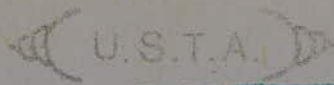


9/80



امدرسة الوطنية للعلوم الهندسية  
 المكتبة  
 Ecole Nationale Polytechnique  
 ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE  
 BIBLIOTHEQUE

2ed

DEPARTEMENT D'ELETRONIQUE  
ET D'ELETROTECHNIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

ETUDE DE L'ECLAIRAGE

EXTERIEUR DE L'ECOLE

NATIONALE

POLYTECHNIQUE D'ALGER

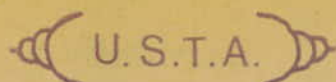


Proposé et Dirigé par M. M. KOURGLI

Etudié par M.M. M. KAYOUECHE

F. LEMMOUCHI

N



Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT D'ELETRONIQUE  
ET D'ELETROTECHNIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

**ETUDE DE L'ECLAIRAGE  
EXTERIEUR DE L'ECOLE  
NATIONALE  
POLYTECHNIQUE D'ALGER**



Proposé et Dirigé par M. | M. KOURGLI  
Etudié par M.M | M. KAYOUECHE  
| F. LEMMOUCHI



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اللَّهُ نُورُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ مِثْلُ نُورٍ فِي كَمِيكُوَّةٍ  
فِيهَا مِصْبَاحٌ الْمِصْبَاحُ فِي زُجَاجَةٍ الزُّجَاجَةُ كَأَنَّهَا  
كَوْكَبٌ دُرِّيٌّ يُوقَدُ مِنْ شَجَرَةٍ مُبَارَكَةٍ زَيْتُونَةٍ لَا شَرْقِيَّةٍ  
وَلَا غَرْبِيَّةٍ يَكَادُ زَيْتُهَا يُضِيءُ وَلَوْ لَمْ تَمْسَسْهُ نَارٌ نُورٌ  
عَالِي نُورٍ يُهْدِي إِلَى اللَّهِ لِأَنَّ نُورَهُ مَنْ يَشَاءُ وَيَضْرِبُ  
اللَّهُ الْأَمْثَانَ لِلنَّاسِ وَاللَّهُ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ

(سورة النور - 35)



je dédie, ce merveilleux ouvrage, à ma très chère  
mère, Mamouche Ouachia que j'adore -  
- Kayoueché Mourad -

A mon père et à ma mère qui m'ont  
fait le don le plus précieux de la vie:  
celui de la FOI .

A ma femme, mes frères et  
mes sœurs .

A tous les frères et amis intimes

F. Lemmouchi

Monsieur M. KOURGLI, nous vous prions de trouver ici, l'expression de notre reconnaissance pour nous avoir si bien dirigés dans cette étude et pour avoir donné le meilleur de vous-même pour la réussite de ce projet.

Nous ne voulons pas quitter les bancs de l'école sans remercier vivement tous ceux qui ont contribué sincèrement à notre formation.

Enfin un grand merci à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail.

M. KAYOUECHE

F. LEMMOUCHI



## TABLE DES MATIERES

CHAP.1 : Généralités	
1. Introduction.	1
1.1 Intérêt de l'éclairage extérieur.	1
1.2 Eclairage des voies publiques.	1
2. But du projet.	2
3. Rappels sur l'éclairage	3
3.1 Grandeurs et unités photométriques	3
3.2 Sources lumineuses pour éclairage extérieur	6
3.3 Rendement des sources lumineuses	10
3.4 Coefficients et facteurs photométriques	10
3.5 Appareils d'éclairage extérieur : luminaires	14
3.6 Mesures des grandeurs photométriques	15
3.7 Loi de l'inverse du carré de la distance	17
CHAP II : Etude théorique de l'éclairage existant	
1. Présentation de l'étude théorique	18
2. Caractéristique de la lampe implantée	19
3. Courbes isolux théoriques	19
CHAP III : Calculs pratiques sur les installations	
1. Méthode de mesure des éclairagements.	21
2. Relevés de mesures	22
3. Comparaison entre l'étude théorique et pratique	27

4. Conclusion 27

CHAP IV : Recherche d'un éclairage optimum.

1. Méthode de recherche 29
2. Calcul de l'éclairement par la méthode des 9 points 30
3. Première solution proposée 31
4. Deuxième solution envisagée 34
5. Troisième solution 36
6. Conclusion Générale. 39



## - CHAPITRE I -

### - GENERALITES -

#### I. Introduction :

##### I.1. Intérêt de l'éclairage extérieur :

Autrefois simple moyen de jalonnement, l'éclairage extérieur dispose aujourd'hui de moyens puissants et souples qui permettent :

- d'augmenter la sécurité et la rapidité de la circulation et de réduire le nombre des accidents de nuit.
- de contribuer efficacement à la prévention des agressions nocturnes -
- de mettre en valeur de nuit, les parcs, monuments, fontaines et sites pittoresques.
- de se livrer de nuit à des travaux et activités qui, sans lui ne pourraient avoir lieu que de jour.

##### I.2 Eclairage des voies publiques :

Pour élaborer un projet d'éclairage public, l'accent est mis sur la luminance, donnée essentielle qui tient compte des caractéristiques géométriques et optiques des foyers et ainsi que des revêtements réfléchissant la lumière. Mais les méthodes de mesure et d'étude sont encore bien loin d'être précises à cause de la faible sensibilité des luminancemètres. Par contre on dispose de méthodes appropriées plus adaptables et plus précises à l'aide des calculs d'éclairément -

## 2. But du projet :

Notre projet consiste à faire une étude théorique de l'éclairage extérieur de l'école. Cette étude va porter sur les calculs d'éclairement de l'installation existante à partir des courbes isocondélas relatives à chaque luminaire, fournies par le constructeur. Ces calculs nous amènent à tracer les courbes isolux relatives à chaque luminaire.

Une étude pratique, qui consiste à relever en différents points de la zone éclairée, les valeurs de l'éclairement à l'aide d'un luxmètre, va nous permettre de faire une comparaison objective des deux études -

Cela va nous conduire à élaborer un projet d'éclairage optimum qui répondrait aux normes relatives à l'éclairage extérieur pour une circulation normale des véhicules et des piétons.

Un éclairage abondant et bien conçu doit assurer une bonne vision la nuit sans éblouissement, ni obscurité. Il constitue par conséquent un facteur très important d'hygiène visuelle.

Cette étude optimale va nous amener à considérer plusieurs méthodes de calcul ainsi que différents genres de luminaire jusqu'à ce qu'on aboutisse à la solution optimale.

On va jouer essentiellement sur trois facteurs :

1. la distance entre deux luminaires.
2. la hauteur de la source.
3. le type de luminaire (Puissance et Flux de la lampe)



(3)

### 3. Rappels sur l'éclairage

La lumière est l'ensemble des radiations pour lesquelles l'œil réagit en (temps) tant qu'organe sensoriel

C'est donc un rayonnement visible qui n'est qu'une partie du rayonnement électromagnétique

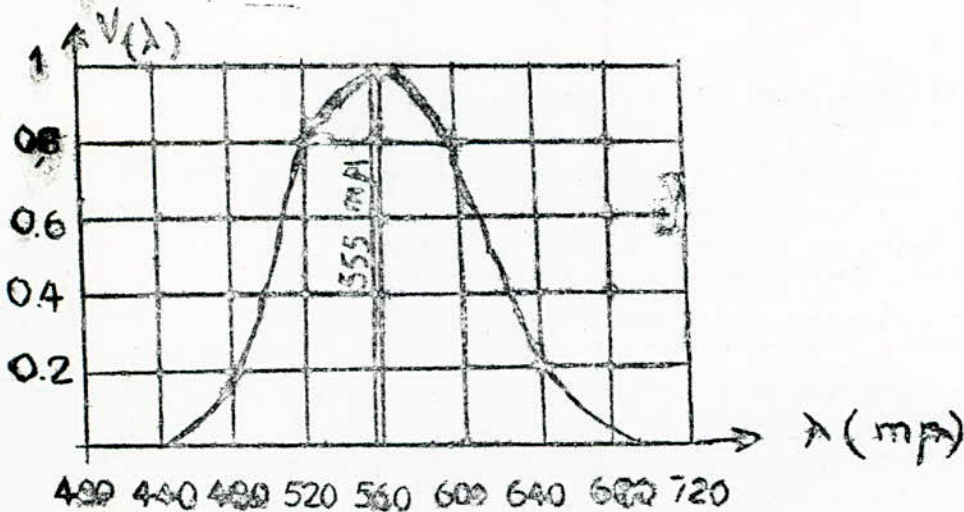
#### 3.1 Grandeurs et unités photométriques

##### 3.1.1 EFFICACITÉ lumineuse relative spectrale :

Étant donné un rayonnement monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$ , l'EFFICACITÉ lumineuse relative spectrale  $V(\lambda)$  est le rapport du Flux énergétique de longueur d'onde  $\lambda$ , au Flux de longueur d'onde  $\lambda_m$

$$V(\lambda) = \frac{\lambda}{\lambda_m} \quad 0 \leq V(\lambda) \leq 1$$

la C.I.E a normalisé une Fonction  $V(\lambda)$  dite observation de référence C.I.E



### 3.1.2 Flux lumineux

Le flux lumineux  $\Phi$  est la quantité de lumière émise par seconde par une source.

C'est une notion qui ne tient pas compte de la manière dont cette lumière est répartie dans les différentes directions de l'espace.

Symbole :  $\Phi$  ; l'unité : Lumen (lm)

### 3.1.3 Quantité de lumière :

C'est une notion qui découle de celle du flux lumineux.

Elle est définie comme étant la quantité de lumière

Q qui est le produit du flux lumineux et du temps pendant lequel ce flux était émis.

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} \phi dt \quad ; \text{ Unité : lumen-seconde}$$

### 3.1.4 Intensité lumineuse (dans une direction)

C'est le quotient du flux lumineux quittant la source et propageant dans un élément d'angle solide contenant la direction par cet élément d'angle solide.

$$I = \frac{d\phi}{d\Omega} \quad \text{exprimée en candéla (cd)}$$

$$1 \text{ cd} = 1 \text{ lm/sr}$$

Cette définition n'est valable que pour une source lumineuse ponctuelle.

Pour une source quelconque, on désigne l'intensité lumineuse par la valeur moyenne :

$$I_{\text{moy}} = \frac{\Phi(\text{total})}{4\pi}$$

### 3.1.5 Eclairement :

Définition : L'éclairement est le flux lumineux par



⑤

### 3.1.5 Eclairement

Définition : l'éclairement est le Flux lumineux par unité de surface éclairée  $E = \frac{\Phi}{S}$  exprimé en (lux)

Rôle :

C'est la donnée la plus importante pour les utilisateurs de lumière. Les ingénieurs éclairagistes doivent assurer un bon éclairement du plan de travail

le choix des éclairagements à adapter est de première importance puisqu'il détermine (la ~~première~~) puissance à installer.

### 3.1.6 Luminance : L

Définition : la luminance est le quotient de l'intensité lumineuse dans une direction par l'aire de la surface émettrice projetée sur le plan normal à la direction du rayonnement.

L'unité de luminance est le candela par m<sup>2</sup> (Cd/m<sup>2</sup>)

### 3.1.7 Efficacité lumineuse d'une source

Définition : c'est le quotient du Flux émis par la puissance consommée symbole :  $\eta$  ; unité : lumen par watt (lm-w<sup>-1</sup>) -

## Tableau récapitulatif :

Grandeur	Symbole	Formule	Unité
Flux lumineux	$\Phi$		lumen (lm)
Eclairement	$E$	$E = \frac{\Phi}{S}$	Lux (lx)
Intensité lumineuse	$I$	$I = \frac{\Phi}{\Omega}$	candela (cd)
Luminance	$L$	$L = \frac{I}{S}$	cd/m <sup>2</sup>
Quantité de lumière	$Q$	$Q = \int_{t_1}^{t_2} \Phi dt$	lumen-seconde
Efficacité lumineuse	$\eta$	$\eta = \frac{\Phi}{W}$	lumen/watt (lm/w)

### 3.2 Sources lumineuses pour appareils d'éclairage extérieur :

Actuellement on dispose de 2 grandes catégories de sources lumineuses :

#### - Sources à incandescence :

- a) lampes à Filament classique
- b) lampes aux halogènes

Ces sources sont peu utilisées dans l'éclairage public parce qu'elles présentent une efficacité lumineuse insuffisante.

#### - Sources à décharges :

- a) lampes à ballon Fluorescent -
- b) lampes aux halogénures métalliques.
- c) lampes à vapeur de sodium à basse pression
- d) " " " " " " à haute pression -
- e) lampes Fluorescentes tubulaires -



⑦

Les lampes employées en éclairage extérieur générale doivent avoir certaines qualités imposées par les exigences spécifiques de l'utilisation les 2 qualités essentielles sont :

1° - Efficacité lumineuse élevée diminuant à la fois les frais d'installation (Puissance mise en œuvre) et les dépenses de fonctionnement (énergie consommée)

2° - longue durée de vie abaissant les dépenses d'entretien (coût de l'intervention et prix de la lampe de remplacement)

Généralement une certaine tolérance peut être admise en ce qui concerne la couleur de la lumière et le délai de mise en régime.

### 3.2.1 lampes à décharge -

#### a) Principe de fonctionnement

lorsqu'on applique une tension suffisante entre deux électrodes scellées aux extrémités d'un tube contenant un gaz ou une vapeur métallique sous faible pression, un courant électrique s'établit dans le tube accompagné d'un rayonnement lumineux.

Ces lampes à décharge sont un perfectionnement des lampes à incandescence dans le sens qu'on a obtenu une meilleure utilisation de l'énergie



### c) Allumage

l'amorçage de l'arc peut se produire instantanément par surtension ou après quelques secondes à l'aide d'un starter.

Dans le cas premier, une bande conductrice adjoindue sur le verre du tube est reliée à l'une des électrodes et aboutissant à proximité de l'autre électrode. elle facilite l'amorçage

Dans le second cas, le starter en fermant ses contacts réalise le préchauffage des électrodes, puis en les ouvrant, provoque une surtension qui produit l'amorçage de la décharge dans le tube.

### d) le starter

C'est un appareil qu'on remplit généralement de néon ou d'argent.

Il comporte 2 électrodes entre lesquelles se produit un arc. les électrodes sont l'une fixe, l'autre mobile

On distingue deux sortes de starter :

- starter thermique
- " à lueur

#### Remarque :

Il existe des lampes à lumière mixte (association de mercure et incandescence)

Ces lampes fonctionnent à la vapeur de mercure le filament incandescent servant à stabiliser la décharge. Elles ne nécessitent pas de ballast.

⑧

(forte efficacité lumineuse) seulement si on a résolu ce point, on s'y heurte à d'autres défauts :

- lumière fortement colorée .
- Complication de montage .
- Coût relativement élevé.

Chute de tension diminue lorsque l'intensité du courant augmente. IL résulte de ce dernier point, que l'on ne peut brancher directement les lampes fluorescentes sur le réseau car ou bien la lampe ne s'allume pas, ou bien le courant augmenterait jusqu'à destruction de la lampe et des fusibles.

C'est pourquoi toute lampe à décharge comporte nécessairement un appareil individuel de stabilisation appelé : ballast

La stabilité en courant (limitation) dans ces lampes est réalisée généralement par un autotransformateur

b) le ballast

C'est un appareil régulateur monté en série avec la lampe il se compose d'un noyau en tôles magnétiques, entouré d'un enroulement en fils de cuivre .

L'ensemble tube-ballast possède un facteur de puissance de l'ordre de 0,5 qu'on a intérêt à relever pour réduire l'intensité de courant absorbé et les pertes d'énergie dans les canalisations.

On utilise donc un condensateur pour la compensation.



### 3.3 Rendement des sources lumineuses

la source lumineuse d'un appareil d'éclairage quelconque fournit un flux déterminé  $F$ . Seulement l'appareil lui-même, absorbe de la lumière. IL n'en restitue qu'une partie  $F_u$  du flux de la source.

le rendement  $\eta$  d'une source lumineuse est le rapport entre la puissance équivalente au flux lumineux total émis  $W_{F_u}$  et la puissance consommée  $W$ .

$$\eta = \frac{W_{F_u}}{W}$$

le rendement des lampes à incandescence est très faible (2%) les pertes lumineuses exprimées en flux sont  $(F - F_u)$  qui se répartissent de la façon suivante:

- absorption par l'appareil lui même
- Reflexions multiples ne donnant pas lieu à émission de lumière.
- absorption par les poussières.

Ce dernier point est très important car si l'on juge du rendement pour un appareil neuf et non empoussiéré, cette notion devient caduque dès que le temps a passé.

C'est pourquoi on définit un facteur de dépréciation fonction du temps de fonctionnement des appareils.

### 3.4. Coefficients et facteurs photométriques.

Pour tenir compte de la complexité de la réalité naturelle dans le calcul d'éclairage, on fait

intervenir certains facteurs qui tiennent compte des phénomènes d'absorption, de réflexion et de transmission.

### 3.4.4 Coefficient d'absorption.

la surface d'un corps recevant un flux lumineux en absorbe une partie. Nous tenons compte de cela en introduisant un coefficient d'absorption défini comme étant le rapport entre le flux lumineux  $F_a$  absorbé par la surface du corps considéré et le flux lumineux  $F_i$  incident reçu par cette surface.

$$q_a = \frac{F_a}{F_i}$$

### 3.4.2 Coefficient de réflexion

la partie du flux lumineux qui ne sera pas absorbée, sera alors réfléchi par la dite surface. Ceci nous amène à définir un coefficient de réflexion rapport entre le flux réfléchi par la surface et le flux incident

$$q_r = \frac{F_r}{F_i}$$

### 3.4.3 Coefficient de transmission -

Pour un corps opaque on peut définir un coefficient de transmission rapport du flux transmis  $F_t$  par le corps opaque, sur le flux incident  $F_i$

$$q_t = \frac{F_t}{F_i}$$

Remarque :  $F_i = F_a + F_r + F_t$

$$q_a + q_r + q_t = 1$$



Ces coefficients photométriques sont des grandeurs qui dépendent seulement du type de matériau, jamais de son traitement mécanique ou de l'épaisseur de ce matériau.

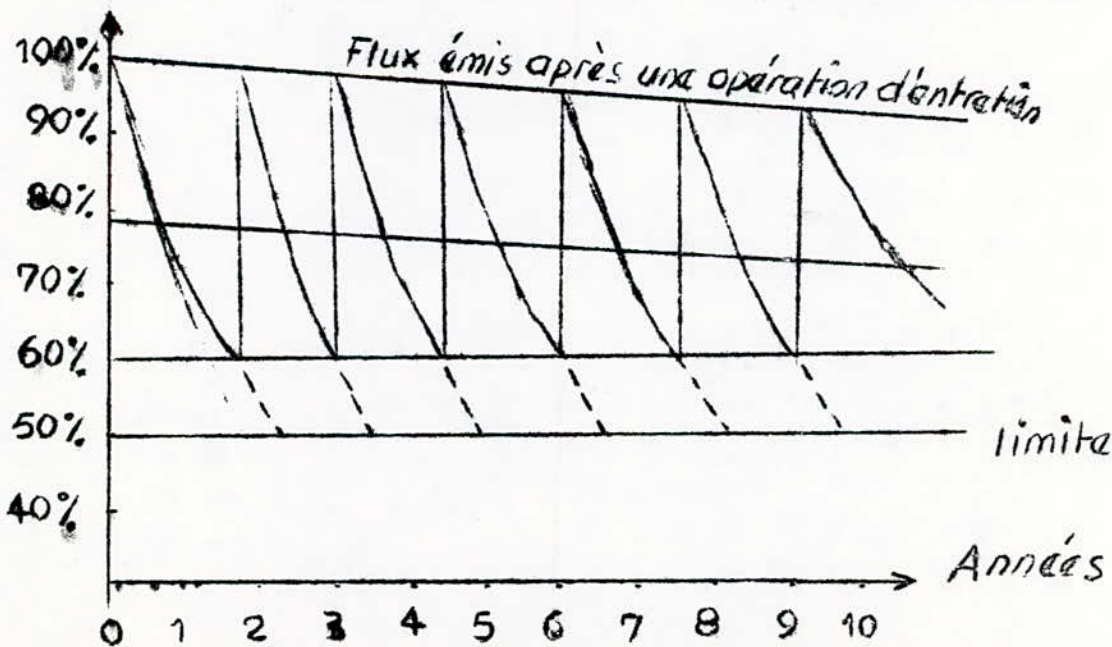
### 3.4.4. Facteur de vieillissement.

La modification de la luminance moyenne d'une chaussée en cours d'utilisation provient en partie de l'installation d'éclairage qui vieillit en partie de la chaussée elle-même dont les propriétés réfléchissantes évoluent.

L'évolution de la chaussée est très difficile à évaluer.

On tient compte uniquement d'une baisse du flux lumineux par suite du vieillissement des lampes et de l'altération des luminaires due essentiellement à l'empoussiérage.

Si le nettoyage des luminaires et le renouvellement des lampes ont lieu régulièrement, la courbe donnant la luminance en fonction du temps se présente comme suit :



$L_1$ : luminance moyenne de la chaussée lorsque l'installation est neuve.

$L_2$ : luminance moyenne dans le temps

On définit le facteur de vieillissement  $V$  comme étant le rapport entre le flux lumineux donnant la luminance  $L_2$ , et le flux donnant la luminance  $L_1$

$$V = V_{L_0} \cdot V_{L_u}$$

$V_{L_0}$ : vieillissement dû à la lampe.

$V_{L_u}$ : " " au luminaire

Des valeurs forfaitaires de  $V_{L_u}$  sont données par le tableau suivant :

	LUMINAIRE	
	Sans Vasque	Avec Vasque.
Atmosphère polluée	0,65	0,70
Atmosphère non polluée	0,90	0,95

Pour  $V_{L_0}$ , les valeurs forfaitaires pour chaque type de lampe sont représentées sur le tableau suivant :

Type de lampe	$V_{L_0}$
lampes à ballon Fluoréscent.	0,90
lampes mixtes.	0,85
lampes à vapeur de sodium H.P.	0,90
Tubes Fluoréscent	0,90
lampes à incandescence	0,90
lampes à incandescence aux halogènes.	0,95



### 3.4.5 Facteur d'utilisation.

Définition : Pour l'éclairage public et pour un luminaire donné on désigne par facteur d'utilisation le rapport entre d'une part le flux émis dans un dièdre dont l'arrête est la ligne des foyers et les plans passant par les bords de la chaussée (ou de la bande de la chaussée considérée) et d'autre part le flux total émis par la ou les sources.

Les constructeurs donnent des courbes de facteur d'utilisation relatives à chaque type de lampe.

A défaut de disposer des valeurs du facteur d'utilisation  $f_u$  données par les notices des ~~(constructeurs)~~ constructeurs on utilise les valeurs forfaitaires suivantes pour une installation du luminaire situé sensiblement à l'aplomb du bord de la chaussée.

$l/h$	0,5	1	1,5	2
$f_u$	0,20	0,30	0,35	0,40

$l$  : Largeur de la chaussée

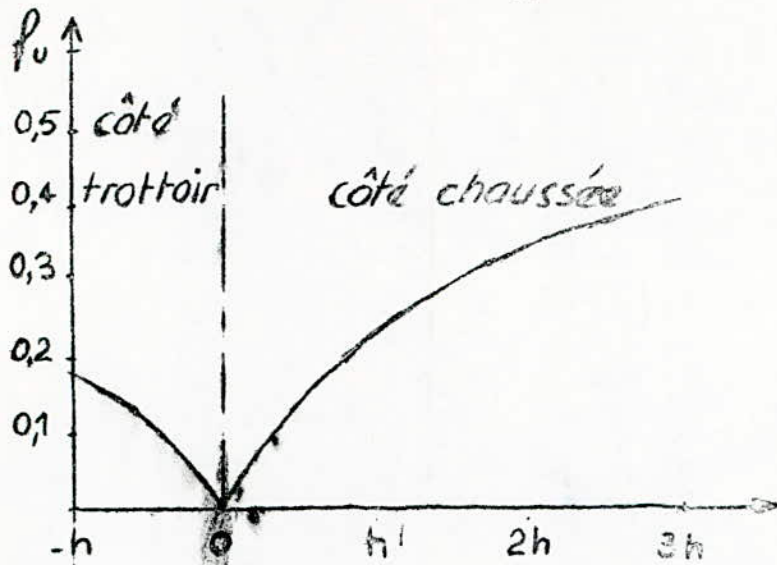
$h$  : hauteur du ~~(la chaussée)~~ luminaire

Pour un luminaire donné, la courbe  $f_u$  du facteur d'utilisation des éclairements est de la forme :

(voir courbe P.15)

3.5. Appareils d'éclairage extérieur : luminaires  
les appareils utilisés pour l'éclairage public sont en

(15)



général éloignés des surfaces à éclairer de telle sorte que l'on cherche surtout à obtenir des faisceaux de rayons parallèles.

Deux critères interviennent dans le choix des appareils:

- le rendement de l'appareil.
- le fait que l'appareil ne soit pas éblouissant.

les éléments déterminant le choix d'un luminaire sont nombreux et relèvent de plusieurs considérations: technique électrique, thermique, mécanique, esthétique et économique.

### 3.6 Mesures des grandeurs photométriques.

- sur les appareils d'éclairage: l'intensité lumineuse et le flux
- sur les installations existantes: l'éclairage et la luminance.

#### 3.6.1. Mesures sur les installations d'éclairage existantes de l'éclairage :

les mesures faites sur une installation existante sont difficiles et souvent peu précises. leur exactitudes dépend



de nombreux facteurs qui, dans certains cas peuvent prendre une importance assez grande relativement.

Ces facteurs concernent :

- les conditions matérielles des mesures sur route (interdiction de circulation, conditions météorologiques etc)
- les conditions d'utilisation : tension d'alimentation, lampes et appareillage, etc)
- l'appareil de mesure : luxmètre et accessoires (cellule)

Il est donc préférable de calculer les éclairagements en fonction des données géométriques de l'installation, soit en partant des courbes isocondélas, soit plus simplement en utilisant les courbes isolux (courbes d'égal éclairagement -)

### 3.6.2 Mesures des luminances L :

les mesures des luminances sur voie publique sont très délicates et encore peu précises. Elles nécessitent l'emploi d'appareils de grande sensibilité, de photomultiplicateur avec alimentation stabilisée.

Ces appareils sont souvent sensibles aux variations de température et à l'humidité.

### 3.6.3 Précision des mesures :

On ne tiendra pas compte dans les comparaisons :

- Pour les éclairagements calculés de différences inférieures à 5%.

- Pour les éclairagements mesurés de différences inférieures à 10%

De telles différences sont d'ailleurs inappréciables à l'œil.

### 3.7. Loi de l'inverse du carré de la distance.

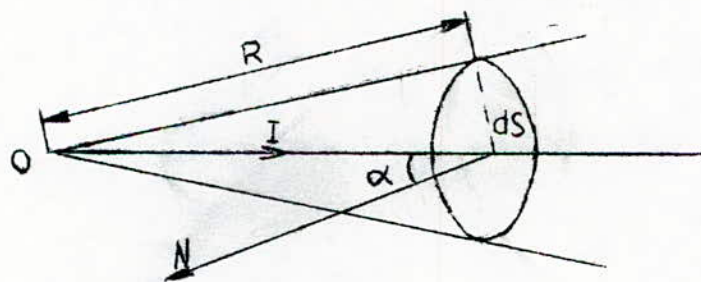
Considérons un flux lumineux rayonné par une source ponctuelle dans un cône de petite ouverture  $d\omega$  (voir figure)

Soit  $I$  l'intensité lumineuse en direction de l'axe du cône.

l'éclairément sur une surface  $dS$  dont la normale  $SN$  fait un angle  $\alpha$  avec l'axe du cône a pour expression :

$$E = \frac{I d\omega}{R^2}$$

Or si  $R$  représente la distance de la source  $O$  à la surface  $dS$  on a  $d\omega = \frac{dS}{R^2} \cos \alpha$   $E = \frac{I \cos \alpha}{R^2}$



On voit que l'éclairément varie de façon proportionnelle au cosinus de l'angle d'incidence et de façon inversement proportionnelle au carré de la distance de la source à la surface éclairée.

Remarque : l'éclairément  $E$  produit en un point  $M$  à une hauteur  $h$  envoyant un rayonnement d'intensité  $I$  sous l'angle d'incidence  $\alpha$  est :  $E = \frac{I \cos^3 \alpha}{h^2}$



CHAPITRE IIEtude théorique de l'éclairage existant1. Présentation de l'étude théorique.

Cette étude consiste à :

- Ralever la position de tous les luminaires existants
- Calculer la valeur des éclairagements dûs à ces luminaires en divers points de l'allée
- tracer les isolux pour les différentes allées

la première partie de cette étude est assez simple nous nous contenterons de Fournir un schéma des implantations des luminaires sur les différentes allées à étudier.

la deuxième partie de cette étude nous permet de calculer les éclairagements à partir des caractéristiques fournies par le constructeur pour le type de lampe existant sur les implantations -

Ces caractéristiques comprennent :

- les courbes isocandélas
  - les courbes isolux
  - les courbes du facteur d'utilisation
- Mais pratiquement pour notre cas, on ne dispose que d'une courbe donnant les

éclairagements en fonction de la longueur.

La troisième partie de cette étude théorique consiste à utiliser la méthode des deux règles (ou du compas) pour tracer les courbes isolux et les recouvrements en un pt des éclairagements dus à chaque luminaire.

Notre étude théorique va porter sur les trois principales allées A, B et C de l'école Polytechnique (voir schéma des allées)

l'allée A comporte quatre installations de luminaires

l'allée B " cinq " " "

l'allée C " trois " " "

les luminaires utilisés sont élevés à une hauteur moyenne de 3.20 m du sol. Ils sont équipés de lampes à lumière mixte de 250 W à ballon fluorescent (voir schéma d'une installation)

## 2 Caractéristique de la lampe implantée.

la caractéristique principale de la lampe donnée par le constructeur est celle donnant l'éclairagement  $E$  en fonction de la longueur  $L$  (voir figure correspondante)

## 3. courbes isolux théoriques :

Connaissant la courbe  $E = f(L)$  on peut tracer les isolux pour un luminaire, les autres luminaires situés à proximité sont supposés éteints.



sortie

• C<sub>3</sub>

• C<sub>2</sub>

• C<sub>1</sub>

Allée C

administration

• B<sub>3</sub>

• B<sub>4</sub>

• B<sub>3</sub>

• B<sub>2</sub>

• B<sub>1</sub>

Allée B

• A<sub>1</sub>

• A<sub>2</sub>

• A<sub>3</sub>

• A<sub>4</sub>

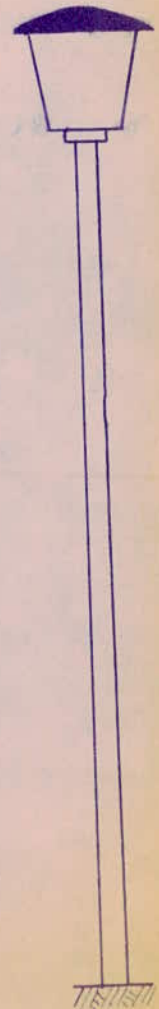
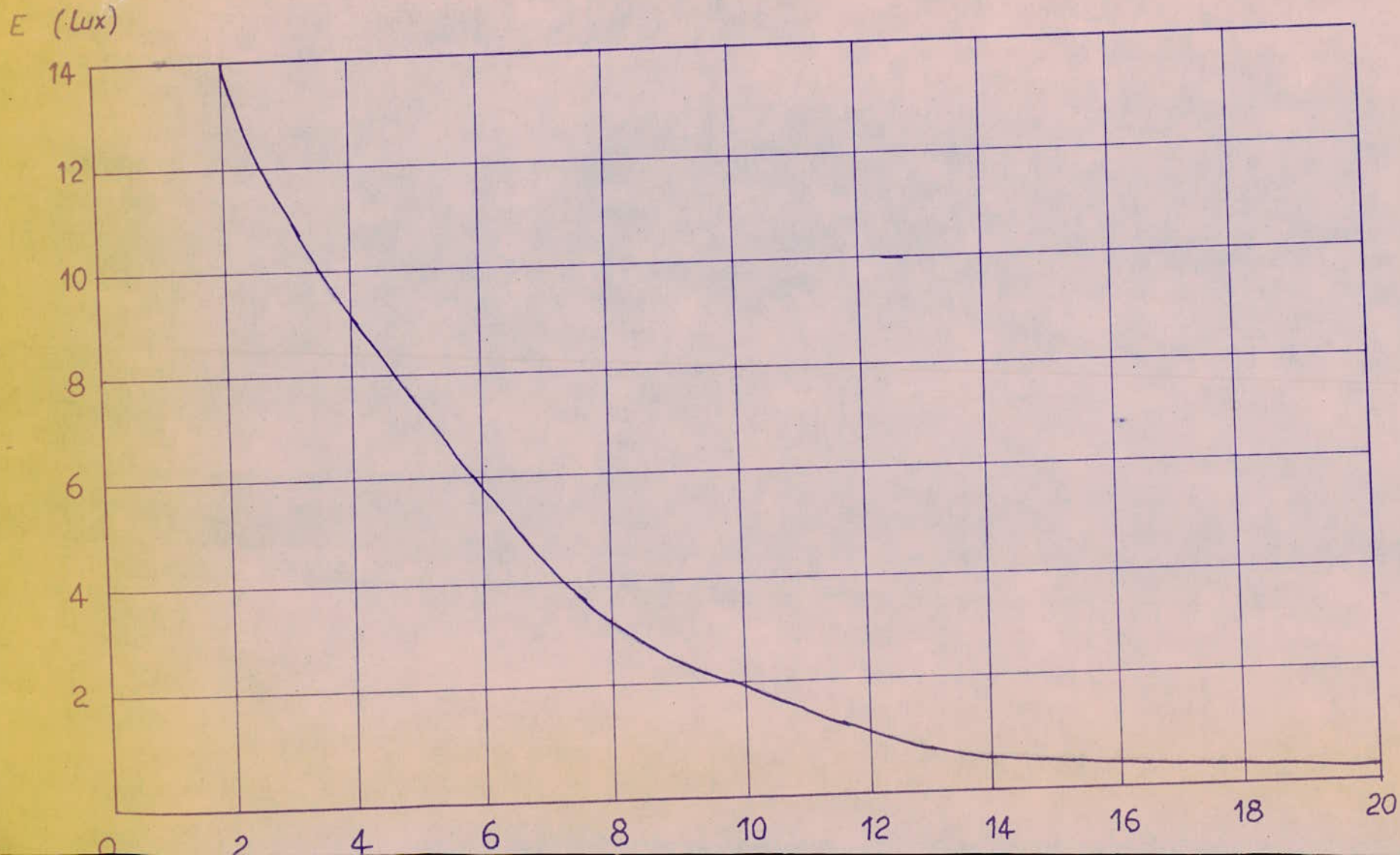
Allée A

génie civil

Disposition effective des implantations  
sur les allées -

Caractéristique  $E=f(L)$  de la lampe  
donnée par le constructeur

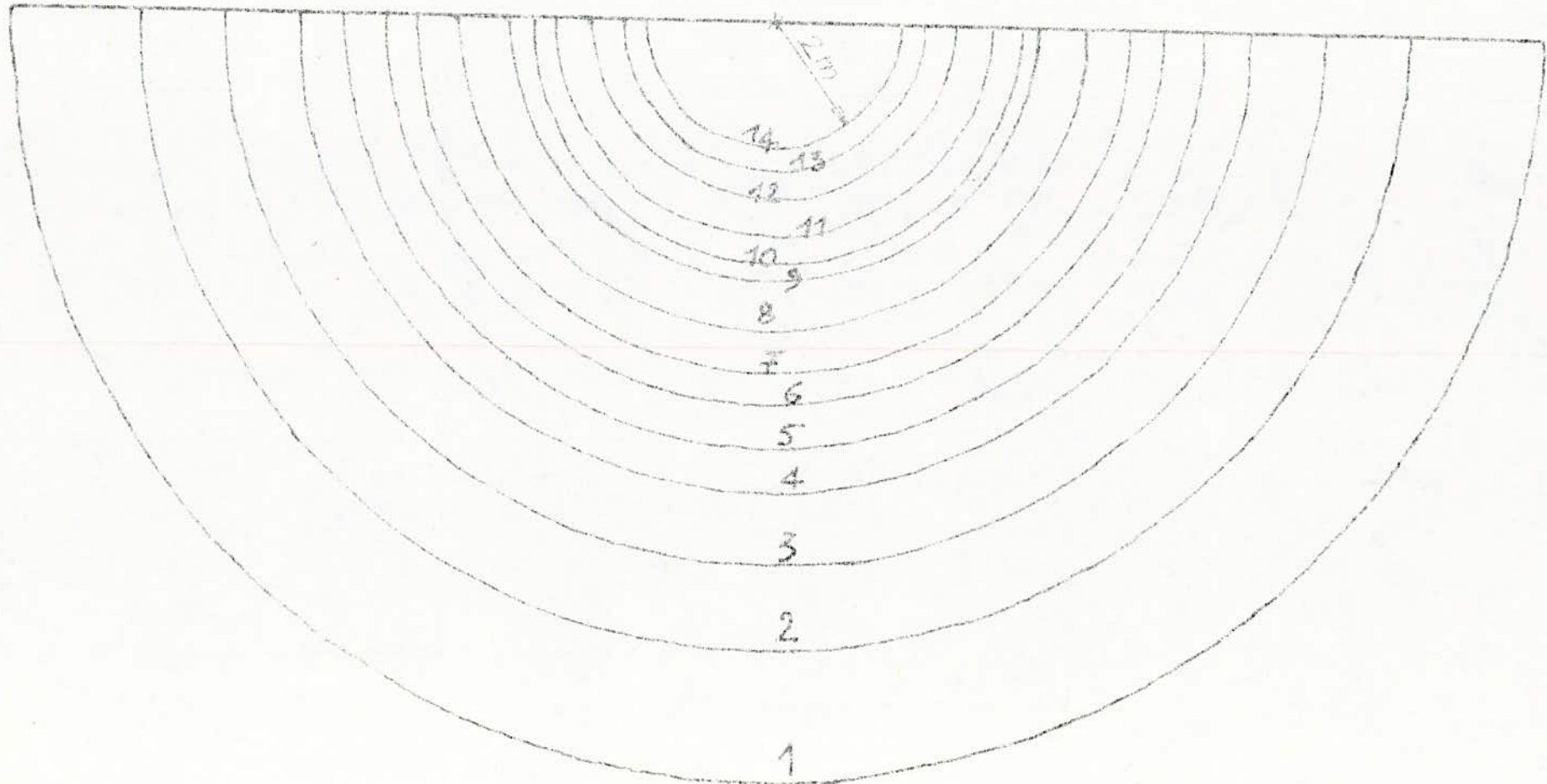
lampe à lumière mixte 250W  
Flux nominale 5500 lumens  
Hauteur du luminaire 3.20m



luminaire



x Luminaire x



E	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
L	2	2,28	2,85	3,42	3,71	4	4,71	5,42	6	6,85	7,42	8,54	10	12

20



la source est à symétrie de révolution.

On obtient des courbes concentriques (voir Figure)

Remarque :

L correspond au rayon des courbes isolux concentriques.  
le rayon est pris au pied du poteau.

---



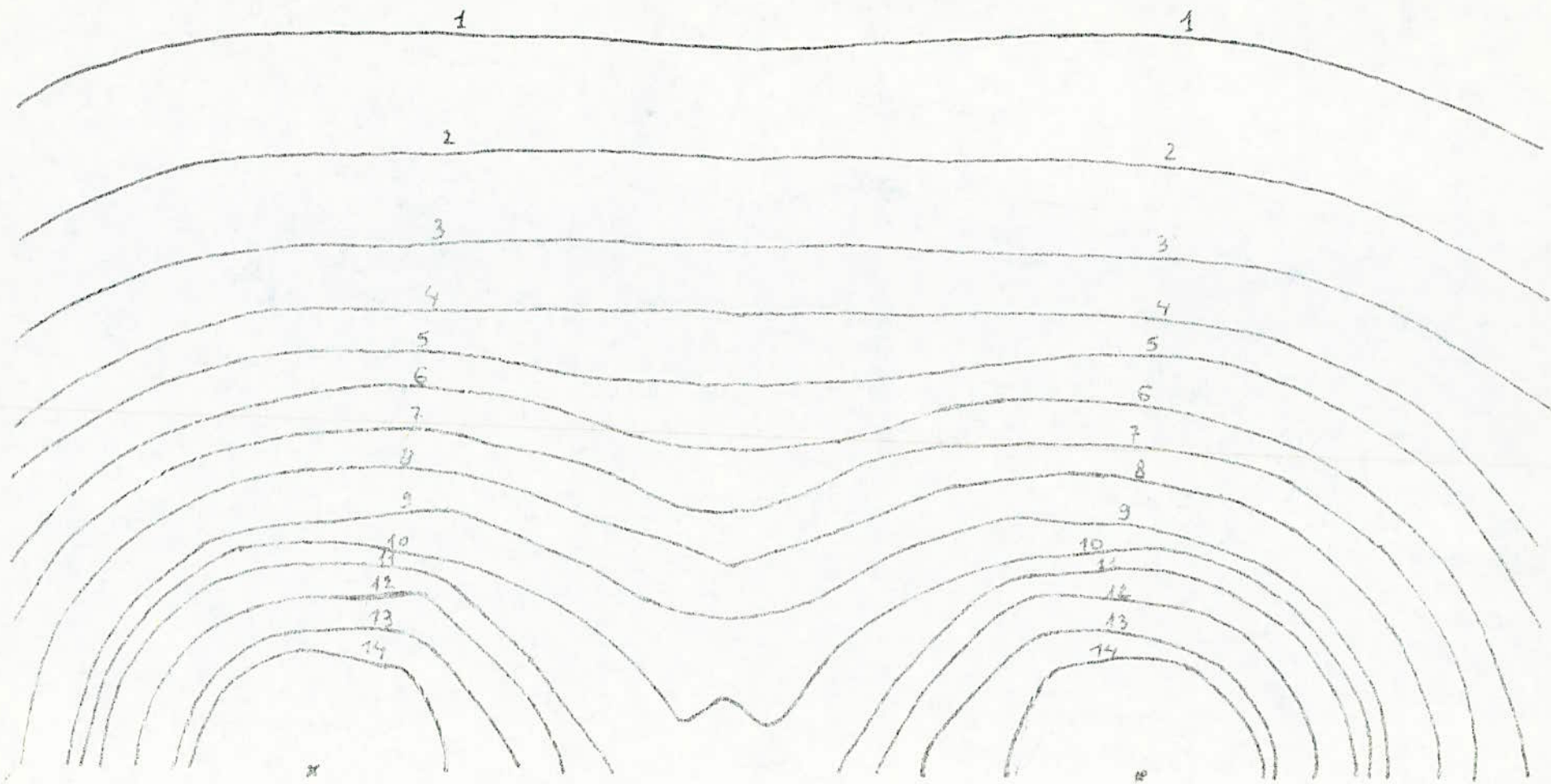


Figure représentant les isolux quand les luminaires sont allumés  
 pour l'allée A c.à.d pour  $\left\{ \begin{array}{l} A_1 \text{ et } A_2 \\ A_2 \text{ et } A_3 \\ A_3 \text{ et } A_4 \end{array} \right.$   
 (Echelle: 1cm  $\rightarrow$  1m)

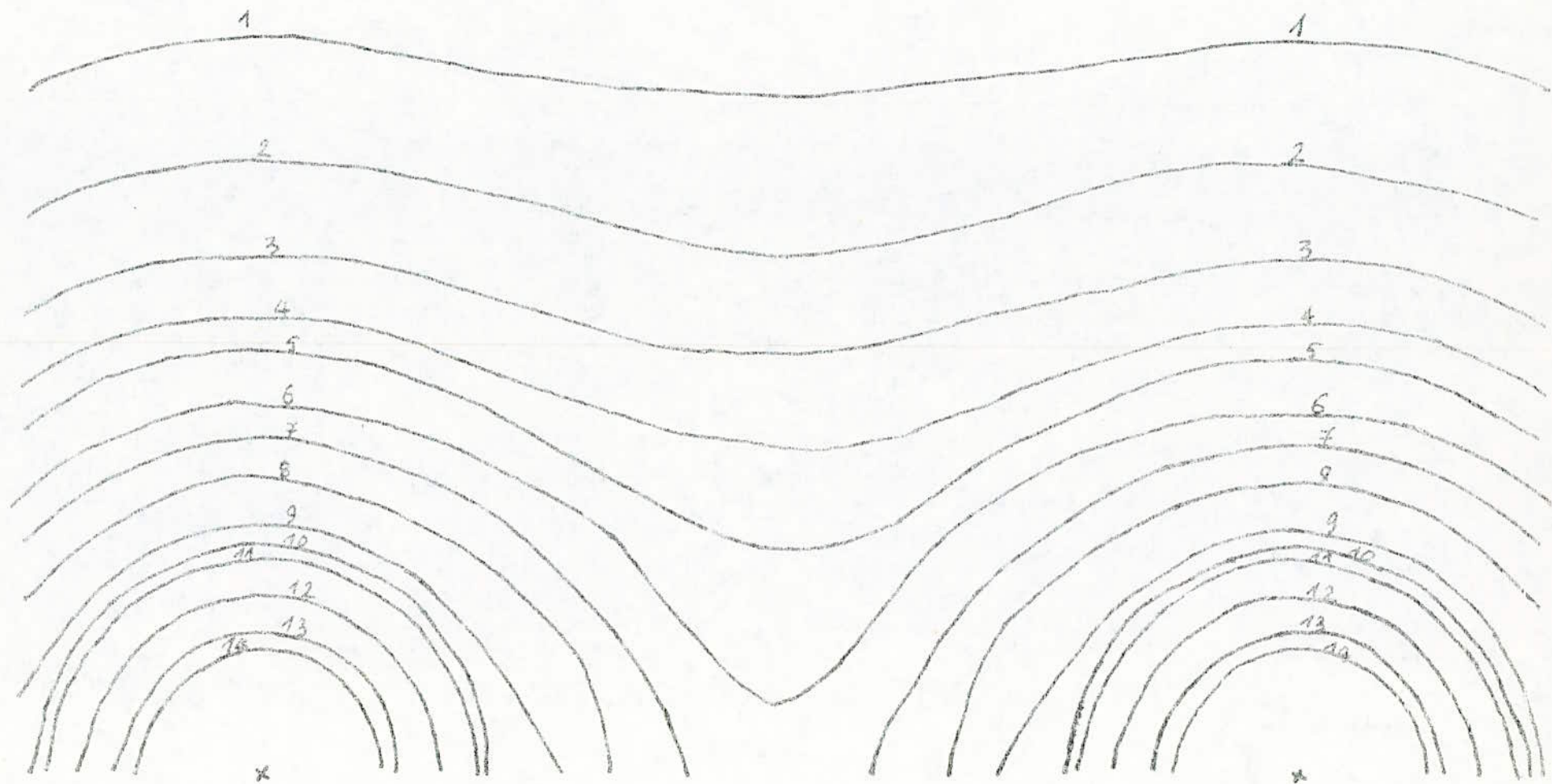


Figure représentant les isolux pour les luminaires B<sub>3</sub>, B<sub>4</sub> et B<sub>5</sub>  
quand ils sont allumés (Echelle 1cm → 1m)



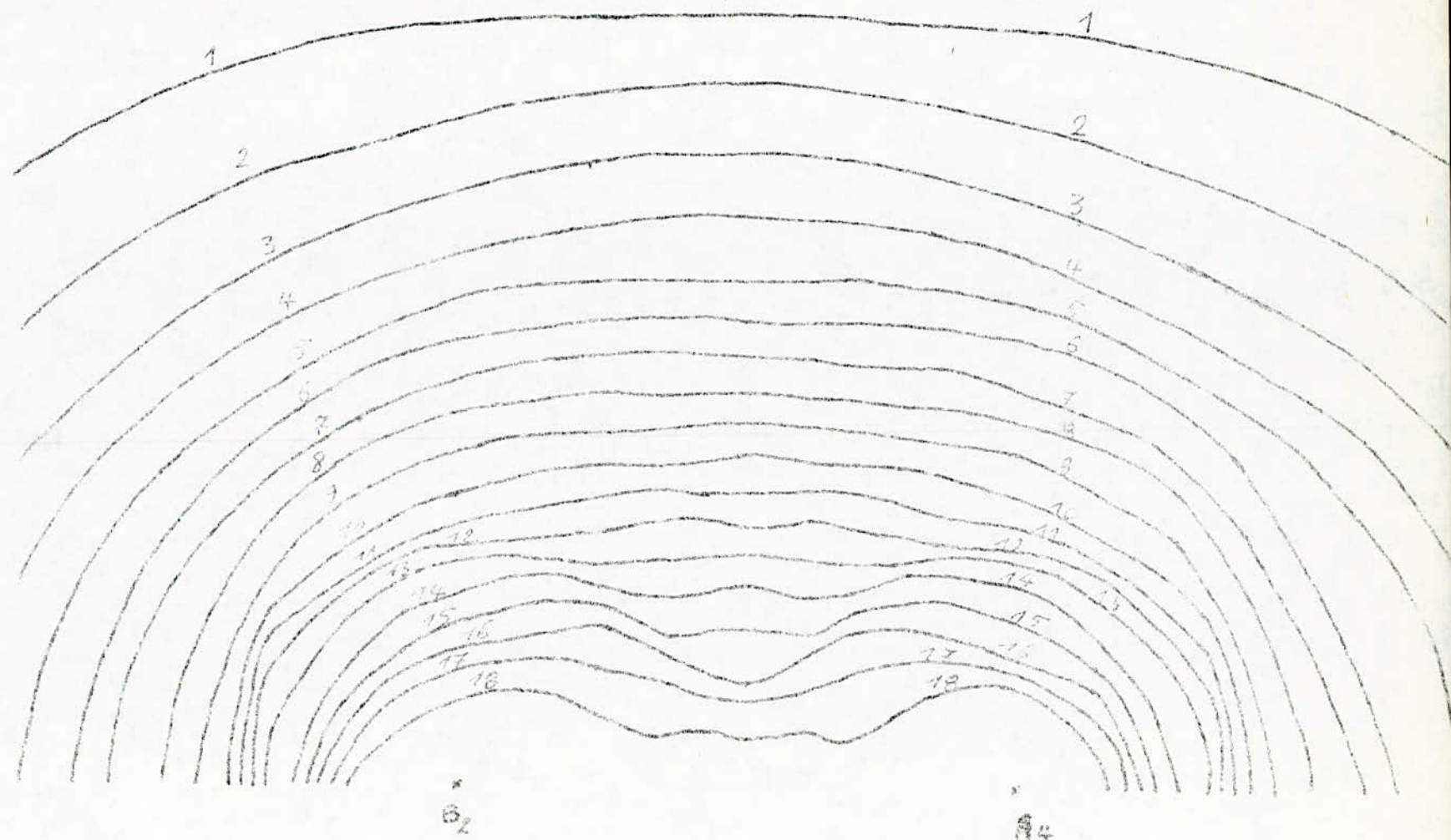


Figure représentant les isolines pour l'interférence  
des allées A et B (interférence des poteaux  $A_4$  et  $B_2$ )

CHAPITRE IIICalculs pratiques sur les installations.1. Méthode de mesure des éclairagements

les mesures sont effectuées à l'aide d'un luxmètre.

Un luxmètre est un appareil photométrique qui comprend deux éléments essentiels : une cellule et un boîtier muni d'un cadran gradué en lux.

1.1 la cellule photoélectrique ou récepteur.

Pour des mesures d'éclairagement de moins de 0,5 lux on utilise un photomultiplicateur.

Pour les mesures supérieures à 0,5 lux on adopte une cellule photovoltaïque ou tube photoélectrique avec ou sans étage d'amplification.

1.2. Caractéristiques d'une cellule.

les critères exigés pour une cellule sont :

- Peu sensible aux variations de température.
- Ne pas débiter de courant dans l'obscurité ou posséder un dispositif permettant de le compenser.
- Ne pas présenter de phénomène de fatigue dans la zone normale d'utilisation.
- Prendre rapidement son état d'équilibre sous un



éclairage donné.

## 2. Relevés de mesures -

Cette partie de l'étude a été effectuée la nuit, sur le terrain même des allées de l'école.

A l'aide d'un luxmètre on a prélevé les valeurs d'éclairage en divers points suivant un quadrillage approprié de la chaussée.

L'opération a duré plusieurs nuits en raison des conditions de travail (lecture et notation des valeurs) pénibles d'une part et des conditions atmosphériques (apparition du brouillard) perturbées à plusieurs reprises d'autre part.

Il faut noter aussi que l'état de la chaussée est très défavorable (Présence de fosses et des feuilles d'arbres) ce qui rend les mesures altérées (défaut de réflexion)

Le quadrillage de la chaussée a été fait de deux mètres en deux mètres afin d'avoir le maximum de points à relever pour pouvoir tracer des courbes qui se rapprochent le plus de la réalité.

Nous avons pour chaque espace pris entre les luminaires un tableau où figurent les valeurs lues sur le luxmètre :

Pour l'allée A.

- espace entre la porte centrale et l'installation A<sub>1</sub>
- " " l'installation A<sub>1</sub> et " A<sub>2</sub>

- espace entre l'installation  $A_2$  et l'installation  $A_3$

- " " "  $A_3$  "  $A_4$

Pour l'allée B .

- espace entre l'installation  $B_1$  et l'installation  $B_2$

- " " "  $B_2$   $B_3$

- " " "  $B_3$   $B_4$

- " " "  $B_4$   $B_5$

- " " "  $B_5$  et l'intersection avec l'allée C

Pour l'allée C .

- espace environnant  $C_1$

- " "  $C_2$

Remarque :

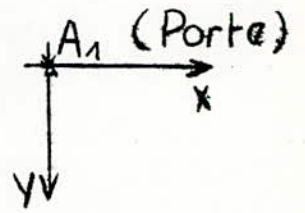
le luminaire  $C_2$  ne fonctionne pas.

Sur les tableaux ci-après figurent les relevés d'éclair-  
-ement relatifs à chaque espace.



24

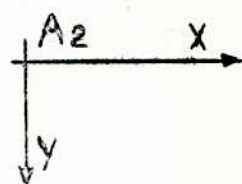
x \ y	0	2	4	6	8
0	4,3	4	1,8	1	0,5
2	4,2	3,5	2	1	0,5
4	2	1,5	1	0,6	0,4
6	1	1	0,6	0,5	0,3
8	0,5	0,5	0,3	0,2	0,1



Espace entre la porte centrale et A<sub>1</sub>

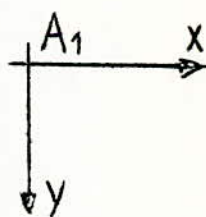
Espace entre  $A_2$  et  $A_3$

$y \backslash x$	0	2	4	6	8	10	12
0	4,4	4,3	3,5	2	1,8	2,9	5,1
2	4,3	4,3	2,5	1,7	1,5	2,4	4,2
4	2,5	2,3	1,8	1,1	1,2	1,4	2
6	1,1	1,1	1	0,3	0,7	0,9	1
8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,5
10	-	-	-	-	-	0,6	0,2



Espace entre  $A_1$  et  $A_2$

$y \backslash x$	0	2	4	6	8	10	12	13,5
0	4,3	4,2	3	1,8	1,8	3,1	4,3	4,4
2	4,2	3,6	2,2	1,5	1,6	2,7	4,2	4,3
4	2,5	1,7	1,2	1,1	1	1,6	2,2	2,5
6	1	1	0,6	0,6	0,6	1	1	1,1
8	0,5	0,5	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8

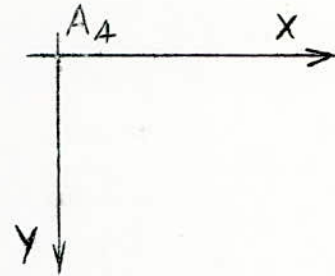




(26)

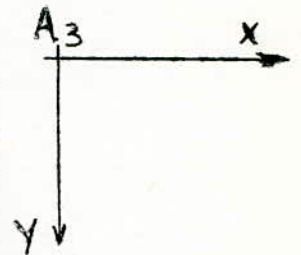
$y \backslash x$	0	2	4	6	8
0	4,3	4,3	2,3	0,8	0,4
2	4,3	3,5	1,9	0,8	0,3
4	2	1,8	1	0,5	0,1
6	0,8	0,6	0,5	0,3	0,3
8	0,3	0,3	0,2	0,1	0,2
10	0,2	0,2	0,1	0,1	0,5

Espace entre  $A_4$  et  
le carrefour B



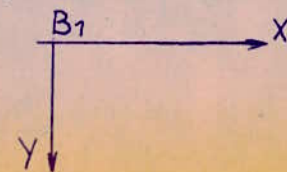
Espace  $A_3$   $A_4$

$y \backslash x$	0	2	4	6	8	10	12
0	4,2	4,3	2,6	1,5	1,4	3	4,2
2	4,2	3,4	2,3	1,3	1,2	2,2	3,8
4	1,9	1,5	1,2	0,9	0,7	1,1	1,6
6	0,9	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,6
8	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2
10	0,2	0,1	0,1	0,2	0	0,1	0,1



$y \backslash x$	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
0	6,2	5,9	4,1	2,2	1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,6	1,3	2,5
2	5,8	4,3	2,5	2	0,8	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,5	1,2	2,6
4	4,1	2,3	1,9	1,1	0,9	0,1	0,3	0,2	0,2	0,4	0,4	0,5	1
6	1,2	1,9	1,2	0,8	0,5	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,4	0,4	0,9
8	1	0,8	0,7	0,6	0,4	0,2	0,2	0,2	0,1	0	0,1	0,2	0,5
10	0,5	0,5	0,5	0,4	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0	0	0	0,2

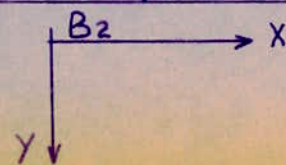
Espaca entre  $B_1$  at  $B_2$





$y \backslash x$	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
0	4,6	4,1	2,1	0,8	0,3	0,3	0,4	0,3	0,5	0,5	0,5	1,2	2,3
2	4,2	3	1,6	1	0,4	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	1	1,9
4	2,1	1,5	0,9	0,6	0,3	0,1	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,8	1,1
6	0,9	0,6	0,5	0,5	0,3	0,1	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7
8	0,5	0,9	0,9	0,2	0,2	0,1	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5	0,6
10	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,4	0,3	0,2	0,4	0,4	0,4

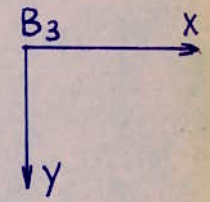
Espace entre  $B_2$  et  $B_3$





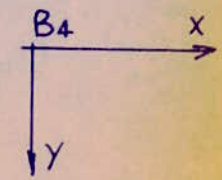
$y \backslash x$	0	2	4	6	8	10	12	14	16	17
0	4,2	4,2	2,6	1	0,8	0,8	1	1,8	4,2	4,5
2	4	3	1,9	1	0,8	0,7	1	1,6	3,1	4,2
4	2	1,8	1,3	0,7	0,6	0,7	0,7	1,4	2	2,4
6	1	1	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1,3
8	0,8	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7	0,5
10	0,5	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6	0,2	0,1

Espace  
entre  $B_3$  et  $B_4$



$y \backslash x$	0	2	4	6	8	10	12	14	16	17
0	4,5	4,2	4,2	1,3	0,6	0,6	1,2	3	6,5	6,2
2	4,3	4,2	2,3	1	0,5	0,5	1	2,8	5,5	3,5
4	2,3	1,1	0,9	0,6	0,4	0,4	0,7	1,5	2,5	3
6	1	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2	0,4	0,7	1,5	1,6
8	0,8	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7	0,5
10	0,5	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6	0,2	0,1

Espace  
entre  $B_4$  et  $B_5$



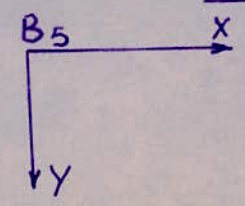


$x \backslash y$	-2	-4	-6	0	6	4	2
-2	2,7	0,8	0	3,8	0,1	1,1	2,2
-3	0,6	0,2	0	1,5	0,1	0,5	2,8
0	4,1	1,4	0,1	3,8	0,2	1	3,6
2	2,5	0,7	0	3,8	0,1	0,7	2,4
4	0,3	0,2	0	1	0	0	0,6
6	0	0	0	0	0	0	0

$x \backslash y$	0	2	4	6	8
0	4,5	4	3	0,9	0,1
2	4,3	3	2,5	0,1	0,1
4	2,3	1,1	1	0	0
6	1	0,5	0,5	0,5	0
7	0,3	0	0	0	0

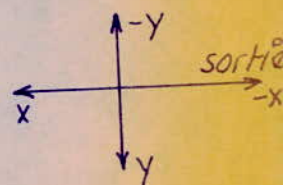
Espace environnant  $C_1$   
Les x vers la sortie

Espace entre  $B_5$  et la carrafour C

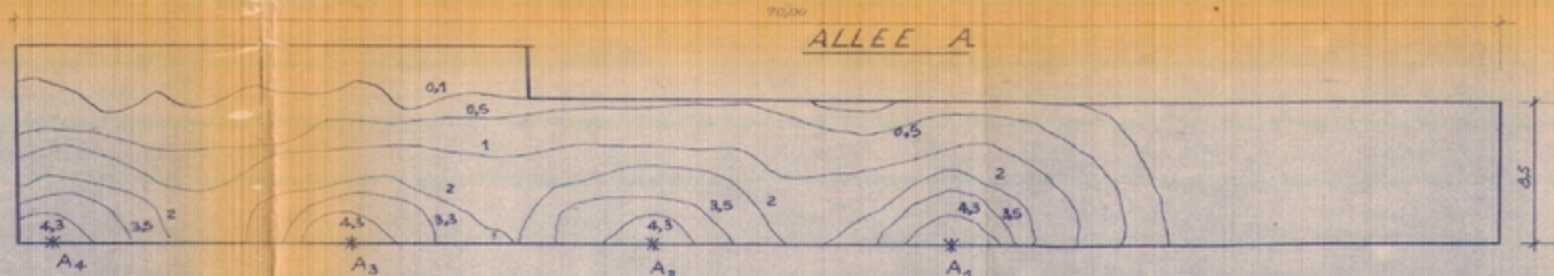


$x \backslash y$	-6	-4	-2	0	2	4	6
-2	0	0	0	2,6	0,6	1,5	0,4
-4	0	0,2	0,8	0,8	0,1	1	0,2
-6	0	0,8	0,9	0,1	0,1	0,1	0
0	0	1,2	3,5	4,3	4,3	1,2	0,5
2	0	1,1	2,5	4,2	3,2	1,1	0,2
4	0	0,6	1,2	2	1,2	0,6	0,1
6	0	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0

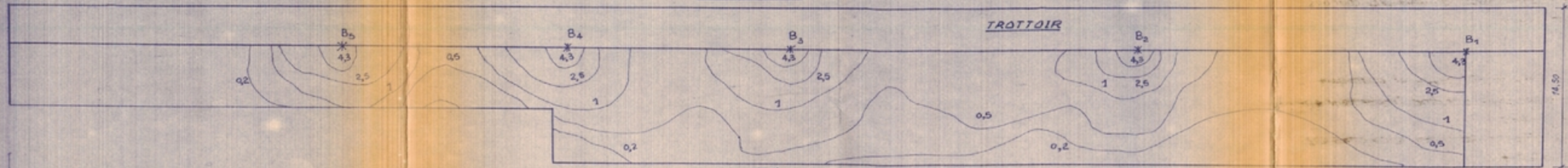
Espacement environnant  $C_3$   
 $x$  vers la porte



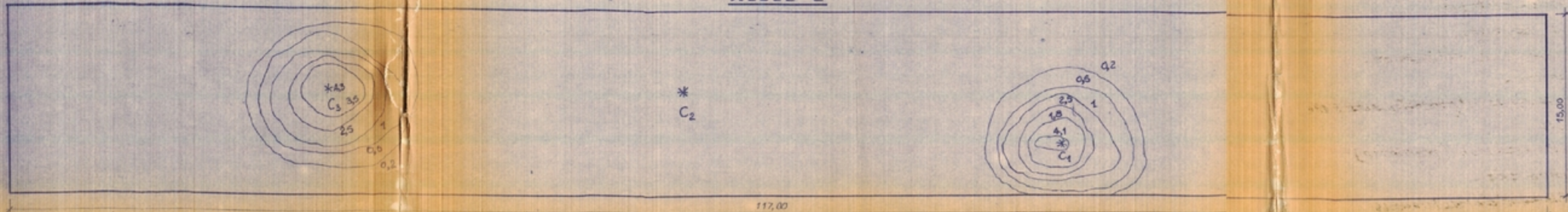




ALLEE B



ALLEE C





(27)

### 3. comparaison entre l'étude théorique et pratique

Cette étude comparative s'effectue en prenant des points "tests". On calcule l'éclairement de ces points tests à l'aide de la caractéristique isolux donnée par le constructeur.

On obtient de ce fait l'éclairement théorique. Puis on compare cette valeur avec la valeur réelle prise sur l'allée (voir tableau correspondant.)

la comparaison peut se faire aussi à l'aide des courbes isolux théorique et pratique.

### 4. Conclusion.

la comparaison entre l'étude théorique et pratique nous a permis de constater un écart très important entre les deux séries de valeurs -

les raisons de cette déficience peut être groupées en :

- erreurs dues à l'installation

- luminaire non rigoureusement vertical, ce qui provoque la non uniformité des isolux "pratiques".

- empoussièrément des luminaires.

- Position de la lampe dans les réflecteurs.

• Erreurs dues à la mesure :

- Position de la cellule sur le sol (théoriquement elle devrait être horizontale)

- Erreur de lecture sur le cadran (parallaxe)

• Erreurs dues à la chaussée -

- conditions de revêtement d'actuelles



Relevé des points tests.

Zona d'espacement	abscissa X en (m)	ordonnée Y en (m)	Valor théorique (lux)	Valor pratique en lux
A <sub>1</sub> at entréa	2	4	8,3	1,5
A <sub>1</sub> at A <sub>2</sub>	8	4	7,7	1
A <sub>2</sub> at A <sub>3</sub>	8	4	7,7	1,2
A <sub>3</sub> at A <sub>4</sub>	8	4	7,7	0,7
B <sub>1</sub> at B <sub>2</sub>	2	4	8,4	2,3
B <sub>2</sub> at B <sub>3</sub>	2	4	8,4	1,5
B <sub>3</sub> at B <sub>4</sub>	4	4	7	1,3
B <sub>4</sub> at B <sub>5</sub>	4	4	7	0,9
B <sub>5</sub> at la carrefour C	4	2	8,5	2,5
C <sub>1</sub>	0	4	9	1
C <sub>3</sub>	0	4	9	2
A <sub>4</sub> at la carrefour B	2	2	17	3,5

l'éclairage existant est par conséquent très insuffisant. D'où la nécessité d'envisager un éclairage optimum qui répondrait aux exigences des normes de l'éclairage public, et surtout aux éclairagements recommandés dans les zones piétonnières

tableau des éclairagements recommandés dans les zones piétonnières -

éclairage	Remarques
1 lux	Minimum dans les zones piétonnières Nécessaire pour pouvoir reconnaître les obstacles avec certitudes
5 lux	Moyenne conseillée Permet une orientation facile et sûre
20 lux	Eclairage agréable dans les zones piétonnières les traits des visages sont reconnaissables



## CHAPITRE IV

### Recherche d'un éclairage optimum

#### 1. Méthode de recherche.

Dans ce chapitre on va être amené à envisager plusieurs solutions au problème d'insuffisance en éclairage des allées de l'école. Parmi les solutions proposées on gardera celle qui nous assure un bon rendement du point de vue éclairage et économie et qui assure une bonne vision des obstacles pour les usagers et notamment les piétons.

La méthode générale pour ces diverses solutions est la suivante :

1°. Choisir le type du luminaire et son implantation adéquate sur la chaussée.

2°. Prendre les courbes d'égalité lumineuse "isocandélas" en fonction des différents angles dans l'espace. Ces courbes sont fournies par le constructeur.

3°. A partir de ces courbes isocandélas, on trace la courbe des éclairagements en fonction de la distance  $L$  (du pied du luminaire au point d'éclairage) et pour une hauteur  $H$  du luminaire.

4°. De la courbe des éclairagements, on construit des tableaux où figurent les valeurs des éclairagements en différents points.

5°. Calcul de l'éclairage moyen à l'aide de la

méthode dite des neuf points.

Remarque : cette méthode générale fait appel à un calcul fastidieux. De ce fait on est amené de plus en plus à utiliser des programmes sur ordinateur pour déterminer avec plus de précision les courbes isolux.

## 2. Calcul de l'éclairement par la méthode des neuf points -

les points de mesure sont pris sur une portion de la chaussée d'une longueur totale à la moitié de l'espacement entre deux foyers consécutifs mesurés sur l'axe de la chaussée.

la figure ci-après précise l'emplacement des points de mesure. le quadrillage est constitué par :

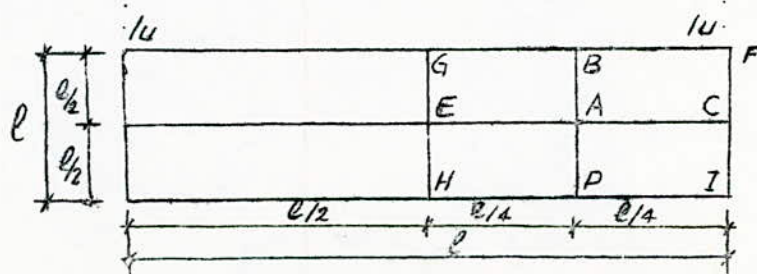
1: l'axe médian de la chaussée et deux autres axes parallèles situés juste à la limite de la dite chaussée.

2: les trois perpendiculaires à ces axes passant par l'un des foyers considérés et par les points partageant l'intervalle entre les deux foyers à la moitié et au quart.

si A, B, C, D, E, F, G, H, I sont les valeurs d'éclairement aux points d'intersection considérés (voir schéma) l'éclairement moyen  $E_m$  est donné par :

$$E_m = \frac{A}{4} + \frac{B+C+D+E}{8} + \frac{F+G+H+I}{16}$$

Cette méthode est assez rapide car le nombre de points est réduit et ceux-ci sont facilement repérables sur la chaussée -





### 3. Première solution proposée -

#### 3.1 Choix du luminaire (voir Figure)

le type de luminaire proposé est le H.R-D 10

Ce type de luminaire est équipé de deux lampes à lumière mixte de type 2 x HPL-N 125 W

Diamètre de la lampe  $\Phi = 75 \text{ mm}$ .

longueur de la lampe  $l = 175 \text{ mm}$ .

la hauteur du luminaire est fixée à 5 m.

l'étude de l'éclairage optimum est envisagée pour les trois allées de l'école -

On fera le calcul sur une chaussée, le résultat sera le même sur les deux autres chaussées -

#### 3.2 Courbes isocandélas (voir Figure)

Sur ces courbes on dispose des valeurs de l'intensité lumineuse suivant toutes les directions de l'espace, c'est à dire pour différentes valeurs d'angle  $\alpha$  considéré à partir de la verticale passant par le luminaire -

#### Remarque :

ces courbes sont données pour un flux de 1000 lumens  
 Dans notre cas les 2 lampes à lumière mixte à raison d'une puissance de 125 W l'une présentent un flux égal à 5500 Lu  
 De ce fait, les résultats pris sur les courbes doivent être multiplier par 5,5

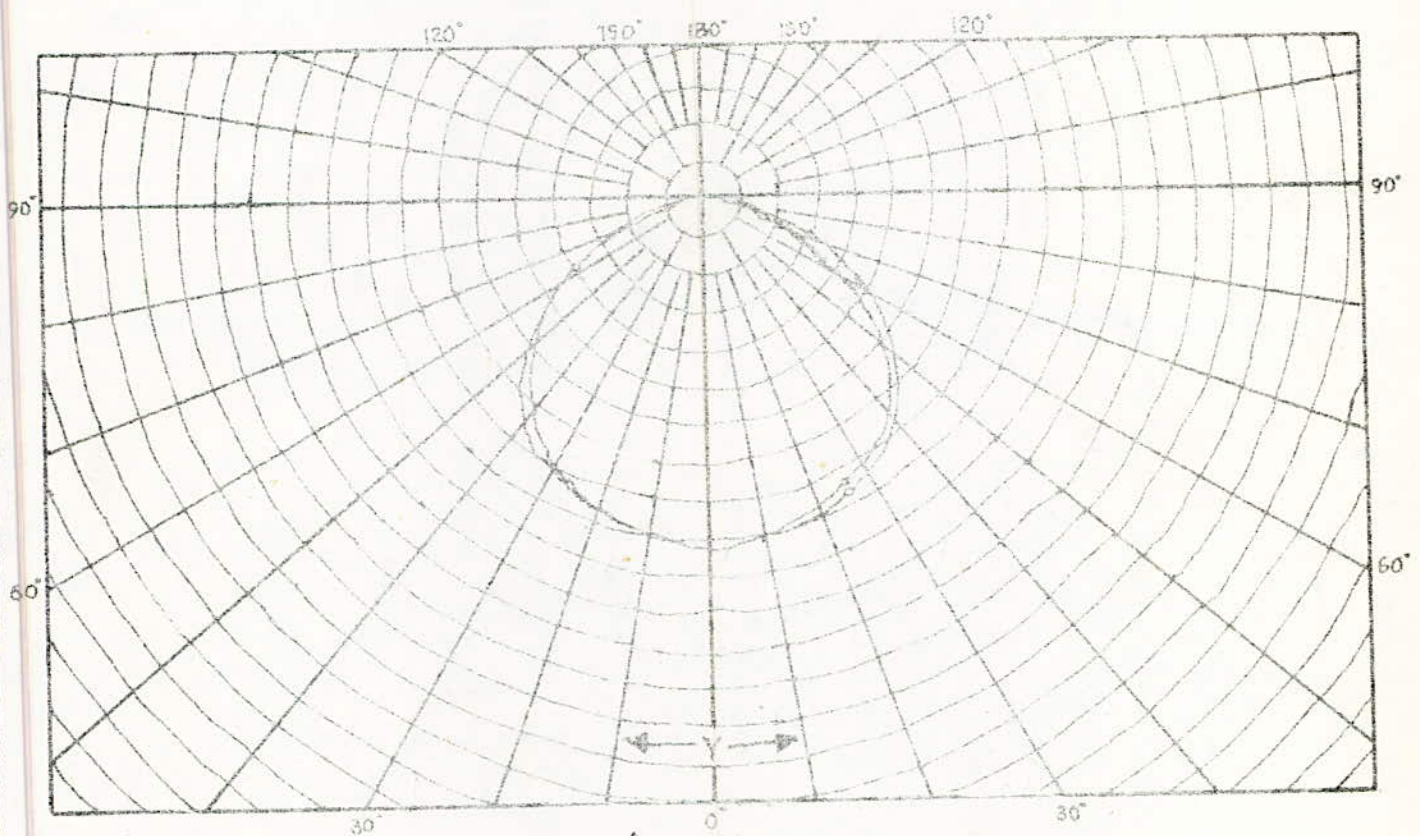
#### 3.3 Détermination de la courbe $E = f(L)$

De la courbe isocandéla fournie par le constructeur on en déduit la courbe  $E = f(L)$

LUMINAIRE HRD 70.



Diagramma iso candela Corrispondent.



1<sup>re</sup> Solution -



$L$ : distance du point où l'on calcule l'éclairement horizontal à la projection orthogonale de la source sur la chaussée -

l'éclairement horizontal est donné par la loi de l'inverse du carré de la distance :  $E = \frac{I \cos^3 \alpha}{H^2}$

$H$  = hauteur du luminaire (en mètres)

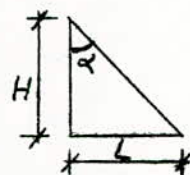
$I$  : intensité lumineuse (en candélas)

$\alpha$  : angle entre l'axe du luminaire et le rayon incident

$E$  : sera l'éclairement exprimé en lux -

Pour la détermination de  $L$ :

$$\text{on a : } L = H \operatorname{tg} \alpha$$



connaissant les valeurs  $E$  et  $L$  pour

différentes valeurs de  $\alpha$  on pourra tracer la courbe  $E = f(L)$ .

le tableau suivant regroupe tous les calculs intermédiaires qui nous permettant d'aboutir à  $E = f(L)$

~~le tableau suivant~~ Remarque :

Cette courbe  $E = f(L)$  est relative à un seul luminaire les autres sont supposés éteints -

Si on veut envisager l'interférence total sera la somme arithmétique des éclairagements de chaque luminaire l'allure de la courbe  $E = f(L)$  est donné par la figure ci-après -

### 3.4 Tableaux des éclairagements en différents points:

Envisageons par exemple l'espace entre le luminaire  $A_1$

$\alpha$ (degré)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90°
$\cos \alpha$	1	0,98	0,93	0,86	0,76	0,64	0,5	0,34	0,17	0
$\cos^3 \alpha$	1	0,94	0,8	0,63	0,43	0,26	0,12	0,03	0,004	0
$\tan \alpha$	0	0,17	0,36	0,57	0,83	1,19	1,73	2,74	5,67	$\infty$
$I$ (cd)	1265	1237	1182	1155	1045	825	550	357	135	68,75
$L$ (m)	0	2,5	5,4	8,5	12,45	17,85	25,9	41,1	85	$\infty$
$E$ (lux)	50	46,5	37,8	29,1	17,9	8,58	2,64	0,42	0,02	0

Tableau donnant  $E = f(L)$  (Première Solution)



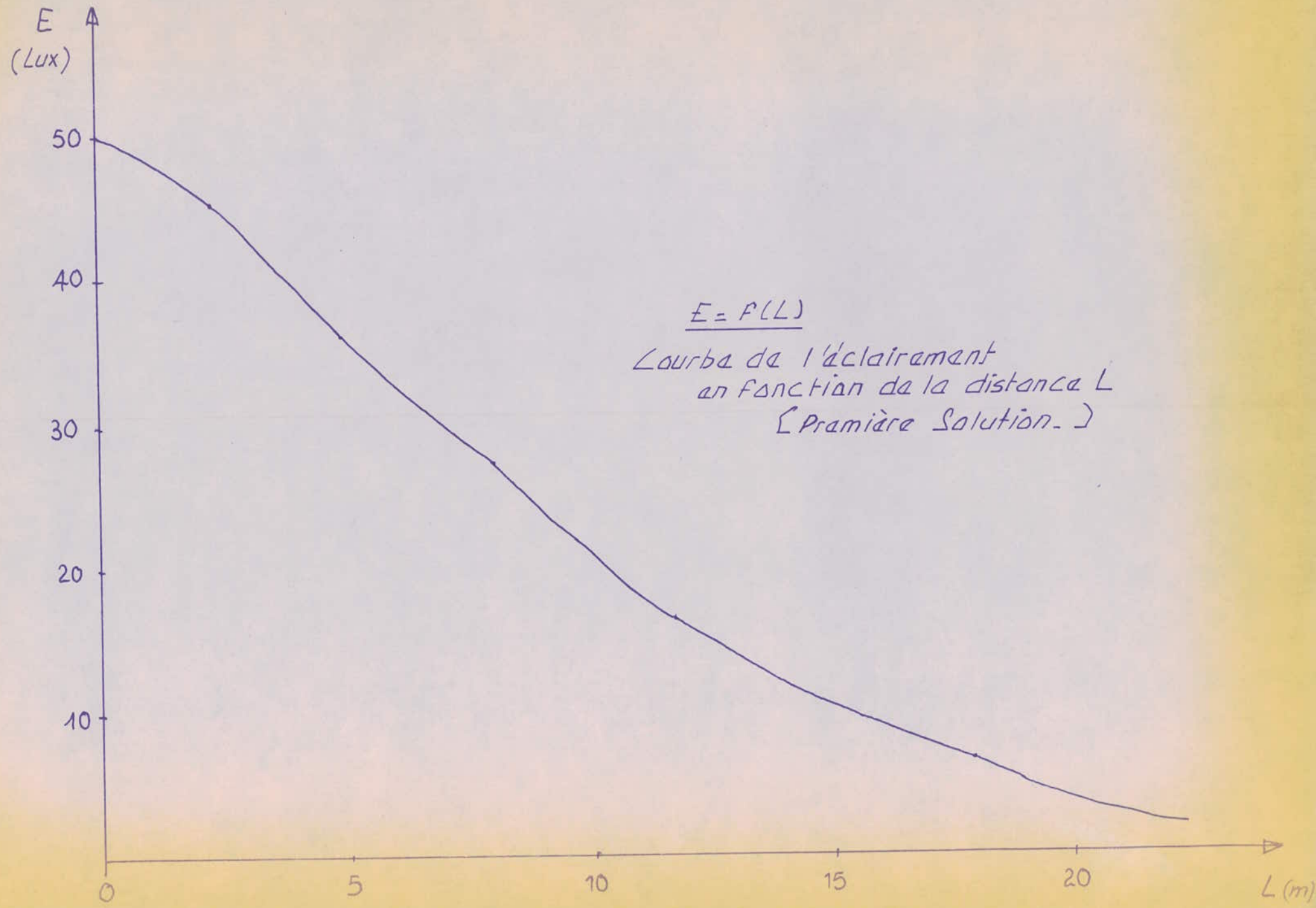


Tableau des éclairagements aux points  
situés entre la lumière A<sub>1</sub> et A<sub>2</sub>  
( avec A<sub>1</sub> allumé A<sub>2</sub> éteint )

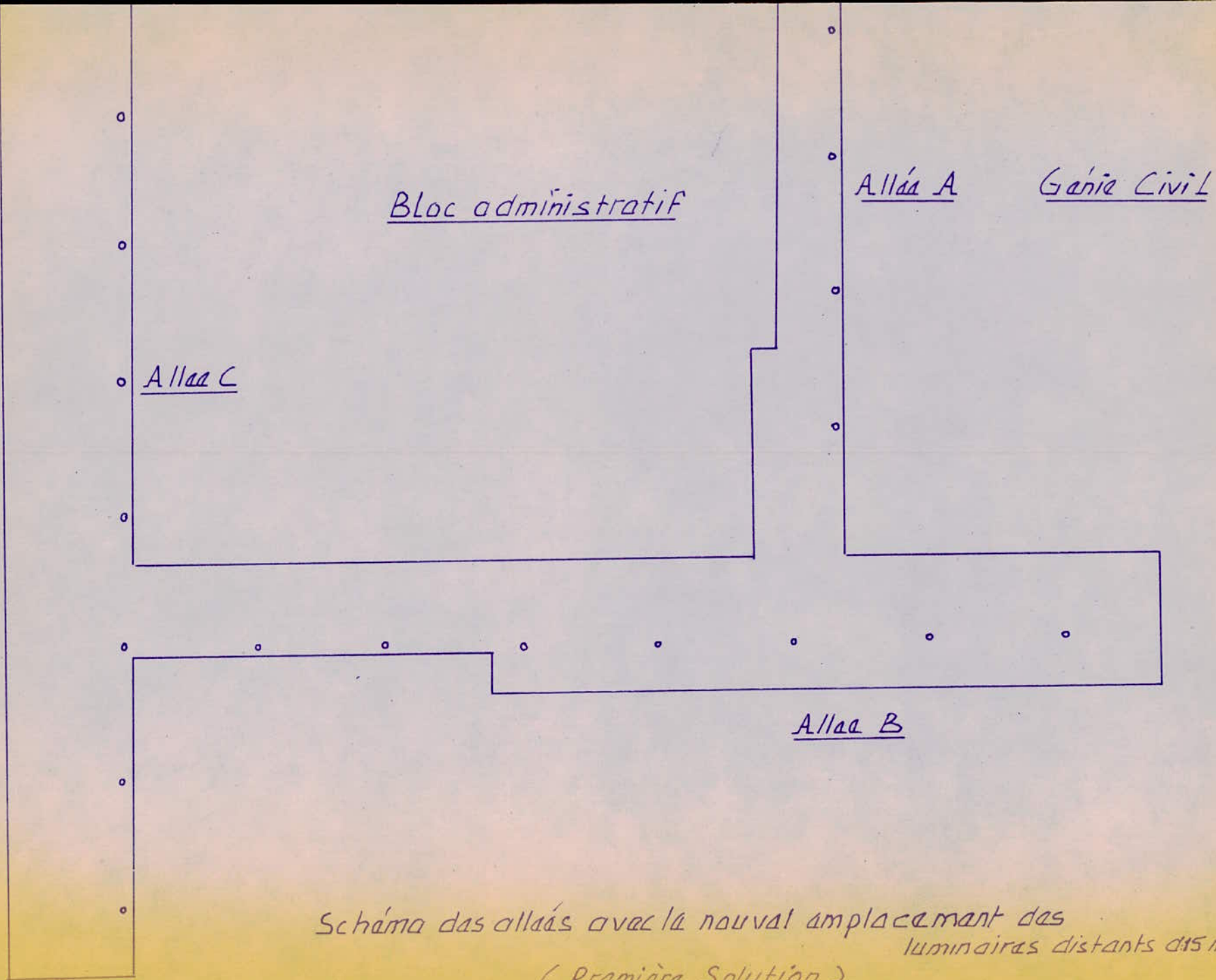
$\begin{matrix} x \\ y \end{matrix}$	0	2	4	6	8	10	12	14	15
0	50	47,5	44,2	35,7	29,5	24,5	19,25	14,5	12,5
2	47,5	44,7	40,75	35,5	29,4	24,25	18,15	14,25	12,4
4	44,2	40,75	37	32,5	27,5	22	17,25	14	12
6	35,7	35,5	32,5	29	24,5	19,75	15,75	12,75	10,25
8	29,5	29,4	27,5	24,5	20,75	17,75	14	10,7	9,5
10	24,5	24,25	22	19,15	11,15	14,5	11,7	9,25	8
11	21,4	21,2	19,75	17,15	15,5	13,25	10,75	8,25	7,25

( Première Solution )



Tableau de valeurs des éclairagements dûs aux deux  
luminaires A<sub>1</sub> et A<sub>2</sub> allumés Ensemble.  
[Première Solution]

$y \backslash x$	0	2	4	6	8	10	12	14	15
0	62,75	62	63,45	60,2	59	60,2	63,45	62	62,75
2	59,9	58,95	59,5	59,75	58,8	59,75	59,5	58,95	59,9
4	56,2	54,75	54,25	54,5	55	54,5	54,25	54,75	56,2
6	46,65	48,25	48,25	48,75	49	48,75	48,75	48,25	46,65
8	39	40,1	41,5	42,25	41,5	42,25	41,5	40,1	39
10	32,5	33,5	33,7	34,25	34,3	34,25	33,7	33,5	32,5
11	28,65	29,45	30,5	30,4	31	30,4	30,5	29,45	28,65





et le luminaire  $A_2$ . l'espacement entre ces deux luminaires est fixé à  $a = 15$  m (voir schéma) Supposant d'abord que le luminaire  $A_1$  est lui seul allumé ; les valeurs des éclairagements en différents points pris de 2 m en 2 m sont regroupées dans le tableau suivant :

l'axe des poteaux est gradué en  $x$  avec  $A_1$  originé des axes  
l'axe perpendiculaire en  $A_1$  est gradué en  $y$

Puis nous allons envisager l'éclairage produit par les deux lampes  $A_1$  et  $A_2$  ensemble.

Avec le même repère que précédemment on obtient le tableau de valeurs ci-dessus.

3.5 Calcul de l'éclairage moyen par la méthode des 9 points  
Les points  $A, B, C, D, E, F, G, H, I$  ont pour valeurs d'éclairage

Points	abscisse $x$ (m)	ordonnée $y$ (m)	$E$ (lux)
A	3,75	5,5	50
B	3,75	0	63
C	0	5,5	45
D	3,75	11	30
E	7,5	5,5	50
F	0	0	63
G	7,5	0	62
H	7,5	11	30,5
I	0	11	29

(34)

$$E_m = \frac{A}{4} + \frac{B+C+D+E}{8} + \frac{F+G+H+I}{16}$$

$$E_m = \frac{50}{4} + \frac{63+45+30+50}{8} + \frac{63+62+30,5+29}{16} = \boxed{47,5 \text{ lux}}$$

Conclusion : le résultat de cette première solution nous procure un éclairciment moyen assez fort -

#### 4. - Deuxième solution envisagée -

##### 4.1 Choix du luminaire :

on gardera le même type d'implantation, ainsi que la hauteur du luminaire, mais on remplace le luminaire par un autre type. Lampe choisie 1x HPL-N 125 W (à ballon Fluoré-scent) de filé :  $\frac{e}{H} = 3 \Rightarrow e = 15 \text{ m}$  (espacement entre foyers)

Flux de la lampe :  $\Phi = 6200$  lumens pour 125 W.

Diamètre de la lampe : 75 mm

longueur de la lampe : 172 mm -

Culot E-27.

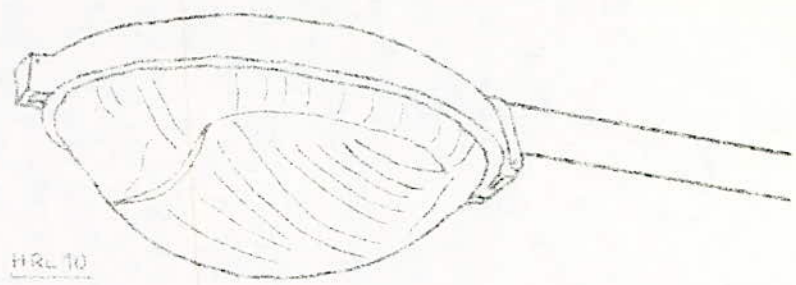
##### 4.2. Courbes isocandélas (Figure ci-dessous)

Pour ce type de luminaire HRL, les courbes isocandélas ne sont pas à symétrie de révolution. le constructeur nous donne les courbes pour deux plans vertical et horizontal (le premier parallèle à l'axe de la route, l'autre perpendiculaire à l'axe de la route)

Pour connaître l'intensité en un pt M on doit connaître (sur Figure ci-dessus)

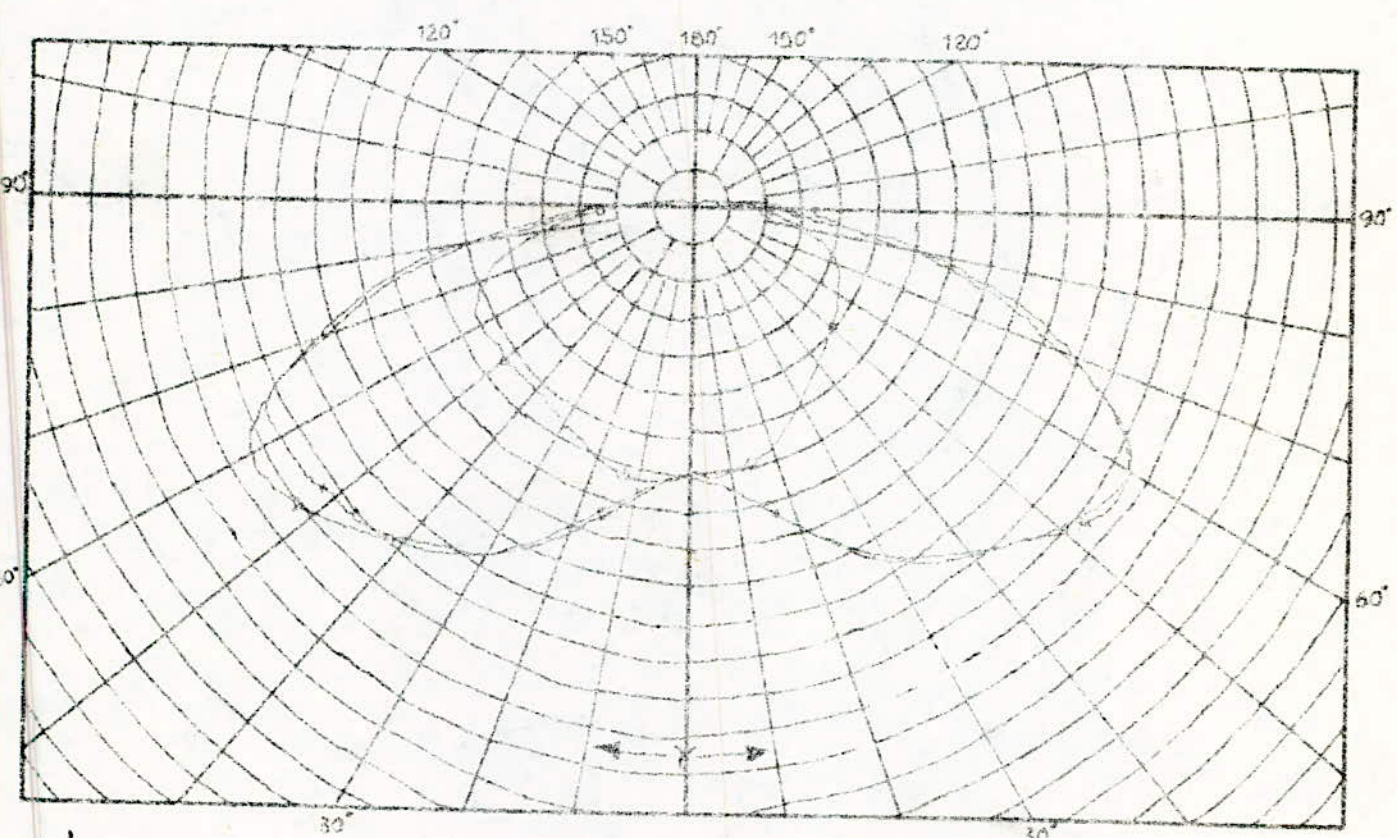


LUMINAIRE HRL 10



HRL 10

Diagramme isocandela correspondant



(1cm → 25 cd/1000 lumens) zone Latuhon

Tablău das intensitas luminăsas pour diffărantas valăurs da  $\alpha$  at  $\beta$

$\alpha \backslash \beta$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90°
0	542,5	542,5	542,5	542,5	542,5	542,5	542,5	542,5	542,5	542,5
10	565,7	569,1	572,5	576	579,4	582,9	586,3	589,8	593,2	596,7
20	542,7	561,4	580,3	599,6	618,2	637,2	656,1	675,1	694	713
30	511,5	545,9	580	614,8	649,2	683,7	718,1	752,6	784	821,5
40	495	542,5	589	635,5	682	728,5	775	821,5	868	914,5
50	488,2	544,5	600,8	657,1	713,4	769,8	826,1	882,4	938	995,1
60	503,7	563,1	622,5	681,9	741,3	800,8	860,2	919,6	979	1038,5
70	422,3	463,5	304,8	546	587,3	628,5	669,8	711	752,3	793,6
80	294,5	310,8	327,2	343,5	359,9	376,2	392,6	408,9	425,3	441,7
90°	139,5	142,9	146,3	149,8	153,2	156,7	160,1	163,6	167	170,5



Tableau des intensités lumineuses pour différents points

$y \backslash x$	0	2	4	6	8	10	12	14	15
0	542,5	838,2	901,4	951,3	1029,3	955,2	859,7	783	740,8
2	536,9	664,8	797	831,8	875,4	892,8	804,4	967,6	696,7
4	498,4	639,6	708,3	843,8	828,8	901	744,3	741,2	647,5
6	488,3	604	625,5	739,3	742,2	732,6	679,2	656,6	629,4
8	500,4	560,6	673,7	688,9	647,3	414	647,6	594,9	570
10	476	525,2	563,6	592,2	610,4	575,9	575,5	535,1	547,8
11	458,9	506,3	543,6	571,8	366,7	557,7	557,8	520	504,8

(Deuxième Solution -)

4.3 tableau de valeurs des éclairagements en différents pts

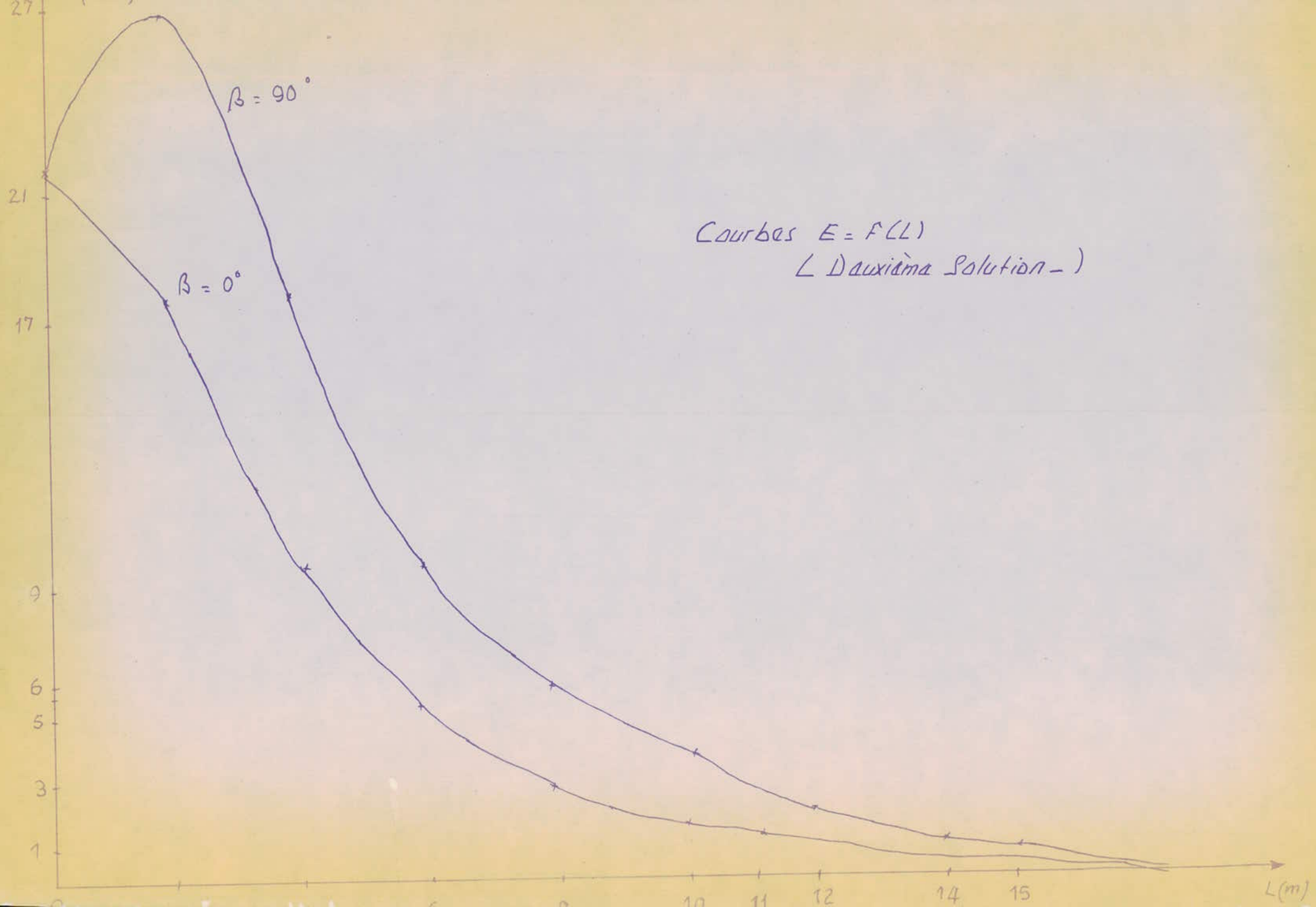
$\begin{matrix} x \\ y \end{matrix}$	0	2	4	6	8	10	12	14	15
0	21,9	26,8	17,21	9,3	6,17	3,42	19,7	1,19	0,94
2	17,47	17,48	13,14	7,92	4,9	3,07	1,78	1,43	0,86
4	9,51	10,54	8,29	6,27	3,84	2,72	1,48	1,02	0,75
6	5,15	5,82	4,65	3,93	2,66	1,81	1,16	0,8	0,66
8	3	3,14	3,18	2,47	1,72	0,81	0,92	0,62	0,51
10	1,7	1,8	1,7	1,48	1,2	0,85	0,66	0,47	0,42
11	1,3	1,41	1,34	1,18	0,61	0,73	0,57	0,41	0,35

( Deuxième solution )



$\begin{matrix} x \\ y \end{matrix}$	0	2	4	6	8	10	12	14	15
0	22,6	27,9	19,1	12,7	12,3	12,7	19,1	17,9	22,6
2	18,3	18,9	14,9	10,9	9,8	10,9	14,9	18,9	18,3
4	10,3	11,6	9,8	8,9	7,7	8,9	9,8	11,6	10,3
6	5,8	6,6	5,8	5,7	5,3	5,7	5,8	6,6	5,8
8	3,5	3,7	4,1	3,3	3,4	3,3	4,1	3,8	3,5
10	2,12	2,3	2,4	2,3	2,4	2,3	2,4	2,3	2,1
11	1,6	1,8	1,9	1,9	1,2	1,9	1,9	1,8	1,6

Tableau des éclairagements par point quand tous les luminaires sont allumés  
 ( Deuxième Solution - )





(35)

— les isocandélas pour le plan d'azimuth  $\beta$  et passant par M —

— l'angle  $\alpha$  entre la droite So et SM

O : projection orthogonale de la source S sur le sol

SM : droite joignant le point M à la source S

Connaissant les isocandélas pour le plan d'azimuth  $\beta=0$  et  $\beta=90^\circ$ ; comment construire les isocandélas pour les valeurs de  $\beta$  intermédiaires ? ( $0 < \beta < 90$ )

Ces courbes intermédiaires isocandélas pour les valeurs se déduisent par homothétie — (voir Figure correspondante)

#### 4.5 Calcul de l'éclairage moyen —

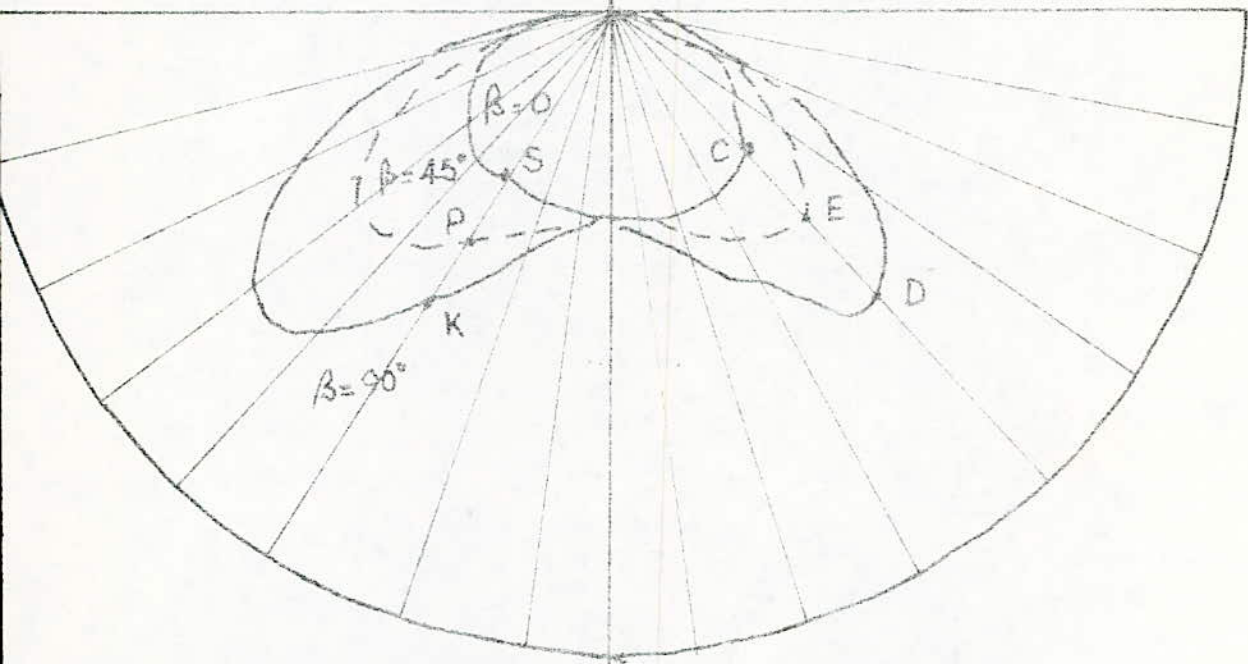
A l'aide de la méthode des neuf points, calculons l'éclairage moyen  $E_m$  pour le type de luminaire choisi —

Tableaux des valeurs des éclairages correspondent aux points A, B, C, D, E, F, G, H et I —

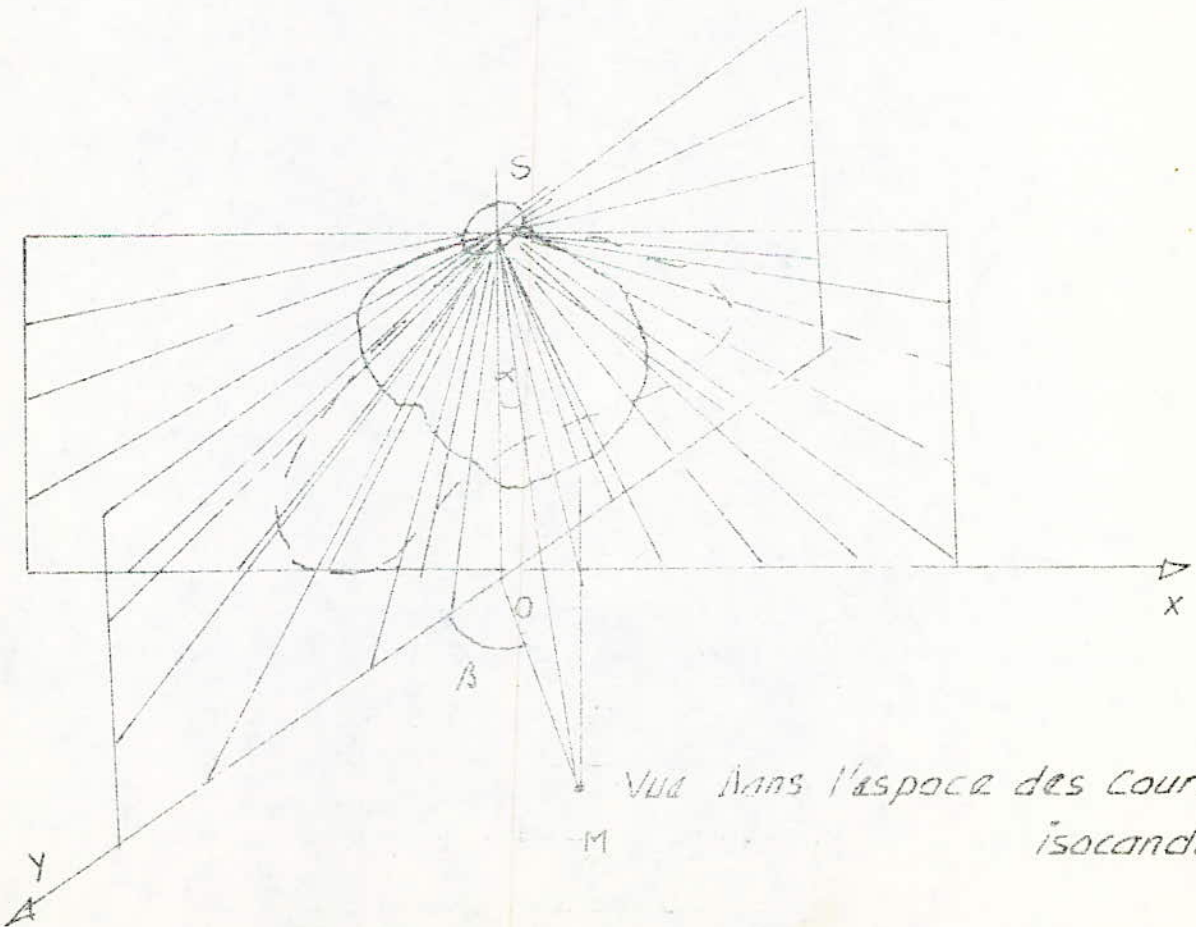
Points	x (m)	y (m)	E (lux)
A	3,75	5,5	7
B	3,75	0	19
C	0	5,5	7
D	3,75	11	2
E	7,5	5,5	6
F	0	0	23
G	7,5	0	12,5
H	7,5	11	1,5
I	0	11	1,7

Construction de la courbe isocandale  $\beta = 45^\circ$

côté chaussée - A côté trottoir -



$PS = PK$  et  $CE = ED$   
(2<sup>ème</sup> solution)



Vue dans l'espace des courbes isocandales -



(36)

$$E_m = \frac{7}{4} + \frac{19+7+2+6}{8} + \frac{23+12,5+1,5+1,7}{16}$$

$$E_m = 8,5 \text{ lux}$$

Conclusion : Cette solution à l'apposé de la précédente nous procure un éclairage moyen faible, pas suffisant pour un éclairage optimum.

On doit donc rechercher une troisième solution qui assure un intermédiaire entre les 2 premières -

5: troisième solution :

Pour l'étude de la troisième solution, nous allons donner les valeurs des intensités de la lampe pour différents angles d'azimut  $\beta$  et de colatitude  $\alpha$ .

le calcul de l'éclairage moyen va s'effectuer par la méthode du facteur d'utilisation et non pas par la méthode des neuf points, car le constructeur nous fournit la valeur du facteur d'utilisation en fonction de  $h_1$

$$h_1 = \frac{l}{H}$$

$l$  : largeur de la chaussée à éclairer

$H$  : hauteur du luminaire

5- 1. Choix du luminaire -

On a choisi une lampe de 250 W à ballon fluorescent

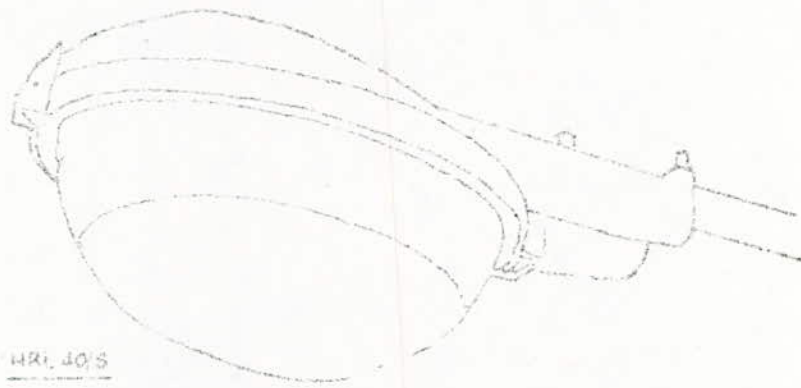
Diamètre de la lampe : 90 mm.

longueur de la lampe : 220 mm.

Flux de la lampe (suivant les normes) = 13500 lumens.

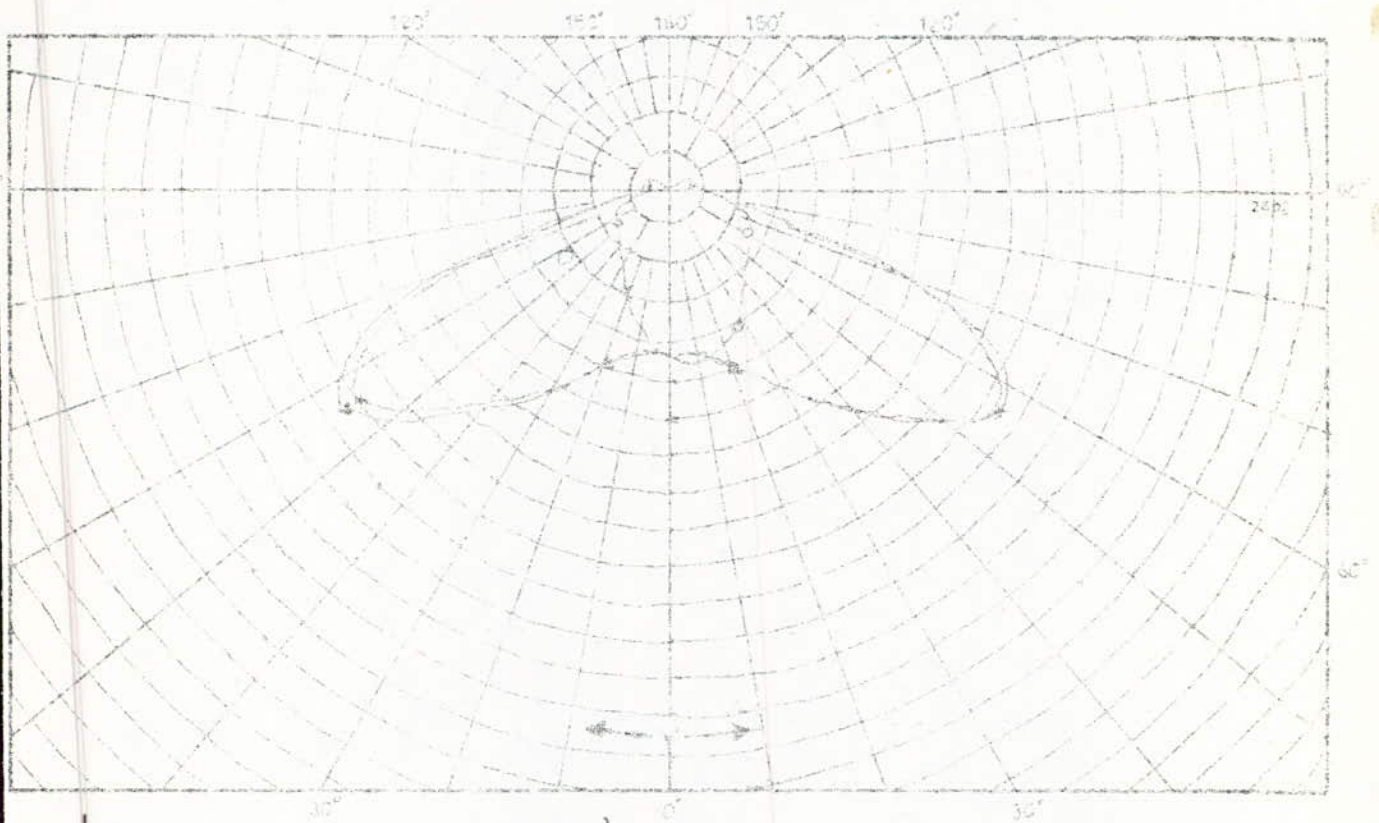
type de luminaire : HRL-40/5

LUMINAIRE HRL 437E (3° Solution)



HRL 437E

Diagramme isocandèle à travers les différents Plans.



(1cm → 50 cd/1000 lumens)

- Δ = Plan parallèle à l'axe de la chaussée
- = Plan Perpendiculaire à l'axe de la chaussée
- + = Plan à travers les intensités maximales



(37)

- Angle d'inclinaison :  $4^\circ$

luminaire de hauteur :  $H = 3 \text{ m}$

espacement entre luminaires :  $e = 28 \text{ m}$

$\frac{e}{h} = 3,5$  (valeur normalisée par les types de lampe semi-défilés et de disposition unilatérale)

Remarque : le type de luminaire est semi-défilé si la direction de l'intensité maximale est comprise entre  $0^\circ$  et  $75^\circ$

### 5.2 Courbes isocandélas (voir figure)

les courbes isocandélas sont du même type que celles de la deuxième solution.

le constructeur nous donne la répartition des intensités lumineuses suivant deux directions -

-  $\beta = 0$  : plan perpendiculaire à l'axe de la route

-  $\beta = 90$  : plan parallèle à l'axe de la route -

Pour les autres valeurs de  $\beta$  ( $0^\circ < \beta < 90^\circ$ ) on les donnera sur les tableaux -

Remarque : A partir des courbes isolux données par le constructeur, l'éclairement horizontal est donné par la formule :  $E(h) = \frac{E \phi}{1000 h^2}$

$E$  : en lux lu sur la courbe. ;  $\phi = 13500$  lumens.

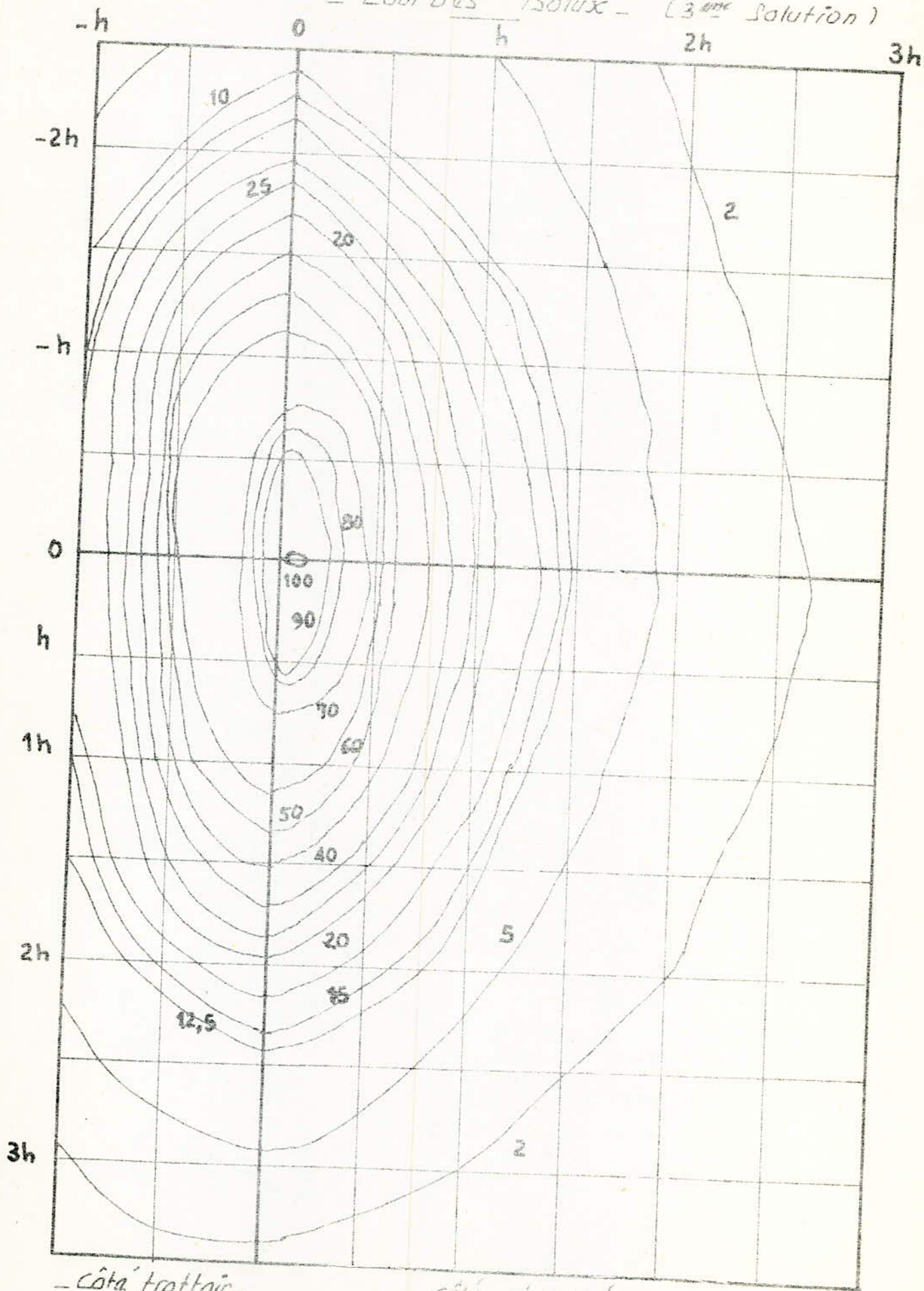
$h$  : hauteur de suspension (en mètres)

$\alpha \backslash \beta$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	1485	1485	1485	1485	1485	1485	1485	1485	1485	1485
10	1283,5	1307,7	1329,8	1352	1374,6	1396,3	1418,5	1440,6	1464,8	1485
20	1046,3	1115,2	1184,3	1253,3	1322,3	1391,3	1460,3	1529,3	1598,3	1667,3
30	843,8	975	1166,3	1237,5	1368,8	1500	1631,3	1762,5	1893,7	2025
40	708,8	911,3	1113,8	1316,3	1518,8	1721,3	1923,7	2126,3	2328,8	2534,3
50	607,5	900	1192,5	1485	1777,5	2070	2362,5	2655	2947,5	3240
60	540	860,3	1180,5	1300,8	1821	2141,3	2461,5	2781,8	3102	3422,3
70	506,3	693,8	881,3	1068,8	1236,3	1443,8	1671,3	1818,8	2006,2	2193,3
80	337,5	367,5	397,5	427,5	457,5	489,5	514,5	547,5	577,5	607,5
90	133	150	165	180	195	210	225	240	255	270

Tableau des valeurs d'intensités lumineuses pour différents angles  $\alpha$  et  $\beta$   
(troisième solution -)



- Courbes isolux - (3<sup>ème</sup> solution)



- côté trottoir -

- côté chaussée -

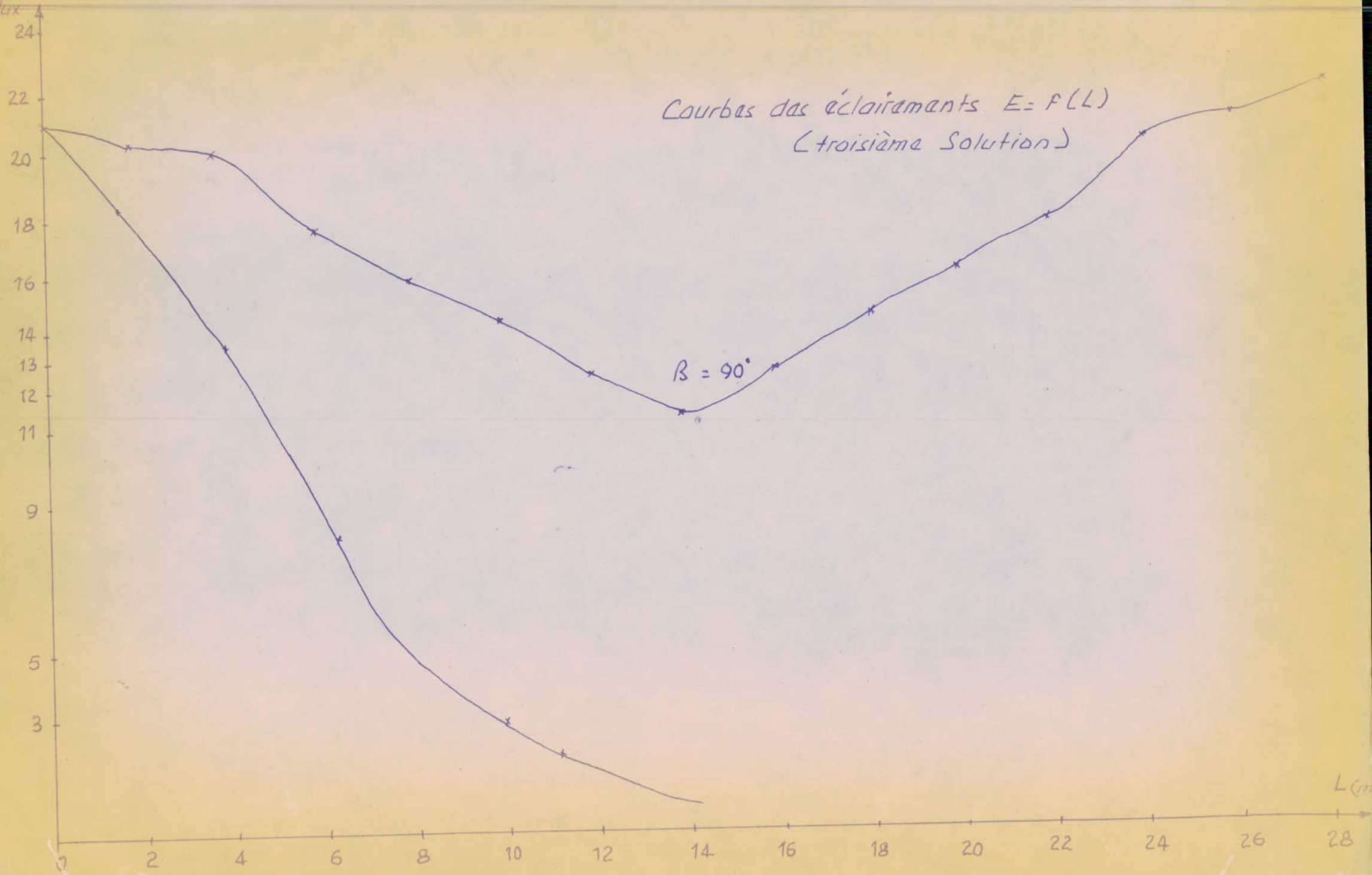
$\begin{array}{c} x \\ y \end{array}$	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
0	21,1	20	18,9	16,7	14,1	11,6	8,4	5,8	3,9	2,6	1,8	1,3	1,2	0,5	0
2	18,5	17,9	17,3	15,9	13,4	10,5	7,7	5,8	3,9	2,6	1,9	1,3	0,8	0,5 <sup>c</sup>	0
4	13,5	13,5	12,7	11,6	10,1	8,4	6,8	4,9	3,4	2,5	1,7	1,2	0,8	0,58	0
6	8,4	8,4	8,1	8,1	5,9	5,7	4,7	3,7	2,8	1,9	1,5	1	0,8	0,5	0
8	4,7	4,7	5	4,7	4,2	3,6	3,2	2,6	2,1	1,6	1,2	0,9	0,6	0,4	0
10	3	3	3	2,9	2,6	2,2	1,9	1,7	1,4	1,1	0,9	0,7	0,5	0	0
11	2,5	2,4	2,4	2,3	2,0	1,9	1,6	1,3	1,1	0,9	0,8	0,6	0,4	0	0

Tableau des valeurs des éclaircissements dûs à un seul luminaire [troisième solution]



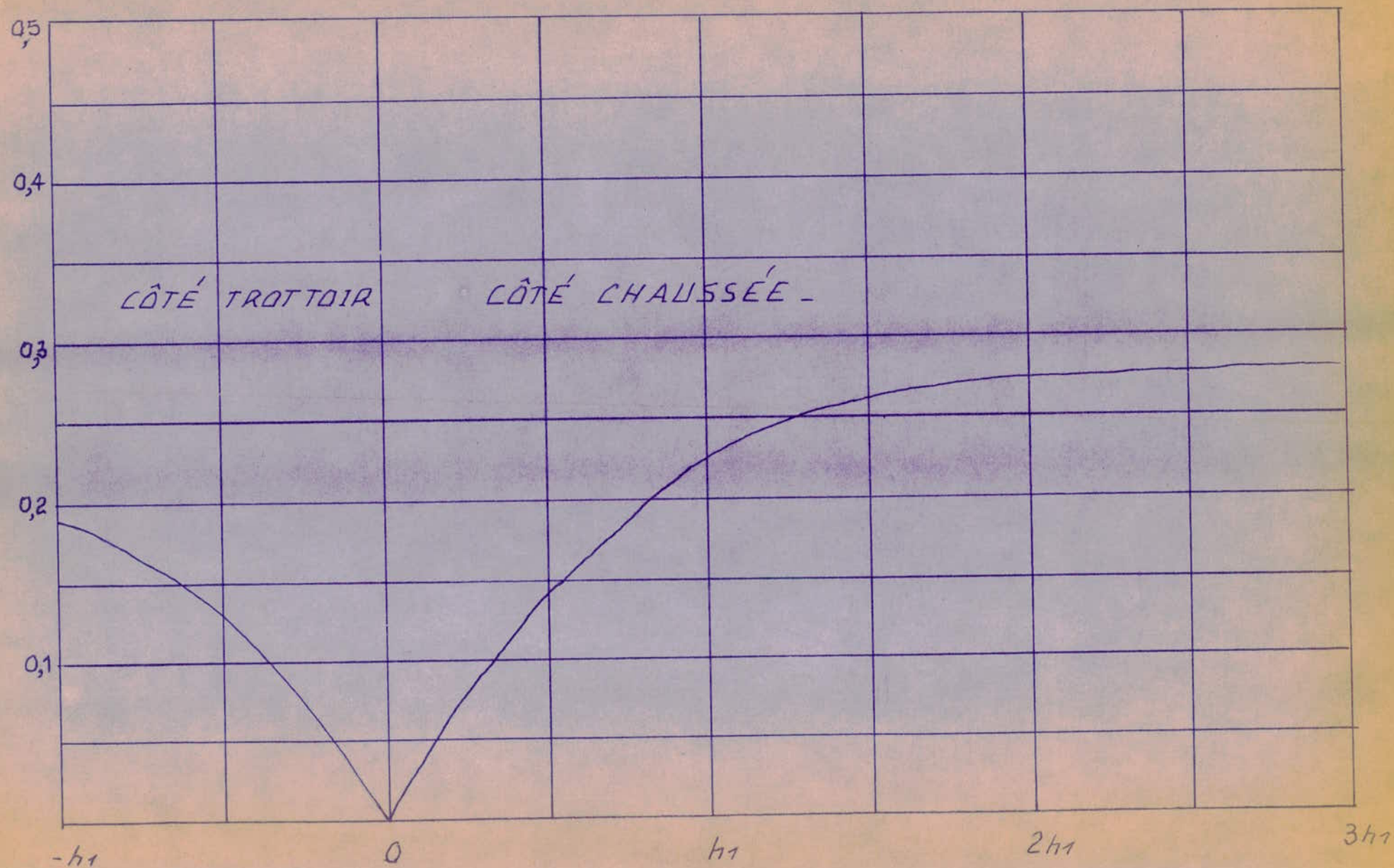
$x \backslash y$	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
0	21,1	20,6	20,1	17,9	15,9	14,2	12,3	11,6	12,3	14,2	15,9	17,9	20,2	20,6	21,7
2	18,5	18,4	18,2	17,2	15,4	13,2	11,1	11,6	11,6	13,2	15,4	17,2	18,2	18,4	18,5
4	13,5	14,1	13,5	12,8	11,9	10,9	10,1	9,8	10,1	10,9	11,9	12,8	13,5	14,1	13,5
6	8,4	8,9	8,8	9,1	7,4	7,7	7,6	7,4	7,6	7,7	7,4	9,7	8,8	8,9	8,4
8	4,7	5,2	5,6	5,6	5,4	5,3	5,3	5,2	5,3	5,3	5,4	5,6	5,6	5,1	4,7
10	3,0	3,0	3,3	3,7	3,5	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,5	3,7	3,5	3,0	3,0 <sup>2</sup>
11	2,5	2,4	2,8	2,9	2,8	2,9	2,7	2,6	2,7	2,9	2,8	2,9	2,8	2,4	2,5

tableau des éclairaments situés entre 2 foyers allumés distants de  $a = 28\text{ m}$   
 (troisième solution)





Courbe du facteur d'utilisation  
Troisième Solution



Sortie

Porte  
Centrale

o C1

Bloc administratif

o A1

Génie Civil

o C2

o A2

o C3

o B4

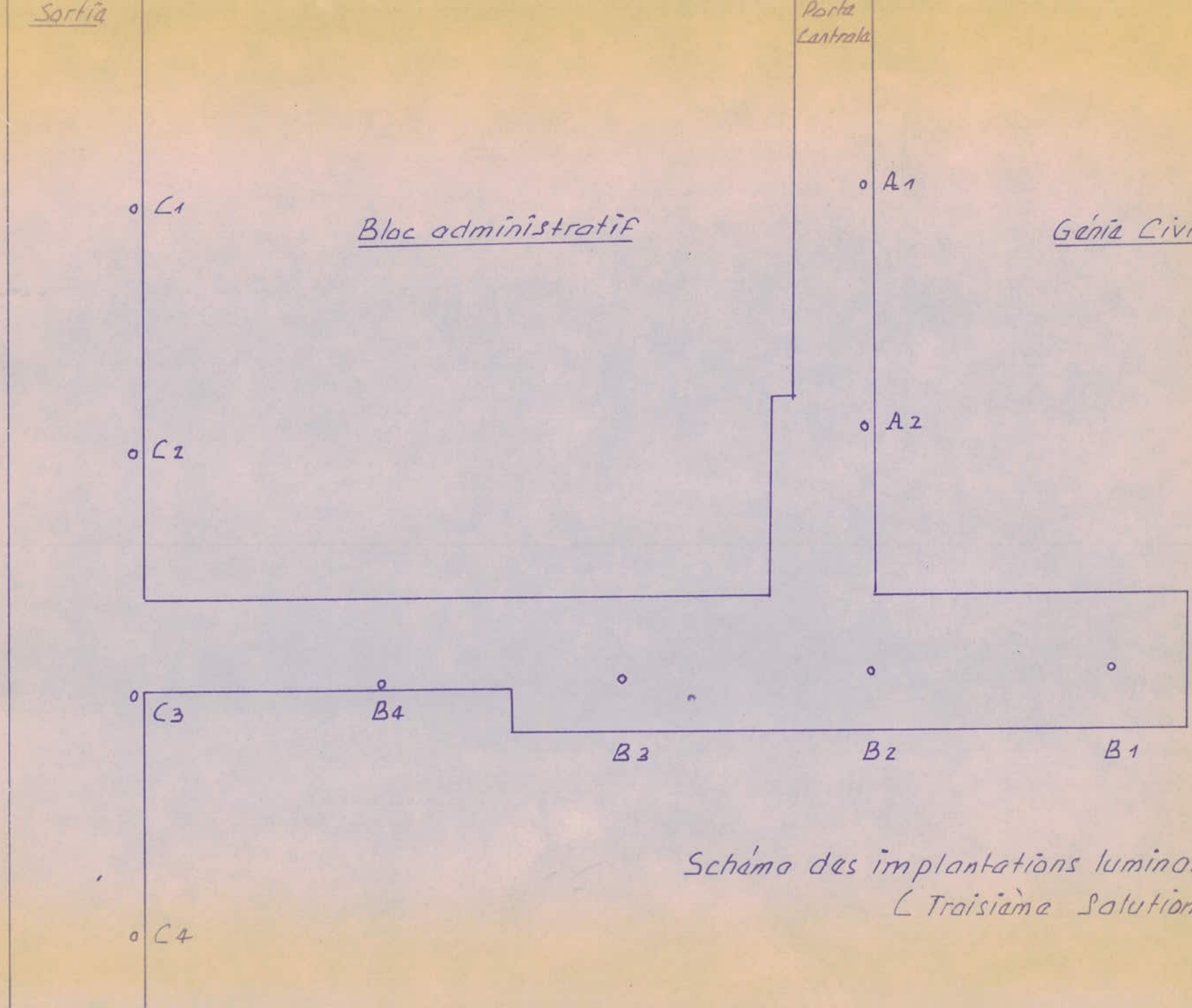
B3

B2

B1

o C4

Schéma des implantations lumineuses  
(Troisième solution)





### 5.3. Calcul de l'éclairage moyen.

A l'aide de la méthode utilisant le facteur d'utilisation on va calculer l'éclairage moyen.

Données de la chaussée :

- Largeur totale de la chaussée :  $L = 11 \text{ m}$ .

- Espacement moyen des implantations

$$\frac{e}{H} = 3,5 \Rightarrow e = 3,5 H = 3,5 \times 8 = 28 \text{ m}.$$

- le facteur d'utilisation sera calculé comme suit :

$$h_1 = \frac{L}{H} = \frac{11}{8} = 1,37$$

Sur la courbe on lit le facteur d'utilisation correspondant à  $h_1 = 1,37$   $F_u = 0,25$  (côté chaussée)

l'éclairage moyen sur la chaussée sera :

$$E_{mc} = \frac{\Phi F_u}{L e} \quad \Phi = 19500 \text{ lumens} \quad F_u = 0,25.$$

$$E_{mc} = 15 \text{ lux}$$

Pour notre installation semi-défilée, le facteur de revêtement pour béton sale est  $R = 10$  (selon les normes)

D'où la luminance moyenne :  $L_{\text{moy}}$

$$L_{\text{moy}} = \frac{E_m}{R} = 1,5 \text{ cd/m}^2$$

$L_{\text{moy}}$  trouvée est acceptable par les normes.

Remarque :

En tenant compte du facteur du vieillissement

Pour une atmosphère polluée et lumineuse avec

vasque :  $V_{L_0} = 0,90$   $V_{L_u} = 0,70$  (d'après les tableaux)

$$E = 15 \cdot 0,90 \cdot 0,70 = 9,45 \text{ lux}$$

valeur acceptable par les normes.

## 6 Conclusion Générale -

Notre étude relative à la détermination d'un éclairage optimum de l'école Nationale Polytechnique (EN.P.A) nous permet de choisir parmi les trois solutions proposées celle qui nous offre un bon rendement du point de vue :

- Energétique (bonne efficacité lumineuse)
- Economique (longue durée de vie, Faibles dépenses d'entretien)
- Esthétique (harmonie et simplicité)

\* La 1<sup>ère</sup> solution nous procure un éclairement très fort (excès de luminance) et un nombre de candélabres assez élevé.

\* La 2<sup>ème</sup> solution, par contre ne fournit qu'un faible éclairement (puissance installée faible) quoique le nombre de candélabres reste le même

\* La 3<sup>ème</sup> solution, quant à elle nous procure un bon éclairement ( $E = 15 \text{ lux}$ ) ainsi qu'un nombre de candélabre peu élevé. Les lampes utilisées ont d'ailleurs une longue durée de vie (8000h pour un temps de fonctionnement de 4h par allumage-).

C'est dommage que l'étude technico-économique n'a pu être réalisée. Elle aurait fait ressortir le contenu économique de notre projet. Mais nous n'avons pas pu s'acquiescer les éléments nécessaires.

Dans le cadre de notre recherche d'un éclairage optimum



nous optons pour la troisième solution. Bien que l'étude proposée comporte une insuffisance du côté économique, elle ne diminue en rien le grand intérêt d'un sujet aussi actuel et aussi important que celui de l'éclairage.

S

## BIBLIOGRAPHIE

### I Livres :

Notions d'éclairagisme.

André . Salomon

### II Polycopiés :

Notions d'éclairage et d'éclairagisme.

Jean. COULON (ENRA 1968)

Sources lumineuses et photométrie

(Installations d'éclairage intérieur et extérieur)

M. COHU ( Sup. Elec)

Installation électrique dans une unité Industrielle.

(Projet de Fin d'études . MEEIB.M par SAAL.C)

### III Catalogues :

Holophane : les lumières 75

Philips : Lighting Catalogue.

Photometric DATA (May 1974)

### IV Revues :

LUX : n°55 Dec 69

n°81 Fev 75

n°87 Avr 76



Lux: n° 100 Déc 78  
Recommandations relatives à l'éclairage extérieur  
(Publiées par Lux Jan 74)

V Normes :

Appareils d'éclairage électrique :  
Méthode simplifiée de prédétermination des éclai-  
-rements dans les espaces clos -

UTE 71-121 26 juin 70





