

# RAPPORT D'ETUDE LUMIERE

Effectué par Léna D'ANTONI

Etudiante en 4<sup>ème</sup> année d'études d'ingénieur à Polytech Annecy-Chambéry dans la filière EBE

Dans le cadre d'un stage dans l'entreprise ARP-Astrance

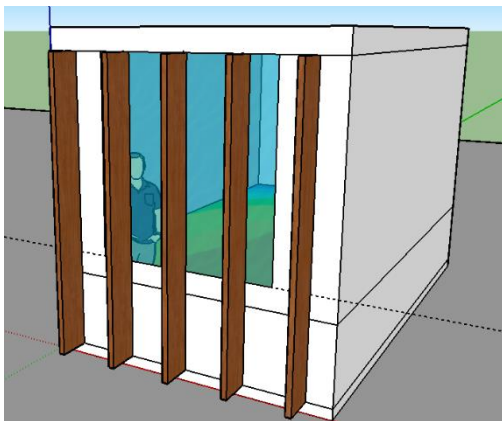


Image 1 : Modélisation Sketchup

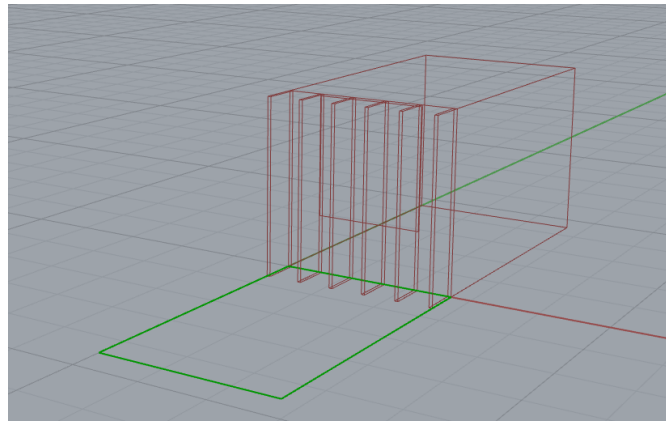


Image 2 : Modélisation Rhino

## Table des matières

INTRODUCTION .....	2
PARAMETRES DE L'ETUDE .....	3
ETUDE DE LA LUMIERE DU JOUR AVEC SKETCHUP .....	4
ETUDE DE LA LUMIERE DU JOUR AVEC RHINO .....	6
ETUDE DES EXIGENCES AVEC RHINO .....	8
CONCLUSION .....	11
RESSOURCES .....	12
ANNEXE .....	13

## INTRODUCTION

Le but de ce projet est de travailler sur l'influence de la lumière naturelle sur un bureau individuel type. Pour cela, certains paramètres variables permettront d'établir leur influence sur deux calculs différents :

- Le facteur de lumière du jour (FLJ) représente le pourcentage de lumière naturelle théorique disponible qu'un local reçoit. Le FLJ se calcule sous un ciel nuageux normalisé. L'orientation et la localisation ne sont pas des paramètres déterminants.
- L'autonomie en lumière du jour (ALJ) est un indicateur permettant de calculer un pourcentage de temps pendant lequel un local possède un éclairage supérieur à 300 lux, par rapport au temps d'occupation de ce local. L'ALJ se calcule dans des conditions proches du réel. L'orientation et la localisation sont à considérer.

Je suis accompagnée dans ce projet d'André Marie Dogbo qui est un spécialiste des phénomènes physiques du bâtiment. Il m'a proposé de faire cette étude sur deux logiciels de modélisation : Sketchup et Rhinocéros. A terme, je serai capable de déterminer les configurations qui apportent un meilleur confort visuel, savoir quand il est plus pertinent de faire un calcul de FLJ ou de ALJ, utiliser les bases du logiciel Rhinocéros.

Les données nécessaires à l'étude sont disponibles ci-dessous et sur la plateforme GitHub à l'adresse suivante : [https://github.com/lena-dantoni/light\\_study](https://github.com/lena-dantoni/light_study).

Pour cette étude je me suis aidée du fichier partagé grâce à Hydra par Mostapha Roudsari à l'adresse suivante : [http://hydrashare.github.io/hydra/viewer?owner=mostaphaRoudsari&fork=hydra\\_1&id=Honeybee\\_Annual\\_Daylight\\_Simulation\\_Example&slide=0&scale=4&offset=-30.5,-410.28125](http://hydrashare.github.io/hydra/viewer?owner=mostaphaRoudsari&fork=hydra_1&id=Honeybee_Annual_Daylight_Simulation_Example&slide=0&scale=4&offset=-30.5,-410.28125)



## PARAMETRES DE L'ETUDE

Période d'occupation : 8h à 18h ; 5 jours par semaine

Localisation : Paris intramuros (fichier météo de Paris Orly)

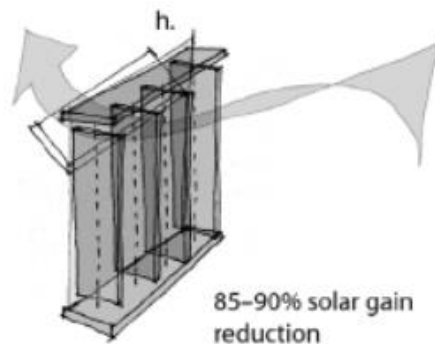
Orientation base (façade avec la fenêtre) : Sud

Géométrie de la pièce :

- Largeur : 2 trames et 1 trame = 1m35 donc largeur = 2m70
- Profondeur variable : entre 4,5m et 6,5m à faire varier par pas de 1m
- Pourcentage de surface vitrée variable = surface vitrée/surface opaque : entre 40 et 65% à faire varier par pas de 5%
- Hauteur sous plafond : 2m70
- Hauteur d'allège : 90cm

Protections solaires extérieures : Brise soleil à lames verticales :

- Toute hauteur : 2m70 donc recouvre aussi l'allège
- Largeur : 5cm
- Longueur/Profondeur variable : de 30cm à 60cm avec un pas de 50cm (pour Sketchup)
- Matériau :
  - Coefficient de réflexion selon la couleur : Les PES sont en bois d'érable donc 0,55 pour Sketchup et 0,3 pour Rhino



**(Movable) vertical fins/louvres**

Coefficient de réflexion :

- Mur : 0,5
- Plafond : 0,7
- Sol : 0,3
- Sol extérieur : 0,2

Coefficient de transmission :

- Vitrages : 0,7

## ETUDE DE LA LUMIERE DU JOUR AVEC SKETCHUP

Dans un premier temps il a fallu modéliser les 54 cas d'étude sur Sketchup en changeant à chaque fois le(s) paramètre(s) nécessaire(s). Les résultats permettent d'établir que pour une profondeur de bureau fixée, ici 4,5m, le FLJ et l'ALJ évoluent comme-ci :

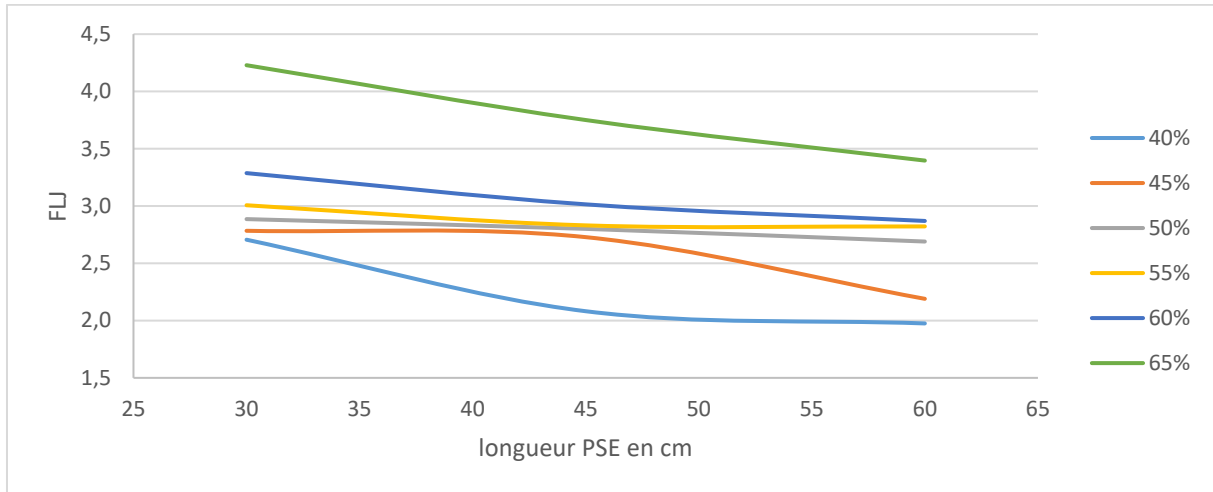


Figure 1 : Evolution du FLJ en fonction de la longueur des protections solaires pour une profondeur de pièce de 4,5m

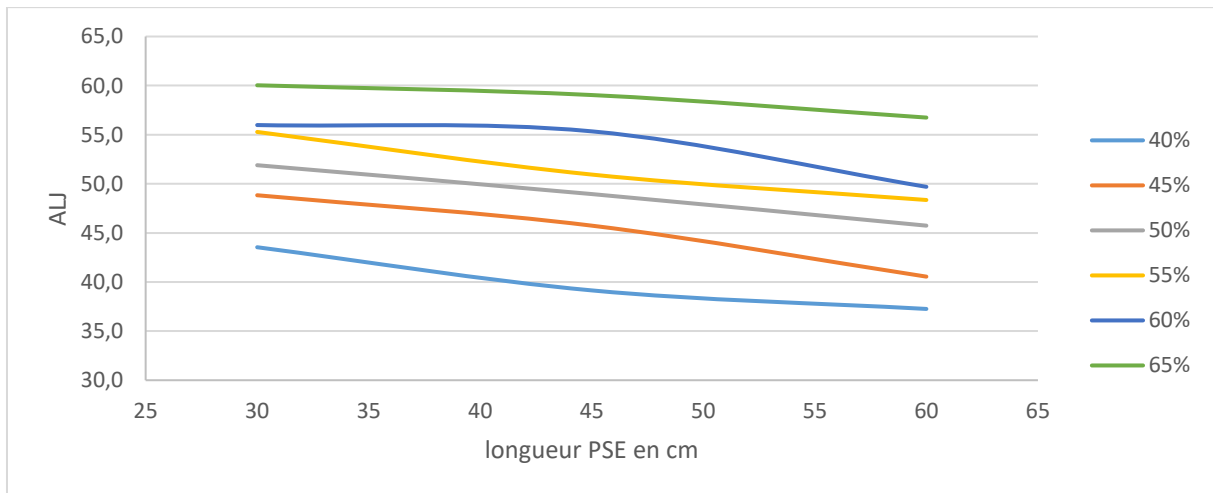


Figure 2 : Evolution de l'ALJ en fonction de la longueur des protections solaires pour une profondeur de pièce de 4,5m

Le FLJ et l'ALJ décroissent quand la longueur des protections solaires extérieures (PSE) augmente. Le but des PSE est d'apporter de l'ombre dans les pièces pour éviter l'éblouissement et la surchauffe. Plus elles sont importantes, plus il y a d'ombre dans le bureau, ce qui diminue l'accès à la lumière naturelle.

Par rapport au pourcentage de surface vitrée, plus ce dernier est bas et plus le FLJ ou l'ALJ est faible. Le pourcentage de surface vitrée n'est autre que :

$$\% \text{ surface vitrée} = \frac{\text{surface vitrée (m}^2\text{)}}{\text{surface opaque (m}^2\text{)}} * 100$$

La taille de la fenêtre augmente avec le pourcentage de vitrée, permettant d'accueillir plus de lumière dans la pièce. C'est pourquoi le FLJ ou l'ALJ moyen sont plus faibles pour un pourcentage de surface vitrée de 40% que pour 65%.

Maintenant voici comment évoluent le FLJ et l'ALJ en fonction de la profondeur du bureau pour une longueur de PSE de 45cm :

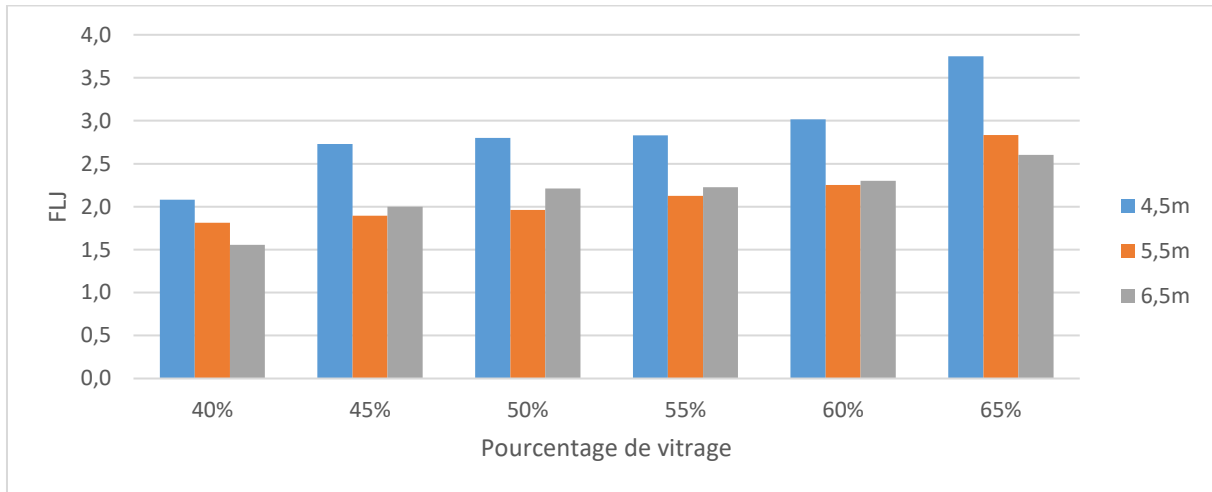


Figure 3 : Evolution du FLJ pour une longueur de PSE de 45cm

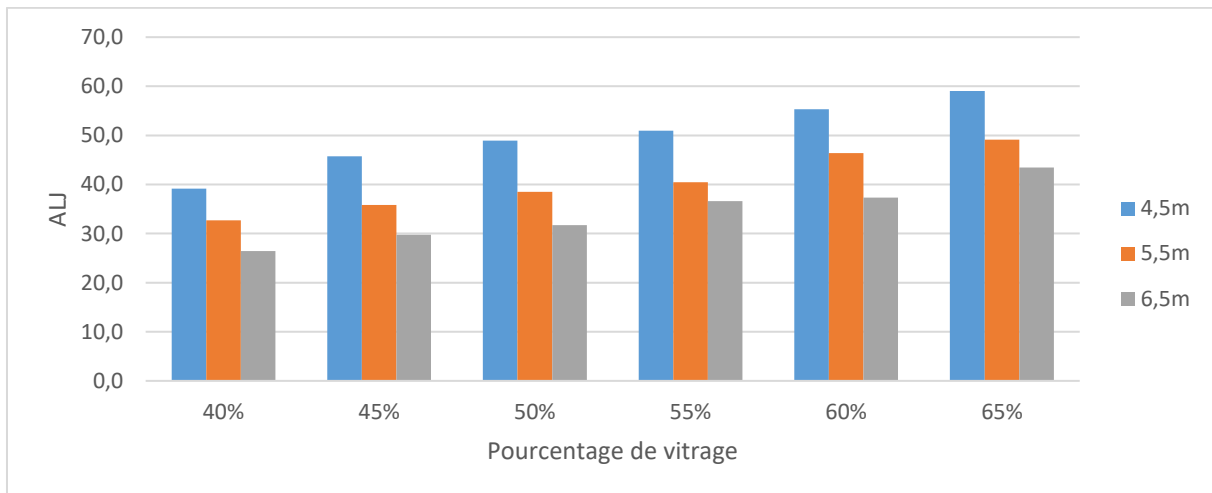


Figure 4 : Evolution de l'ALJ pour une longueur de PSE de 45cm

Plus la longueur de la pièce est importante et moins le FLJ ou l'ALJ sont grands. En ce qui concerne le FLJ, cette tendance semble moins évidente, particulièrement entre les profondeurs de pièce 5,5m et 6,5m. Il n'est cependant pas incohérent de tirer les mêmes conclusions que pour l'ALJ. La lumière du jour pénètre de moins en moins au fond de la pièce lorsqu'elle s'agrandit en profondeur, diminuant les valeurs de FLJ et ALJ.

L'étude Rhino promet d'être plus rigoureuse et permettra des études plus approfondies.

## ETUDE DE LA LUMIERE DU JOUR AVEC RHINO

Les graphes suivants permettent de tirer les mêmes conclusions que précédemment avec une meilleure rigueur.

Pour une profondeur de bureau fixée, ici 4,5m, voici comment le FLJ et l'ALJ évoluent :

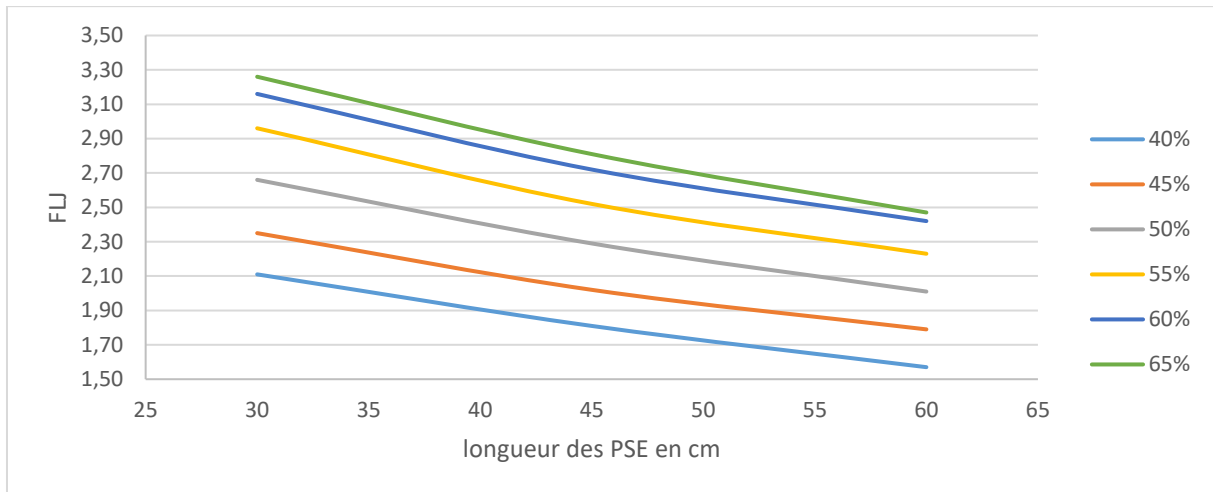


Figure 5 : Evolution du FLJ en fonction de la longueur des protections solaires pour une profondeur de pièce de 4,5m

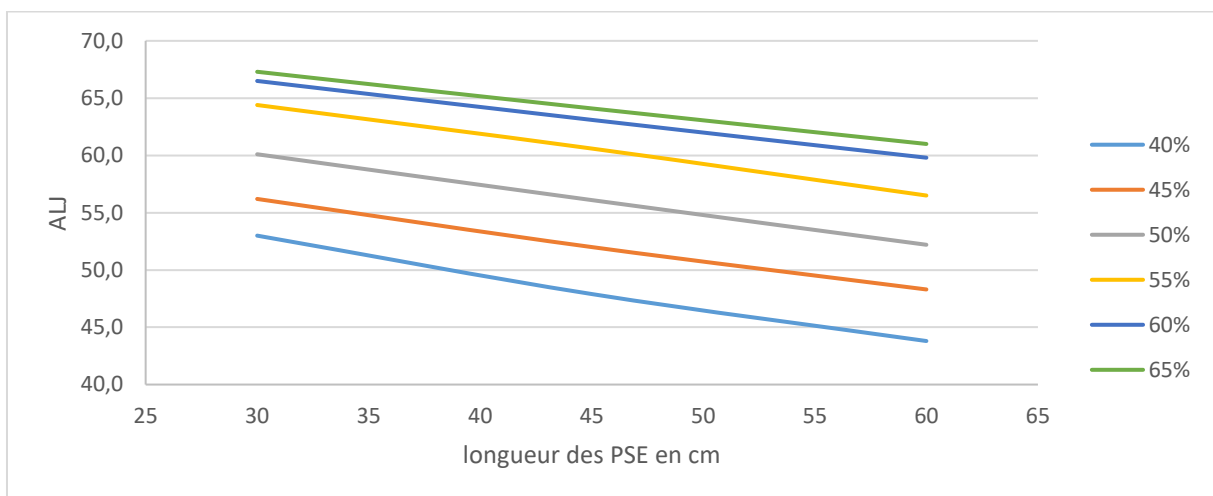


Figure 6 : Evolution de l'ALJ en fonction de la longueur des protections solaires pour une profondeur de pièce de 4,5m

Les graphes suivants montrent l'évolution du FLJ et de l'ALJ en fonction de la profondeur du bureau pour une longueur de PSE de 45cm :

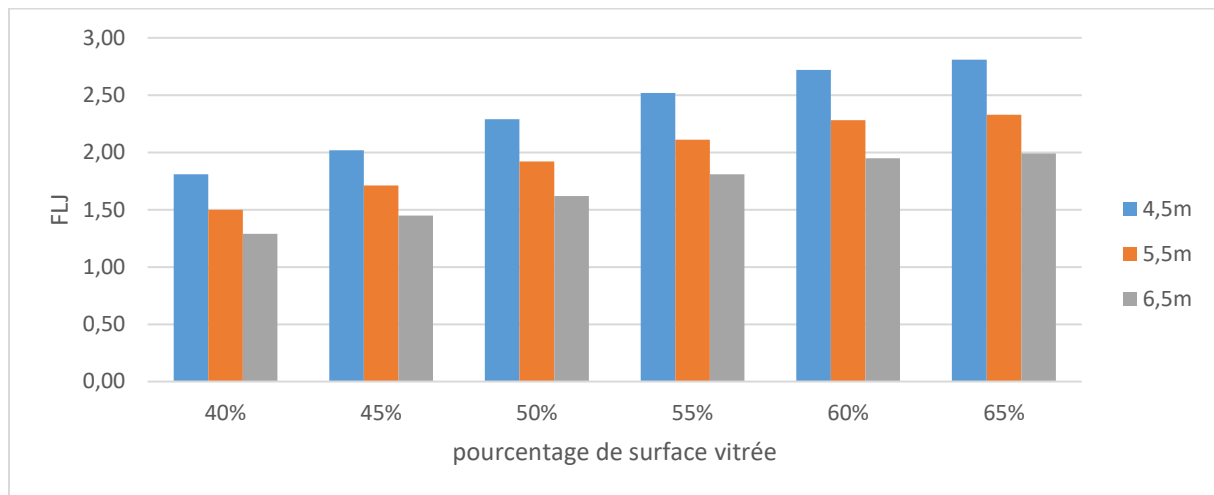


Figure 7 : Evolution du FLJ pour une longueur de PSE de 45cm

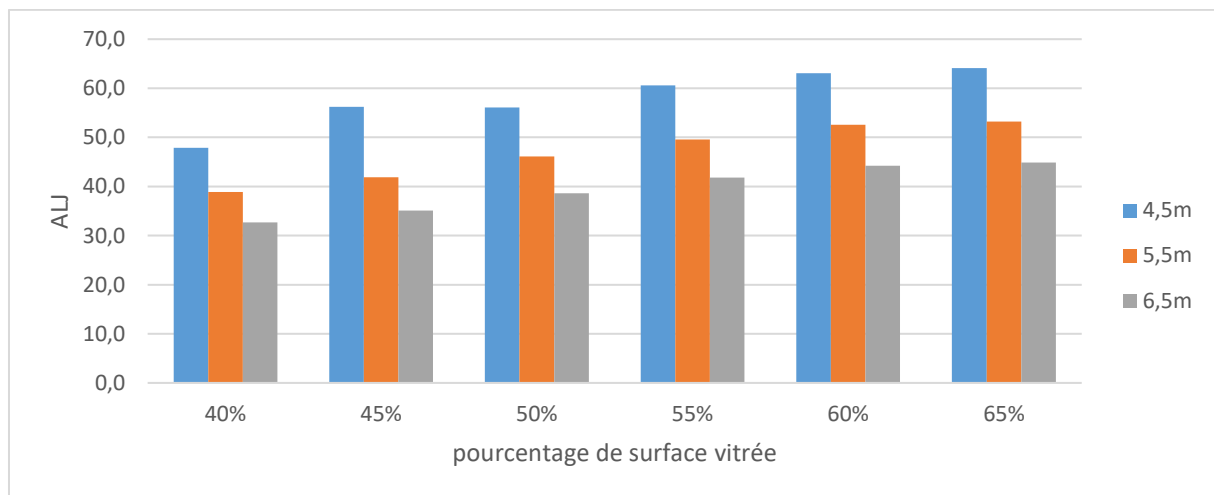


Figure 8 : Evolution de l'ALJ pour une longueur de PSE de 45cm

Les conclusions sont donc les mêmes que pour l'étude du FLJ.

Tableau 1 : Résultats de l'influence des paramètres sur le FLJ et l'ALJ

	Augmentation de la profondeur du bureau	Augmentation du pourcentage de surface vitrée	Augmentation de la longueur des PSE
FLJ	-	+	-
ALJ	-	+	-

Des graphiques Design Explorer ont été réalisés pour permettre la visualisation des 54 cas d'étude :

- Pour le FLJ moyen : <https://bit.ly/39fuWpk>
- Pour l'ALJ moyen : <https://bit.ly/3fRzVPC>

## ETUDE DES EXIGENCES AVEC RHINO

Maintenant que l'influence des paramètres a été étudiée, il est intéressant de savoir dans quelle mesure les cas d'étude répondent à des exigences. Les critères étudiés sont les suivants :

1.  $FLJ > 1,5$
2.  $ALJ > 30, 40, 50$
3. Exigences BREEAM, HQE

1. L'exigence établie est que  $FLJ > 1,5$ . Les configurations qui permettent le respect de l'exigence sont établies grâce aux graphes suivants :

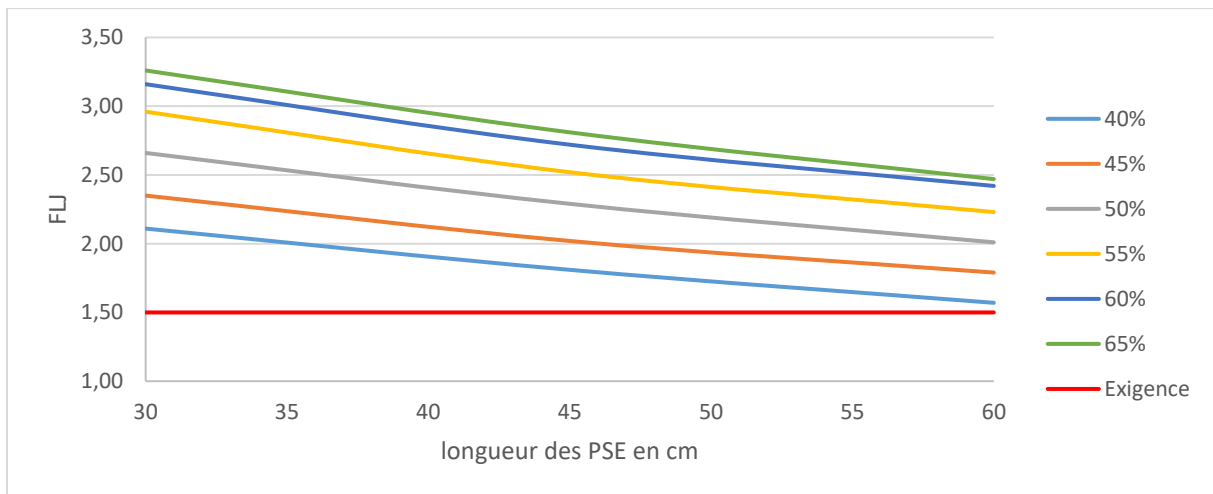


Figure 9 : Evolution du FLJ en fonction de la longueur des protections solaires pour une profondeur de pièce de 4,5m

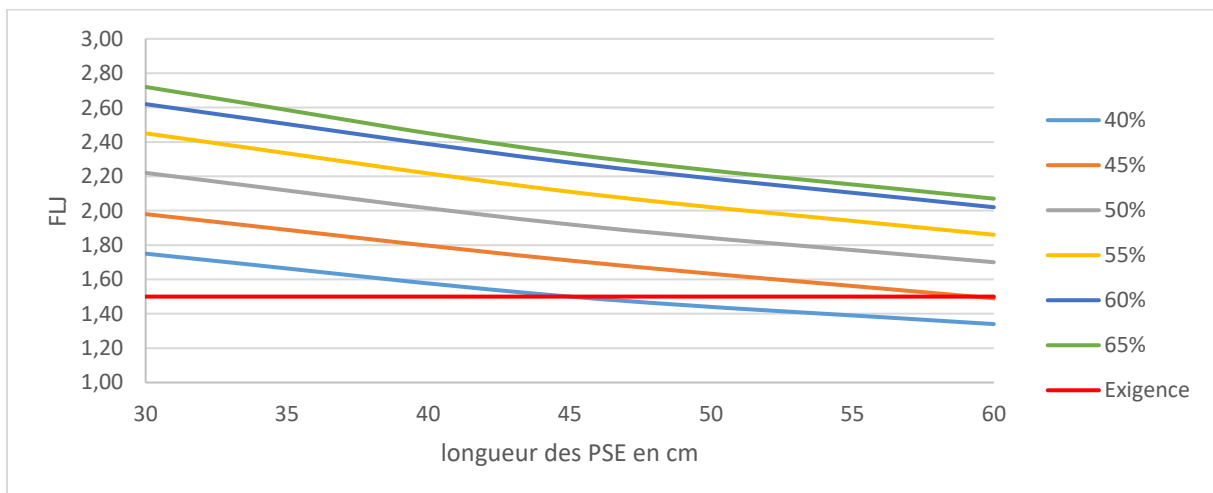


Figure 10 : Evolution du FLJ en fonction de la longueur des protections solaires pour une profondeur de pièce de 5,5m



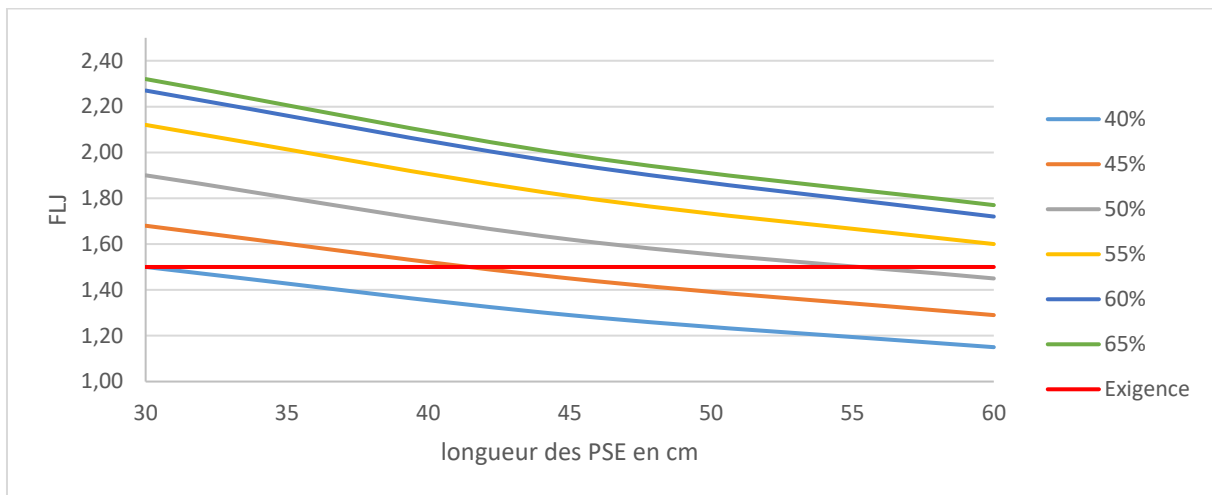


Figure 11 : Evolution du FLJ en fonction de la longueur des protections solaires pour une profondeur de pièce de 6,5m

Les études de FLJ permettent d'établir que les configurations respectant l'exigence sont les configurations suivantes :

Tableau 2 : Configurations respectant l'exigence

		Profondeur du bureau [m]								
		4,5			5,5			6,5		
Pourcentage de surface vitrée [%]	40									
	45									
	50									
	55									
	60									
	65									
		30	45	60	30	45	60	30	45	60
		Longueur des protections solaires extérieures [cm]								

Il convient donc, lorsque la pièce commence à être profonde, d'adapter la surface vitrée et la longueur des protections solaires extérieures pour que le FLJ soit suffisant dans le local. Un FLJ trop faible détériore le confort visuel, d'où la nécessité de se fixer des exigences.

2. En posant une exigence telle que l'ALJ soit supérieure à 30, 40 ou 50, il est intéressant de connaître le pourcentage de surface répondant à cette exigence. Ces résultats sont consultables aux adresses suivantes :

- ALJ > 30 : <https://bit.ly/3eL4FQM>
- ALJ > 40 : <https://bit.ly/2ZPa2tP>
- ALJ > 50 : <https://bit.ly/2WQf33z>

Un tableau Excel est également disponible en Annexe. Les résultats sont conformes aux attentes : plus l'exigence est élevée et plus les cas idéaux sont identifiables. En souhaitant qu'au moins 50% de la pièce respecte l'exigence, il est à privilégier une pièce peu profonde (4,5 ou 5,5m) avec une surface vitrée suffisante (au moins 55% de surface vitrée).

3. Pour ce qui est de l'exigence BREEAM, certification environnementale applicable aux bâtiments neufs et rénovés, l'exigence est telle que  $FLJ < 1,8$  pour au moins 80% de la somme des surfaces étudiées. Comme l'étude est restreinte à un bureau isolé, cette exigence est négligée.

Building or area type	Average daylight factor required by latitude (degrees)						Minimum area (m <sup>2</sup> ) to comply		Other requirements
	≤ 40	40-45	45-50	50-55	55-60	≥ 60	1 Credit	2 Credits	
Internal association or atrium area	2.3%	2.5%	2.8%	3.0%	3.1%	3.2%	80%	-	EITHER (a) OR {(b) and (c)} in Table 11 below
Teaching, lecture and seminar spaces	1.5%	1.7%	1.8%	2.0%	2.1%	2.2%		-	
All occupied spaces, unless indicated in Relevant definitions on page 84	1.5%	1.7%	1.8%	2.0%	2.1%	2.2%		-	

Il y a le choix entre l'exigence a ou (b+c), choisissons l'exigence a.

- (a) A uniformity ratio of at least 0.3 or a minimum point daylight factor of at least 0.3 times the relevant average daylight factor value in Table 10 on the previous page. Spaces with glazed roofs, such as atria, must achieve a uniformity ratio of at least 0.7 or a minimum point daylight factor of at least 0.7 times the relevant average daylight factor value in Table 10 on the previous page.

Il faut donc que :

$$FLJ_{\min} > 0,3 * 1,8 = 0,54$$

D'après le site <https://www.coordonnees-gps.fr/communes/paris-/75100>, la latitude de Paris est d'environ 49.

Seulement 5 cas sont éligibles à la certification. Ce sont des cas avec une faible profondeur de pièce (4,5m) et une grande surface vitrée (60% ou 65%). Un tableau récapitulatif des résultats est disponible en Annexe .

Pour respecter les exigences FLJ, le bureau ne doit pas être trop profond pour que la lumière naturelle atteigne tous les coins de la pièce.

4. HQE est un label environnemental français. En considérant que le bureau étudié fait partie d'une construction neuve visant la classe B il faut alors que l'ALJ moyen soit compris entre 45 et 65 pour répondre au label HQE :

Niveau d'éclairement préconisé sur les périodes d'occupation suivantes : 8h-18h ou 9h-19h ou 8h-22h ou 10h-20h							
	100 lux (Gds espaces dédiés à la circulation)	150 lux	200 lux (Hall d'accueil)	300 lux (Bureau, Salle de réunion)	500 lux (Salle de lecture, Salle de conférence/ auditorium)	750 lux	1000 lux
Classe A	[90 - 100]	[85 - 100]	[80 - 100]	[65 - 100]	[60 - 100]	[40 - 100]	[20 - 100]
Classe B	[85 - 90[	[80 - 85[	[75 - 80[	[45 - 65[	[40 - 60[	[15 - 40[	[10 - 20[
Classe C	[70 - 85 [	[60 - 80[	[50 - 75[	[10 - 45[	[10 - 40[	[5 - 15[	[0 - 10[
Classe D	[60 - 70[	[45 - 60[	[30 - 50[	[5 - 10[	[5 - 10[	[2 - 5[	-
Classe E	[25 - 60[	[15 - 45[	[5 - 30[	[0 - 5[	[0 - 5[	[0 - 2[	-
Classe F	[0 - 25[	[0 - 15[	[0 - 5[	[0 - 0[	[0 - 0[	[0 - 0[	-

D'après le lien Design Explorer <https://bit.ly/3fRzVPC>, la majorité des configurations respecte l'exigence HQE. En Annexe est indiquée à quelle classe correspond chaque cas. Aucun des cas n'atteint une classe inférieure à C. Le bureau est donc éligible au label HQE pour à minima la classe C, ce qui est correct.

Les mêmes paramètres permettent de respecter les exigences ALJ et FLJ. C'est conforme aux attentes.

## CONCLUSION

Le facteur de lumière de jour et l'autonomie lumineuse sont deux facteurs intéressants en ce qui concerne le confort visuel dans une pièce. Ils sont notamment au cœur des certifications BREEAM et HQE. Plus ceux-ci sont élevés, plus la pièce est lumineuse et aura moins besoin de lumière artificielle. Il faut cependant garder en mémoire que si ces facteurs sont très élevés, cela signifie que les déperditions thermiques le sont également. Il est donc important de trouver le meilleur compromis entre le confort visuel et le confort thermique.

## RESSOURCES

FLJ <https://energieplus-lesite.be/theories/eclairage12/physique-lumiere/facteur-de-lumiere-du-jour/>

ALJ <https://energieplus-lesite.be/theories/eclairage12/physique-lumiere/autonomie-en-lumiere-du-jour/>

[Maitriser Grasshopper 3D pas à pas de Jean Pradelle](#)

[Référentiel HQE Bâtiment Durable V2 : texte intégral secteurs Bureau et Hôtellerie \(janvier 2018\)](#)

[BREEAM International New Construction 2016 : technical manual 2.0](#)

## ANNEXE

### Exigence FLJ

cas	profondeur	surface vitrée	longueur PSE	FLJ moyen	FLJ moy > 1,5
	[m]	[%]	[cm]	[-]	[-]
1	4,5	40	30	2,11	oui
2	4,5	40	45	1,80	oui
3	4,5	40	60	1,58	oui
4	4,5	45	30	2,36	oui
5	4,5	45	45	2,02	oui
6	4,5	45	60	1,80	oui
7	4,5	50	30	2,67	oui
8	4,5	50	45	2,29	oui
9	4,5	50	60	2,04	oui
10	4,5	55	30	2,92	oui
11	4,5	55	45	2,54	oui
12	4,5	55	60	2,22	oui
13	4,5	60	30	3,18	oui
14	4,5	60	45	2,71	oui
15	4,5	60	60	2,41	oui
16	4,5	65	30	3,27	oui
17	4,5	65	45	2,80	oui
18	4,5	65	60	2,48	oui
19	5,5	40	30	1,73	oui
20	5,5	40	45	1,51	oui
21	5,5	40	60	1,34	non
22	5,5	45	30	1,95	oui
23	5,5	45	45	1,69	oui
24	5,5	45	60	1,48	non
25	5,5	50	30	2,22	oui
26	5,5	50	45	1,92	oui
27	5,5	50	60	1,69	oui
28	5,5	55	30	2,45	oui
29	5,5	55	45	2,11	oui
30	5,5	55	60	1,86	oui
31	5,5	60	30	2,63	oui
32	5,5	60	45	2,26	oui
33	5,5	60	60	2,02	oui
34	5,5	65	30	2,71	oui
35	5,5	65	45	2,32	oui
36	5,5	65	60	2,07	oui
37	6,5	40	30	1,49	non

38	6,5	40	45	1,29	non
39	6,5	40	60	1,14	non
40	6,5	45	30	1,67	oui
41	6,5	45	45	1,44	non
42	6,5	45	60	1,28	non
43	6,5	50	30	1,90	oui
44	6,5	50	45	1,64	oui
45	6,5	50	60	1,46	non
46	6,5	55	30	2,10	oui
47	6,5	55	45	1,81	oui
48	6,5	55	60	1,61	oui
49	6,5	60	30	2,26	oui
50	6,5	60	45	1,95	oui
51	6,5	60	60	1,73	oui
52	6,5	65	30	2,33	oui
53	6,5	65	45	2,01	oui
54	6,5	65	60	1,76	oui

## Exigence ALJ

cas	profondeur	surface vitrée	longueur PSE	ALJ	%surface ALJ>30	%surface ALJ>40	%surface ALJ>50
	[m]	[%]	[cm]	[%]	[%]	[%]	[%]
1	4,5	40	30	53,0	78,5	69,6	54,8
2	4,5	40	45	47,9	72,6	60,0	47,4
3	4,5	40	60	43,8	66,7	53,3	40,0
4	4,5	45	30	56,2	88,9	71,1	63,0
5	4,5	45	45	52,0	82,2	65,9	54,1
6	4,5	45	60	48,3	75,6	60,0	43,7
7	4,5	50	30	60,1	94,1	79,3	66,7
8	4,5	50	45	56,1	91,1	73,3	61,5
9	4,5	50	60	52,2	84,4	65,9	57,0
10	4,5	55	30	64,4	100,0	91,9	72,6
11	4,5	55	45	60,6	97,0	83,0	67,4
12	4,5	55	60	56,5	92,6	74,8	63,0
13	4,5	60	30	66,5	100,0	97,0	77,8
14	4,5	60	45	63,1	99,3	90,4	72,6
15	4,5	60	60	59,8	97,0	82,2	67,4
16	4,5	65	30	67,3	100,0	98,5	79,3
17	4,5	65	45	64,1	100,0	92,6	73,3
18	4,5	65	60	61,0	97,8	87,4	68,9
19	5,5	40	30	42,9	61,7	53,7	44,4
20	5,5	40	45	38,9	56,2	48,8	40,1
21	5,5	40	60	35,4	53,1	42,0	32,1
22	5,5	45	30	46,0	64,2	57,4	50,0
23	5,5	45	45	41,9	60,5	52,5	42,6
24	5,5	45	60	38,3	54,9	46,3	35,2
25	5,5	50	30	49,7	68,5	61,7	53,7
26	5,5	50	45	46,1	66,0	56,8	49,4
27	5,5	50	60	42,3	60,5	51,2	45,1
28	5,5	55	30	53,4	71,6	64,8	58,6
29	5,5	55	45	49,6	68,5	61,7	54,3
30	5,5	55	60	46,1	66,0	56,8	48,8
31	5,5	60	30	56,2	78,4	67,9	61,1
32	5,5	60	45	52,6	73,5	64,8	56,8
33	5,5	60	60	49,1	69,1	59,3	52,5
34	5,5	65	30	57,0	78,4	69,8	60,5
35	5,5	65	45	53,2	74,7	65,4	57,4
36	5,5	65	60	50,1	69,8	61,7	54,3
37	6,5	40	30	36,0	51,9	45,5	37,6
38	6,5	40	45	32,7	46,6	39,7	32,8

39	6,5	40	60	29,8	45,5	36,0	27,0
40	6,5	45	30	38,5	54,5	47,6	41,8
41	6,5	45	45	35,1	49,2	43,4	36,5
42	6,5	45	60	32,2	48,1	37,6	29,6
43	6,5	50	30	42,0	56,6	51,3	45,5
44	6,5	50	45	38,6	54,5	48,1	40,7
45	6,5	50	60	35,9	51,3	44,4	36,5
46	6,5	55	30	45,0	61,9	54,5	49,2
47	6,5	55	45	41,8	57,7	52,4	43,4
48	6,5	55	60	38,8	55,6	46,6	41,3
49	6,5	60	30	47,4	64,6	57,1	51,3
50	6,5	60	45	44,2	61,4	55,0	49,7
51	6,5	60	60	41,6	58,7	51,3	45,0
52	6,5	65	30	47,9	64,0	57,1	52,4
53	6,5	65	45	44,9	61,9	55,6	48,1
54	6,5	65	60	42,1	59,3	51,3	44,4



## Exigence BREEAM

cas	profondeur	surface vitrée	longueur PSE	FLJ moyen	FLJ min	BREEAM	BREEAM	BREEAM
	[m]	[%]	[cm]	[-]	[-]	FLJ min > 0,54	FLJ moy > 1,8	éligible
1	4,5	40	30	2,11	0,12	non	oui	non
2	4,5	40	45	1,80	0,09	non	non	non
3	4,5	40	60	1,58	0,06	non	non	non
4	4,5	45	30	2,36	0,12	non	oui	non
5	4,5	45	45	2,02	0,10	non	oui	non
6	4,5	45	60	1,80	0,08	non	oui	non
7	4,5	50	30	2,67	0,19	non	oui	non
8	4,5	50	45	2,29	0,11	non	oui	non
9	4,5	50	60	2,04	0,09	non	oui	non
10	4,5	55	30	2,92	0,52	non	oui	non
11	4,5	55	45	2,54	0,44	non	oui	non
12	4,5	55	60	2,22	0,27	non	oui	non
13	4,5	60	30	3,18	0,61	oui	oui	oui
14	4,5	60	45	2,71	0,60	oui	oui	oui
15	4,5	60	60	2,41	0,52	non	oui	non
16	4,5	65	30	3,27	0,68	oui	oui	oui
17	4,5	65	45	2,80	0,61	oui	oui	oui
18	4,5	65	60	2,48	0,56	oui	oui	oui
19	5,5	40	30	1,73	0,11	non	non	non
20	5,5	40	45	1,51	0,07	non	non	non
21	5,5	40	60	1,34	0,07	non	non	non
22	5,5	45	30	1,95	0,12	non	oui	non
23	5,5	45	45	1,69	0,09	non	non	non
24	5,5	45	60	1,48	0,07	non	non	non
25	5,5	50	30	2,22	0,20	non	oui	non
26	5,5	50	45	1,92	0,12	non	oui	non
27	5,5	50	60	1,69	0,11	non	non	non
28	5,5	55	30	2,45	0,37	non	oui	non
29	5,5	55	45	2,11	0,32	non	oui	non
30	5,5	55	60	1,86	0,27	non	oui	non
31	5,5	60	30	2,63	0,34	non	oui	non
32	5,5	60	45	2,26	0,39	non	oui	non
33	5,5	60	60	2,02	0,35	non	oui	non
34	5,5	65	30	2,71	0,40	non	oui	non
35	5,5	65	45	2,32	0,36	non	oui	non
36	5,5	65	60	2,07	0,35	non	oui	non
37	6,5	40	30	1,49	0,12	non	non	non

38	6,5	40	45	1,29	0,08	non	non	non
39	6,5	40	60	1,14	0,06	non	non	non
40	6,5	45	30	1,67	0,11	non	non	non
41	6,5	45	45	1,44	0,10	non	non	non
42	6,5	45	60	1,28	0,06	non	non	non
43	6,5	50	30	1,90	0,18	non	oui	non
44	6,5	50	45	1,64	0,12	non	non	non
45	6,5	50	60	1,46	0,08	non	non	non
46	6,5	55	30	2,10	0,21	non	oui	non
47	6,5	55	45	1,81	0,22	non	oui	non
48	6,5	55	60	1,61	0,16	non	non	non
49	6,5	60	30	2,26	0,21	non	oui	non
50	6,5	60	45	1,95	0,19	non	oui	non
51	6,5	60	60	1,73	0,19	non	non	non
52	6,5	65	30	2,33	0,27	non	oui	non
53	6,5	65	45	2,01	0,23	non	oui	non
54	6,5	65	60	1,76	0,25	non	non	non

## Exigence HQE

cas	profondeur	surface vitrée	longueur PSE	ALJ	HQE	HQE
	[m]	[%]	[cm]	[%]	Classe>B	Classe
1	4,5	40	30	53,0	oui	B
2	4,5	40	45	47,9	oui	B
3	4,5	40	60	43,8	non	C
4	4,5	45	30	56,2	oui	B
5	4,5	45	45	52,0	oui	B
6	4,5	45	60	48,3	oui	B
7	4,5	50	30	60,1	oui	B
8	4,5	50	45	56,1	oui	B
9	4,5	50	60	52,2	oui	B
10	4,5	55	30	64,4	oui	B
11	4,5	55	45	60,6	oui	B
12	4,5	55	60	56,5	oui	B
13	4,5	60	30	66,5	oui	A
14	4,5	60	45	63,1	oui	B
15	4,5	60	60	59,8	oui	B
16	4,5	65	30	67,3	oui	A
17	4,5	65	45	64,1	oui	B
18	4,5	65	60	61,0	oui	B
19	5,5	40	30	42,9	non	C
20	5,5	40	45	38,9	non	C
21	5,5	40	60	35,4	non	C
22	5,5	45	30	46,0	oui	B
23	5,5	45	45	41,9	non	C
24	5,5	45	60	38,3	non	C
25	5,5	50	30	49,7	oui	B
26	5,5	50	45	46,1	oui	B
27	5,5	50	60	42,3	non	C
28	5,5	55	30	53,4	oui	B
29	5,5	55	45	49,6	oui	B
30	5,5	55	60	46,1	oui	B
31	5,5	60	30	56,2	oui	B
32	5,5	60	45	52,6	oui	B
33	5,5	60	60	49,1	oui	B
34	5,5	65	30	57,0	oui	B
35	5,5	65	45	53,2	oui	B
36	5,5	65	60	50,1	oui	B
37	6,5	40	30	36,0	non	C
38	6,5	40	45	32,7	non	C

39	6,5	40	60	29,8	non	C
40	6,5	45	30	38,5	non	C
41	6,5	45	45	35,1	non	C
42	6,5	45	60	32,2	non	C
43	6,5	50	30	42,0	non	C
44	6,5	50	45	38,6	non	C
45	6,5	50	60	35,9	non	C
46	6,5	55	30	45,0	non	C
47	6,5	55	45	41,8	non	C
48	6,5	55	60	38,8	non	C
49	6,5	60	30	47,4	oui	B
50	6,5	60	45	44,2	non	C
51	6,5	60	60	41,6	non	C
52	6,5	65	30	47,9	oui	B
53	6,5	65	45	44,9	non	C
54	6,5	65	60	42,1	non	C