

N°85



UNIVERSITE D'ABOMEY – CALAVI

École Doctorale des Sciences de l'Ingénieur (ED-SDI)

Master de Recherche en Efficacité Energétique et Energies Renouvelables

**Rapport de stage**

**Thème :**

**Efficacité énergétique dans le bâtiment :  
Dimensionnement d'un système d'éclairage pour un  
bâtiment de forme quelconque**

**Présenté par :**

Gédéon Marlein DAHOU

**Encadré par :**

Dr, Ir. David ADAMON

**Sous la direction de :**

Dr. Latif A. FAGBEMI, Maître de Conférences du CAMES

## **Dédicaces**

A la mémoire de ma mère, ADAMA Edwige

A la mémoire de ma sœur, DAHOU Emeline Yasmine (DEY).

**Gédéon Marlein DAHOU**

## Remerciements

Au terme de ce travail, je tiens à remercier tous ceux qui m'ont accompagné, de près ou de loin, tout au long de cette expérience.

Je ne saurais véritablement commencer sans présenter toute ma gratitude et toute ma reconnaissance à l'Eternel Dieu, qui m'a gardé et conduit jusqu'à l'aboutissement de ce travail. Qu'il me soit également permis de remercier les autorités de l'Ecole Doctorale des Sciences de l'Ingénieur. Je voudrais mentionner :

- Professeur Antoine VIANOU, Directeur de l'Ecole Doctorale des Sciences de l'Ingénieur (ED-SDI) ;
- Professeur Clément AHOUANNOU, Coordonnateur du Master de Recherche Efficacité Energétique et Energies Renouvelables ;
- Professeur Aristide HOUNGAN, Coordonnateur-Adjoint du Master de Recherche Efficacité Energétique et Energies Renouvelables ;
- Professeur Latif FAGBEMI, mon maître de mémoire pour cette étude. Son mérite est grand dans l'aboutissement heureux du travail qu'il a accepté de suivre malgré ses multiples tâches ;
- Docteur David ADAMON, mon Co-encadreur pour son soutien, ses conseils et son encadrement ;
- Tous les enseignants intervenant dans la formation du Master de Recherche Efficacité Energétique et Energies Renouvelables pour toute l'attention qu'ils m'ont consacrée durant ma formation ;
- Tous mes collègues, amis et proches.

Je ne saurai finir sans remercier mon père DAHOU Alexis, qui a été d'un grand soutien et d'encouragement pour moi, sans oublier mes frères et mes sœurs : Gédéonne, Horacio, Andréas, Anita.

## Résumé

Assurer un environnement viable et durable à la génération future, implique de réduire nos émissions de gaz à effet de serre, et de changer nos modes de consommation. Réduire ses émissions de GES, veut dire réduire également sa consommation énergétique. L'un des postes de consommation énergétique dans les bâtiments se trouve être l'éclairage. Réduire sa consommation en éclairage se fait en agissant sur deux points : l'utilisation de lampes efficaces et un système d'éclairage adapté et bien dimensionné. Ce travail porte sur « **Efficacité énergétique dans le bâtiment : Dimensionnement d'un système d'éclairage pour un bâtiment de forme quelconque** ». Les méthodes de dimensionnement de systèmes d'éclairage font intervenir un indice appelé "**indice K**", *l'indice de local*. L'expression de ce dernier ne permet de l'utiliser que pour des locaux de formes rectangulaires. Ce qui rend difficile le dimensionnement de systèmes d'éclairage de formes irrégulières. Pour résoudre ce problème, une expression approchée de la formule initiale de l'"**indice K**", faisant intervenir la surface et le périmètre du local à éclairer a été proposé pour les bâtiments dont l'intérieur est de forme carré, rectangulaire, circulaire, triangulaire, trapézoïdale et polygonale. Quelques cas de dimensionnement ont permis de confirmer que le dimensionnement d'un local, quel que soit sa forme géométrique régulière, peut se faire à l'aide de sa surface et de son périmètre. Cette formule peut être appliquée dans le cas des bungalows, des cases traditionnelles, etc. Le dimensionnement effectué dans cette étude s'arrête à la détermination du flux. L'étude ne s'intéresse pas à la quantité de lampes à installer. Dans ce document, un bâtiment de forme irrégulière est un bâtiment qui n'est pas de forme rectangulaire. Et une figure de forme régulière, est une figure dont on connaît la formule de détermination de sa surface.

**Mots clés :** Efficacité énergétique – Eclairage – Flux lumineux – Bâtiment durable – Indice de local

## **Abstract**

Ensure a viable and sustainable environment for the next generation, involves reducing our greenhouse gas emissions, and changing our consumption patterns. Reducing your GHG emissions also means reducing your energy consumption. One of the areas of energy consumption in buildings happens to be lighting. Reducing your lighting consumption is done by acting on two points: the use of efficient lamps and a suitable and well-sized lighting system. This work focuses on "Energy efficiency in buildings: Sizing a lighting system for a building of any shape". The methods of dimensioning lighting systems involve an index called "K index", the room index. The expression of the latter allows it to be used only for premises of rectangular shapes. This makes it difficult to sizing irregularly shaped lighting systems. To solve this problem, an approximate expression of the initial formula of the "index K", involving the area and the perimeter of the room to be lit has been proposed for buildings whose interior is square, rectangular, circular, triangular, trapezoidal and polygonal. A few sizing cases have confirmed that the sizing of a room, regardless of its regular geometric shape, can be done using its area and perimeter. This formula can be applied in the case of bungalows, traditional huts, etc. The sizing carried out in this study stops with the determination of the flow. The study does not look at the quantity of lamps to install. In this document, an irregularly shaped building is a building that is not rectangular in shape. And a figure of regular shape is a figure for which we know the formula for determining its surface.

**Key words:** Energy efficiency - Lighting - Luminous flux - Sustainable building - Room index

## Liste des figures

Figure 1-1: Poste de travail inconnu.....	6
Figure 1-2: Poste de travail défini .....	6
Figure 1-3 : Hauteur entre le plan de travail et les luminaires en suspensions .....	8
Figure 1-4 : Facteurs de réflexions de quelques matériaux et couleurs .....	9
Figure 2-1 : Interface du logiciel TOP SOLID.....	13
Figure 2-2 : Interface logiciel de DAO AutoCAD .....	13
Figure 2-3 : Fenêtre donnant les propriétés tels que la surface et le périmètre d'un profil .....	14
Figure 3-1 : Décomposition d'un polygone irrégulier par la Méthode de Pick .....	18
Figure 3-2 : Forme et dimension de l'intérieur de la pièce à éclairer (cas du carré) .....	19
Figure 3-3 : Forme et dimension de l'intérieur de la pièce à éclairer (cas du Triangle) rectangle) .....	20
Figure 3-4 : Forme et dimension de l'intérieur de la pièce à éclairer (cas du trapèze).....	21
Figure 3-5 : Forme et dimension de l'intérieur de la pièce à éclairer (cas du trapèze décomposé en rectangle et triangles) .....	21
Figure 3-6 : Forme et dimension de l'intérieur de la pièce à éclairer (cas du cercle) .....	23
Figure 3-7 : Forme et dimension de l'intérieur de la pièce à éclairer (cas du cercle décomposé en rectangles).....	24
Figure 3-8 : Forme et dimension de l'intérieur de la pièce à éclairer (cas du cercle décomposé en rectangles).....	26
Figure 3-9 : Forme et dimension de l'intérieur de la pièce à éclairer (cas du cercle décomposé en rectangles).....	28
Figure 3-10 : Forme et dimension de l'intérieur de la pièce à éclairer (cas du cercle) .....	29
Figure 3-11 : Forme géométrique d'un local quelconque .....	31
Figure 3-12 : Données du logiciel sur la surface et le périmètre de la figure .....	31
Figure 3-13 : Décomposition de la forme en plusieurs rectangles.....	32

## Listes des tableaux

<b>Tableau 1-1 : Niveau d'éclairage recommandé (norme EN 12464-1)</b> .....	7
Tableau 1 2-1 : Détermination de l'utilance.....	12
Tableau 3-1 : Détermination de la surface et du périmètre de formes géométriques régulières.....	16
Tableau 3-2 : Flux à installer pour une surface carrée à l'aide de la formule initiale de K .....	19
Tableau 3-3 : Flux à installer pour une surface triangulaire.....	20
Tableau 3-4 : Flux à installer par surface décomposée .....	22
Tableau 3-5 : Flux à installer pour la surface totale du trapèze à l'aide de la formule de VI.....	22
Tableau 3-6 : Flux à installer par surfaces décomposés (Décomposition en rectangles) .....	25
Tableau 3-7 : Flux à installer par surfaces décomposées (Décomposition en carrés et en triangles) ..	27
Tableau 3-8 : Flux à installer par surfaces décomposés (Décomposition en polygone) .....	28
Tableau 3-9 : Flux à installer pour la surface totale (Cercle en entier) .....	29
Tableau 3-10 : Comparaison des valeurs de flux obtenues par les différentes méthodes .....	30
Tableau 3-11 : Flux à installer par surface décomposée (cas d'une forme quelconque) .....	32
Tableau 3-12 : Flux à installer pour la surface totale (cas d'une forme quelconque).....	33

## Table des matières

Dédicaces.....	i
Remerciements .....	ii
1 Résumé.....	iii
2 Abstract .....	iv
3 Liste des figures.....	v
4 Listes des tableaux .....	vi
<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre 1 : Synthèse bibliographique.....</b>	<b>3</b>
1.1. Synthèse bibliographique.....	3
1.2. Zone et surface de référence.....	5
1.3. Les éclaircissements et uniformités.....	6
1.4. L'indice de local K.....	8
1.5. Le facteur de réflexion.....	9
<b>Chapitre 2 : Matériel et méthodes.....</b>	<b>10</b>
2.1. Méthode.....	10
2.1.1. Détermination du flux à fournir .....	10
2.1.2. Détermination de l'indice du local K.....	11
2.1.3. Utilance ou facteur .....	11
2.2. Matériel.....	13
2.2.1. TopSolid.....	13
2.2.2. AutoCAD.....	13
2.2.3. Excel.....	14
2.2.4. Matlab .....	14
<b>Chapitre 3 : Résultats.....</b>	<b>15</b>
3.1. Nouvelle formule de l'indice K .....	15
3.2. Détermination de $S$ et $P$ .....	15
3.2.1. Calcul de l'aire et du périmètre des différentes formes régulières .....	15

3.2.2.	Calcul de l'aire et du périmètre de quelques figures de formes semi-régulières.....	17
3.2.2.1.	Quadrilatère quelconque .....	17
3.2.2.2.	Polygone irrégulier.....	17
3.3.	Présentation des résultats.....	18
3.3.1.	Dimensionnement éclairage d'un local à forme régulière : Carré .....	19
3.3.2.	Dimensionnement d'un local à forme quelconque : Cas d'un Triangle .....	19
3.3.3.	Dimensionnement d'un local à forme quelconque : Trapèze .....	21
3.3.3.1.	Dimensionnement par décomposition en plusieurs formes régulières : Décompositions en rectangles et triangle.....	21
3.3.3.2.	Dimensionnement en considérant le trapèze.....	22
3.3.4.	Dimensionnement d'un local à forme quelconque : Cas d'un cercle.....	22
3.3.4.1.	Dimensionnement par décomposition en plusieurs formes régulières : Décompositions en rectangles et carrés .....	23
3.3.4.2.	Dimensionnement par décomposition en plusieurs formes régulières : Décomposition en carrés et triangles .....	26
3.3.4.3.	Dimensionnement par décomposition en plusieurs formes régulières : Polygone équivalent	28
3.3.4.4.	Dimensionnement en considérant le cercle entier .....	29
3.3.4.5.	Comparaison des résultats .....	29
3.3.5.	Dimensionnement d'un local à forme quelconque .....	30
3.3.5.1.	Dimensionnement à partir de la formule initiale de K.....	31
3.3.5.2.	Dimensionnement à partir de la nouvelle expression proposée .....	33
3.3.5.3.	Comparaison des résultats .....	34
3.3.6.	Méthodologie de dimensionnement pour un local de forme quelconque : .....	34
3.4.	Commentaires.....	34
3.5.	Présentation du programme de dimensionnement sous Matlab.....	34
	Conclusion.....	36
	Référence bibliographique .....	37
	Annexe.....	39

## Introduction

Le système énergétique sur lequel repose le fonctionnement de nos sociétés depuis plus d'un siècle a montré ses limites (IFDD, 2016, La transition énergétique : Connaître et partager pour agir, 278p). En effet, il est basé essentiellement sur l'utilisation des ressources fossiles. La combustion de ces ressources constitue l'une des causes principales du réchauffement climatique.

Il n'est plus à démontrer, que depuis une décennie, face aux effets du changement climatique, et au déséquilibre entre l'offre et la demande énergétique, nous nous intéressons à la réduction de nos charges énergétiques pour nos différents besoins et dans nos lieux habituels. Le but étant de réduire le « *contenu carbone de l'offre énergétique* ». Il s'agissait pour nous, entre autres, d'aller vers des équipements plus économes en énergie, d'utiliser ses équipements seulement si cela est nécessaire, et de penser à leurs extinctions après utilisation. Tels sont les usages en termes d'efficacité énergétique, qui nous permettent de réduire nos consommations. *L'efficacité énergétique est en effet l'utilisation de l'énergie de manière optimale pour produire un bien ou un service. (La transition énergétique : Connaître et partager pour agir, IFDD, 2016, 278p).*

Construction artificielle pour nous abriter ou pour nos activités, le bâtiment se retrouve être l'endroit le plus utilisé par nous au cours d'une journée. Il va sans dire, qu'il a une part non négligeable dans la consommation énergétique d'un pays. En effet, la part de la consommation finale d'énergie du secteur de la construction est nettement supérieure à 60 % (Conception architecturale durable en milieu tropical : Principes et applications pour l'Afrique de l'Est, 426p). En 2010, à l'échelle mondiale, le secteur du bâtiment a été responsable des émissions de 24 % de la quantité totale de gaz à effet de serre provenant de la combustion de l'énergie fossile, ne le cédant qu'au secteur de l'industrie. (Conception architecturale durable en milieu tropical : Principes et applications pour l'Afrique de l'Est, 426p).

Dès lors, une politique d'efficacité énergétique est orientée dans le secteur des bâtiments visant à réduire la facture énergétique nationale, dans des pays comme la nôtre. Ainsi, pour mettre en œuvre une politique énergétique, il convient de catégoriser les charges électriques. C'est alors qu'au sein d'un bâtiment, on peut retrouver 03 groupes : le système d'éclairage, le

système de climatisation, et l'électroménager.

Installer pour son confort et sa sécurité, le système d'éclairage artificiel permet à l'homme de continuer sa routine à la tombée de la nuit, et de s'éclairer là où l'éclairage naturel est absent. Sa part dans la consommation énergétique mondiale est de 19% ([www.syndicat-eclairage.com](http://www.syndicat-eclairage.com), consulté le 08/07/2020). Ainsi, pour réduire cette part sur la facture énergétique, il convient d'utiliser des lampes très économes, et d'installer un système d'éclairage fournissant un **flux lumineux adéquat**, en fonction de l'activité nécessitant l'éclairage et respectant le confort visuel.

La méthode analytique de dimensionnement **simplifié**, connue de tous, pour déterminer le **flux lumineux** à installer utilise principalement deux paramètres : l'**éclairage** recommandé et à maintenir dans la zone à éclairer, et l'**aire** de la zone à éclairer. L'éclairage recommandé provient des normes d'éclairage existant suivant chaque activité. L'**aire**, quant à elle, est évaluée en fonction de la forme géométrique de la zone à éclairer. La plupart des zones à éclairer dans les édifices sont de formes régulières (rectangulaires ou carré). Alors que, de nos jours, avec l'évolution de l'architecture, surtout dans le cadre de construction de bâtiments durables, on rencontre de plus en plus de formes autre que rectangulaires comme les bungalows, les cases traditionnelles, etc. Il devient important, de quitter les méthodes de calculs usuelles, et d'aller vers des méthodes de calculs prenant en compte ces surfaces.

Le choix du thème « **Efficacité énergétique dans le bâtiment : Dimensionnement d'un système d'éclairage pour un bâtiment de forme quelconque** » nous permet de répondre à la problématique, d'amélioration d'un logiciel de dimensionnement d'éclairage déjà existant, pour la prise en compte d'une pièce de toute autre forme, autre que de forme rectangulaire ou carré.

Ce travail se répartit en 03 points. D'abord nous présenterons et analyserons des articles traitant de l'éclairage, et de son dimensionnement, et en deuxième point nous présenterons les matériels et méthodes utilisés dans l'aboutissement de ce travail. Les résultats obtenus ainsi que les analyses seront présentés au dernier point.

### **Objectif général**

L'objectif de cette étude est de proposer une méthode de dimensionnement de système d'éclairage pour un local quel que soit son architecture.

## Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

### 1.1. Synthèse bibliographique

La plupart des études rencontrées ayant rapport au système d'éclairage intérieur ne traite que de l'optimisation, et de la réduction de la consommation électrique des systèmes d'éclairage. Très peu s'intéressent au dimensionnement, particulièrement des organismes ou des agences nationales. En effet, les méthodes de dimensionnement d'un système d'éclairage intérieur semblent être connues et maîtrisées de tous. Une synthèse des documents rencontrés est effectuée dans les lignes qui suivent.

Il existe deux normes françaises de dimensionnement de systèmes d'éclairage : Il s'agit de la norme **NF S 40-001** et la norme **NF C 71-121**. Comme on peut lire dans le résumé desdites normes sur le site de l'AFNOR, la méthode décrite, relative à la prédétermination des éclairagements dans les espaces clos, s'applique à des "**formes parallélépipédiques rectangles**". On peut remarquer, qu'au départ, les normes d'éclairage ne prenaient en compte que les pièces de formes **parallélépipédiques rectangles**.

C'est d'ailleurs **Roger Cadiergues**, dans son document intitulé **L'éclairage artificiel (Guide RefCad nR27.a)**, qui rappelle que les deux normes existantes dans le cadre du dimensionnement d'installation d'éclairage sont bien les normes NF S 40-001 et NF C 71-121. **Roger Cadiergues** ne présente pas une méthode de dimensionnement de système d'éclairage, mais présente les paramètres à prendre en compte dans le cas du dimensionnement. Parmi eux, l'indice de local qui est une des caractéristiques essentielles du dimensionnement. Il est noté **K**, et est un paramètre sans dimension. Il prend en compte la géométrie de la pièce à éclairer et est fonction : d'une longueur  $a$ , d'une largeur  $b$ , dimensions d'une pièce rectangulaire, et d'une hauteur  $h$ , entre le plan de travail et le luminaire en suspension.

De même, dans leur document nommé **Conception architecturale durable en milieu tropical : Principes et applications pour l'Afrique de l'Est**, l'ONU HABITA et l'IFDD, dans leur formule de l'indice de la pièce, présentent  $a$  et  $b$  comme étant les **dimensions** de la pièce.

L'Agence Nationale pour le Développement des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique du Maroc (**ADEREE**) a élaboré un manuel technique de l'éclairage (2016) qui présente les concepts de choix et les différentes technologies existantes en termes de luminaire, la gestion des équipements d'éclairage et deux méthodes de dimensionnement.

La première, qui permet de déterminer la quantité de flux lumineux à installer, fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les normes citées plus haut, à savoir, l'Éclairage recommandé, la surface de la pièce à éclairer, l'indice du local, etc. La seconde, n'est rien d'autre que le dimensionnement par la méthode de puissance, et ne dimensionne que la puissance électrique admissible pour l'éclairage intérieur. Pour sa formule de dimensionnement du flux lumineux, l'ADEREE ne précise pas pour quelle forme géométrique de pièce il convient d'utiliser cette méthode. Mais elle n'est pas différente des normes **NF S 40-001** et **NF C 71-121**, qui précisent déjà qu'elle est utilisée pour les pièces de "**formes parallélépipédiques rectangles**". Par contre, on peut lire comme définition de deux paramètres utilisés, a : longueur du local en mètre (m), et b : largeur du local en mètre (m).

L'institut Belge de l'Éclairage propose un **code de bonne pratique en éclairage intérieur** (2007), en complément à la norme NBN EN 12464-1, après avoir présenté les normes et documents de référence en matière d'éclairage intérieur, qui rappelle la définition des zones et surfaces à considérer lors d'un dimensionnement. Le code aborde également des notions liées au confort visuel à savoir l'uniformité, l'Indice unifié de l'éblouissement direct (UGR) et l'indice de rendu des couleurs. Il présente aussi la formule de calcul du flux à installer, qui n'est pas différente de celle utilisée dans les autres documents. Néanmoins, le document traite de l'uniformité, qui est le Rapport de l'éclairage minimal  $E_{\min}$  à l'éclairage maximal  $E_{\max}$  sur une surface donnée. De plus, dans sa partie *dimensionnement*, précisément dans un but de vérification des performances de l'installation d'éclairage, le code présente la réalisation d'un maillage de la surface à éclairer qui a pour but d'évaluer l'éclairage au niveau des points des mailles formées.

Lionel SIMONOT et Sophie CAMELIO, 02 ingénieurs, dans leur étude publiée au nom de « **cahier technique de l'uniformité en éclairage** » ont trouvé le moyen d'augmenter l'éclairage moyen et l'uniformité dans le cas d'un projet d'éclairage. Après avoir rappelé que la norme d'éclairage distingue le plan de la tâche de travail et des zones environnantes immédiates pour lesquels elle préconise une uniformité supérieure respectivement à 0,7 et à 0,5 ils démontrent alors qu'avoir un éclairage moyen et l'uniformité plus grand, revient à définir une surface utile plus réduit. Rappelons que le calcul de l'uniformité se justifie dans le cadre d'un contrôle après installation. De même, il est démontré que la nouvelle expression

de l'uniformité, de Lionel SIMONOT et Sophie CAMELIO, entraîne une augmentation sensible de l'uniformité.

Mircea Chindris and Antoni Sudria-Andreu, dans le chapitre 8 "**lighting**" du document intitulé « **Electrical Energy Efficiency** », rappelle que l'électricité utilisée pour faire fonctionner les systèmes d'éclairage correspond à 5-15% de la consommation nationale d'électricité consommée par les pays industrialisés dans le monde, et même plus de 80% dans certains pays en développement. L'étude ne parlera pas du dimensionnement de systèmes d'éclairage. Seule l'efficacité énergétique dans les postes d'éclairage, est présentée. Dans cette étude, la prise en compte de l'efficacité énergétique, intervient au moment du choix de la lampe, et par conséquent, de valeur d'un flux émis par la lampe.

## **1.2. Zone et surface de référence**

Ce paragraphe reprend les définitions des surfaces de référence les plus utiles qui sont à considérer dans la pratique. (L'institut Belge de l'Eclairage, 2007, Code de bonne pratique en éclairage intérieur, Boulevard de la Plaine 1050 Bruxelles, 36p.)

### **NOTIONS EN 3 DIMENSIONS**

- **Lieu de travail** : Lieu où se déroule un travail (local dans son entièreté).

### **NOTIONS EN 2 DIMENSIONS**

- **Plan utile (NBN L13-001)** : Surface de référence constituée par le plan sur lequel s'effectue normalement le travail. Sauf indication contraire, ce plan est, par convention, un plan horizontal situé à 0,85 m du sol et limité par les parois du local.

En général l'objectif est d'obtenir - selon le type d'activité visuelle pratiquée dans le local examiné – un éclairage du plan utile.

### **Exemples d'exceptions :**

- Ecoles et assimilés : le plan utile (vertical en général) est celui du tableau (noir ou blanc) ;
- Commerces : le plan utile est celui du niveau des produits exposés, par exemple : plan du sol pour les commerces de sports, plan du sol pour les commerces de légumes ou fruits (en général), etc.

C'est sur ces plans utiles que l'on doit respecter les éclairagements recommandés.

- **Plan de travail** : Partie du plan utile se limitant au poste de travail (généralement, le plan horizontal limité par les extrémités du mobilier).
- **Plan de travail effectif** : Surface du poste de travail où la tâche visuelle principale est exécutée. Dans un bureau, il s'agit le plus souvent de lecture, d'écriture, de dactylographie ou de dessin. Le plan de travail effectif englobe généralement le sous-main et le clavier de l'ordinateur. Il est souvent identifié comme identique à la zone de travail. C'est alors sur cette surface que l'éclairage est imposé.
- **Zone de travail (NBN EN 12464-1)** : Partie du lieu de travail dans laquelle la tâche visuelle est exécutée.
- **Zone environnante immédiate (NBN EN 12464-1)** : Bande de 0,5 m de large au moins entourant la zone de travail dans le champ visuel. Les exigences définies dans la norme NBN EN 12464-1 s'appliquent à la zone de travail et à la zone environnante immédiate.

A défaut de prescriptions particulières, pour les plans de travail et plans de travail effectifs horizontaux, on considèrera une hauteur de 0,85 cm.

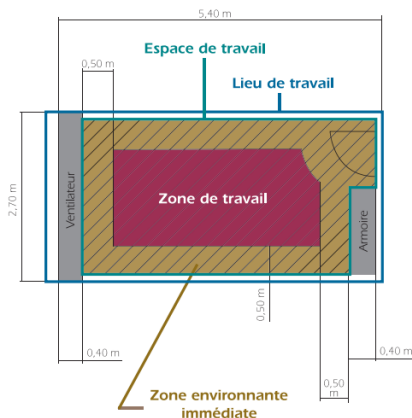


Figure 1-1: Poste de travail inconnu

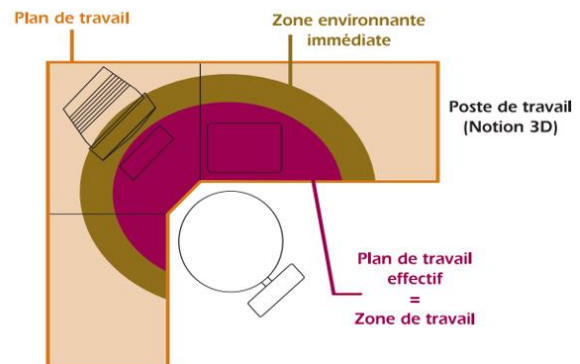


Figure 1-2: Poste de travail défini

### 1.3. Les éclairagements et uniformités

#### Eclairage à maintenir - $E_m$ - NBN EN 12464-1

Valeur en dessous de laquelle l'éclairage moyen de la surface considérée ne peut pas descendre. C'est l'éclairage moyen au moment où la maintenance doit être effectuée (NBN EN 12665). La norme NBN EN 12464-1 spécifie les prescriptions pour les systèmes d'éclairage

pour la plupart des lieux de travail intérieurs et leurs zones associées en termes de quantité et de qualité de l'éclairage.

**Tableau 1-1 : Niveau d'éclairage recommandé (norme EN 12464-1)**

Type de bâtiment	Type de pièce	Eclairage maintenu dans la zone de travail (lux)
Immeuble de bureaux	Bureau individuel	500
	Bureau à espace décloisonné	500
	Salle de conférence	500
Établissement d'enseignement	Salle de classe	300
	Salle de classe pour l'éducation des adultes	500
	Salle de conférences	500
Centre hospitalier	Salle commune	100
	Salle d'examen	300
	Salle d'examen et de traitement	1000
Hôtel ou restaurant	Restaurant, salle à manger	-
Restaurant	, salle à manger	300
Commerce de gros ou de détail	Zone de vente	300
	Zone du tiroir-caisse	500
Zone de circulation	Couloir	100
	Escalier	150

Source : (Conception architecturale durable en milieu tropical, 2015).

#### **Eclairage maximal - $E_{max}$ - NBN EN 12665**

Eclairage le plus élevé aux points représentatifs de la surface spécifiée

**Eclairage minimum -  $E_{min}$  - NBN EN 12665** : Plus faible éclairage aux points représentatifs de la surface spécifiée.

**Eclairage moyen -  $E$  - NBN EN 12665** : Eclairage moyenné sur la surface spécifiée.

En pratique, il peut être obtenu soit en divisant le flux total reçu par la surface totale de cette surface, soit en calculant la moyenne des éclairages relevés en un certain nombre de points représentatifs de la surface. Dans les anciennes normes belges, il est noté  $E_{moy}$ .

**Uniformité de l'éclairage -  $U$  - NBN EN 12464-1** : Rapport de l'éclairage minimal à l'éclairage moyen d'une surface.

$$U = \frac{E_{min}}{E} \quad (1.1)$$

**Eclairage d'exploitation -  $E_\delta$ - NBN L13-001** : Quand les hypothèses de la norme NBN L14-002 « Méthode de prédétermination des éclairagements, des luminances et des facteurs d'éblouissement en éclairage artificiel d'espaces clos » sont vérifiées, l'éclairage d'exploitation est donné par la relation :

$$E_\delta = \frac{\Phi \times u \times \delta}{S} \quad [lx] \quad (1.2)$$

Dans laquelle :

$\Phi$  Est le flux total émis par les lampes de tous les luminaires ;

$u$  Est le facteur d'utilisation ;

$\delta$  Est le facteur de maintenance

$S$  Est la superficie du plan utile en m<sup>2</sup>.

#### 1.4. L'indice de local K

L'indice de local est une des caractéristiques essentielles du calcul. Noté K c'est un paramètre sans dimension, établi à partir de la formule suivante, à partir des dimensions du schéma ci-dessous :

$$K = \frac{a \cdot b}{h(a + b)} \quad (1.3)$$

Où  $a$  et  $b$  représentent les longueur et largeur d'une pièce rectangulaire, et  $h$  la hauteur entre le plan de travail et le luminaire en suspension.

On arrondit les valeurs de  $K$  aux nombres :

0,6 – 0,8 – 1 – 1,25 – 1,5 – 2 – 2,5 – 3 – 4 – 5.

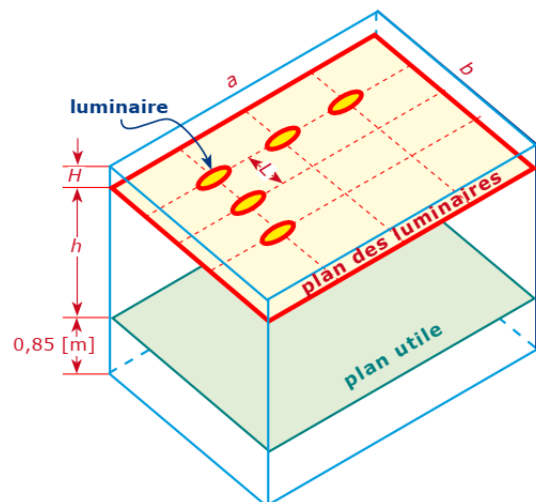


Figure 1-3 : Hauteur entre le plan de travail et les luminaires en suspensions

Source : Roger Cadiergues, L'éclairage artificiel, 34p.

### 1.5. Le facteur de réflexion

Le facteur de réflexion correspond au renvoi du rayon lumineux incident (incliné d'un angle  $\alpha$ ) selon une direction faisant un angle de réflexion  $\beta$  avec la normale à la surface.

On définit le facteur de réflexion ( $\rho$ ) comme le rapport entre la quantité de lumière réfléchie et la quantité de lumière reçue par la surface (lumière incidente). Le facteur  $\rho$  est compris entre 0 et 1.

Matériaux	$\rho$	$\rho$ en %
Béton sombre	0,15	15
Brique	0,20	20
Bois sapin	0,35	35
Aluminium poli	0,60	60
Vitre	0,08	8

Teintes	$\rho$ en %
Rouge	13
Jaune	71
Bleu	15
Orange	34
Vert	17
Rose	30
Brun	14
Noir	8
Gris	19
Blanc	85
Beige	61

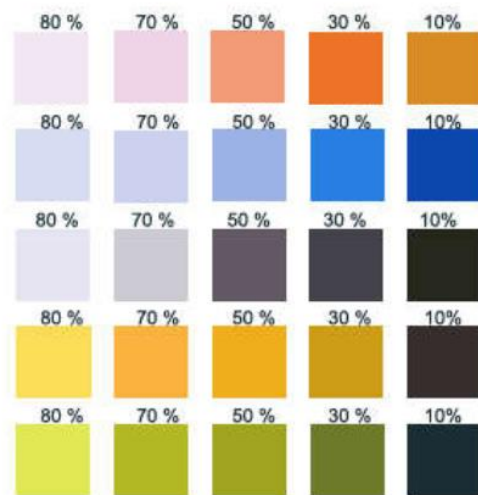


Figure 1-4 : Facteurs de réflexions de quelques matériaux et couleurs

Source : [www.colbertserv.lyceecolbert-tg.org](http://www.colbertserv.lyceecolbert-tg.org)

## Chapitre 2 : Matériel et méthodes

### 2.1. Méthodes

#### 2.1.1. Détermination du flux à fournir

Le dimensionnement d'un système d'éclairage se fait par la détermination du flux lumineux à fournir à la pièce à éclairer. Elle est donnée par la formule suivante :

$$\phi = \frac{(E_{moyen} \times S)}{U} \times d \quad (2.1)$$

Avec :

- $\phi$  : Flux lumineux (lm)
- $E_{moyen}$ : Eclairage moyen recommandé en fonction de l'activité à mener de la pièce. L'éclairage est en (lux)
- $S$  :  $S$  représente la surface du plan utile du local. Elle s'exprime en (m<sup>2</sup>)
- $U$  : l'utilance, est en fonction du facteur de réflexion des parois du local, de l'indice k, et du système d'éclairage défini.
- $d$  : Le facteur compensateur de dépréciation qui dépend fondamentalement de l'empoussiérage du local. Il existe des valeurs standard.

Le facteur de dépréciation prend en compte les éléments suivants :

- a) Le flux émis diminue progressivement pendant toute la durée de vie de la lampe ;
- b) Les propriétés optiques (transparence et facteur de réflexion) des luminaires se dégradent au fil du temps ;
- c) Le coefficient de réflexion des parois diminue avec le temps en raison de la dégradation naturelle de la peinture et de l'accumulation de poussière.

L'évaluation du facteur de dépréciation est donc un processus assez complexe qui doit être réalisé uniquement s'il est possible de prévoir raisonnablement la fréquence de l'entretien.

En général, pour une première approximation, on peut utiliser les valeurs suivantes, lorsque les autres paramètres sont les mêmes :

$d = 1,3$  pour l'éclairage direct ;

$d = 1,5$  pour l'éclairage semi-direct ;

$d = 1,7$  pour l'éclairage indirect.

### 2.1.2. Détermination de l'indice du local K

Pour caractériser géométriquement la salle du point de vue de son influence sur le facteur d'utilisation, on utilise un nombre pur, l'indice du local  $K$  défini par la formule (1.3).

### 2.1.3. Utilance ou facteur

C'est le rapport du flux utile (reçu par le plan utile) au flux total sortant des luminaires. Son symbole est  $u$ . Encore appelé *facteur d'utilisation*, il dépend à la fois du type d'utilisation et de la couleur (réflectivité) des murs et du plafond : la forme géométrique de la pièce a également une grande importance. On le détermine à l'aide de tableaux comportant trois variables :

- A) La valeur de  $k$  indice du local ;
- B) Rapport de suspension ;
- C) Les facteurs de réflexion des parois.

Le Rapport de suspension équivaut à :

$$j = \frac{h_1}{h + h_1} \quad (2.2)$$

Avec

- $h$  = hauteur du luminaire au-dessus du plan utile (m)
  - $h_1$  = hauteur de suspension du luminaire (m)
- On ne retient que deux valeurs :
- $J = 0$  soit luminaire contre le plafond,
  - $J = 1/3$  luminaire suspendu.

Ainsi, l'utilance est déduit du tableau suivant :

Tableau 2-1 : Détermination de l'utilance

LUMINAIRE CLASSE C													C																	
Indice de maille km = 1,00 - Indice de proximité kp = 0,50													Indice de maille km = 1,00 - Indice de proximité kp = 0,50																	
TABLEAU D'UTILANCE POUR j = 0													TABLEAU D'UTILANCE POUR j = 1/3																	
Facteurs de réflexion	873	871	773	771	753	751	731	711	551	531	511	331	311	000	Facteurs de réflexion	873	871	773	771	753	751	731	711	551	531	511	331	311	000	
	Indice du local	0,60	72	66	70	65	59	56	50	46	55	49	45	49		45	44	0,60	68	63	67	63	56	54	49	55	54	49	45	49
	0,80	83	76	81	74	70	66	60	55	65	59	55	59	55	53	0,80	79	73	78	72	67	64	59	55	63	58	55	58	55	53
	1,00	91	81	88	80	77	72	67	62	71	66	62	65	62	60	1,00	86	79	85	78	74	71	65	62	70	65	61	65	61	60
	1,25	98	87	95	85	85	79	73	69	77	72	69	72	68	66	1,25	93	85	92	84	82	77	72	68	76	72	68	71	68	66
	1,50	102	90	99	88	90	82	77	73	81	76	73	75	72	70	1,50	98	88	96	87	86	81	76	72	80	76	72	75	72	70
	2,00	108	94	105	93	97	88	84	80	86	82	79	81	78	76	2,00	105	93	102	92	94	86	82	79	85	81	78	81	78	76
	2,50	112	97	109	96	102	91	87	84	89	86	83	85	82	80	2,50	108	96	106	95	98	90	86	83	88	85	83	84	82	80
	3,00	115	99	111	97	106	94	90	87	91	89	86	87	85	83	3,00	112	98	109	97	102	92	89	86	91	88	85	87	85	83
	4,00	119	101	115	100	109	96	94	91	94	92	90	89	88	86	4,00	116	100	113	99	107	96	93	90	94	91	89	90	88	86
	5,00	121	102	117	101	112	98	96	94	96	94	92	92	91	88	5,00	119	102	115	100	110	98	95	93	96	94	92	92	91	88

LUMINAIRE CLASSE D													D																	
Indice de maille km = 1,00 - Indice de proximité kp = 0,50													Indice de maille km = 1,00 - Indice de proximité kp = 0,50																	
TABLEAU D'UTILANCE POUR j = 0													TABLEAU D'UTILANCE POUR j = 1/3																	
Facteurs de réflexion	873	871	773	771	753	751	731	711	551	531	511	331	311	000	Facteurs de réflexion	873	871	773	771	753	751	731	711	551	531	511	331	311	000	
	Indice du local	0,60	66	61	65	60	52	50	43	38	49	42	38	42		38	36	0,60	62	58	61	57	49	48	42	37	47	42	37	41
	0,80	78	71	75	69	63	59	52	47	58	52	47	51	47	45	0,80	73	67	72	67	60	57	51	47	57	51	47	51	47	45
	1,00	86	77	83	76	71	66	60	55	65	59	54	58	54	52	1,00	81	74	79	73	68	65	59	54	64	58	54	58	54	52
	1,25	93	83	90	81	79	73	67	62	72	66	62	65	62	59	1,25	89	80	87	79	76	72	66	62	71	65	61	65	61	59
	1,50	98	86	95	85	85	78	72	67	76	71	67	70	66	64	1,50	94	84	92	83	81	76	70	66	75	70	66	69	66	64
	2,00	105	92	102	90	93	84	79	75	82	78	74	77	73	71	2,00	102	90	99	89	89	83	78	74	81	77	73	76	73	71
	2,50	110	95	106	93	98	88	84	80	86	82	79	81	78	76	2,50	107	94	104	92	95	87	83	79	85	82	78	81	78	76
	3,00	113	97	109	96	102	91	87	84	89	86	83	84	82	79	3,00	110	96	107	95	99	90	86	83	88	85	82	84	81	79
	4,00	117	100	113	98	108	95	92	89	93	90	88	89	86	84	4,00	115	99	111	98	105	94	91	88	92	90	87	88	86	84
	5,00	120	101	116	100	111	97	95	92	95	93	91	91	89	87	5,00	118	101	114	100	109	96	94	91	95	92	90	91	89	87

LUMINAIRE CLASSE A													A																	
Indice de maille km = 1,00 - Indice de proximité kp = 0,50													Indice de maille km = 1,00 - Indice de proximité kp = 0,50																	
TABLEAU D'UTILANCE POUR j = 0													TABLEAU D'UTILANCE POUR j = 1/3																	
Facteurs de réflexion	873	871	773	771	753	751	731	711	551	531	511	331	311	000	Facteurs de réflexion	873	871	773	771	753	751	731	711	551	531	511	331	311	000	
	Indice du local	0,60	90	83	89	82	80	76	73	70	76	72	70	72		70	69	0,60	87	81	86	81	78	75	72	70	75	72	70	72
	0,80	98	89	96	88	88	83	79	77	82	79	77	79	76	75	0,80	94	87	93	87	85	82	79	76	81	78	76	78	76	75
	1,00	103	93	101	92	93	87	84	81	86	83	81	82	80	79	1,00	99	91	98	90	90	86	83	80	85	82	80	82	80	79
	1,25	108	96	106	95	98	91	88	86	90	87	85	86	85	83	1,25	104	95	103	94	95	90	87	85	89	86	85	86	84	83
	1,50	111	98	108	97	101	93	90	88	92	89	87	88	86	85	1,50	107	96	105	95	98	92	89	87	91	88	86	88	86	85
	2,00	115	100	112	99	106	96	94	92	95	93	91	92	90	88	2,00	112	99	109	98	103	95	93	91	94	92	90	91	90	88
	2,50	118	102	115	101	110	98	96	94	97	95	93	94	92	90	2,50	115	101	112	100	107	97	95	93	96	94	93	93	92	90
	3,00	120	103	117	102	112	100	98	97	98	97	95	96	94	92	3,00	118	102	115	102	109	99	97	96	98	96	95	95	94	92
	4,00	123	105	119	104	116	102	101	100	100	99	98	98	97	95	4,00	121	104	118	103	113	101	100	99	100	99	97	97	96	95
	5,00	125	106	121	105	118	104	103	102	102	101	100	99	99	96	5,00	123	105	119	104	116	103	102	101	101	100	99	99	98	96

LUMINAIRE CLASSE B													B																	
Indice de maille km = 1,00 - Indice de proximité kp = 0,50													Indice de maille km = 1,00 - Indice de proximité kp = 0,50																	
TABLEAU D'UTILANCE POUR j = 0													TABLEAU D'UTILANCE POUR j = 1/3																	
Facteurs de réflexion	873	871	773	771	753	751	731	711	551	531	511	331	311	000	Facteurs de réflexion	873	871	773	771	753	751	731	711	551	531	511	331	311	000	
	Indice du local	0,60	81	75	80	74	69	66	61	58	65	61	58	61		58	56	0,60	77	72	77	72	67	65	60	57	65	60	57	60
	0,80	91	83	89	81	79	75	70	66	74	69	66	69	66	64	0,80	87	80	86	80	76	73	69	66	73	69	66	68	66	64
	1,00	97	87	95	86	85	80	75	72	79	75	72	74	71	70	1,00	93	85	91	84	82	78	74	71	78	74	71	74	71	70
	1,25	103	92	101	90	92	85	81	78	84	80	77	79	77	75	1,25	99	90	97	89	89	84	80	77	83	79	77	79	76	75
	1,50	107	94	104	93	96	88	84	81	86	83	80	82	80	78	1,50	103	92	101	91	92	87	83	80	86	82	80	82	79	78
	2,00	112	98	109	96	102	92	89	86	91	88	86	87	85	83	2,00	109	96	106	95	99	91	88	85	90	87	85	86	84	83
	2,50	116	100	112	99	106	95	93	90	94	91	89	90	88	86	2,50	113	99	110	98	103	94	91	89	93	90	88	90	88	86
	3,00	118	101	115	100	109	98	95	93	96	94	92	92	91	88	3,00	116	101	112	100	106	96	94	92	95	93	91	92	90	88
	4,00	122	103	118	102	114	100	98	97	98	97	95	96	94	92	4,00	119	103	116	102	113	99	97	96	98	96	94	95	93	92
	5,00	124	105	120	103	116	102	100	99	100	99	98	97	96	94	5,00	122	104	118	103	114	101	100	98	99	98	97	97	96	94

Source : Dimensionnement système d'éclairage, Cours 2014

Il existe autant de tableaux que de classes de luminaires. 753 signifie

- réflexion du plafond 70 %
- réflexion des murs 50 %
- réflexion du plan utile 30 %.

## 2.2. Matériel

### 2.2.1. TopSolid

TOP SOLID est un logiciel de conception assisté à l'ordinateur. Il a permis de dessiner les différentes formes géométriques, et de les décomposer en d'autres formes géométriques régulières.

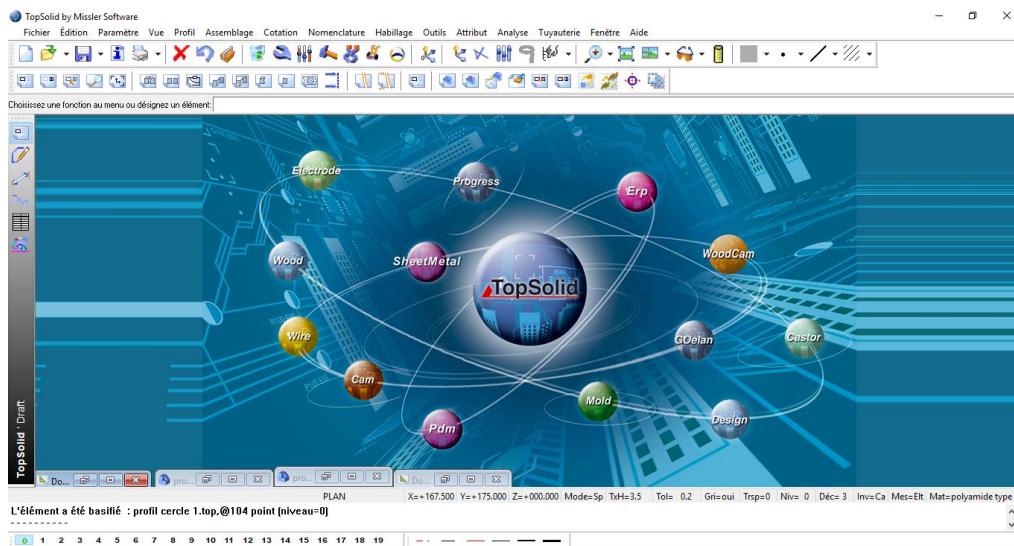


Figure 2-1 : Interface du logiciel TOP SOLID

Source : DAHOU, 2020

### 2.2.2. AutoCAD

Le logiciel AutoCAD est un logiciel de dessin assisté à l'ordinateur. Il nous a permis de dessiner une forme quelconque et d'avoir automatiquement la valeur de sa surface et du périmètre.

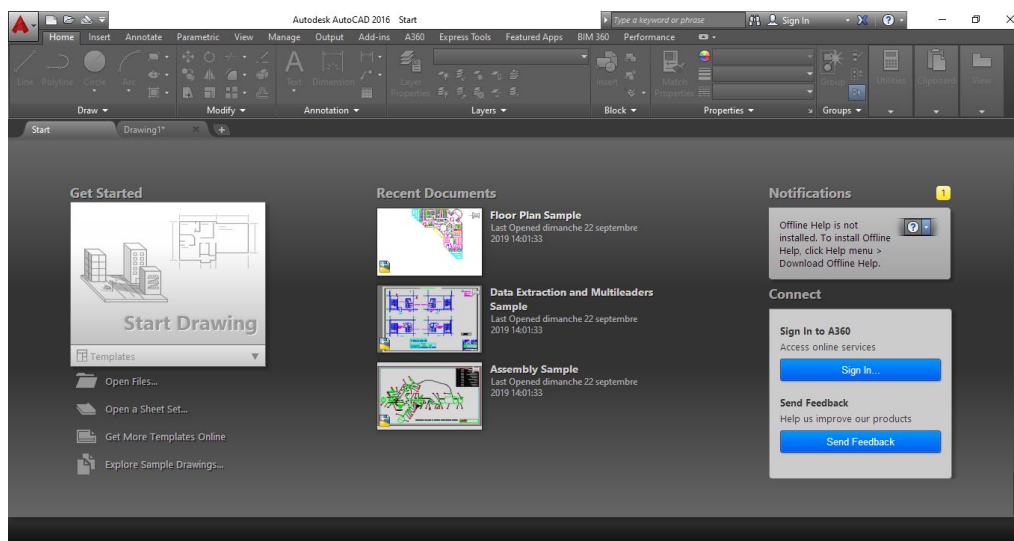


Figure 2-2 : Interface logiciel de DAO AutoCAD

Source : DAHOU, 2020

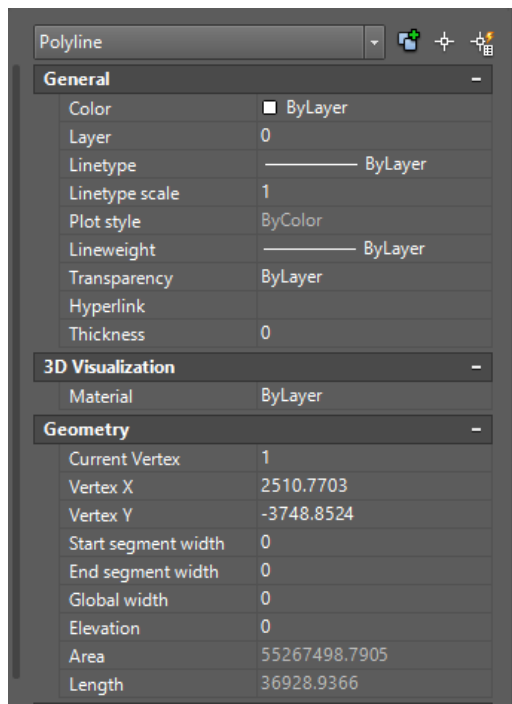


Figure 2-3 : Fenêtre donnant les propriétés tels que la surface et le périmètre d'un profil

Source : DAHOU, 2020

### 2.2.3. Excel

Le logiciel *Excel* de la suite bureautique "Microsoft Office" nous a permis de faire automatiquement les calculs de dimensionnement en insérant directement des données d'entrée telles que : les dimensions de la forme géométrique de la pièce à éclairer, l'éclairage moyen à maintenir et l'utilance.

Il permet d'avoir les données de sortie telles que : la Surface de la forme géométrique de la pièce, le périmètre de la forme géométrique de la pièce, l'Indice de local et le flux à installer.

### 2.2.4. Matlab

Matlab est un outil de calcul numérique, de programmation et de visualisation graphique conçu par Cleve Moler, Professeur de Mathématiques et d'Informatique dans plusieurs universités américaines (University of Michigan, Stanford University, University of New Mexico).

Il nous a permis de réaliser un programme pour le dimensionnement d'un système d'éclairage en fonction des données fournies par l'utilisateur, pour toute forme géométrique de la zone à éclairer.

## Chapitre 3 : Résultats

### 3.1. Nouvelle formule de l'indice K

L'indice  $k$  est défini par la formule (1.3) avec  $a$  et  $b$  les longueur et largeur dans le cas d'une pièce rectangulaire, et  $h$  la hauteur entre le plan de travail et le luminaire en suspension.

Après analyse, dans le but de rendre  $k$  déterminable quel que soit la forme géométrique du local, nous proposons une autre expression de la formule de l'indice  $k$  :

$$\boxed{k = \frac{2 \times \text{Surface}}{h \times \text{périmètre}}} \quad \text{Ou} \quad \boxed{k = \frac{2 \cdot S}{h \cdot P}} \quad (3.1)$$

Avec

- $S$  (**Surface**) : la surface intérieure à éclairer définit par la forme géométrique intérieur de la pièce à éclairer ;
- $P$  (**Périmètre**) : Périmètre défini par la forme géométrique intérieure de la pièce à éclairer.

Ainsi, quel que soit la forme géométrique défini par la pièce, il ne serait plus difficile de dimensionner le système d'éclairage.

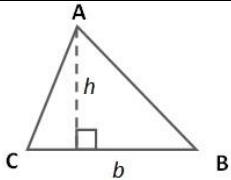
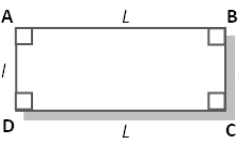
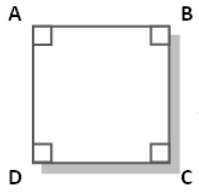
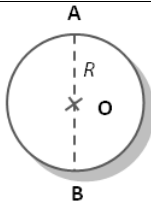
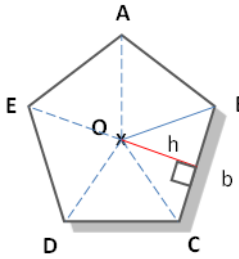
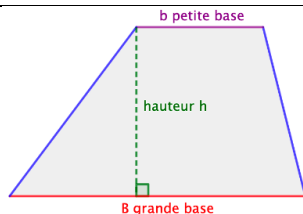
La difficulté est donc renvoyée sur la détermination de la surface et du périmètre d'une figure de forme géométrique complexe.

### 3.2. Détermination de $S$ et $P$

#### 3.2.1. Calcul de l'aire et du périmètre des différentes formes régulières

En architecture, les formes régulières sont les plus utilisées, et les formes irrégulières sont évitées pour la difficulté de leur mise en œuvre (Abdessamad FARAZDAG, 2015). Les résultats de recherches sur ces différentes formes géométriques utilisées pour la construction intérieure des pièces sont présentés dans le tableau ci-dessous, de même que la formule permettant de calculer leur surface et leur périmètre.

Tableau 3-1 : Détermination de la surface et du périmètre de formes géométriques régulières

	Forme géométrique	Formule de calcul de la surface	Formule de calcul du périmètre
1.	 <p>Triangle</p>	$b \times h/2$	$AC + AB + AB$
2.	 <p>Rectangle</p> <p>AB = DC = Grande longueur = L AD = BC = Petite longueur = l</p>	$L \times l$	$(L + l) \times 2$
3.	 <p>Carrée</p> <p>Longueur AB = un côté = c AB = BC = CD = DA</p>	$c \times c$	$4 \times c$
4.	 <p>Le cercle</p> <p>Rayon = AO = OB = R Diamètre = AB = 2 R</p>	$\pi \times R^2$	$2 \times \pi \times R$
5.	 <p>Un polygone quelconque</p> <p>O = le centre du pentagone régulier ABCDE h = la hauteur du triangle CÔB b = longueur de chaque côté du polygone régulier ABCDE</p>	$nbre\ de\ côté \times (b \times h)/2$	$nbre\ de\ côté \times b$
6.	 <p>Trapèze</p>	$(B + b) \times h/2$	$\sum\ mesures\ des\ côtés$

Source : DAHOU, 2020

### 3.2.2. Calcul de l'aire et du périmètre de quelques figures de formes semi-régulières

#### 3.2.2.1. Quadrilatère quelconque

Dans les *Nouvelles annales de mathématique 1<sup>ère</sup> série, tome 7 (1848)*, le Dr J. G. DOSTOR définit l'expression de calcul de la surface d'un quadrilatère quelconque, représenté par a, b, c, d, et ses diagonales par m, n, par :

$$S = \frac{1}{4} \sqrt{(2m \cdot n + a^2 - b^2 + c^2 - d^2)((2m \cdot n - a^2 + b^2 - c^2 + d^2))} \quad (3.2)$$

Et l'expression du périmètre est la suivante :  $P = a + b + b + d$ .

#### 3.2.2.2. Polygone irrégulier

Un polygone est une figure géométrique plane formée de segments de droites qui ne se coupent pas et qui délimitent une région fermée. Il est dit régulier quand tous ses côtés ont la même longueur et que ses angles sont égaux. Un polygone est donc dit irrégulier, quand il ne remplit pas ces conditions.

Il est aisé de calculer la surface d'un polygone régulier (Tableau N°2). Pour calculer la surface d'un polygone irrégulier, le mathématicien Georg Alexander Pick, a énoncé un théorème : **Théorème de Pick.**

Le théorème de Pick permet de calculer facilement l'aire d'un polygone à b sommets construit sur une grille 2D de points à coordonnées entières (**points à distances égales**). Si tous les b sommets du polygone (les sommets peuvent être plats) sont des points de la grille et que le polygone présente i points à l'intérieur de celui-ci alors la formule de Pick indique que l'aire S du polygone vaut :

$S = i + \frac{b}{2} - 1$	$(3.3)$
---------------------------	---------

*i* Est le nombre de points intérieurs du polygone, et *b* est le nombre de sommets du polygone (ce qui se traduit par le nombre de points de la grille sur le périmètre du polygone).

Dans l'exemple de la figure ci-dessous, le polygone possède 15 points à l'intérieur du polygone (gris clair), et 10 sommets (gris foncé). Son aire est donc de :

$$A = 15 + 10/2 - 1 = 19$$

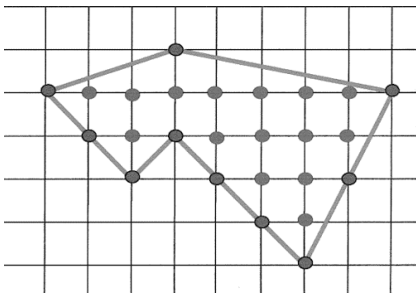


Figure 3-1 : Décomposition d'un polygone irrégulier par la Méthode de Pick

Source : <https://www.dcode.fr/theoreme-de-pick>

Le calcul du périmètre quant à lui, peut être défini par la somme des longueurs de différents cotés.

Il peut arriver, que la forme de l'intérieur du bâtiment à éclairer ne pourrait être assimilé à aucune des formes précédentes. Dans ce cas, la personne en charge du dimensionnement devrait relever un certain nombre de points sur les bornes de l'intérieur de la pièce.

Les données comme la surface et le périmètre peuvent être obtenues après tracé sous le logiciel AutoCad.

### 3.3. Présentation des résultats

Dans tout ce qui suit, pour la détermination de l'utiliance, après obtention de K, l'hypothèse suivante est retenue :

#### Hypothèse :

- ✚ Les différentes couleurs des parois verticales et horizontales sont les mêmes, et donc le même facteur de réflexion. Le code de facteur de réflexion est le suivant : **873**, et signifie que : la réflexion du plafond est de 80%, des murs 70% et du plan utile 30%.
- ✚ Les luminaires seront placés au plafond avec une hauteur de suspension de 0, soit **j=0** ;
- ✚ La hauteur totale à l'intérieur du bâtiment est 3, et la hauteur du luminaire au-dessus du plan utile est de :

$$3 - 0,85 = 2,15 (m)$$

- ✚ Les luminaires choisis sont de **classe A**.

### 3.3.1. Dimensionnement éclairage d'un local à forme régulière : Carré

La figure géométrique est un carré de côté égale à 1000 mm.

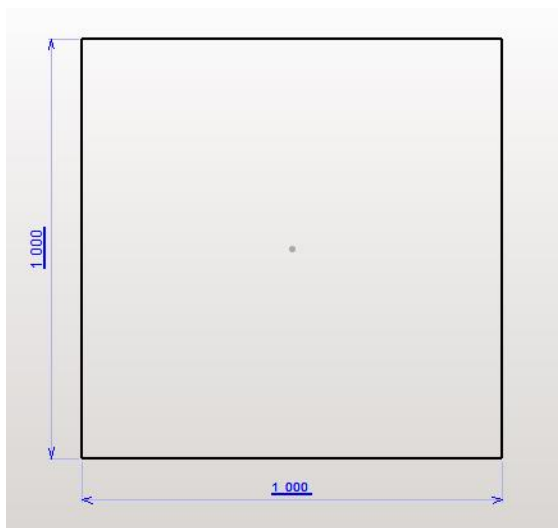


Figure 3-2 : Forme et dimension de l'intérieur de la pièce à éclairer (cas du carré)

Source : DAHOU, 2020

- Détermination du flux à l'aide de la formule initiale (1.3) de K

Dans le cas du carré ou du rectangle, la forme (1.3) et (3.1) de K sont « équivalentes ».

Tableau 3-2 : Flux à installer pour une surface carrée à l'aide de la formule initiale de K

Figure géométrique	Dimension (m)		Surface (m <sup>2</sup> )	Périmètre (m)	Indice k calculé	Indice K arrondi	Utilance	Flux à installer (lm)
Carré 1	Longueur	1	1	2	0,23	0,6	0,9	333,33
	Largeur	1						

- Détermination du flux à l'aide de la nouvelle formule (3.1) de K

### 3.3.2. Dimensionnement d'un local à forme quelconque : Cas d'un Triangle

Pour vérifier la formule proposée pour la détermination de K, nous décomposons la Figure géométrique "Carrée" dont on connaît déjà le flux à installer par les méthodes habituelles, en **deux triangles rectangles identiques**.

La détermination de l'indice K, ne peut pas se faire, avec la formule initiale, parce que le triangle n'est pas défini ni par une "longueur", ni par une "largeur". Nous utilisons donc la formule proposée pour la détermination de k, qui dépend donc de l'aire et du périmètre du triangle.

La figure géométrique est un triangle isocèle rectangle de côté 1m et d'hypoténuse  $\sqrt{2}$ m.

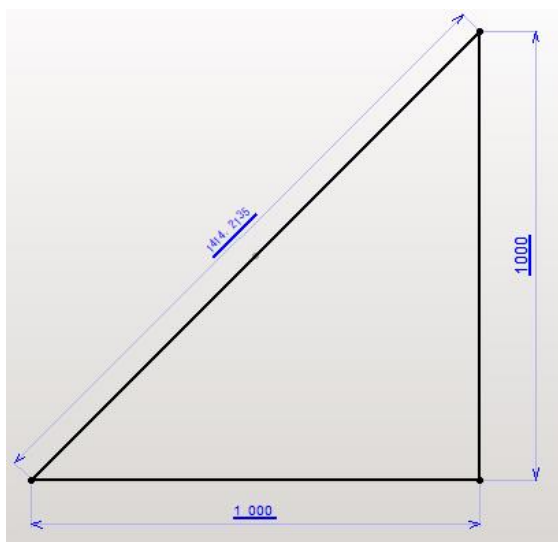


Figure 3-3 : Forme et dimension de l'intérieur de la pièce à éclairer (cas du Triangle)

Source (TOP SOLID)

Tableau 3-3 : Flux à installer pour une surface triangulaire

Figure géométrique	Dimension (m)		Surface (m <sup>2</sup> )	Périmètre (m)	Indice k calculé	Indice K arrondi	Utilance	Flux à installer (lm)
Triangle rectangle isocèle	Base	1	0,5	3,41	0,14	0,6	0,9	166,67
	Hauteur	1						
	Hypoténuse	1,41						

Le triangle actuel, étant la décomposition du carré précédent, si nous essayons de retrouver le flux à installer dans un local aux dimensions du carré, en connaissant le flux à installer dans un local de forme triangulaire, on a :

$$\Phi_{\text{carré}} = 2 \times \Phi_{\text{triangle}} = 2 \times 166,67 = 333,34$$

On retrouve le flux déterminé au point 3.3.1.

### 3.3.3. Dimensionnement d'un local à forme quelconque : Trapèze

La figure géométrique considérée est un trapèze régulier aux dimensions suivantes :

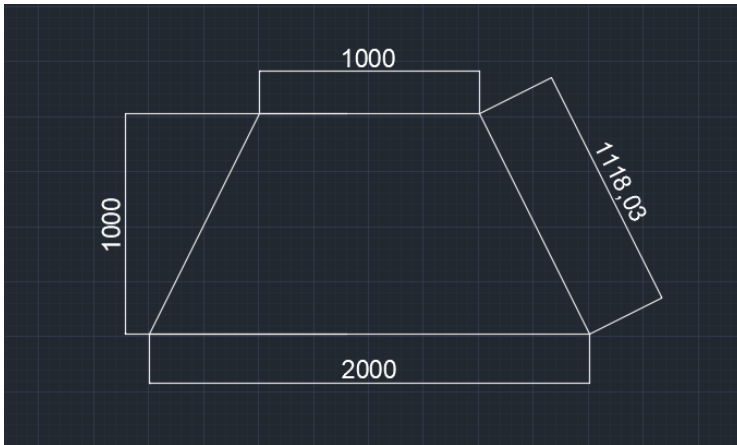


Figure 3-4 : Forme et dimension de l'intérieur de la pièce à éclairer (cas du trapèze)

Source : DAHOU, 2020

#### 3.3.3.1. Dimensionnement par décomposition en plusieurs formes régulières : Décompositions en rectangles et triangle

Le trapèze est décomposé en :

- Un carré de dimensions  $1000 \times 1000$  (mm×mm)
- 02 triangles rectangles de base  $500$  mm de hauteur  $1000$  mm.

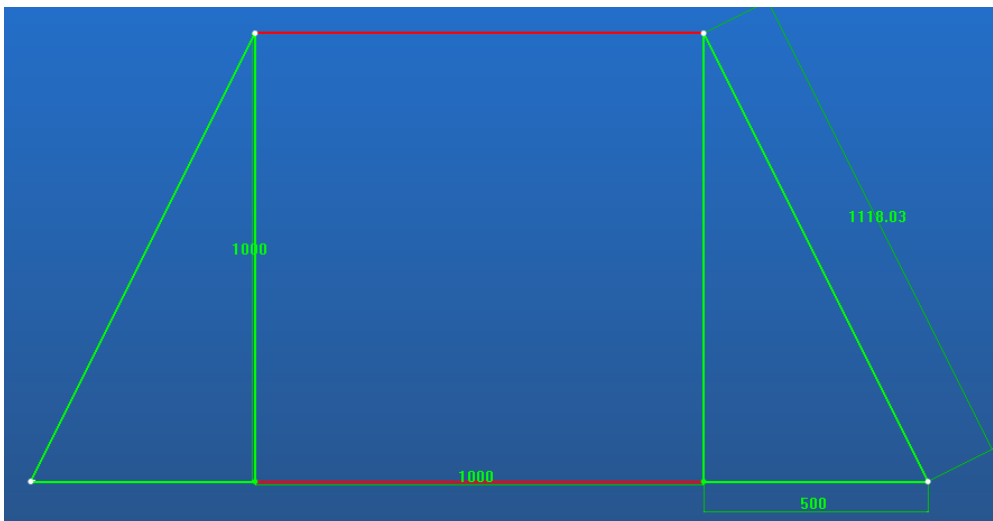


Figure 3-5 : Forme et dimension de l'intérieur de la pièce à éclairer (cas du trapèze décomposé en rectangle et triangles)

Source : DAHOU, 2020

Nous venons de voir que la forme géométrique de la figure 3-4 est décomposée en carré puis en triangle. La formule (3.1) proposée est utilisé dans le cas du triangle, et la formule initiale (1.3) est utilisé pour le carré.

Tableau 3-4 : Flux à installer par surface décomposée

Figure géométrique	Dimension (m)		Surface (m <sup>2</sup> )	Périmètre (m)	Indice calculé k	Indice K arrondi	Utilance	Flux
Triangle rectangle	Base	0,50	0,25	2,62	0,09	0,60	0,90	83,33
	Hauteur	1						
	Hypoténuse	1,12						
Carré 1	Longueur	1	1,00	4,00	0,23	0,60	0,90	333,34
	Largeur	1						
∅ Surfaces décomposées	$\phi_{sd} = \phi_{Carré} + 2 \times \phi_{triangle}$							500

### 3.3.3.2. Dimensionnement en considérant le trapèze

La nouvelle formule (3.1) de K proposée est utilisé dans ce cas, la figure n'étant pas de forme rectangle. Nous avons donc le résultat suivant :

Tableau 3-5 : Flux à installer pour la surface totale du trapèze à l'aide de la formule de VI

Figure géométrique	Dimension (m)		Surface (m <sup>2</sup> )	Périmètre (m)	Indice calculé k	Indice K arrondi	Utilance	Flux
Trapèze	Grande base	2	1,5	5,24	0,27	0,6	0,9	500
	Petite base	1						
	Hauteur	1						
	Quatrième coté	1,12						

On retrouve le flux déterminé au point 3.3.3.1.

### 3.3.4. Dimensionnement d'un local à forme quelconque : Cas d'un cercle

Partons toujours d'une valeur connue : Nous choisissons un cercle de diamètre  $\sqrt{2}$ , hypoténuse du triangle précédent, et diagonale du carré précédent. Le cercle est de 1,570788413 m<sup>2</sup> de surface.

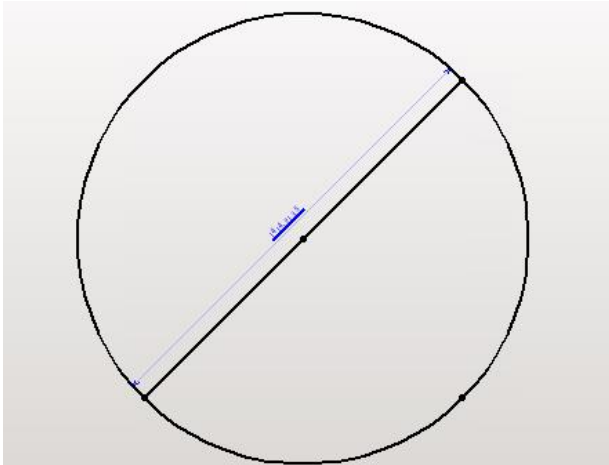


Figure 3-6 : Forme et dimension de l'intérieur de la pièce à éclairer (cas du cercle)

Source : DAHOU, 2020

Nous avons vu que déterminer le flux utile pour un local de forme non rectangulaire et carré, n'était pas possible avec la formule (1.3) de K.

Nous allons procéder de plusieurs manières : D'abord par décomposition en de formes rectangulaires et carrées, pour pouvoir utiliser la formule (1.3) de K qui est la formule initiale, puis nous procéderons à 02 différents types de décomposition en forme régulière, et un dimensionnement à l'aide de la formule (3.1) proposée en considérant le cercle en entier sans décomposition.

#### 3.3.4.1. Dimensionnement par décomposition en plusieurs formes régulières :

##### Décompositions en rectangles et carrés

Le cercle de rayon  $\frac{\sqrt{2}}{2}$  est décomposé en :

- Un carré de dimensions 1000 × 1000 (mm×mm)
- 04 rectangles de dimensions 19.84 × 342.01(mm×mm)
- 04 rectangles de dimensions 27.19 × 473.61 (mm×mm)
- 04 rectangles de dimensions 35.53 × 605.21 (mm×mm)
- 04 rectangles de dimensions 45.46 × 736.81 (mm×mm)
- 04 rectangles de dimensions 58.09 × 868.41 (mm×mm)

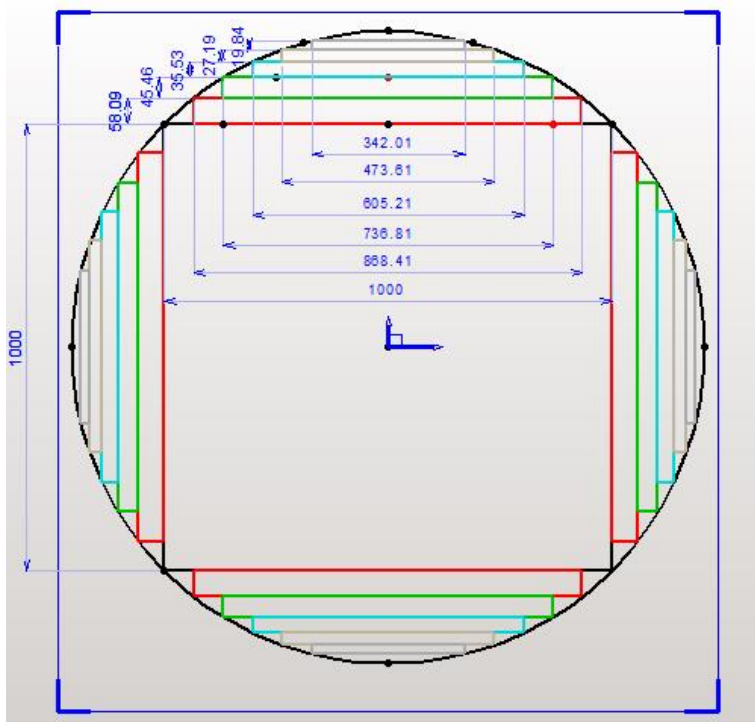


Figure 3-7 : Forme et dimension de l'intérieur de la pièce à éclairer (cas du cercle décomposé en rectangles)

Source : DAHOU, 2020

Avec la décomposition effectuée, toute la surface du cercle n'est pas couverte. Nous évaluons donc la surface non couverte par la méthode suivante :

$$S_{non\ couverte} = S_{nc} = S_{cercle} - \sum \text{surfaces obtenues par décomposition} \quad (3.4)$$

$$S_{nc} = \text{Surface du cercle} - (S_{carré} + 4 \times (S_{rec1} + S_{rec2} + S_{rec3} + S_{rec4} + S_{rec5}))$$

**A.N :**

$$S_{nc} = 1,57 - (1 + 4 \times (0,05 + 0,03 + 0,02 + 0,01 + 0,01))$$

$$S_{nc} = 0,07 \text{ m}^2$$

Etant dans le cas de décomposition en rectangles la nouvelle formule (3.1) de K équivaut à l'ancienne (3.1). Nous considérons que c'est la formule (1.3) qui a été utilisée ici.

Tableau 3-6 : Flux à installer par surfaces décomposés (Décomposition en rectangles)

Figure géométrique	Dimension (m)		Surface (m <sup>2</sup> )	Périmètre (m)	Indice calculé	Indice K arrondi	Utilance	Flux à installer (lm)
Carré	Coté	1	1	4	0,23	0,6	0,9	333,33
Rectangle 1	Longueur	0,87	0,05	1,85	0,03	0,60	0,90	16,82
	Largeur	0,06						
Rectangle 2	Longueur	0,74	0,03	1,56	0,02	0,6	0,9	11,17
	Largeur	0,05						
Rectangle 3	Longueur	0,61	0,02	1,28	0,02	0,6	0,9	7,17
	Largeur	0,04						
Rectangle 4	Longueur	0,47	0,01	1,00	0,01	0,6	0,9	4,29
	Largeur	0,03						
Rectangle 5	Longueur	0,34	0,01	0,72	0,01	0,6	0,9	2,26
	Largeur	0,01984						
<b>∅ Surfaces décomposées</b>	<b><math>\phi_{sd} = \phi_{Carré} + 4 \times (\phi_{rec1} + \phi_{rec2} + \phi_{rec3} + \phi_{rec4} + \phi_{rec5})</math></b>							<b>500,14</b>

La décomposition n'ayant pas couvert toute la surface du cercle, la quantité de flux requise par la surface non couverte est donnée par la formule suivante :

$$\phi_{nc} = \frac{S_{nc}}{S_{total}} \times \phi_{sd} \quad (3.5)$$

Avec  $S_{nc}$  : Surface non couverte,

$S_{total}$  : Surface totale de la figure ; et

$\phi_{sd}$  : Flux requis par les surfaces obtenues par décomposition

$$\phi_{nc} = \frac{0,07}{1,57} \times 500,14$$

$$\phi_{nc} = 22,40 \text{ lm}$$

Le flux total à installer est donc :

$$\Phi_{T1} = \Phi_{sd} + \Phi_{nc}$$

$$\Phi_{T1} = 500,14 + 22,40$$

$$\Phi_{T1} = 522,55 \text{ lm}$$

### 3.3.4.2. Dimensionnement par décomposition en plusieurs formes régulières : Décomposition en carrés et triangles

Le cercle de rayon  $\frac{\sqrt{2}}{2}$  est décomposé en :

- 01 carré de dimensions  $1000 \times 1000$  (mm×mm)
- 04 triangles isocèles de côté  $541.2 \text{ mm}$  de base  $1000 \text{ mm}$  et de hauteur  $207.11 \text{ mm}$
- 08 triangles isocèles de côté  $275.9 \text{ mm}$  de base  $541.2 \text{ mm}$  et de hauteur  $53.83 \text{ mm}$
- 16 triangles isocèles de côté  $138.62 \text{ mm}$  de base  $275.9 \text{ mm}$  et de hauteur  $13.59 \text{ mm}$

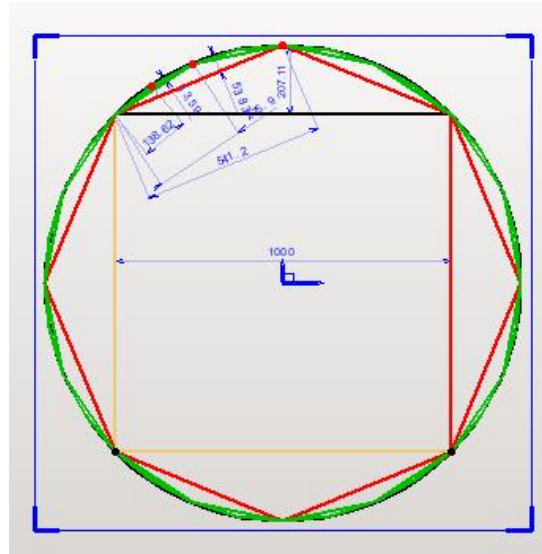


Figure 3-8 : Forme et dimension de l'intérieur de la pièce à éclairer (cas du cercle décomposé en rectangles)

Source : DAHOU, 2020

Avec la décomposition effectuée, toute la surface du cercle n'est pas couverte ici également. La surface non couverte est évaluée avec la formule (3.4) :

$$S_{nc} = \text{Surface du cercle} - (S_{\text{Carré}} + 4 \times S_{\text{triangle 1}} + 8 \times S_{\text{triangle 2}} + 16 \times S_{\text{triangle 3}})$$

A.N :

$$S_{nc} = 1,57 - (1 + 4 \times 0,10 + 8 \times 0,01 + 16 \times 0,002)$$

$$S_{nc} = 0,01 \text{ m}^2$$

Etant dans le cas de la décomposition en formes non rectangulaires, la formule utilisée est la formule (3.1) de K proposée.

Tableau 3-7 : Flux à installer par surfaces décomposées (Décomposition en carrés et en triangles)

Figure géométrique	Dimension (m)		Surface (m <sup>2</sup> )	Périmètre (m)	Indice calculé	Indice K arrondi	Utilance	Flux à installer (lm)
<b>Carré</b>	Coté	1	1	4	0,23	0,6	0,9	333,33
<b>Triangle 1</b>	Base	1	0,1	2,08	0,05	0,6	0,9	34,52
	Hauteur	0,21						
	Côté 1	0,54						
	Côté 2	0,54						
<b>Triangle 2</b>	Base	0,54	0,01	1,09	0,01	0,6	0,9	4,86
	Hauteur	0,05						
	Côté 1	0,28						
	Côté 2	0,28						
<b>Triangle 3</b>	Base	0,28	0,002	0,55	0,003	0,6	0,9	0,62
	Hauteur	0,01						
	Côté 1	0,13						
	Côté 2	0,13						
<b>∅ Surfaces décomposées</b>	$\Phi_{sd} = \Phi_{Carré} + 4 \times \Phi_{triangle1} + 8 \times \Phi_{triangle2} + 16 \times \Phi_{triangle3}$							<b>520,25</b>

La quantité de flux requise par la surface non couverte est donnée par la formule (3.5)

$$\Phi_{nc} = \frac{0,01}{1,57} \times 520,25 \qquad \Phi_{nc} = 3,32 \text{ lm}$$

Le flux total à installer est donc :

$$\Phi_{T2} = \Phi_{sd} + \Phi_{nc}$$

$$\Phi_{T2} = 520,25 + 3,32$$

$$\Phi_{T2} = 523,57 \text{ lm}$$

### 3.3.4.3. Dimensionnement par décomposition en plusieurs formes régulières : Polygone équivalent

Le cercle de rayon  $\frac{\sqrt{2}}{2}$  est décomposé en un polygone régulier, à 32 côtés de dimension 138.62 mm et d'apothème 703,7mm.

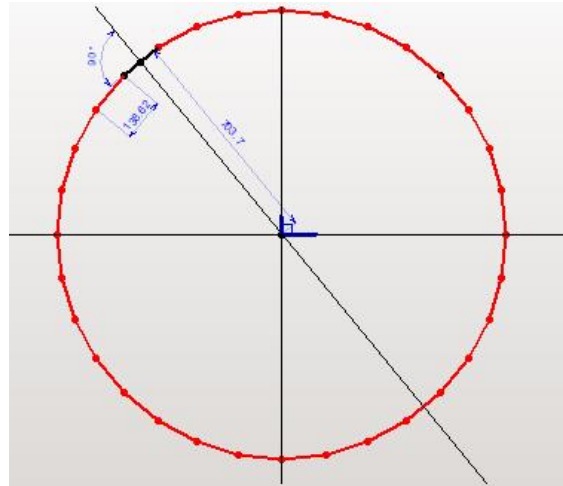


Figure 3-9 : Forme et dimension de l'intérieur de la pièce à éclairer (cas du cercle décomposé en rectangles)

Source : DAHOU, 2020

Avec la décomposition effectuée, toute la surface du cercle n'est pas couverte. Nous évaluons donc la surface non couverte par la méthode suivante :

$$S_{nc} = S_{cercle} - S_{polygone} \quad (3.6)$$

$$S_{nc} = 1,57 - 1,56 = 0,01 \text{ m}^2$$

Tableau 3-8 : Flux à installer par surfaces décomposés (Décomposition en polygone)

Figure géométrique	Dimension (m)		Surface (m <sup>2</sup> )	Périmètre (m)	Indice calculé	k	Indice K arrondi	Utilance	Flux (lm)
Polygone	Nbre de côté	32	1,56	4,44	0,33		0,6	0,9	520,25
	Longueur d'un côté	0,14							
	Apothème	0,70							

La quantité de flux requise par la surface non couverte est donnée par la formule (3.5)

$$\phi_{nc} = \frac{0,01}{1,57} \times 520,25$$

$$\phi_{nc} = 3,32 \text{ lm}$$

Le flux total à installer est donc :

$$\phi_{T3} = \phi_{sd} + \phi_{nc}$$

$$\phi_{T3} = 520,25 + 3,32$$

$$\phi_{T3} = 523,57 \text{ lm}$$

#### 3.4.4.4. Dimensionnement en considérant le cercle entier

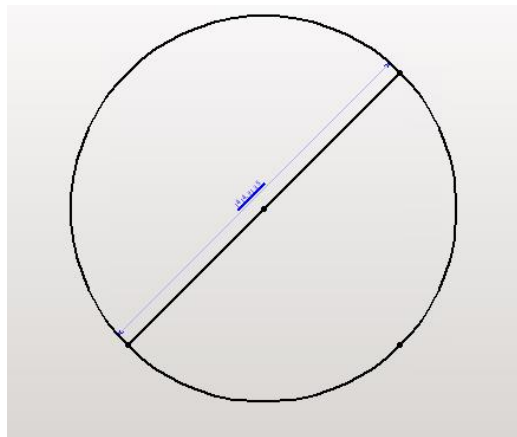


Figure 3-10 : Forme et dimension de l'intérieur de la pièce à éclairer (cas du cercle)

Source : DAHOU, 2020

La formule (1.3) de K ne peut être utilisée dans ce cas à cause de la nature de notre figure comme annoncé précédemment. D'où la nécessité d'utiliser la nouvelle formule de K proposée (3.2). Nous avons donc le résultat suivant :

Tableau 3-9 : Flux à installer pour la surface totale (Cercle en entier)

Figure géométrique	Dimension (m)		Surface (m <sup>2</sup> )	Périmètre (m)	Indice k calculé	Indice K arrondi	Utilance	Flux à installer (lm)
Cercle	Rayon	0,71	1,57	4,44	0,33	0,6	0,9	523,60

$$\phi_{\text{cercle entier}} = 523,60 \text{ lm}$$

#### 3.4.4.5. Comparaison des résultats

Pour la détermination du flux à installer dans une salle circulaire de diamètre  $\sqrt{2}$  nous avons procédé par 04 méthodes.

Pour comparer les résultats, nous évaluons l'erreur relative qui s'exprime par la formule ci-après :

$$\varepsilon = \frac{|\phi_{rec} - \phi_c|}{\phi_{rec}} \quad (3.6)$$

Avec :

$\phi_{rec}$  : Le flux obtenu par décomposition en rectangle.  $\phi_{rec}$  est considéré comme la valeur de référence, parce qu'elle a été obtenue à l'aide de la formule (1.3) de K connu.

$\phi_c$  : Le flux obtenu par décomposition en de formes régulières et en utilisant la formule proposée (3.1).

Le tableau comparatif des résultats est le suivant :

*Tableau 3-10 : Comparaison des valeurs de flux obtenues par les différentes méthodes*

Décompositions en rectangles et carrés	Décomposition en carrés et triangles	Polygone équivalent	Cercle
$\phi_{rec} = 522,55$	$\phi_{dec} = 523,57$	$\phi_{dec} = 523,57$	$\phi_c = 523,60$
$\varepsilon = \frac{ \phi_{rec} - \phi_{dec} }{\phi_{rec}}$	$\varepsilon = 0,002$	$\varepsilon = 0,002$	$\varepsilon = 0,002$

On peut remarquer que toutes les erreurs relatives calculées sont inférieures à  $3.10^{-3}$ .

Cela nous permet de valider la formule (3.1) :

$$k = \frac{2 \times \text{Surface}}{h \times \text{périmètre}} \text{ ou } k = \frac{2 \cdot s}{h \cdot p}$$

$h$  Étant la hauteur du luminaire au-dessus du plan utile en m

**Ainsi, pour dimensionner le système d'éclairage d'une pièce de forme quelconque il faut juste connaître la surface et le périmètre de la surface à éclairer.**

### 3.3.5. Dimensionnement d'un local à forme quelconque

Pour continuer dans la validation de formule de K, il est choisi un local de forme quelconque. Le système d'éclairage de ce local est réalisé avec les deux différentes expressions de K.

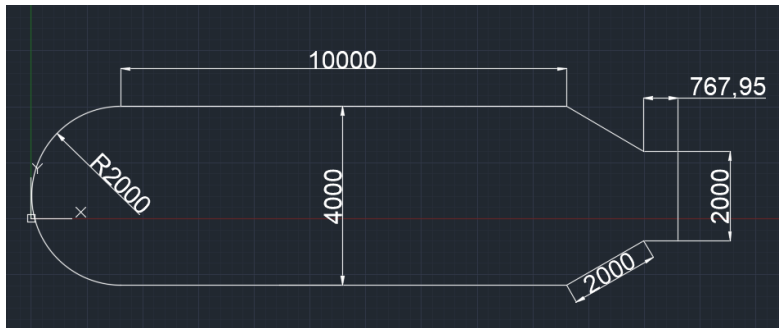


Figure 3-11 : Forme géométrique d'un local quelconque

Source : DAHOU, 2020

Le logiciel AutoCAD nous permet d'avoir la surface et le périmètre de la figure.

Geometry	
Current Ver...	1
Vertex X	2003.3403
Vertex Y	-1495.4332
Start segme...	0
End segme...	0
Global width	0
Elevation	0
Area	53015236.1147
Length	33819.0837

Figure 3-12 : Données du logiciel sur la surface et le périmètre de la figure

Source : DAHOU, 2020

On peut lire comme surface **53015236,11 mm<sup>2</sup>** et **33819,08 mm** pour le périmètre

### 3.3.5.1. Dimensionnement à partir de la formule initiale de K

Comme nous le savons, l'expression de la formule initiale de K, ne nous permet pas de le déterminer. En effet, K s'exprime en fonction d'une longueur et d'une largeur.

C'est pourquoi nous ne pouvons que décomposer cette forme en des formes rectangulaires.

Cette décomposition s'est faite dans le logiciel TopSolid.

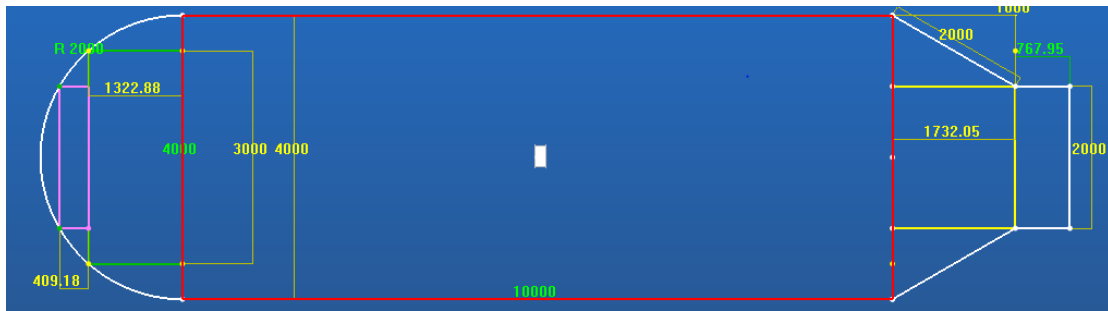


Figure 3-13 : Décomposition de la forme en plusieurs rectangles

Source : DAHOU, 2020

Ainsi la forme est décomposée en rectangles de :

- 10000 mm x 4000 mm ;
- 1732.05 mm x 2000 mm ;
- 767.95 mm x 2000 mm ;
- 1322.88 mm x 3000 mm ;
- 409.18 mm x 2000 mm.
- 1732.05 mm x 1000 mm ;

Tableau 3-11 : Flux à installer par surface décomposée (cas d'une forme quelconque)

Figure géométrique	Dimension (m)		Surface (m <sup>2</sup> )	Périmètre (m)	Indice k calculé	Indice K arrondi	Utilance	Flux (lm)
Rectangle 1	Longueur	10	40	28	1,33	1,5	1,11	10810,81
	Largeur	4						
Rectangle 2	Longueur	1,73	1,73	5,46	0,29	0,6	0,9	577,35
	Largeur	1						
Rectangle 3	Longueur	1,73	3,46	7,46	0,43	0,6	0,9	1154,7
	Largeur	2						
Rectangle 4	Longueur	0,77	1,54	5,54	0,26	0,6	0,9	511,97
	Largeur	2						
Rectangle 5	Longueur	1,32	3,97	8,65	0,43	0,6	0,9	1322,88
	Largeur	3						
Rectangle 6	Longueur	0,41	0,82	4,82	0,16	0,6	0,9	272,79
	Largeur	2						

$\emptyset$ décomposées	$S_{sd} = \emptyset_{rec1} + \emptyset_{rec2} + \emptyset_{rec3} + \emptyset_{rec4} + \emptyset_{rec5} + \emptyset_{rec6}$	<b>14650,49</b>
----------------------------	--	-----------------

La surface non couverte par la décomposition est de :

$$S_{nc} = S_{forme} - S_{dec} \quad (3.7)$$

$$S_{nc} = 53,02m^2 - 51,52 = 1,5$$

La quantité de flux requise par la surface non couverte est donnée par la formule (3.5)

$$\emptyset_{nc} = \frac{1,5}{53,02} \times 14650,49 \quad \emptyset_{nc} = 413,46 \text{ lm}$$

Le flux total à installer est donc :

$$\emptyset_{fq} = \emptyset_{sd} + \emptyset_{nc}$$

$$\emptyset_{fq} = 14650,5 + 413,46$$

$$\emptyset_{fq} = 15063,91 \text{ lm}$$

### 3.3.5.2. Dimensionnement à partir de la nouvelle expression proposée

Le profil du local choisit est d'une forme irrégulière. Il est donc impossible d'utiliser une formule pour déterminer sa surface et son périmètre. Néanmoins, le logiciel AutoCAD fournit ces informations :

**Surface = 53,02 m<sup>2</sup>**

**Périmètre = 33,82 m**

Avec la formule (3.1) de K proposée, il devient plus facile de déterminer le flux requis

Tableau 3-12 : Flux à installer pour la surface totale (cas d'une forme quelconque)

Figure géométrique	Surface (m <sup>2</sup> )	Périmètre (m)	Indice calculé	Indice k arrondi	Utilance	Flux (lm)
Irrégulière	53,02	33,82	1,46	1,5	1,11	14328,44

### 3.3.5.3. Comparaison des résultats

Le flux par décomposition en rectangle s'évalue à :  $\Phi_{rec} = 15063,91$

Le flux par utilisation de la formule (VIII) s'évalue à :  $\Phi_{fq} = 14328,44$

A partir de la formule (XIV) on obtient une erreur relative de :  $\varepsilon = 0,05$

On remarque que l'erreur relative est grande et ne permet de valider la formule K dans le cas d'une forme complexe.

### 3.3.6. Méthodologie de dimensionnement pour un local de forme quelconque :

- Détermination de la nature de l'activité ;
- Détermination de l'éclairement moyen requis pour l'activité ;
- Choix du luminaire (Type et classe du luminaire) ;
- Détermination de la surface ;
- Détermination du périmètre ;
- Détermination de l'indice K à partir de la formule  $k = \frac{2.S}{h.P}$
- Détermination des facteurs de réflexion ;
- Détermination de l'utilance en fonction de l'indice K déterminé et des facteurs de réflexion ;
- Calcul du flux à partir de la formule  $\Phi = \frac{(E_{moyen} \times S)}{U} \times d.$

### 3.4. Commentaires

Après plusieurs expériences, on remarque que :

- Lorsque la forme du local s'éloigne d'un rectangle, le résultat obtenu par utilisation de la formule (1.3) de l'indice K, par décomposition en plusieurs formes rectangulaires, et celui obtenu par utilisation de la formule (3.1) de l'indice K (formule proposée) donne une erreur relative de l'ordre de  $3.10^{-3}$
- Dans le cas où la forme s'en rapproche, on obtient une erreur de l'ordre de  $2.10^{-2}$

### 3.5. Présentation du programme de dimensionnement sous Matlab

Le programme conçu sous Matlab (Voir code en Annexe) permet le dimensionnement d'un système d'éclairage.

Il affiche le flux total à installer selon les paramètres de dimensionnement fournis par l'utilisateur, tel que :

- La surface et le périmètre du local ou les dimensions selon la forme du local. En effet, si l'utilisateur ne connaît pas la surface et le périmètre du local, le programme lui propose de sélectionner le type de forme géométrique représentant son local (Rectangle, carré, cercle, triangle, polygone, etc.)
- La hauteur sous plafond ;
- Hauteur du plan utile ;
- Hauteur du plafond au plan des luminaires ;
- Le type d'activité à mener dans le local : Le programme propose à l'utilisateur de sélectionner le type d'activité à mener dans le local, et lui indique, selon la norme EN 12464-1 le niveau d'éclairage recommandé
- La configuration de couleur du local.

Le programme affiche donc successivement, à chaque étape de calcul :

- La surface et le périmètre quand l'utilisateur renseigne les dimensions du local ;
- La valeur de l'indice K calculer et la valeur arrondie aux valeurs standard de K ;
- L'éclairage à maintenir selon le type d'activité ;
- Les facteurs de réflexion du local ;
- L'utilance, et
- Le flux à installer.

## Conclusion

Les méthodes de dimensionnement de systèmes d'éclairage actuelles ne permettent pas de traiter le cas des locaux à forme irrégulière. Pour cause, la détermination de l'indice du local  $K$  ne dépendait que de deux paramètres : Une longueur  $L$ , et une largeur  $I$ . Dans le cadre de cette étude, nous avons proposé deux paramètres pour déterminer l'indice  $K$  : la surface  $S$  du local à éclairer, et son périmètre  $P$ . En effet, en observant l'expression de  $K$ , on peut remarquer qu'il dépend d'un périmètre et d'une surface, en fonction de  $L$  et  $I$ , dans le cadre d'une pièce de forme rectangulaire. Mais cela n'était pas évident. Et aucun document ne le confirmait.

Dans cette étude, nous avons procédé par décomposition de différentes formes géométriques en rectangle, pour utiliser la méthode connue, et nous l'avons comparé aux résultats obtenus avec la formule proposée dans le cas de figure géométrique régulière pour sa validation.

Les résultats de cette étude peuvent être utilisés dans le dimensionnement du confort visuel des bâtiments de forme architecturale suivantes : Carrée - Rectangle - Cercle - Triangle – Trapèze – Polygone.

On pourrait utiliser les méthodes de décomposition en rectangle pour dimensionner le système d'éclairage d'un local à forme complexe, qui peut être une combinaison des formes étudiées dans ce document. Mais il faut faire attention, parce que la décomposition entraîne un périmètre total plus grand. Ce qui a l'air de fausser les résultats.

Cette étude est déjà un pas dans le dimensionnement de système d'éclairage de locaux à forme non rectangulaire. Il serait intéressant de continuer la validation de la nouvelle expression de  $K$  par d'autres méthodes, autre que la décomposition du local en des formes rectangulaires.

## Référence bibliographique

Abdessamad FARAZDAG, 2015, Les Formes géométriques simples, Ecole Nationale d'Architecture de Rabat, 7p

Agence Nationale pour le Développement des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique (ADEREE), 2016, Manuel technique de l'éclairage, 52p.

Bruce Bremer, 2015, LIGHTING SYSTEMS, In John Wiley & Sons. Energy Management and Efficiency for the Process Industries the American Institute of Chemical Engineers, KY, USA, First Edition, Alan P. Rossiter and Beth P. Jones p290-299

*Dr J. G. DOSTOR, Aire quadrilatère quelconque, **Nouvelles annales de mathématique 1<sup>ère</sup> série, tome 7 (1848)**, p69-75*

IFDD, 2016, La transition énergétique : Connaître et partager pour agir, 278p.

John Wiley & Sons, 2017, Light Bulbs and Lighting Systems. In John Wiley & Sons. Practical Lighting Design with LEDs, Second Edition. Ron Lenk and Carol Lenk, p13-24.

LAFIA TAMOU Kora Alex et ZOHOUN Chadrac Elie, 2019, Conception et réalisation d'un logiciel pour le confort visuel dans les bâtiments, Lokossa, Institut National Supérieur de Technologie Industrielle, 89p.

L'institut Belge de l'Eclairage, 2007, Code de bonne pratique en éclairage intérieur, Boulevard de la Plaine 1050 Bruxelles, 36p.

Lionel SIMONOT et Sophie CAMELIO, SEPTEMBRE/OCTOBRE 2004, Cahier technique de l'uniformité en éclairage, LUX N° 229, 6p.

Meyer, Jean-Jacques, 2002, L'ergonomie visuelle, un facteur à prendre en compte. Bulletin technique de la Suisse romande, 25-31. DOI : <http://doi.org/10.5169/seals-80311>

Mircea Chindris and Antoni Sudria-Andreu, 2012, Lighting. In John Wiley & Sons. Electrical Energy Efficiency: Technologies and Applications, First Edition. Andreas Sumper and Angelo Baggini. 229 – 262

ONU HABITAT et OIF/IFDD, Novembre 2015, CONCEPTION ARCHITECTURALE DURABLE EN MILIEU TROPICAL : Principes et applications pour l’Afrique de l’Est, 426p

Roger Cadiergues, 2015, L’éclairage artificiel, 34p.

Soo-Young Kim, Hussain H. Alzoubi and Pyeongchan Ihm, 2009. Determining photosensor settings for optimum energy saving of suspended lighting systems in a small double-skinned office, Int. J. Energy Res. 2009; 33: 618–630. DOI : 10.1002/er.1501

Zumtobel Lighting GmbH, Juillet 2017, « Manuel pratique de l’éclairage », 244p

<https://www.dcode.fr/theoreme-de-pick> , consulté le 30 décembre 2019.

[www.colbertserv.lyceecolbert-tg.org](http://www.colbertserv.lyceecolbert-tg.org) , consulté le 20 décembre 2019.

## Annexe

### Annexe 1 : Code du programme de dimensionnement sous Matlab

```
%Dimensionnement de système d'éclairage
clear;clc;

disp('*****')
disp('* Programme automatique de dimensionnement*')
disp('*de système d éclairage de forme quelconque*')
disp('*****')

zoneConnue=input('Connaissez-vous la surface et le perimètre de la zone à
éclairer : oui (1) ou Non (0)\n');
while (zoneConnue~=1 && zoneConnue~=0)
    disp('Choisissez une valeur entre zero(0) et un (1)\n');
    zoneConnue=input('Connaissez vous la surface et le perimètre de la zone à
éclairer : oui (1) ou Non (0)\n');
end

if zoneConnue==1
    surface=input('Quelle est la surface de la zone à éclairer (m^2) ?\n');
    perimetre=input('Quelle est le perimètre de la zone à éclairer (m) ?\n');
    hauteur_sp=input('Quelle est la hauteur sous plafond de la zone à éclairer
(m) ?\n');
    hauteur_pu=input('Quelle est la hauteur de votre plan utile (m) ? (saisir
0.85 si hauteur inconnue)\n');
    hauteur_pl=input('Quelle est la hauteur du plafond au plan des luminaires
(m) ?\n');
    hauteurAuDessusPlanUtile=hauteur_sp- hauteur_pu-hauteur_pl;
    k=2*surface/(hauteurAuDessusPlanUtile*perimetre);
else if zoneConnue==0
    disp('Quelle est la forme géométrique de la zone à éclairer');
    forme =input('Saisissez\n 1 pour rectangle\n 2 pour carré\n 3 pour
cercle\n 4 pour triangle\n 5 pour un polygone quelconque\n 6 pour un trapèze\n
7 pour un quadrilatère quelconque\n');
    if forme==1
        %dimensions d'un rectangle
```

```

l=input('Donnez la largeur du rectangle\n'); %largeur
L=input ('Donnez la longueur du rectangle\n'); %longueur
surface=l*L;
perimetre=(l+L)*2;
else if forme==2
    %dimensions d'un carré
    c=input('Donnez la longueur du cote du carre\n'); %coté du
carré

    surface=c*c;
    perimetre=4*c;
else if forme==3
    r=input ('Donnez le rayon du cercle\n'); %rayon
    surface = r^2*pi;
    perimetre=2*pi*r;
else if forme ==4
    base=input ('Donnez la base du triangle\n');
    hauttriangle=input('Donnez la base du triangle\n');
    cote2=input('Donnez le deuxieme cote du
triangle\n');
    cote3=input('Donnez le troisième cote du
triangle\n');
    surface=base*hauttriangle/2;
    perimetre=base+cote2+cote3;
else if forme==5
    nc=input('Donnez le nombre de coté du
polygone\n');
    apotheme=input('Donnez l_apotheme du
polygone\n');
    longueurCote=input('Donnez la longueur d_un coté
du polygone\n');
    surface=nc*longueurCote*apotheme/2;
    perimetre=nc*longueurCote;
else if forme ==6
    petiteBase=input('Donnez la longueur de la
petite base du trapeze\n');
    grandeBase=input('Donnez la longueur de la
grande base du trapeze\n');
    hauteurTrapeze=input('Donnez la hauteur du
trapeze\n');
    cote3=input('Donnez la longueur du troisième
coté du trapeze\n');

```

```

cote4=input('Donnez la longueur du quatriem
coté du trapeze\n');

surface=(grandeBase+petiteBase)*hauteurTrapeze/2;

perimetre=grandeBase+petiteBase+cote3+cote4;
    else if forme==7
        a=input('Donnez la longueur du premier
coté du quadrilatere\n');
        b=input('Donnez la longueur du second
coté du quadrilatere\n');
        c=input('Donnez la longueur du troisieme
coté du quadrilatere\n');
        d=input('Donnez la longueur du quatrieme
coté du quadrilatere\n');
        m=input('Donnez la longueur d_une
diagonale du quadrilatere\n');
        n=input('Donnez la longueur du second
diagonal du quadrilatere\n');
        surface=(1/4)*sqrt((2*m*n+a^2-b^2+c^2-
d^2)*(2*m*n-a^2+b^2-c^2+d^2));
        perimetre=a+b+c+d;
    end
end
end
end
end
end

end
end
    hauteur_sp=input('Quelle est la hauteur sous plafond de la zone à
éclairer ?\n');
    disp('control est ');
    disp('control est ');
    disp('control est ');
    disp('control est ');
    hauteur_pu=input('Quelle est la hauteur de votre plan utile ? (saisir
0.85 si hauteur inconnue)\n');

```

```

    hauteur_pl=input('Quelle est la hauteur du plafond au plan des luminaires
?\n');
    control=hauteur_sp-hauteur_pu;
    disp('control est ');
    disp(control);
    while (control < hauteur_pl)
        disp('La hauteur du plafond au plan des luminaire ne doit pas être
supérieur à la différence entre\n');
        disp('La hauteur sous plafond et la hauteur du plan utile\n');
        hauteur_pl=input('Quelle est la hauteur du plafond au plan des luminaires
?\n');
    end

    hauteurAuDessusPlanUtile=hauteur_sp- hauteur_pu-hauteur_pl;
    k=2*surface/(hauteurAuDessusPlanUtile*perimetre);
end

%On arrondit les valeurs de K aux nombres : .
valeurK=[0; 0.6; 0.8; 1; 1.25; 1.5; 2; 2.5; 3; 4; 5];
for i=1:11
    if (valeurK(i)<k && k<=valeurK(i+1))
        kArrondi=valeurK(i+1);
        l=i; %indice pour détermination de l'utilance (le 0 n'est pas une
valeur de K, c'est pourquoi l'indice à prendre en compte est i
    end
end
disp('la valeur de l_indice de local k calculer est : ');
disp(k);
disp(' et est arrondi à : ');
disp (kArrondi);
disp('Quelle est le type d'activité à mener dans le local ?');
activite =input('Saisissez\ ***Immeuble de bureaux : *** \n 1 pour Bureau
individuel\n 2 pour Bureau à espace décloisonné\n 3 pour Salle de conférence\n
***Etablissement d'enseignement : ***\n 4 pour Salle de classe\n 5 pour Salle
de classe pour l-education des adultes\n 6 pour un Salle de conférence\n
***Centre hospitalier : *** \n 7 pour Salle commune\n 8 pour Salle d'examen\n
9 pour salle d'examen et de traitement\n **Hotel et restaurant : ***\n 10
pour Hotel ou restaurant\n ***Installattion sportive : ***\n 11 pour Salle
de sport\n ***Commerce de gros ou de détail : ***\n 12 pour zone de vente\n
13 pour Zone du tiroire-caisse\n ***Zone de circulation : ***\n 14 pour
Couloir\n 15 pour Escalier\n');

```

```

eclairageRecomande=[500; 500; 500; 300; 500; 500; 100; 300; 1000; 300; 300;
300; 500; 100; 150];
for j=1:15
    if(activite==j)
        eclairement=eclairageRecomande(j);
        break
    end
end
disp ('l_eclairage recommandé (en lux) pour votre activité est ');
disp (eclairage);
%Détermination de l'utilance
%Matrice de détermination de U
utilanceLuminaireEncastre =[90 83 89 82 80 76 73 70 76 72 70 72 70 69; 98 89
96 88 88 83 79 77 82 79 77 79 76 75; 103 93 101 92 93 87 84 81 86 83 81 82
80 79; 108 96 106 95 98 91 88 86 90 87 85 86 85 83; 111 98 108 97 101 93 90
88 92 89 87 88 86 85; 115 100 112 99 106 96 94 92 95 93 91 92 90 88; 118 102
115 101 110 98 96 94 97 95 93 94 92 90; 120 103 117 102 112 100 98 97 98 97
95 96 94 92; 123 105 119 104 116 102 101 100 100 99 98 98 97 95; 125 106 121
105 118 104 103 102 102 101 100 99 99 96 ];
UtilanceLuminaireSuspendu =[87 81 86 81 78 75 72 70 75 72 70 72 70 69; 94 87
93 87 85 82 79 76 81 78 76 78 76 75; 99 91 98 90 90 86 83 80 85 82 80 82 80
79; 104 95 103 94 95 90 87 85 89 86 85 86 84 83; 107 96 105 95 98 92 89 87
91 88 86 88 86 85 ; 112 99 109 98 103 95 93 91 94 92 90 91 90 88; 115 101
112 100 107 97 95 93 96 94 93 93 92 90; 118 102 115 102 109 99 97 96 98 96
95 95 94 92; 121 104 118 103 113 101 100 99 100 99 97 97 96 95; 123 105 119
104 116 103 102 101 101 100 99 99 98 96];

%Reflexion du plafond; reflexion des murs; reflexion du plan utile

ValeurFacteurRefexion = [873; 871; 773; 771; 753; 751; 731; 711; 551; 531;
511; 331; 311; 000 ];
disp('choisissez la configuration de couleur qui répond le mieux à votre
cas\n');
disp('(1) Plafond blanc & Murs couleur blanche, couleurs très clair, carrelage
clair & Plan utile en carrelage clair ou moquette blanche ou couleur vive ou
grise\n');
disp('(2)Plafond blanc & Murs couleur blanche, couleurs très clair, carrelage
clair & Plan utile couleur foncé, carrelage plancher foncé, bois\n');
disp('(3)Plafond à Couleur très clair & Murs couleur blanche, couleurs très
clair, carrelage clair & Plan utile en carrelage clair ou moquette blanche
ou couleur vive ou grise\n');

```

```

disp('(4)Plafond à Couleur très clair & Murs couleur blanche, couleurs très
clair, carrelage clair & Plan utile couleur foncé, carrelage plancher foncé,
bois\n');
disp('(5)Plafond à Couleur très clair & Murs en pierre blanche, brique ou
ciment & Plan utile en carrelage clair ou moquette blanche ou couleur vive
ou grise\n');
disp('(6)Plafond à Couleur très clair & Murs en pierre blanche, brique ou
ciment & Plan utile couleur foncé, carrelage plancher foncé, bois\n');
disp('(7)Plafond à Couleur très clair & Murs en couleurs vives & Plan utile
couleur foncé, carrelage plancher foncé, bois\n');
disp('(8)Plafond à Couleur très clair & murs en couleurs foncées & Plan utile
couleur foncé, carrelage plancher foncé, bois\n');
disp('(9)plafond à lame claires, bois clair ou jaune et vert & Murs en pierre
blanche, brique ou ciment & Plan utile couleur foncé, carrelage plancher
foncé, bois\n');
disp('(10)plafond à lame claires, bois clair ou jaune et vert & Murs en
couleurs vives & Plan utile couleur foncé, carrelage plancher foncé, bois
\n');
disp('(11)plafond à lame claires, bois clair ou jaune et vert & murs en
couleurs foncées & Plan utile couleur foncé, carrelage plancher foncé,
bois\n');
disp('(12)Plafond à bois foncé & Murs en couleurs vives & Plan utile couleur
foncé, carrelage plancher foncé, bois \n');
r=input('(13)Plafond à bois foncé & murs en couleurs foncées & Plan utile
couleur foncé, carrelage plancher foncé, bois\n');
while (r>13 || r==0)
    disp('Choisissez une valeur entre un(1) et treize (13)\n');
    r=input('Quelle configuration de couleur répond le mieux à votre cas\n');
end

```

```

luminaire=input('Vos luminaires sont-ils encastrés ? (1) ou Suspendu (0)\n');
while (luminaire~=1 && luminaire~=0)
    disp('Choisissez une valeur entre zero(0) et un (1)\n');
    luminaire=input('Luminaire encastré (1) ou luminaires suspendu (0)\n');
end

```

```
if (luminaire==1)
    utilance=utilanceLuminaireEncastre(l,r);
else utilance=UtilanceLuminaireSuspendu(l,r);
end
disp ('Les facteurs de reflexion de votre local sont ');
disp (ValeurFacteurRefexion(r));
disp ('Et d_utilance (%)');
disp(utilance);

d=1.5;
flux =(eclairement*surface*100*d/(utilance));
disp('Le flux total requis pour votre local est (en lux) :');
disp(flux);
```