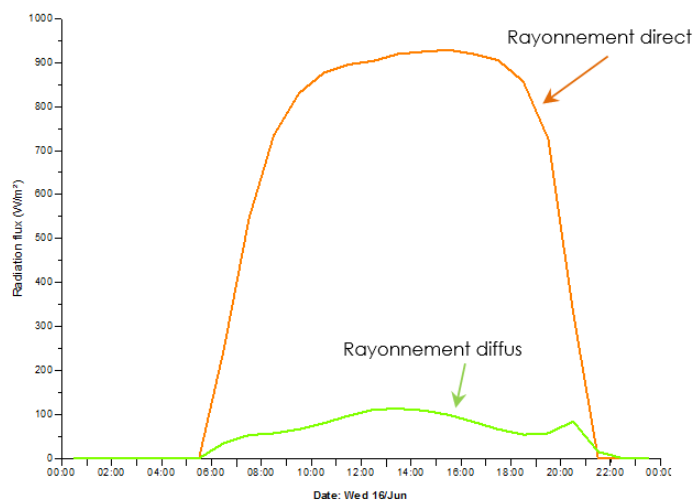
- **Le rayonnement direct** : provient directement du soleil dans une situation de ciel clair. Le rayonnement est directionnel.
- **Le rayonnement diffus** : provient du soleil et est réémis par l'atmosphère de manière éclatée. Le rayonnement est non directionnel et vient de toutes directions.

Le **rayonnement global** est la somme des composantes directe et diffuse.

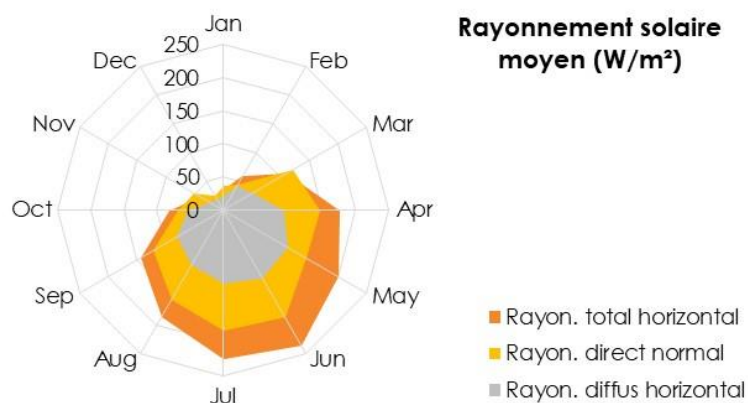
Les graphiques suivants résument la répartition des composantes du rayonnement solaire pour le site.



Différence entre rayonnement diffus et direct



Répartition journalière des composantes du rayonnement direct et diffus pour le site

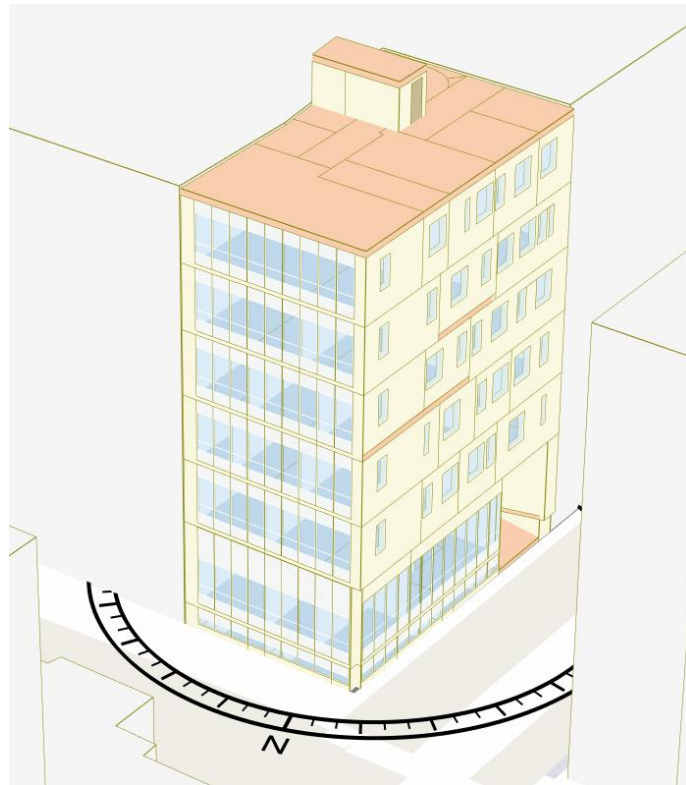


Répartition mensuelle des composantes du rayonnement direct et diffus pour le site

3.6 MODELISATION 3D

Une modélisation détaillée de la façade a été effectuée afin de refléter au mieux la réalité.

Les masques environnants ont également été modélisés car ils influent de manière importante sur les résultats.



Vue 3D des façades nord et ouest du bâtiment étudié - Pléiades



Vue lointaine du bâtiment étudié avec masques environnants - Pléiades

4. HYPOTHESES

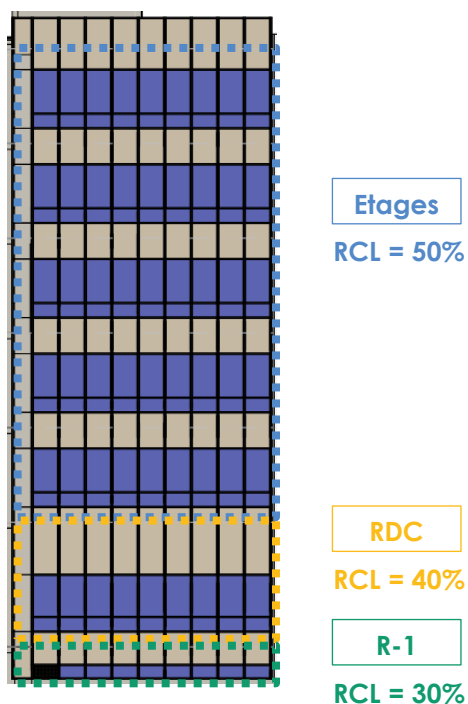
4.1 PAROIS VITREES

Les parois vitrées sont modélisées de la façon suivante :

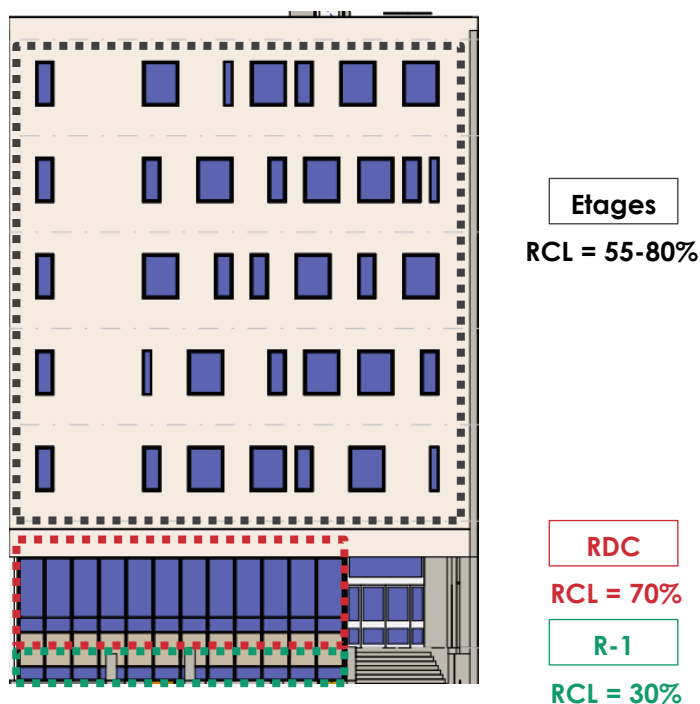
Toutes façades	
Type vitrage	Simple vitrage avec léger traitement miroir
Facteur de réflexion du cadre	Métallique clair 40 %
Transmission lumineuse du vitrage	70% (réduction de 10% par rapport à un simple vitrage clair, dû au léger traitement miroir donnant une teinte plus foncée)
Protection	Les protections solaires ne sont pas prises en compte dans le calcul FLJ/ALJ

Le ratio de clair de vitrage a été modélisé selon les plans d'élévation de façade transmis :

Façade rideau côté Panthéon



Façade classique côté rue d'Ulm



NB 1 : La transmission lumineuse et les coefficients de réflexion lumineuse sont des données essentielles au calcul. La modification de ces paramètres d'entrée remettra en cause les résultats de cette étude.

NB 3 : Le facteur de pollution, qui traduit la baisse de transmission lumineuse du vitrage du fait de la pollution extérieure peut être négligé.

4.2 REVETEMENTS INTERIEURS

Si l'éclairement direct reçu des sources de lumière est un élément de base dans un phénomène de propagation de la lumière, l'éclairement dit indirect n'est pas de moindre importance. Cet éclairement indirect, dû aux inter-réflexions du flux lumineux sur les différentes surfaces d'une scène, peut représenter une proportion importante de l'éclairement total par rapport à l'éclairement direct.

Les coefficients de réflexion des parois d'un local ont donc une incidence prépondérante sur la composante réfléchie interne du facteur de lumière de jour.

Le coefficient de réflexion lumineuse ρ d'un matériau en % (qui correspond parfois, mais pas systématiquement au facteur LRV) correspond à la quantité de lumière réfléchie par le matériau sur l'ensemble du spectre visible. Il traduit donc le taux de lumière réfléchi, et prend en compte la clarté, la couleur et la texture. Il s'exprime en pourcentage et varie de 0 à 100 % suivant la nature des parois et de leur couleur (clarté, saturation, texture, empoussièrement, etc.).

La description des coefficients de réflexion lumineuse dépend du logiciel utilisé. Dans la majorité des logiciels existants, la réflexion de la lumière sur une surface est simulée par une combinaison de réflexions diffuses et spéculaires. Ainsi une partie du flux est réfléchie en obéissant à la loi de Descartes, et une autre partie est diffusée uniformément dans l'espace.

Les coefficients pris en compte dans notre étude sont :

Local	Type	Coefficient de réflexion lumineuse	Exemple
Tous les locaux concernés avec accès à la lumière du jour	Plafonds	80 %	Faux-plafond
	Murs intérieurs	70 %	Crépis / plâtre clair
	Sol	30%	Parquet/revêtement PVC sombre

4.3 OBSTRUCTIONS EXTERIEURES

On appelle « obstruction » tout élément de l'environnement d'un bâtiment qui réduit la vision vers le ciel depuis une fenêtre. Typiquement, il s'agit de bâtiments en vis-à-vis, ou de retour du bâtiment. Il peut s'agir également de protections solaires, d'arbres ou d'éléments de relief.

La conséquence est une réduction de l'angle solide sous lequel on peut voir le ciel depuis un point situé à l'intérieur.

La portion de ciel peut également être totalement cachée : dans ce cas, la lumière provient principalement des réflexions lumineuses sur les obstructions.

Dans le calcul de l'éclairement naturel à l'intérieur d'un bâtiment, il est important de prendre en considération les éléments de façade et l'environnement urbain. Ceux-ci peuvent représenter à la fois une obstruction à l'entrée de la lumière du jour directe dans le bâtiment, et une source secondaire de lumière naturelle par réflexion.

Ainsi, par exemple, une pièce au premier étage sera moins éclairée qu'une autre située au 5ème étage dans le cas d'un bâtiment en vis-à-vis. La même pièce sera en outre mieux éclairée si le coefficient de réflexion de la façade opposée est plus élevé.

Au même titre que l'environnement bâti, l'environnement végétal doit faire l'objet d'une modélisation. On se limitera cependant à prendre en compte les éléments existants de grande ampleur (forêts, grands arbres existants, etc.) en ayant recours à des modélisations géométriques simplifiées. Les autres petits éléments paysagers pourront être pris en compte ou non, afin aussi de ne pas pénaliser les aménagements paysagers du projet.

Cet environnement pouvant être amené à évoluer entre les phases conception et réalisation, on tiendra compte en phase conception :

- Des masques existants, c'est-à-dire de l'environnement végétal existant au moment de la conception de l'ouvrage

ET

- De l'environnement végétal futur lors de la livraison du bâtiment, si l'on en a connaissance.

ET

- Des masques à venir, s'ils sont connus au moment de l'étude (ex : cas de la construction d'un bâtiment voisin ayant un phasage de travaux similaire à l'opération).

La lumière naturelle réfléchiée sur le sol extérieur peut également jouer un rôle important dans la propagation de la lumière du jour à l'intérieur des bâtiments. En effet, elle augmente en moyenne de 10 à 15% l'éclairement vertical direct sur une façade, et peut dépasser cette valeur dans le cas d'un sol clair.

Les coefficients pris en compte dans notre étude sont :

Type	Coefficient de réflexion lumineuse	Exemple
Bâtiments voisins	40 %	Façades pierre
Sol extérieur	20 %	Bitume

5. AUTONOMIE LUMINEUSE - ALJ

5.1 DEFINITION

Le DA (Daylight Autonomy) est défini comme étant le pourcentage des heures occupées par an, où le niveau minimum d'éclairement requis peut être assuré par la seule lumière naturelle. Un objectif raisonnable est d'arriver à un temps d'utilisation de l'éclairage naturel d'au moins 50-60 % (pour un horaire de 8h00 à 18h00).

Une autonomie en lumière du jour de 60 % pour un lieu de travail occupé en semaine de 8 h à 18 h et un éclairement minimum de 500 lux implique que l'occupant est en principe capable de travailler 60 % de l'année uniquement avec de l'éclairage naturel.

Deux types d'autonomie en éclairage naturel doivent être distingués :

- L'autonomie statique est basée sur l'évaluation du facteur de lumière du jour au point considéré et tient donc compte des conditions de ciel couvert. Elle ne considère ni le ciel clair ni intermédiaire, pas plus que les protections solaires.
- Au contraire, l'autonomie dynamique en éclairage naturel est basée sur la prédiction de l'éclairement au point considéré, à chaque pas de temps (horaire ou inférieure) pour l'année entière. L'éclairement est donc prédit à partir d'un fichier météo

L'utilisation de l'autonomie dynamique en éclairage naturel est récente. Par conséquent, les valeurs cibles définies par les auteurs doivent être étudiées en profondeur et adaptées de manière à considérer le climat du site.

L'autonomie dynamique en éclairage naturel est basée sur le climat, elle est donc supposée être une des valeurs les plus précises pour évaluer la disponibilité d'éclairage naturel dans un bâtiment. Cependant le calcul de cette valeur à plusieurs limites :

- Le résultat obtenu pour une année entière est agrégé en une simple valeur, les informations temporelles sur l'évolution de la disponibilité de la lumière naturelle sont perdues.
- Les objectifs sont dépendants du climat, de l'occupation et du type de bâtiment et devraient être fixés pour chaque pays. Toutefois, cette mesure est intéressante pour faire des comparaisons entre diverses options de design.

5.2 PARAMETRES

L'étude d'éclairement naturel se base sur l'autonomie lumineuse, c'est-à-dire le pourcentage des heures occupées par an, où le niveau minimum d'éclairement requis peut être assuré. Ce résultat dépend donc des heures d'occupation du local ainsi que du niveau minimum d'éclairement naturel.

Le tableau ci-dessous présentent les valeurs de niveau minimum d'éclairement requis ainsi que les heures d'occupation prises en compte dans le calcul en fonction du type de local.

Type de local	Em (lux)	Occupation
Bureaux et salles de réunions	300	8-18h

5.3 OBJECTIFS

Le carnet de bord durable (TBD) préconise l'atteinte d'une autonomie de lumière naturelle globale **≥ 66%**

5.4 RESULTATS DETAILLES

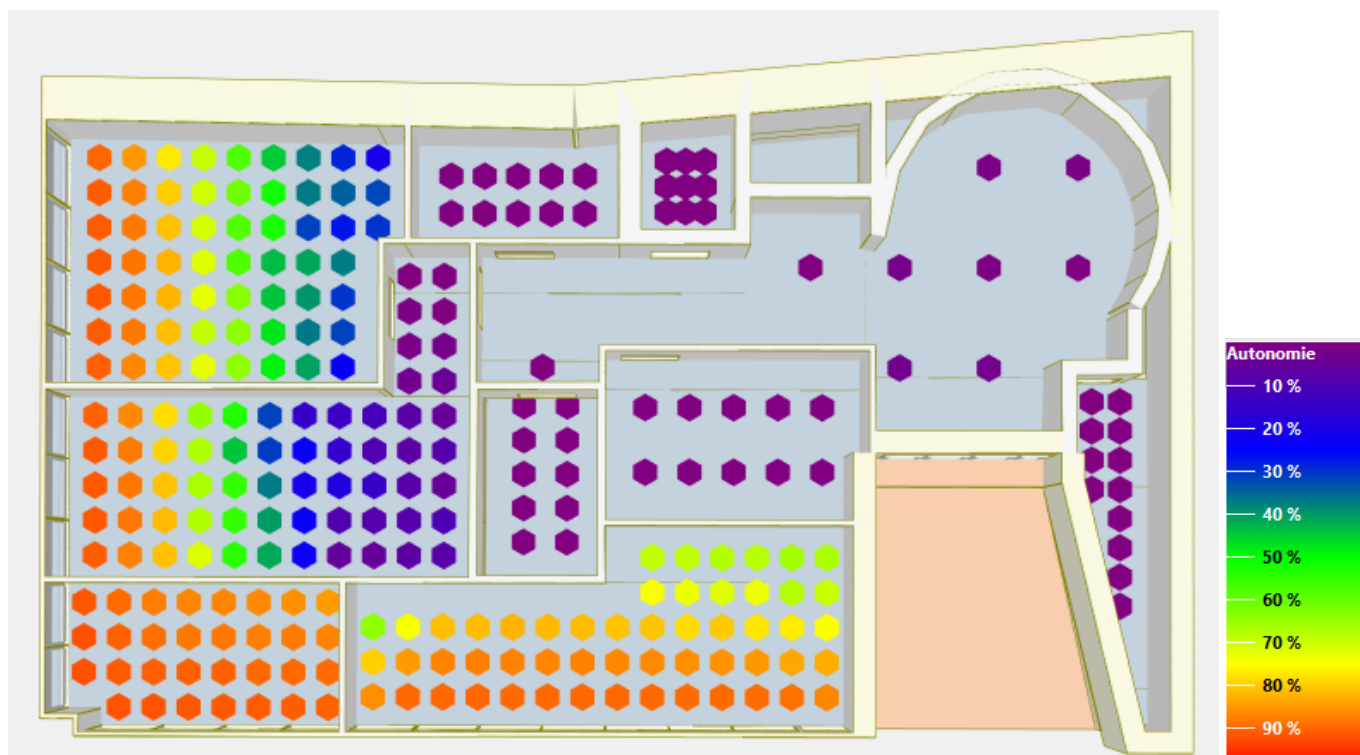
Les résultats détaillés sont présentés ci-dessous :

R-1



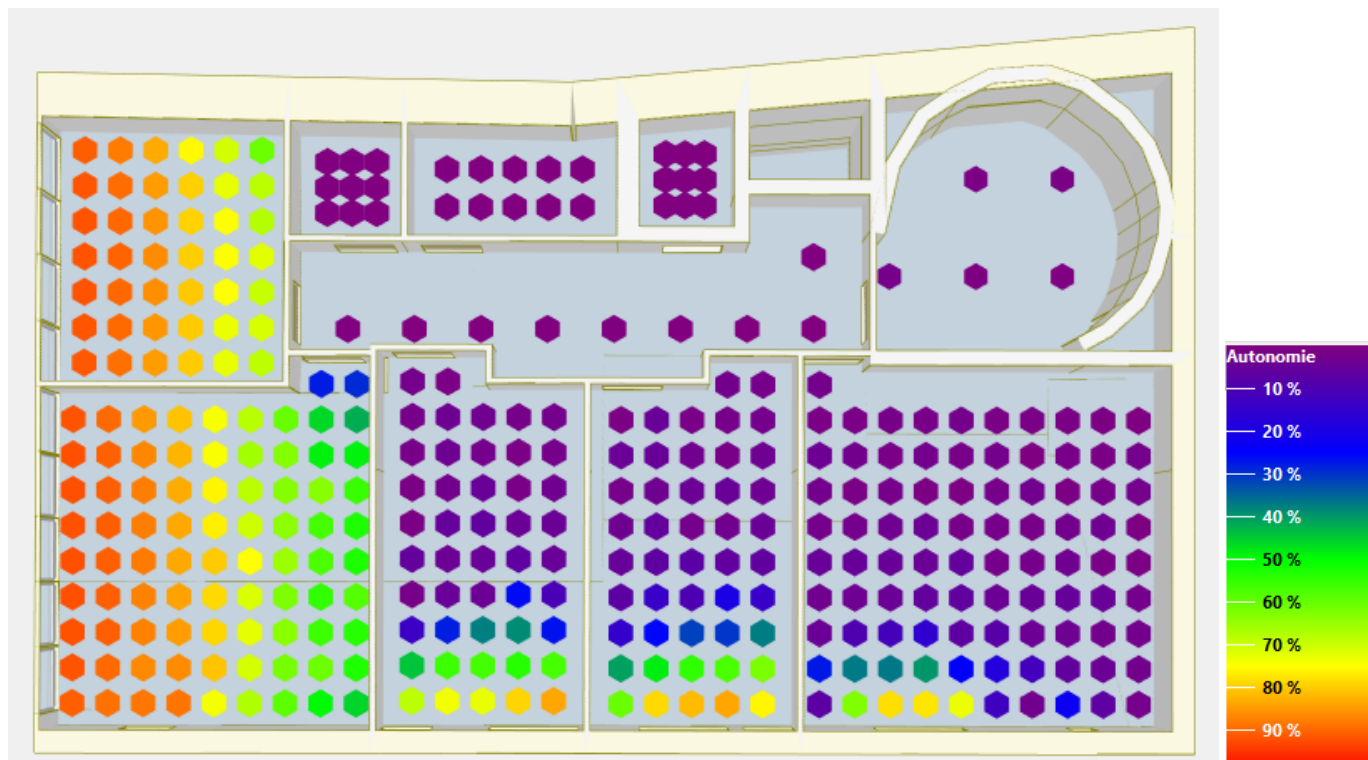
Etage	Nom des pièces concernées	Surface (m²)	Etat actuel avant rénovation – Autonomie lumineuse		
			Minimum	Moyenne	Maximum
R-1	ULM-Salle de réunion	29,8	4,3%	58,8%	87,3%
	ULM-Cuisine-détente	23,7	0,0%	26,0%	83,5%

RDC



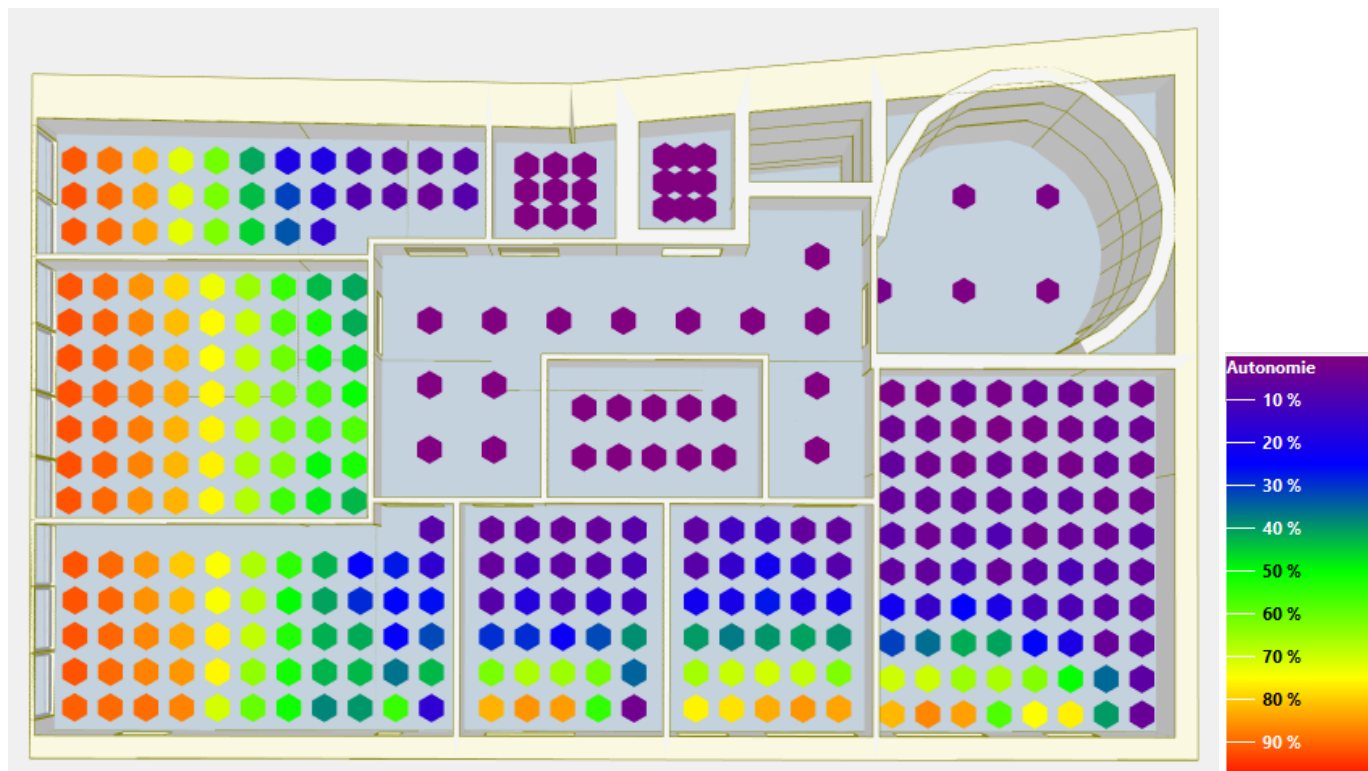
Etage	Nom des pièces concernées	Surface (m²)	Etat actuel avant rénovation – Autonomie lumineuse		
			Minimum	Moyenne	Maximum
RDC	ULM-Bureau 002	17,8	0,0%	37,7%	91,3%
	ULM-Bureau 02A	17,3	64,2%	81,1%	90,1%
	ULM-Bureau 02C	17,2	20,8%	61,5%	91,3%
	ULM-Bureau 02B	8,3	84,8%	89,5%	92,3%

R+1



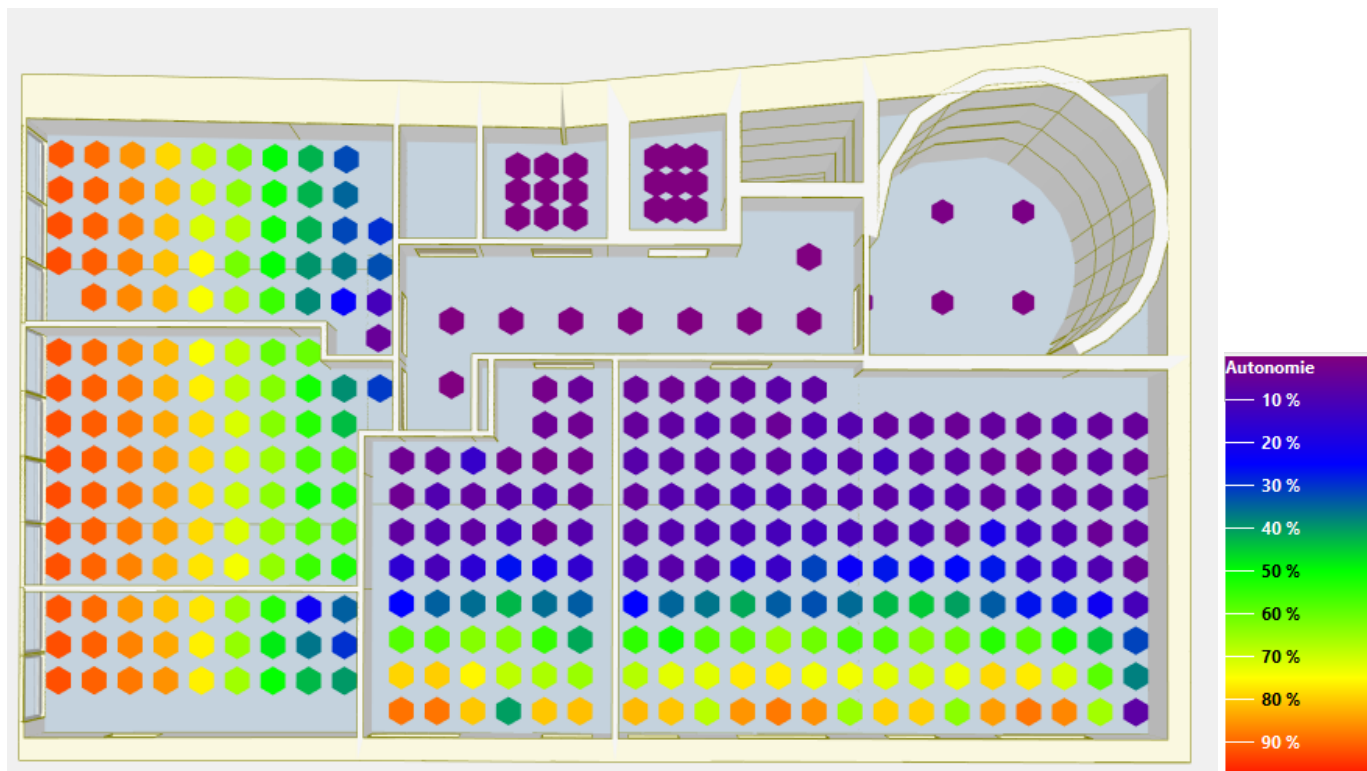
Etage	Nom des pièces concernées	Surface (m²)	Etat actuel avant rénovation – Autonomie lumineuse		
			Minimum	Moyenne	Maximum
R+1	ULM-Bureau 103	14,4	0,8%	19,6%	83,8%
	ULM-Bureau 102	14,2	0,8%	20,1%	83,6%
	ULM-Bureau 104	22,0	27,7%	73,2%	92,3%
	ULM-Bureau 105	12,1	60,5%	81,1%	91,8%
	ULM-Bureau 101	25,7	0,1%	8,5%	78,2%

R+2



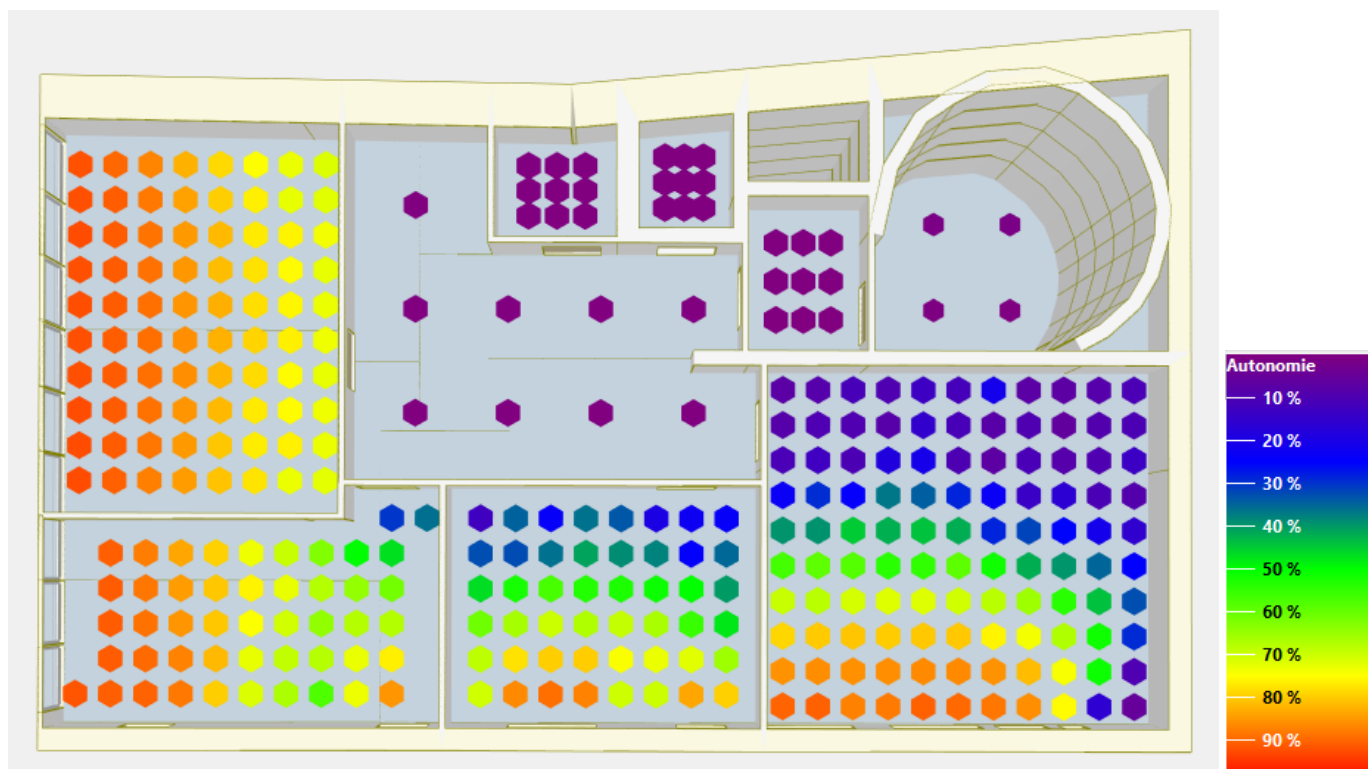
Etage	Nom des pièces concernées	Surface (m²)	Etat actuel avant rénovation – Autonomie lumineuse		
			Minimum	Moyenne	Maximum
R+2	ULM-Bureau 207	10,8	4,2%	47,5%	92,1%
	ULM-Bureau 206	16,1	41,3%	72,5%	92,3%
	ULM-Bureau 205	17,0	7,9%	60,9%	91,9%
	ULM-Bureau 204	8,9	2,9%	29,5%	85,6%
	ULM-Bureau 202	8,9	5,7%	38,7%	85,3%
	ULM-Bureau 201	20,4	0,8%	18,2%	86,9%

R+3



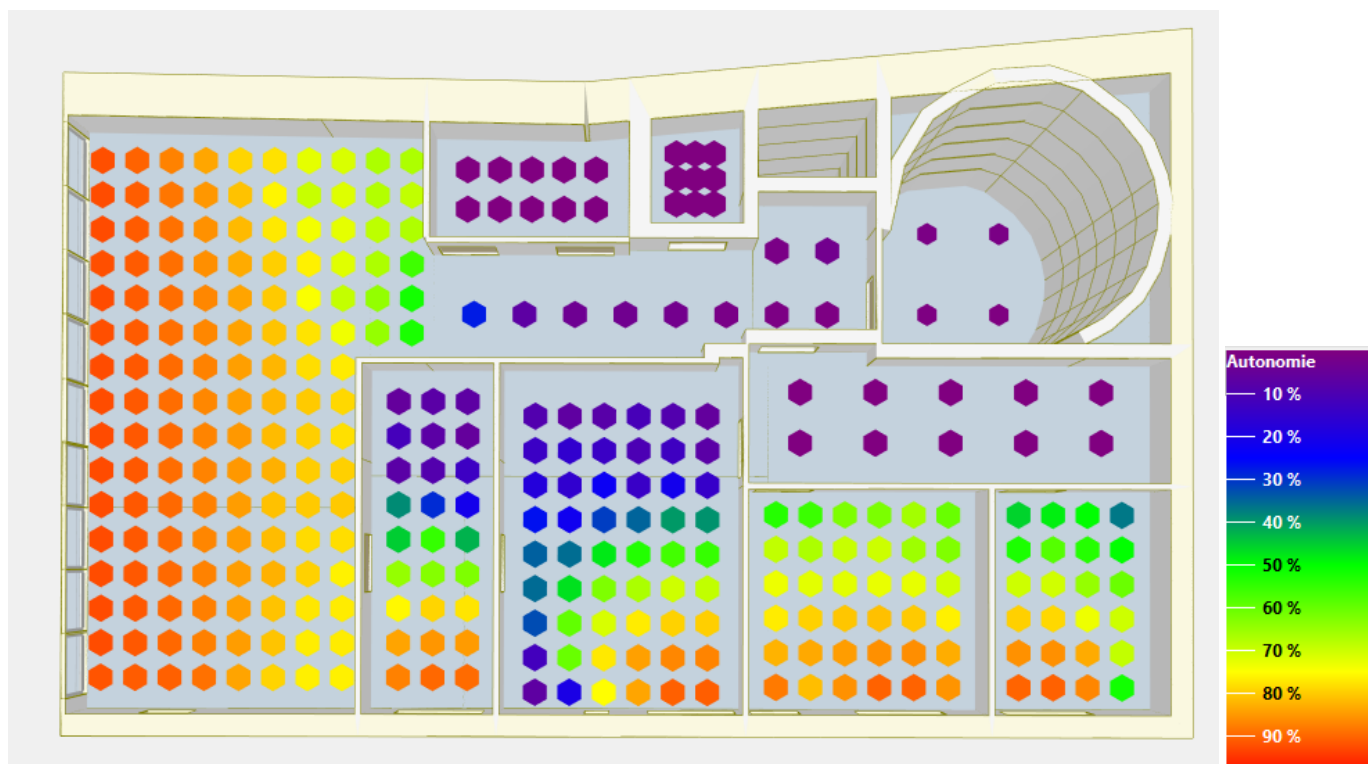
Etage	Nom des pièces concernées	Surface (m²)	Etat actuel avant rénovation – Autonomie lumineuse		
			Minimum	Moyenne	Maximum
R+3	ULM-Bureau 301	38,2	2,5%	30,0%	88,5%
	ULM-Bureau 304	14,1	4,7%	63,4%	92,5%
	ULM-Bureau 303A	9,1	22,5%	68,2%	92,2%
	ULM-Bureau 302	15,7	1,9%	32,3%	88,8%
	ULM-Bureau 303	16,3	30,6%	74,3%	92,5%

R+4



Etage	Nom des pièces concernées	Surface (m²)	Etat actuel avant rénovation – Autonomie lumineuse		
			Minimum	Moyenne	Maximum
R+4	ULM-Bureau 401	28,1	5,3%	41,8%	90,6%
	ULM-Bureau 403	16,6	30,3%	74,8%	91,7%
	ULM-Bureau 402	14,7	12,4%	54,6%	89,2%
	ULM-Bureau 404	22,3	71,5%	82,9%	92,5%

R+5



Etage	Nom des pièces concernées	Surface (m²)	Etat actuel avant rénovation – Autonomie lumineuse		
			Minimum	Moyenne	Maximum
R+5	ULM-Bibliothèque	10,9	53,6%	75,0%	90,3%
	ULM-Secretariat	17,1	5,7%	41,3%	90,8%
	ULM-Bureau 501	8,0	36,8%	66,9%	90,5%
	ULM-Salle de travail	37,7	51,9%	82,7%	92,7%
	ULM-Bureau 503A	9,3	5,5%	46,2%	89,8%

5.5 RECAPITULATIF DES RESULTATS

Etage	Nom des pièces concernées	Surface (m²)	Etat actuel avant rénovation – Autonomie lumineuse		
			Minimum	Moyenne	Maximum
R-1	ULM-Salle de réunion	29,8	4,3%	58,8%	87,3%
	ULM-Cuisine-détente	23,7	0,0%	26,0%	83,5%
RDC	ULM-Bureau 002	17,8	0,0%	37,7%	91,3%
	ULM-Bureau 02A	17,3	64,2%	81,1%	90,1%
	ULM-Bureau 02C	17,2	20,8%	61,5%	91,3%
	ULM-Bureau 02B	8,3	84,8%	89,5%	92,3%
R+1	ULM-Bureau 103	14,4	0,8%	19,6%	83,8%
	ULM-Bureau 102	14,2	0,8%	20,1%	83,6%
	ULM-Bureau 104	22,0	27,7%	73,2%	92,3%
	ULM-Bureau 105	12,1	60,5%	81,1%	91,8%
	ULM-Bureau 101	25,7	0,1%	8,5%	78,2%
R+2	ULM-Bureau 207	10,8	4,2%	47,5%	92,1%
	ULM-Bureau 206	16,1	41,3%	72,5%	92,3%
	ULM-Bureau 205	17,0	7,9%	60,9%	91,9%
	ULM-Bureau 204	8,9	2,9%	29,5%	85,6%
	ULM-Bureau 202	8,9	5,7%	38,7%	85,3%
	ULM-Bureau 201	20,4	0,8%	18,2%	86,9%
R+3	ULM-Bureau 301	38,2	2,5%	30,0%	88,5%
	ULM-Bureau 304	14,1	4,7%	63,4%	92,5%
	ULM-Bureau 303A	9,1	22,5%	68,2%	92,2%
	ULM-Bureau 302	15,7	1,9%	32,3%	88,8%
	ULM-Bureau 303	16,3	30,6%	74,3%	92,5%
R+4	ULM-Bureau 401	28,1	5,3%	41,8%	90,6%
	ULM-Bureau 403	16,6	30,3%	74,8%	91,7%
	ULM-Bureau 402	14,7	12,4%	54,6%	89,2%
	ULM-Bureau 404	22,3	71,5%	82,9%	92,5%
R+5	ULM-Bibliothèque	10,9	53,6%	75,0%	90,3%
	ULM-Secretariat	17,1	5,7%	41,3%	90,8%
	ULM-Bureau 501	8,0	36,8%	66,9%	90,5%
	ULM-Salle de travail	37,7	51,9%	82,7%	92,7%
	ULM-Bureau 503A	9,3	5,5%	46,2%	89,8%
TOTAL		542.5	20.1%	52.3%	89.3%

L'autonomie lumineuse s'élève en moyenne à **52.3%** sur l'ensemble des espaces étudiés.

→ Cette valeur est inférieure aux 66% préconisés dans le tableau de bord développement durable.

5.6 LIMITATION AUX HEURES DE JOUR

Le nombre d'heure de référence se base sur le nombre d'heure d'occupation.

Afin d'obtenir un résultat plus cohérent, un facteur correctif peut être appliqué, afin de limiter le nombre d'heure de référence aux heures de jour pendant les heures d'occupation.

Nombre d'heure d'occupation	Nombre d'heure de jour en occupation	Facteur correctif
2610 h/an	2504 h/an	+4.2%

Après application du facteur correctif, on obtient une autonomie lumineuse moyenne de **54.5%** sur l'ensemble des espaces étudiés, ce qui est toujours inférieur à la préconisation de 66% du TBD.

5.7 REEVALUATION DE LA CIBLE ALJ

Afin d'être en cohérence avec les valeurs d'autonomie lumineuse avant travaux, la cible doit être réévaluée.

En se basant sur le référentiel HQE qui préconise de prendre des dispositions justifiées et satisfaisantes pour **ne pas dégrader de plus de 15%** le niveau d'éclairement naturel par rapport à celui existant avant travaux, la nouvelle cible correspondrait à une **autonomie de lumière naturelle globale $\geq 45\%$** .

6. INDICE D'OUVERTURE

6.1 DEFINITION

L'indice d'ouverture (Io) est utilisé pour évaluer la proportion de la pièce qui est ouverte à la lumière naturelle. Un indice d'ouverture plus élevé indique généralement une meilleure pénétration de la lumière naturelle, ce qui peut améliorer le confort visuel et réduire la dépendance à l'éclairage artificiel.

Cet indice ne prend pas en compte d'autres facteurs influençant la qualité de la lumière naturelle, comme l'orientation des fenêtres, les obstructions extérieures, et les matériaux de surface intérieurs.

L'indice d'ouverture est calculé comme suit :

$$\text{Indice d'ouverture} = \frac{\text{Surface de vitrage [m}^2\text{]}}{\text{Surface de la pièce [m}^2\text{]}}$$

6.2 RESULTATS

Pièces	Surf. Pièce m ²	Surf. Menuiserie m ²	Ratio menuiserie	Surf. vitrage m ²	Indice d'ouverture
ULM-Salle de réunion	29,8	9,7	33%	3,2	11%
ULM-Cuisine-détente	23,7	3,2	14%	1,1	4%
ULM-Bureau 02B	8,3	18,2	219%	10,3	124%
ULM-Bureau 02A	17,3	22,0	127%	15,1	87%
ULM-Bureau 002	17,8	10,9	61%	4,2	24%
ULM-Bureau 02C	17,2	14,5	84%	5,6	32%
ULM-Bureau 104	22,0	14,7	67%	7,9	36%
ULM-Bureau 103	14,4	4,6	32%	2,3	16%
ULM-Bureau 102	14,2	4,6	33%	2,3	16%
ULM-Bureau 101	25,7	2,4	9%	1,8	7%
ULM-Bureau 105	12,1	12,6	104%	5,7	47%
ULM-Bureau 205	17,0	9,8	58%	5,3	31%
ULM-Bureau 204	8,9	1,9	21%	1,5	17%
ULM-Bureau 202	8,9	2,9	33%	2,3	26%
ULM-Bureau 201	20,4	2,9	14%	2,3	11%
ULM-Bureau 206	16,1	10,9	68%	5,7	35%
ULM-Bureau 207	10,8	5,5	51%	2,8	26%
ULM-Bureau 303A	9,1	8,2	90%	3,6	40%
ULM-Bureau 301	38,2	5,9	15%	4,5	12%
ULM-Bureau 302	15,7	2,9	19%	2,3	15%
ULM-Bureau 303	16,3	12,6	78%	5,7	35%
ULM-Bureau 304	14,1	9,9	70%	4,3	30%
ULM-Bureau 403	16,6	10,3	62%	5,8	35%
ULM-Bureau 401	28,1	5,3	19%	4,1	14%
ULM-Bureau 402	14,7	2,9	20%	2,3	15%
ULM-Bureau 404	22,3	16,4	74%	8,5	38%
ULM-Salle de travail	37,7	25,6	68%	13,6	36%
ULM-Bureau 501	8,0	3,6	45%	1,5	19%
ULM-Bibliothèque	10,9	4,6	43%	2,3	21%
ULM-Secretariat	17,1	2,4	14%	1,8	10%
ULM-Bureau 503A	9,3	1,9	20%	1,5	16%
TOTAL	542,4	263,7	49%	140,8	26%

La surface de menuiserie est égale à 49% de la surface utile des pièces concernées par l'étude.

Le ratio de clair de vitrage moyen est d'environ 53%.

L'Indice d'ouverture est égal à 26% et respecte les préconisations du TBD ($Io \geq 25\%$).

La préconisation $Io \geq 25\%$ devra donc être respectée dans le programme de travaux.

7. ACCES A L'ECLAIRAGE NATUREL

Une exigence du TBD porte sur le pourcentage de locaux ayant un accès à la lumière naturelle, avec un minimum de 50% d'accès à la lumière naturelle sur 95% de la surface du bâtiment.

Dans notre cas, l'intégralité des espaces étudiés à un accès à la lumière naturelle, cette disposition est donc automatiquement vérifiée, et devra être conservée dans le programme travaux.

8. FACTEUR LUMIERE JOUR - FLJ

8.1 DEFINITION

Afin de déterminer une relation entre l'éclairement intérieur (en un point de la pièce) du bâtiment et la disponibilité de la lumière du jour à l'extérieur en site dégagé, la notion de Facteur Lumière du Jour est utilisée :

$$\text{FLJ [\%]} = E_{\text{int}} / E_{\text{ext}}$$

Il s'agit du rapport de l'éclairement en un point d'un plan donné, dû à la lumière reçue directement ou indirectement d'un ciel dont la répartition de luminances est supposée ou connue, à l'éclairement sur un plan horizontal provenant sans obstruction d'un hémisphère de ce ciel. La contribution du rayonnement solaire direct à ces deux éclairagements est exclue.

Ce ratio comprend trois composantes :

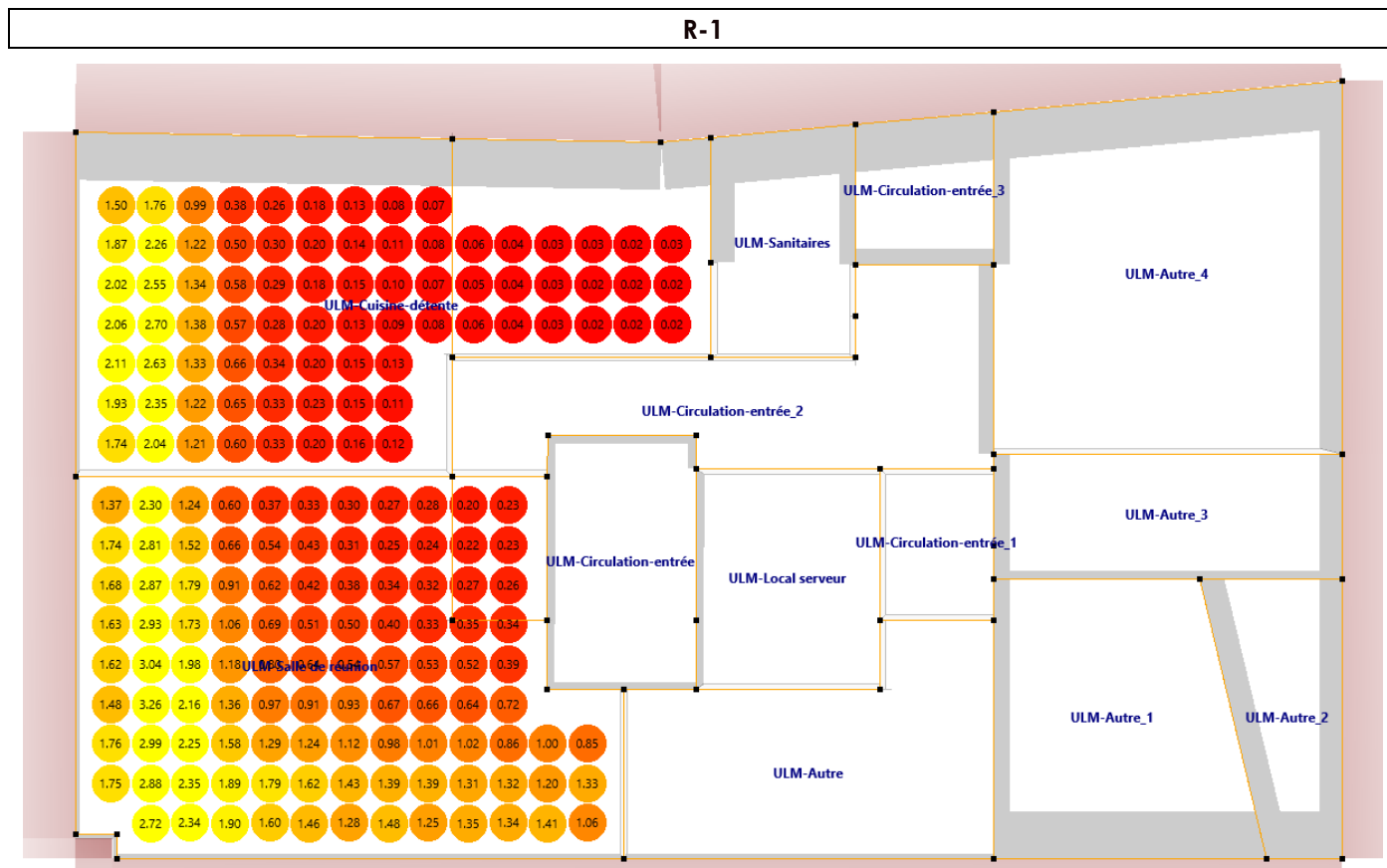
- Une composante directe « FLJ_D » (aussi appelé « composante de ciel du facteur de lumière du jour ») qui dépend de la distribution des luminances de ciel vues par le point de référence.
- Une composante liée aux réflexions externes « F_{RE} » qui varie avec la contribution de la lumière réfléchie sur le sol et les masques extérieurs.
- Une composante liée aux réflexions internes « F_{RI} » qui dépend des réflexions au niveau des surfaces intérieures.

On a donc $\text{FLJ [\%]} = \text{FLJ}_D [\%] + F_{RE} [\%] + F_{RI} [\%]$

Pour le calcul du FLJ, en particulier sa composante directe «FLJ_D», il est important de caractériser la répartition des luminances du ciel, alors que pour des raisons de simplification on supposait une répartition uniforme (en azimut et en zénith). La CIE a proposé l'adoption du ciel CIE couvert standard étant donné qu'il représente le mieux la distribution réelle des luminances d'un ciel nuageux. L'utilisation d'un ciel nuageux pour la mesure ou le calcul du FLJ est compatible avec la notion de l'éclairement minimum toléré.

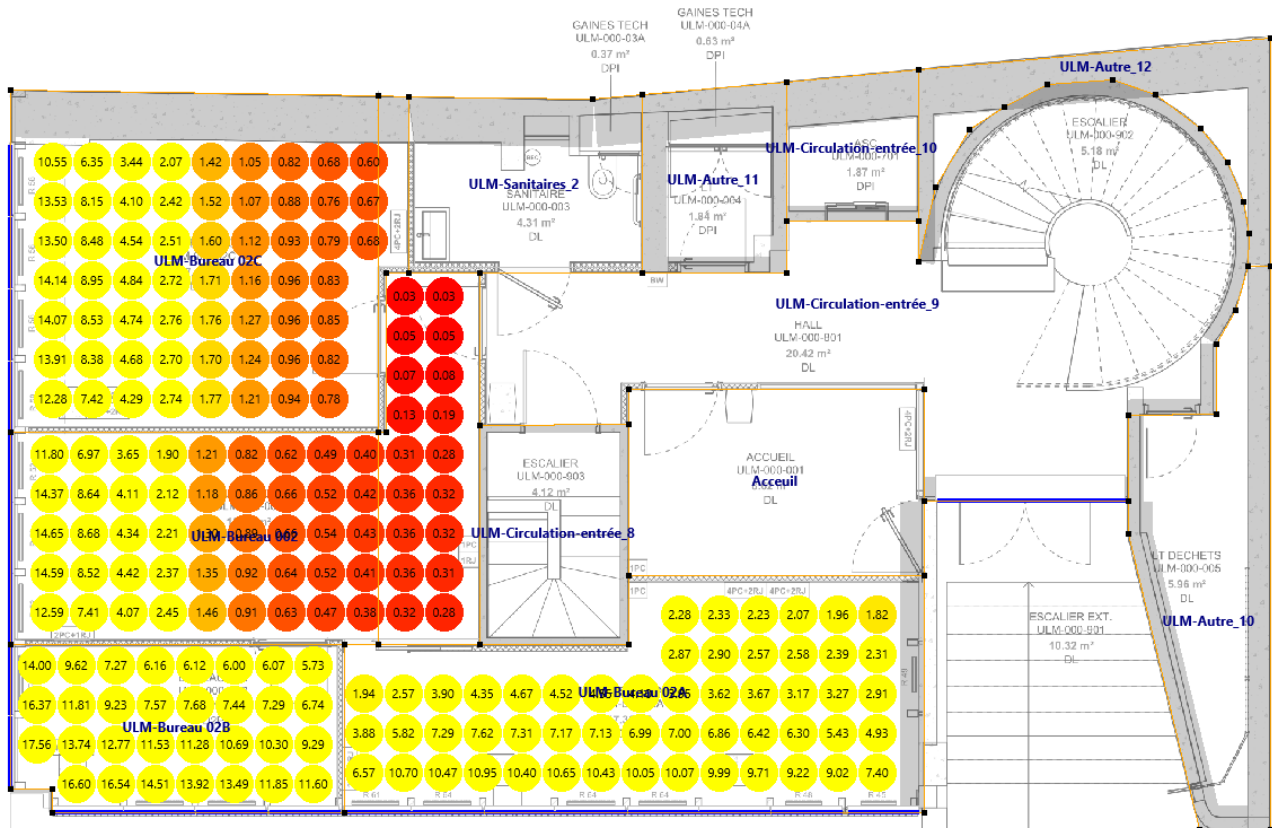
8.2 RESULTATS DETAILLES

Les résultats détaillés sont présentés ci-dessous :



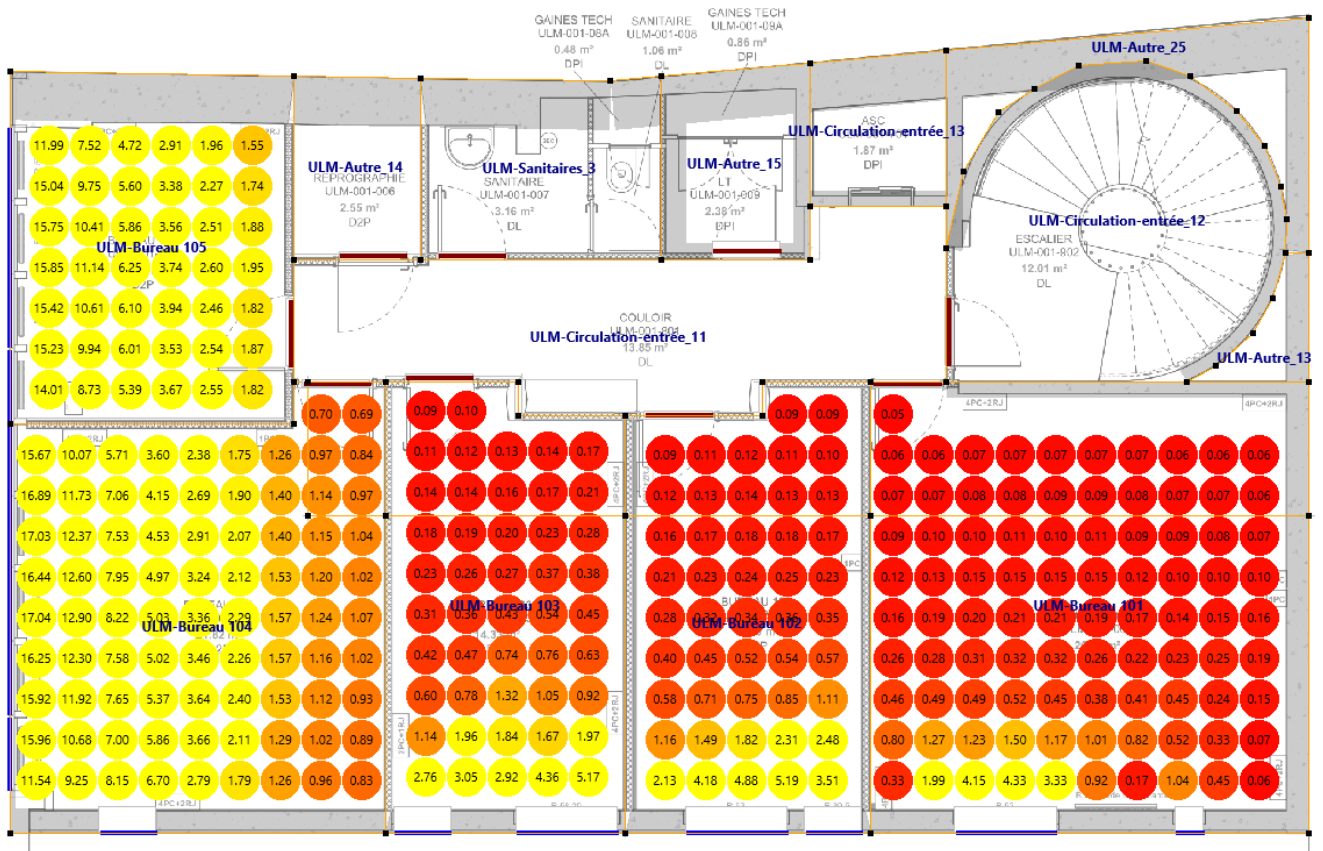
Etage	Nom des pièces concernées	Surface (m²)	FLJ minimum Surface de 1 ^{er} rang	FLJ moyen Surface de 1 ^{er} rang
R-1	Salle de réunion	29.75	0.23	1,22
	Cuisine-détente	23.65	0.07	0,79

RDC



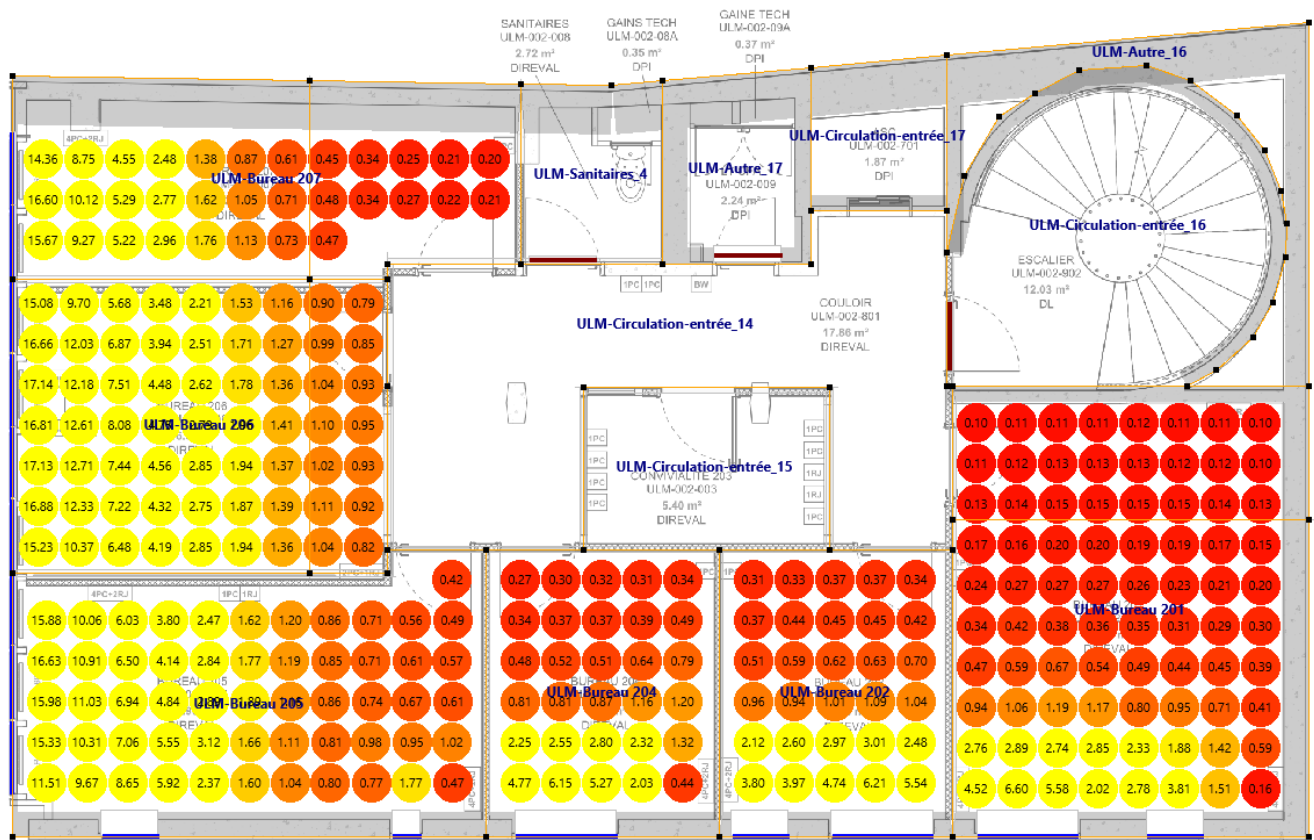
Etage	Nom des pièces concernées	Surface (m²)	FLJ minimum Surface de 1 ^{er} rang	FLJ moyen Surface de 1 ^{er} rang
RDC	Bureau 02B	8.33	5.73	10,67
	Bureau 02A	17.31	1.82	5,65
	Bureau 002	17.76	0.37	3,52
	Bureau 02C	17.23	0.60	3,90

R+1

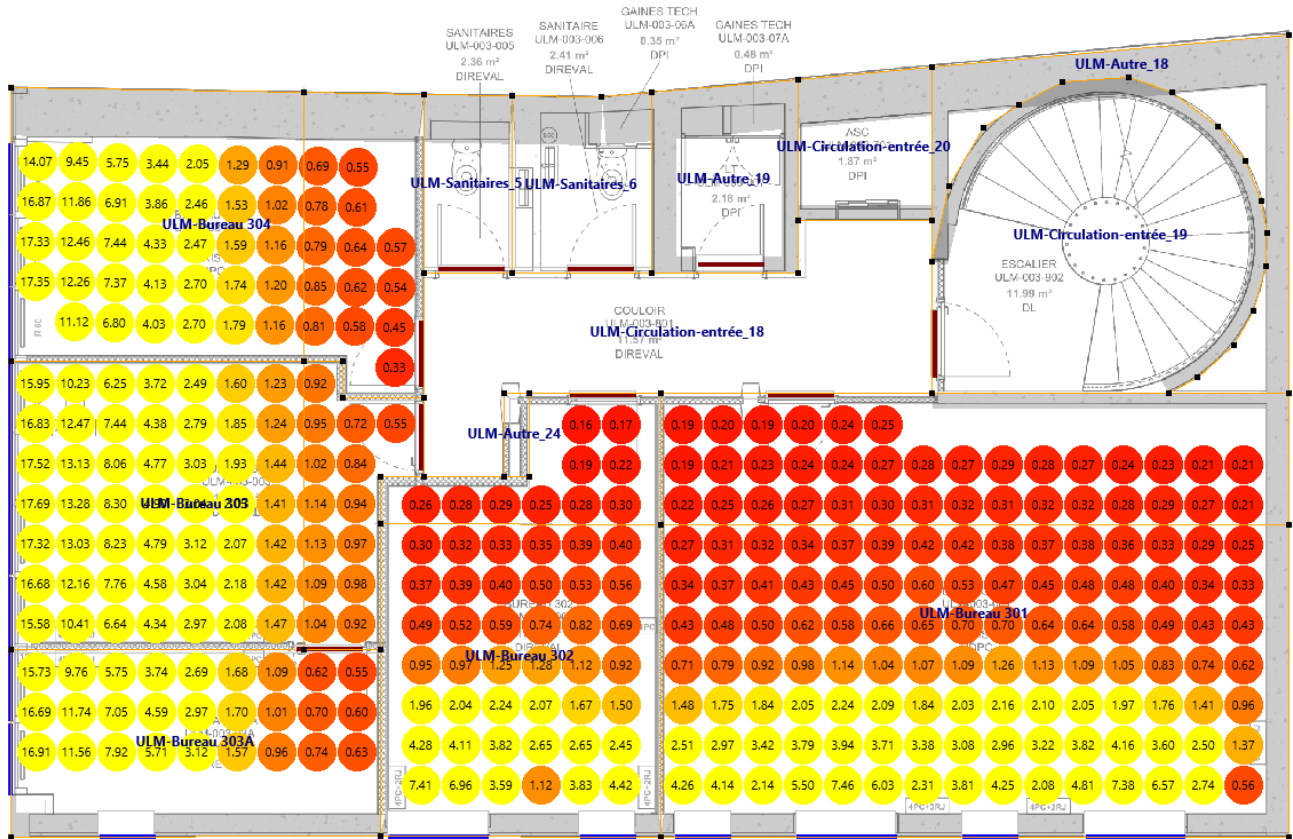


Etage	Nom des pièces concernées	Surface (m²)	FLJ minimum Surface de 1 ^{er} rang	FLJ moyen Surface de 1 ^{er} rang
R+1	Bureau 104	21.98	0.82	5,62
	Bureau 103	14.43	0.18	1,12
	Bureau 102	14.17	0.15	1,12
	Bureau 101	25.74	0.05	0,51
	Bureau 105	12.14	1.54	6,32

R+2

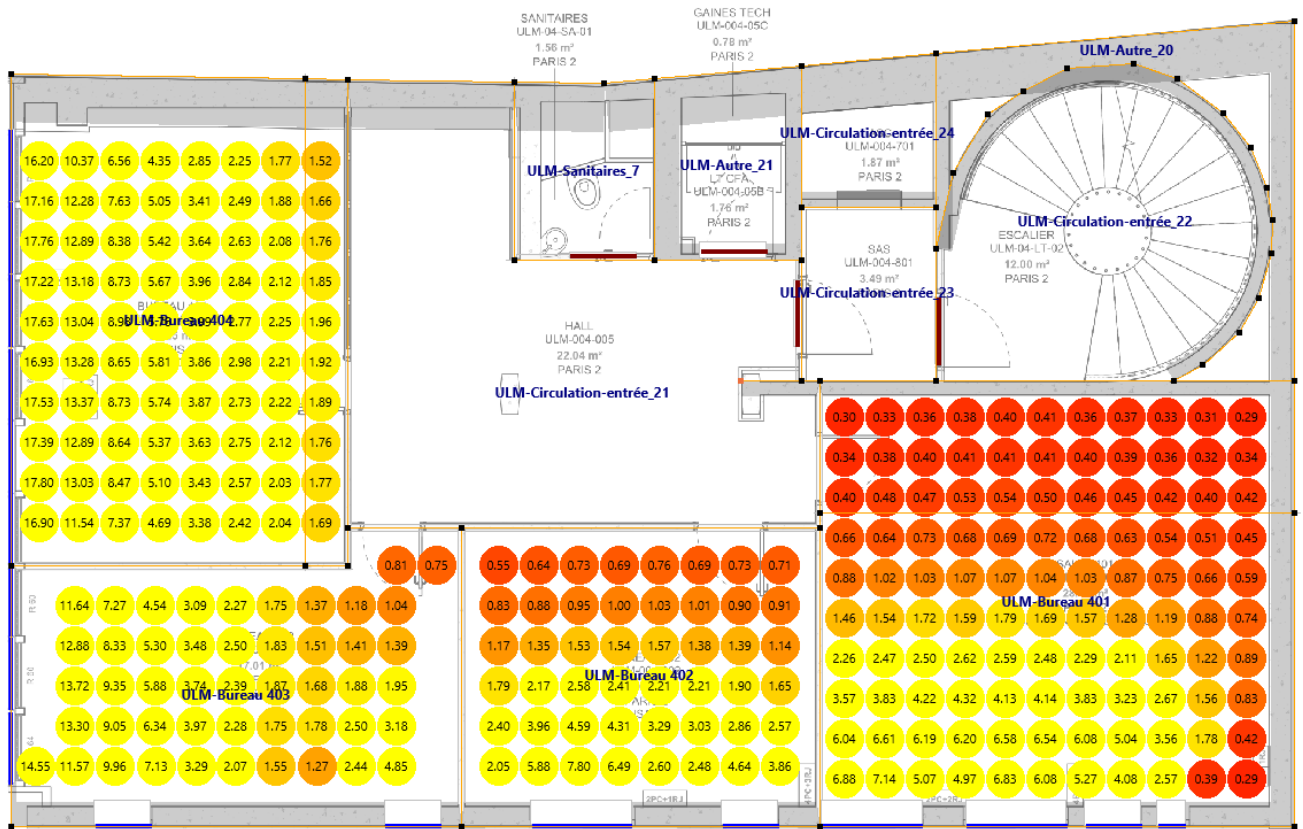


Etage	Nom des pièces concernées	Surface (m²)	FLJ minimum Surface de 1 ^{er} rang	FLJ moyen Surface de 1 ^{er} rang
R+2	Bureau 205	16.95	0.41	4,12
	Bureau 204	8.91	0.27	1,37
	Bureau 202	8.90	0.31	1,64
	Bureau 201	20.43	0.15	1,10
	Bureau 206	16.07	1.15	6,45
	Bureau 207	10.80	0.61	5,13

R+3


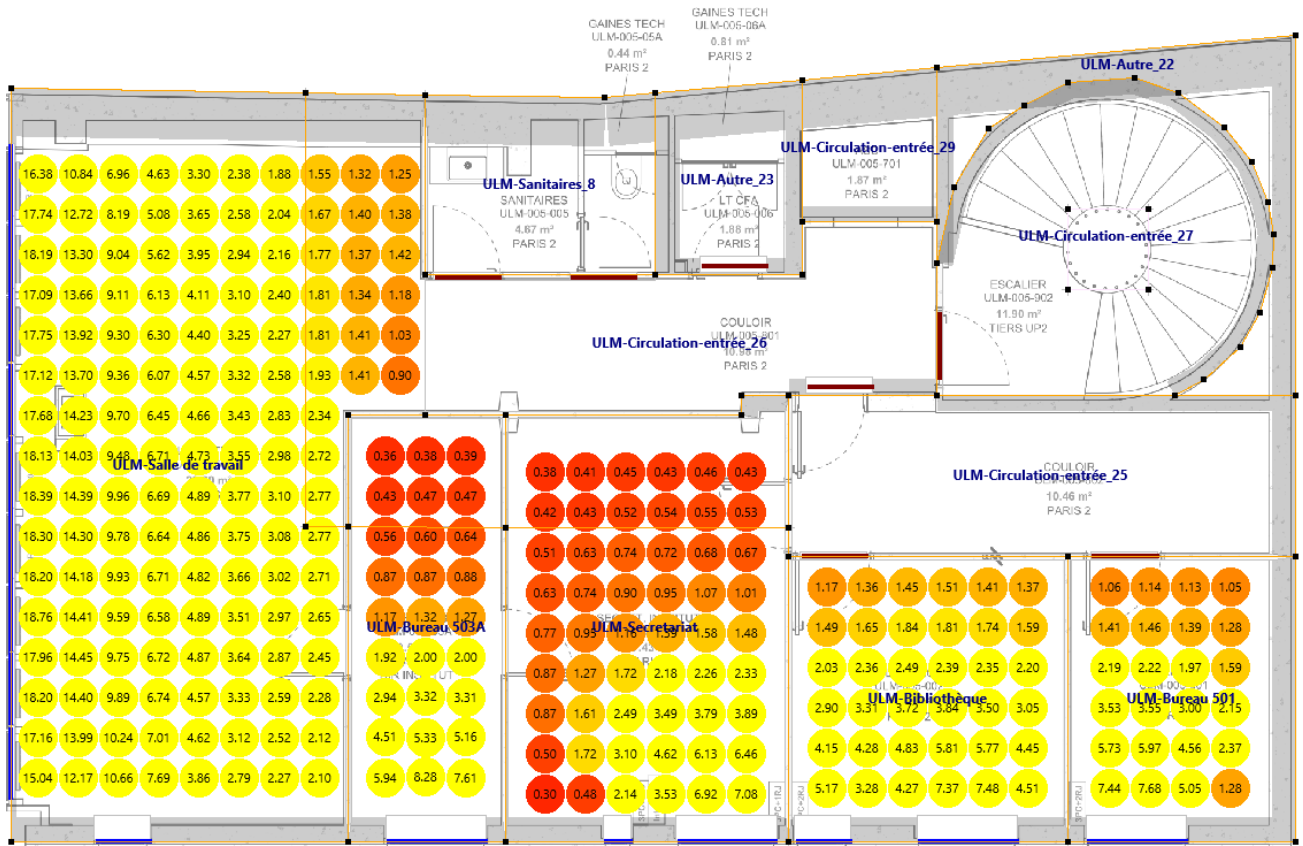
Etage	Nom des pièces concernées	Surface (m²)	FLJ minimum Surface de 1 ^{er} rang	FLJ moyen Surface de 1 ^{er} rang
R+3	Bureau 303A	9.08	0.55	5,10
	Bureau 301	38.23	0.25	1,66
	Bureau 302	15.66	0.30	1,76
	Bureau 303	16.25	1.23	6,74
	Bureau 304	14.13	0.91	5,95

R+4



Etage	Nom des pièces concernées	Surface (m²)	FLJ minimum Surface de 1 ^{er} rang	FLJ moyen Surface de 1 ^{er} rang
R+4	Bureau 403	16.56	0.75	4,57
	Bureau 401	28.09	0.28	2,55
	Bureau 402	14.73	0.55	2,16
	Bureau 404	22.25	1.76	7,38

R+5



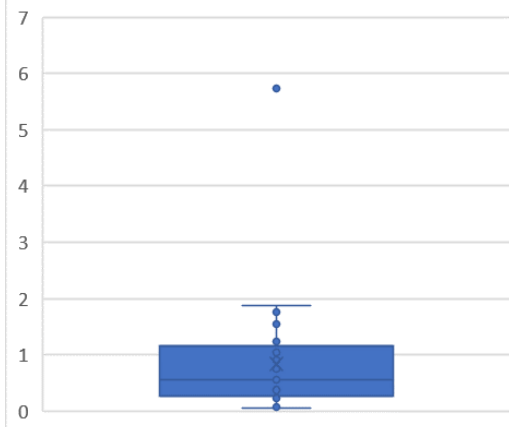
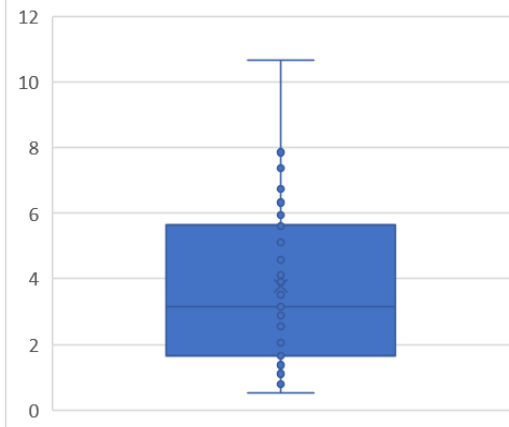
Etage	Nom des pièces concernées	Surface (m²)	FLJ minimum Surface de 1 ^{er} rang	FLJ moyen Surface de 1 ^{er} rang
R+5	Salle de travail	37.66	1.87	7,85
	Bureau 501	7.96	1.04	2,92
	Bibliothèque	10.85	1.16	3,16
	Secrétariat	17.10	0.30	2,05
	Bureau 503A	9.27	0.56	2,88

8.3 RECAPITULATIF DES RESULTATS

Le tableau récapitulatif des résultats est présenté ci-dessous.

Etage	Nom des pièces concernées	Surface (m²)	Etat actuel avant rénovation	
			FLJ minimum (en %) Surface de 1 ^{er} rang	FLJ moyen (en %) Surface de 1 ^{er} rang
R-1	Salle de réunion	29.75	0.23	1,22
	Cuisine-détente	23.65	0.07	0,79
RDC	Bureau 02B	8.33	5.73	10,67
	Bureau 02A	17.31	1.82	5,65
	Bureau 002	17.76	0.37	3,52
	Bureau 02C	17.23	0.60	3,90
R+1	Bureau 104	21.98	0.82	5,62
	Bureau 103	14.43	0.18	1,12
	Bureau 102	14.17	0.15	1,12
	Bureau 101	25.74	0.05	0,51
	Bureau 105	12.14	1.54	6,32
R+2	Bureau 205	16.95	0.41	4,12
	Bureau 204	8.91	0.27	1,37
	Bureau 202	8.90	0.31	1,64
	Bureau 201	20.43	0.15	1,10
	Bureau 206	16.07	1.15	6,45
	Bureau 207	10.80	0.61	5,13
R+3	Bureau 303A	9.08	0.55	5,10
	Bureau 301	38.23	0.25	1,66
	Bureau 302	15.66	0.30	1,76
	Bureau 303	16.25	1.23	6,74
	Bureau 304	14.13	0.91	5,95
R+4	Bureau 403	16.56	0.75	4,57
	Bureau 401	28.09	0.28	2,55
	Bureau 402	14.73	0.55	2,16
	Bureau 404	22.25	1.76	7,38
R+5	Salle de travail	37.66	1.87	7,85
	Bureau 501	7.96	1.04	2,92
	Bibliothèque	10.85	1.16	3,16
	Secrétariat	17.10	0.30	2,05
	Bureau 503A	9.27	0.56	2,88

8.4 ANALYSE DES RESULTATS

FLJ minimum	
<p>On remarque des seuils FLJ minimum relativement faible avec une moyenne proche de 0.8 %. Cela s'explique par :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un accès à la lumière limité en sous-sol et dans certaines pièces côté rue d'Ulm - la non homogénéité des fenêtres côté rue d'Ulm qui provoque des zones d'ombres - La présence de masques extérieurs important, qui perturbe la bonne diffusion de la lumière naturelle dans la profondeur des pièces. 	<p>FLJ minimum en %</p> 
FLJ moyen	
<p>L'analyse du FLJ moyen démontre un accès à la lumière naturel très bon, avec une moyenne de l'ordre de 3.8 %.</p> <p>Ceci est dû à un taux de vitrage élevé côté place du Panthéon et satisfaisant côté rue d'Ulm</p> <p>Les masques extérieurs importants limitent l'ensoleillement naturelle des premiers étages et perturbe la bonne diffusion de la lumière naturelle dans la profondeur des pièces.</p>	<p>FLJ moyen en %</p> 

Remarque :

La présence de masques environnants importants explique en partie les résultats mitigés.

En effet, le Panthéon culmine à environ 85m de hauteur et n'est éloigné du bâtiment étudié que d'une trentaine de mètres seulement. Il prive ainsi une bonne partie des fenêtres de la façade nord d'une vue dégagée du ciel, particulièrement dans les premiers étages.

De même pour la façade côté rue d'Ulm, avec une rue d'une dizaine de mètres de large et un bâtiment voisin d'environ 22m de haut. Les premiers étages sont particulièrement touchés par ces masques.

Une variante de calcul sans masque extérieur procure des résultats nettement supérieurs :

- Un FLJ moyen d'environ 5.6% soit une augmentation de l'ordre de 50%
- Des FLJ minimums d'en moyenne 2.7 fois supérieurs

8.5 EVALUATION DES RESULTATS

Le tableau de bord durable (TBD) de la région Ile de France fixe un objectif de FLJ $\geq 2\%$ pour **80%** de la zone de premier rang. Le pourcentage minimum à atteindre des locaux concernés (en surface) pour valider la cible n'est pas précisé. Nous avons pris l'hypothèse que le minimum à atteindre est de 50%.

Etage	Nom des pièces concernées	Surface (m²)	% de la surface de 1 ^{er} rang avec FLJ $\geq 2\%$	Exigence TBD
R-1	Salle de réunion	29.75	13	Non atteint
	Cuisine-détente	23.65	15	Non atteint
RDC	Bureau 02B	8.33	100	OK
	Bureau 02A	17.31	94	OK
	Bureau 002	17.76	42	Non atteint
	Bureau 02C	17.23	47	Non atteint
R+1	Bureau 104	21.98	66	Non atteint
	Bureau 103	14.43	14	Non atteint
	Bureau 102	14.17	20	Non atteint
	Bureau 101	25.74	4	Non atteint
	Bureau 105	12.14	81	OK
R+2	Bureau 205	16.95	45	Non atteint
	Bureau 204	8.91	27	Non atteint
	Bureau 202	8.90	33	Non atteint
	Bureau 201	20.43	20	Non atteint
	Bureau 206	16.07	71	Non atteint
	Bureau 207	10.80	57	Non atteint
R+3	Bureau 303A	9.08	56	Non atteint
	Bureau 301	38.23	33	Non atteint
	Bureau 302	15.66	33	Non atteint
	Bureau 303	16.25	80	Non atteint
	Bureau 304	14.13	71	Non atteint
R+4	Bureau 403	16.56	63	Non atteint
	Bureau 401	28.09	45	Non atteint
	Bureau 402	14.73	44	Non atteint
	Bureau 404	22.25	97	OK
R+5	Salle de travail	37.66	99	OK
	Bureau 501	7.96	54	Non atteint
	Bibliothèque	10.85	67	Non atteint
	Secrétariat	17.10	36	Non atteint
	Bureau 503A	9.27	43	Non atteint
TOTAL		542.4	18	Non atteint

→ Cette cible est trop élevée pour le bâtiment étudié et n'est pas adaptée

8.6 REEVALUATION DE LA CIBLE FLJ

A titre de comparaison, les résultats obtenus selon les critères du **référentiel HQE¹** sont les suivants :

- **HQE base** : FLJ $\geq 1.2\%$ pour **80%** de la surface de 1^{er} rang dans **50%** des espaces étudiés (en surface)
- **HQE min²** : FLJ $\geq 0.7\%$ pour **80%** de la surface de 1^{er} rang dans **50%** des espaces étudiés (en surface)

Etage	Nom des pièces concernées	Surface (m²)	% de la surface de 1 ^{er} rang avec FLJ $\geq 1.2\%$	% de la surface de 1 ^{er} rang avec FLJ $\geq 0.7\%$	Exigence HQE base	Exigence HQE min
R-1	Salle de réunion	29.75	50	66	Non atteint	Non atteint
	Cuisine-détente	23.65	33	35	Non atteint	Non atteint
RDC	Bureau 02B	8.33	100	100	OK	OK
	Bureau 02A	17.31	100	100	OK	OK
	Bureau 002	17.76	53	67	Non atteint	Non atteint
	Bureau 02C	17.23	64	93	Non atteint	OK
R+1	Bureau 104	21.98	84	100	OK	OK
	Bureau 103	14.43	29	46	Non atteint	Non atteint
	Bureau 102	14.17	26	40	Non atteint	Non atteint
	Bureau 101	25.74	10	19	Non atteint	Non atteint
	Bureau 105	12.14	100	100	OK	OK
R+2	Bureau 205	16.95	57	86	Non atteint	OK
	Bureau 204	8.91	33	50	Non atteint	Non atteint
	Bureau 202	8.90	33	50	Non atteint	Non atteint
	Bureau 201	20.43	25	38	Non atteint	Non atteint
	Bureau 206	16.07	98	100	OK	OK
	Bureau 207	10.80	71	95	Non atteint	OK
R+3	Bureau 303A	9.08	67	81	Non atteint	OK
	Bureau 301	38.23	42	55	Non atteint	Non atteint
	Bureau 302	15.66	45	62	Non atteint	Non atteint
	Bureau 303	16.25	100	100	OK	OK
	Bureau 304	14.13	88	100	OK	OK
R+4	Bureau 403	16.56	92	100	OK	OK
	Bureau 401	28.09	61	82	Non atteint	OK
	Bureau 402	14.73	63	92	Non atteint	OK
	Bureau 404	22.25	100	100	OK	OK
R+5	Salle de travail	37.66	100	100	OK	OK
	Bureau 501	7.96	83	100	OK	OK
	Bibliothèque	10.85	97	100	OK	OK
	Secrétariat	17.10	52	81	Non atteint	OK
	Bureau 503A	9.27	67	86	Non atteint	OK
TOTAL		542.4	37	60	Non atteint	OK

Les exigences HQE de base ne sont remplies que dans 37% de la surface des espaces étudiés.

→ La cible HQE base n'est donc pas atteinte.

¹ HQE bâtiment tertiaire rénovation

² D'après le référentiel HQE, le seuil de base peut être réduits de 0,5% lors d'un travail sur écran

D'après le référentiel HQE, le seuil de base peut être réduit de 0.5% lors d'un travail sur écran. Les exigences sont alors remplies dans 60% des espaces étudiés.

→ La cible HQE min est donc atteinte et peut être intégrée au programme de travaux.

Afin de déterminer les exigences programmatiques, nous conseillons également de se baser sur la deuxième option du référentiel HQE qui préconise de prendre des dispositions justifiées et satisfaisantes pour **ne pas dégrader de plus de 15%** le niveau d'éclairement naturel (**FLJ moyen**) par rapport à celui existant avant travaux. La surface de premier rang a été retenue comme surface de référence.

Les exigences minimums sont listées dans le tableau ci-dessous :

Etage	Nom des pièces concernées	FLJ moyen actuel (en %) Surface de 1 ^{er} rang	Exigence PROGRAMME FLJ moyen (en %) Surface de 1 ^{er} rang
R-1	Salle de réunion	1,2	1,0
	Cuisine-détente	0,8	0,7
RDC	Bureau 02B	10,7	9,1
	Bureau 02A	5,7	4,8
	Bureau 002	3,5	3,0
	Bureau 02C	3,9	3,3
R+1	Bureau 104	5,6	4,8
	Bureau 103	1,1	1,0
	Bureau 102	1,1	1,0
	Bureau 101	0,5	0,4
	Bureau 105	6,3	5,4
R+2	Bureau 205	4,1	3,5
	Bureau 204	1,4	1,2
	Bureau 202	1,6	1,4
	Bureau 201	1,1	0,9
	Bureau 206	6,5	5,5
	Bureau 207	5,1	4,4
R+3	Bureau 303A	5,1	4,3
	Bureau 301	1,7	1,4
	Bureau 302	1,8	1,5
	Bureau 303	6,7	5,7
	Bureau 304	6,0	5,1
R+4	Bureau 403	4,6	3,9
	Bureau 401	2,6	2,2
	Bureau 402	2,2	1,8
	Bureau 404	7,4	6,3
R+5	Salle de travail	7,9	6,7
	Bureau 501	2,9	2,5
	Bibliothèque	3,2	2,7
	Secrétariat	2,1	1,7
	Bureau 503A	2,9	2,4
TOTAL		3,7	3,1

9. RISQUES D'EBLOUISSEMENT

Le TBD demande d'étudier et de limiter le risque d'éblouissement.

9.1 DEFINITION

Le Daylight Glare Probability (DGP), ou **probabilité d'éblouissement dû à la lumière naturelle**, est une mesure utilisée pour évaluer le confort visuel des occupants dans un espace intérieur en tenant compte de l'éblouissement causé par la lumière naturelle. Elle exprime la probabilité qu'une personne soit éblouie par la lumière directe du soleil ou par des surfaces fortement réfléchissantes.

9.2 EXIGENCE

L'exigence du TBD est fixée à un **DGP < 5%**

9.3 ANALYSE DU RISQUE D'EBLOUISSEMENT

La façade nord côté place du Panthéon ne présente pas de risque d'éblouissement important. En effet, le soleil direct n'éclaire cette façade qu'entre les mois de mai et juillet de 19h à 21h.

→ Aucune mesure particulière n'est à prendre en compte pour cette façade.

Pour la façade ouest, la présence de masques important limite également le risque d'éblouissement dans les étages inférieurs. Les étages supérieurs présentent des risques d'éblouissement élevés, particulièrement en été :

Risque d'éblouissement – Façade Ouest rue d'Ulm												
Etages/mois	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juill	août	sep	oct	nov	déc
RDC	25%	13%	13%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	13%	13%	25%
R+1	25%	25%	25%	38%	38%	38%	38%	38%	38%	25%	25%	25%
R+2	25%	25%	25%	38%	50%	50%	50%	50%	38%	25%	25%	25%
R+3	25%	38%	38%	50%	63%	63%	63%	63%	50%	38%	38%	25%
R+4	25%	38%	38%	63%	63%	63%	63%	63%	63%	38%	38%	25%
R+5	38%	50%	50%	63%	63%	63%	63%	63%	63%	50%	50%	38%

9.4 GESTION DU RISQUE D'EBLOUISSEMENT

Pour limiter ce risque à un maximum de 5%, la mise en place de **stores** sur les menuiseries orientées ouest côté rue d'Ulm est nécessaire.

Le **facteur de transmission lumineuse** des stores devra être inférieur à **T_{vnh} ≤ 10%** avec un **coefficient d'ouverture** inférieur à **T_{vnn} ≤ 1%** afin de permettre un contrôle strict de l'éblouissement des espaces de travail.

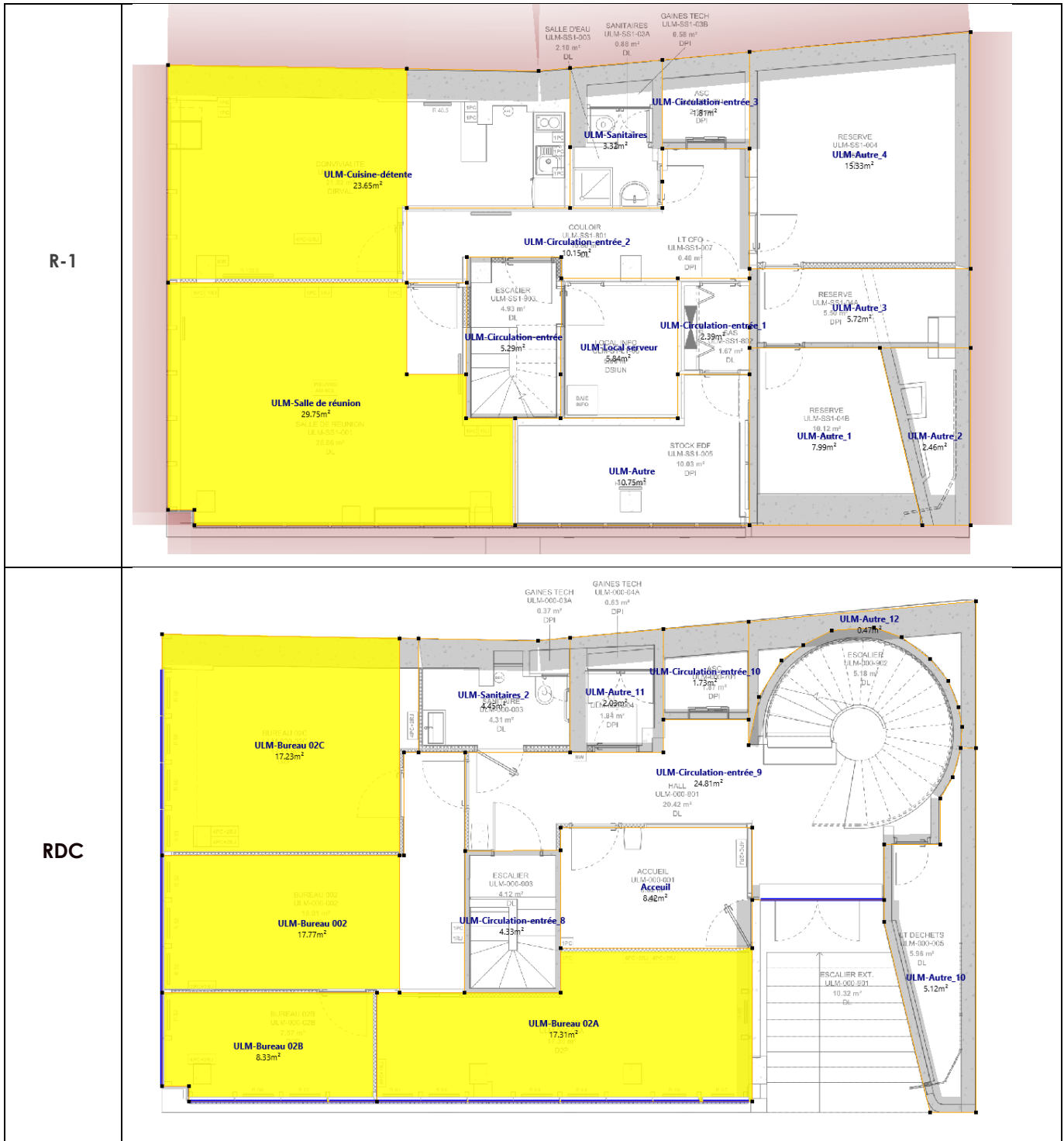
Des stores intérieurs avec ces caractéristiques permettent de gérer le risque d'éblouissement et atteindre l'exigence de DGP<5%.

Cependant, un choix porté sur des stores extérieurs permettraient en plus de limiter les surchauffes en saison estivale et nous semble pertinent.

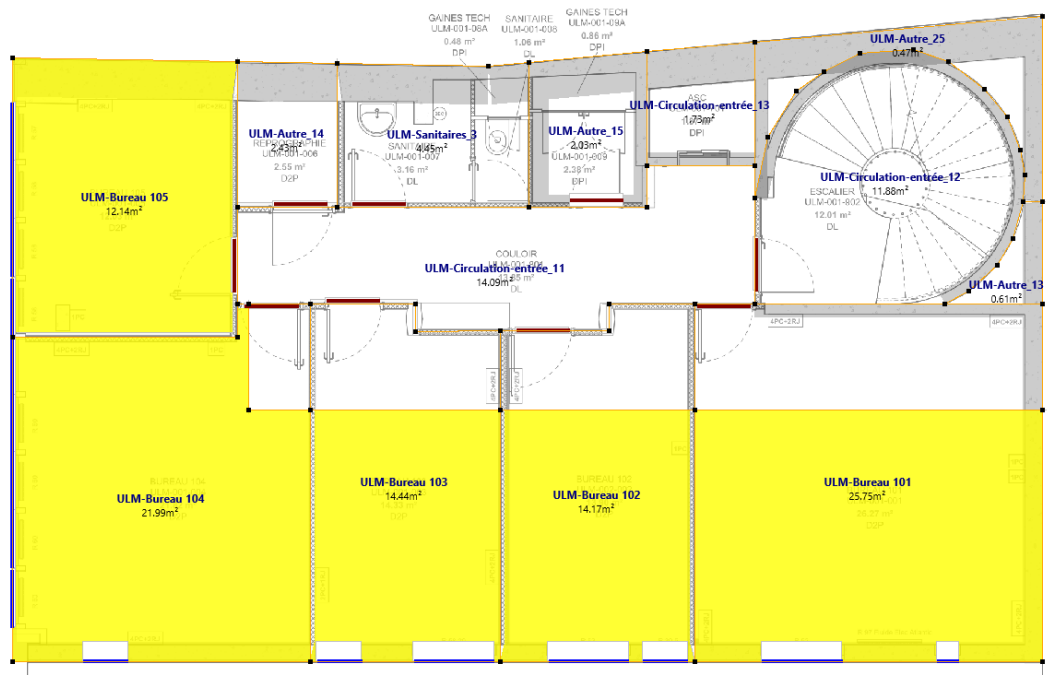
10. ANNEXES

10.1 ZONES DE PREMIER RANG

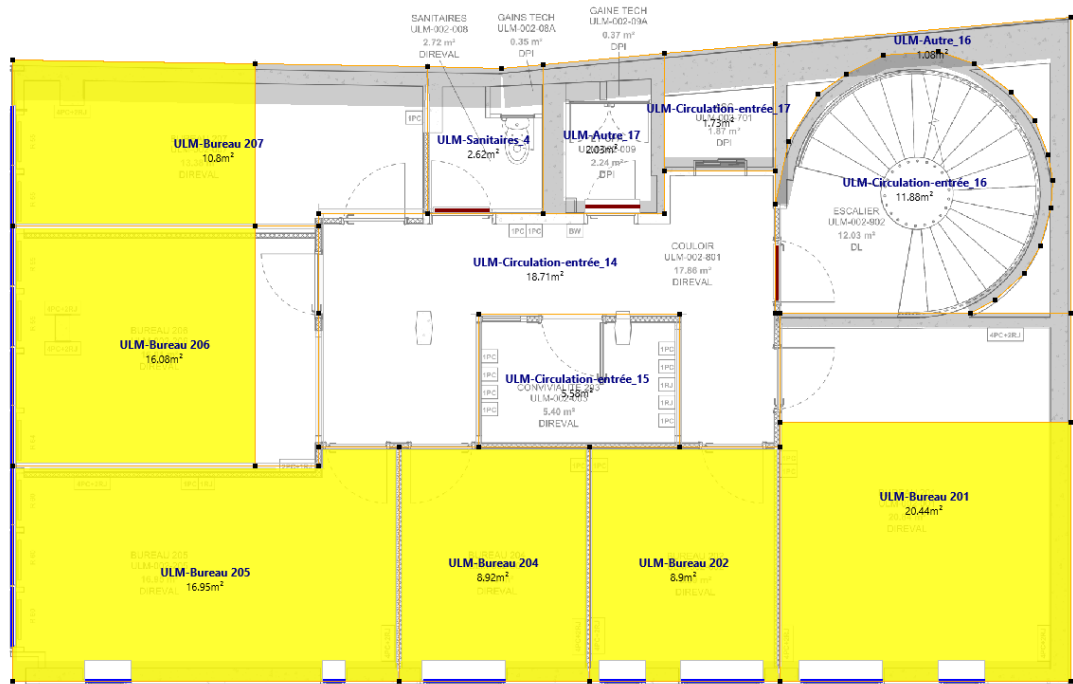
Les zones de premier rang des locaux concernés sont représentées en jaune sur les plans de niveaux ci-dessous



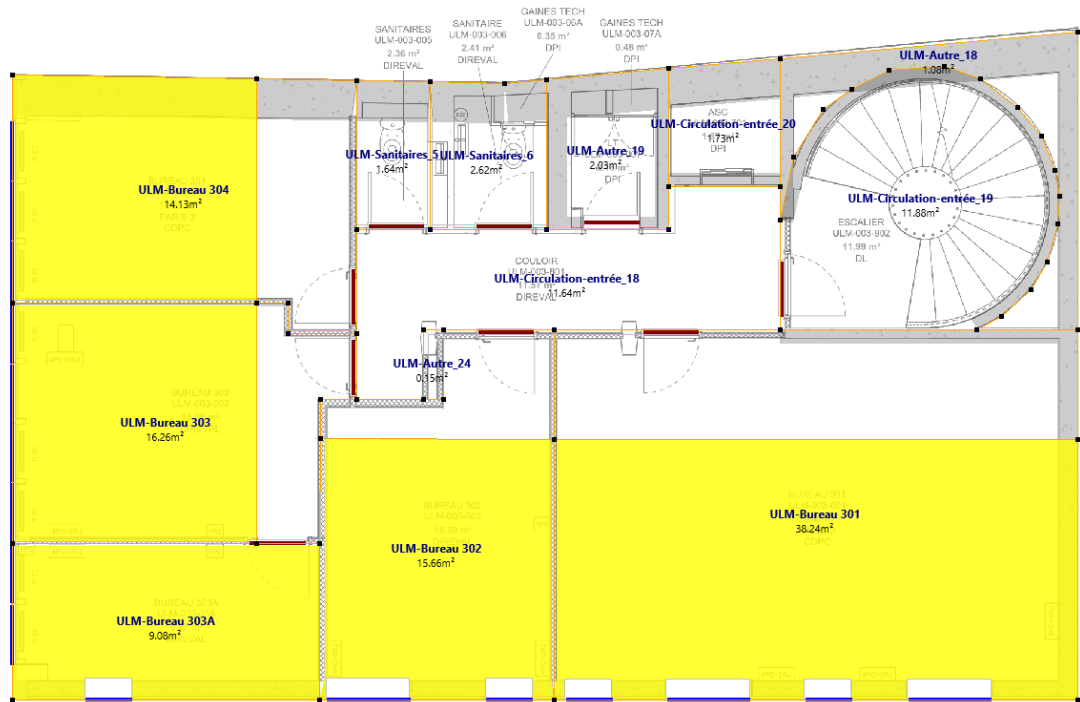
R+1



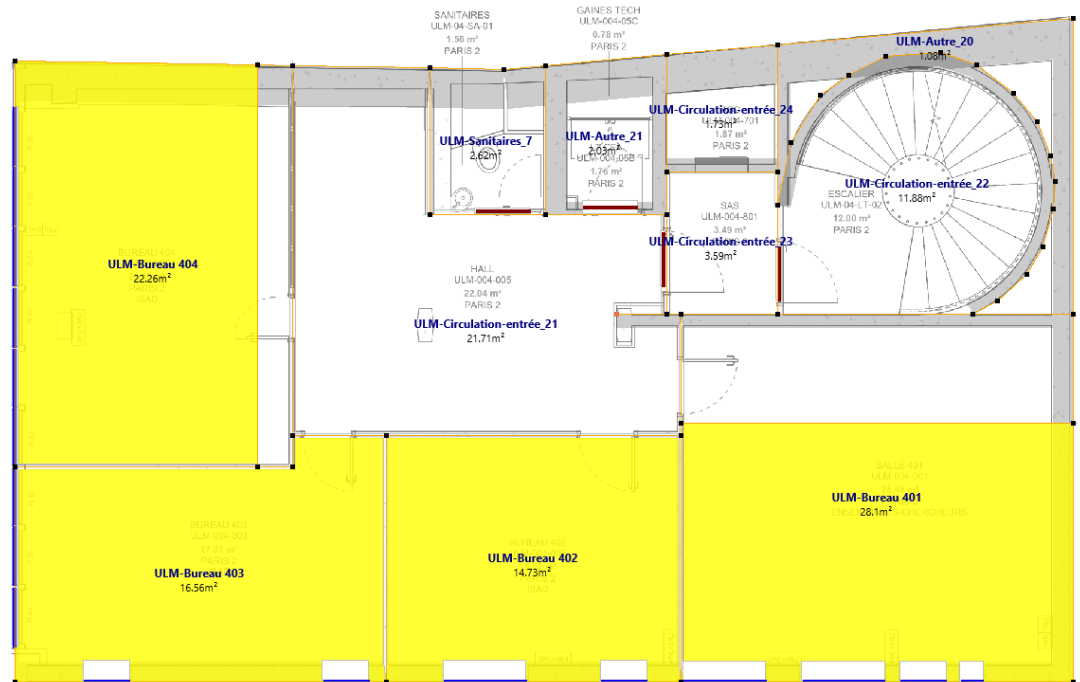
R+2

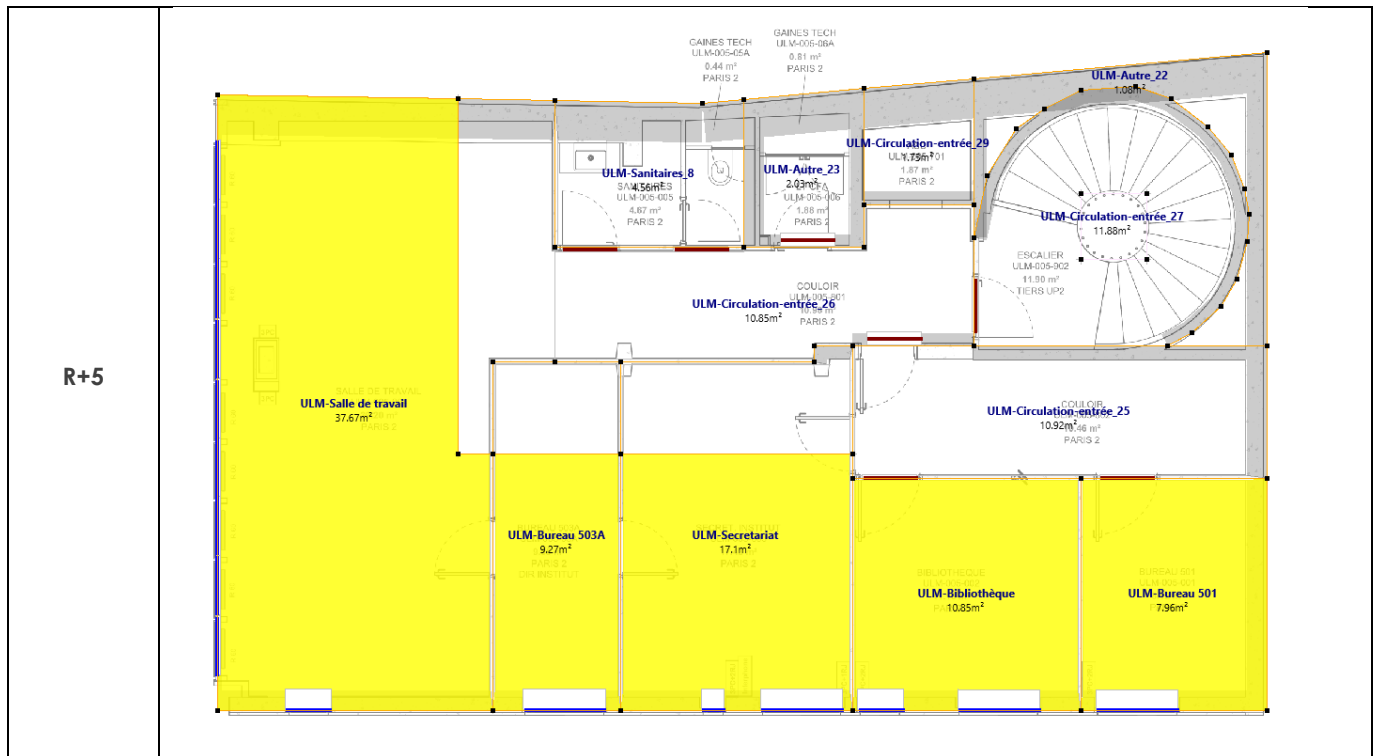


R+3



R+4





10.2 COEFFICIENTS DE REFLEXION CONVENTIONNELS

ELEMENT	VALEUR COMPRISE ENTRE		
Acajou et Noyer	15 %	-	40 %
Aluminium (poli)	65 %	-	75 %
Argent (poli)	88 %	-	93 %
Béton (clair)	40 %	-	50 %
Béton (vieux)	5 %	-	15 %
Bois bouleau clair, hêtre et érable	55 %	-	65 %
Chêne clair	40 %	-	50 %
Chêne sombre	15 %	-	40 %
Contreplaqué de bois (crème neuf)	50 %	-	60 %
Contreplaqué de bois (crème vieux)	30 %	-	40 %
Enduit de plâtre blanc (neuf et sec)	70 %	-	80 %
Enduit de plâtre blanc (vieux)	30 %	-	60 %
Faux plafond	70 %	-	90 %
Faux plafond perforé	60 %	-	80 %
Fer blanc	68 %	-	70 %
Liège	10 %	-	30 %
Moquettes	3 %	-	20 %
Mur de briques (neuf)	10 %	-	30 %
Mur de briques (vieux)	5 %	-	15 %
Nickel (poli)	53 %	-	63 %
Panneau de fibre de bois, blanc	70 %	-	75 %
Papier peint noir	0.3 %	-	0.5 %
Peinture blanche à la détrempe	65 %	-	75 %
Plafond blanc (poli)	65 %	-	70 %
Revêtement sol PVC	10 %	-	35 %
Tenture bleues	10 %	-	20 %
Tentures brun foncé	10 %	-	20 %
Tentures grises	15 %	-	45 %
Tentures jaunes	30 %	-	45 %
Tentures rouges	10 %	-	20 %
Végétaux (tout type)	5 %	-	15 %
Velours noirs	0.5 %	-	1 %