

RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL



ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE THIÈS

Gm.0259

PROJET DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGÉNIEUR DE CONCEPTION

TITRE

GROUPE ELECTROGENE  
MODERNISATION ECLAIRAGE  
(SOTIBA - SIMPAFRIC)

DATE : MAI 1987

AUTEUR : ALIOU MARA  
DIRECTEUR :  
CO-DIRECTEUR :  
Genie : Mécanique

I. SABATIN  
(EPT)

K. KEITA  
(SOTIBA)

<u>Solution 1</u>		12
A - nécessité de deux groupes de secours		12
B - Puissance nominale des groupes d'urgence		12
C - Caractéristique des groupes de secours		13
<u>Solution 2</u>		
A - Utilisation d'un groupe de secours avec adjonction d'un transformateur pour la rotative 4		14
B - choix du transformateur B/BT		15
solution 2 adopter		15
C - tableau récapitulatif		16
<b>IV</b> <u>Emplacement du groupe et dimensionnement des câbles d'alimentation</u>		17
- Emplacement du groupe		17
- dimensionnement des câbles		17
<b>V</b> <u>choix de l'appareillage de protection</u>		22
- courant de court-circuit aux bornes de l'alternateur		23
- courant de court-circuit au niveau des circuits terminaux		24
- appareillage de protection des circuits de secours		26
<b>VI</b> <u>choix du régime du neutre</u>		
- section minimale des conducteurs du neutre et de la terre		28
<b>VII</b> <u>Etude détaillée du groupe électrogène</u>		29
- l'alternateur		29
- excitation-régulation ERTCR		30
- le moteur Diesel		32
- le démarreur		33

# TABLE DES MATIÈRES

Remerciements	I
Sommaire	II
Introduction	1
<u>I Etude des charges prioritaires</u>	3
1- La chaudière HTI	4
2- les chaudières Wanson 1 et 2	4
3- Le compresseur rotatif peugeot EF80	4
4- la rotative 4	4
5- La rame 8	5
6- L'éclairage des bureaux administratif et les prises de courant	5
7- L'éclairage de sécurité	5
<u>• II Puissance et courant absorbés par les récepteurs</u>	7
A- Puissance d'utilisation	7
1- Forces motrices	7
2- appareils d'éclairage	8
3- Prise de courant	8
B- Courant absorbé par les récepteurs	11
1- Forces motrices	11
2- appareil d'éclairage	11
3- Prise de courant	11
<u>• III Evaluation de la puissance du groupe de secours</u>	12

- Les batteries	34
- Circuit de commande	35
<b>VII</b> Description de l'éclairage à la SOTIBA	39
- → persu sur le problème de l'éclairage	39
- L'éclairage intérieur	40
<b>VIII</b> Caractéristiques des luminaires et des sources lumineuses	42
- caractéristique du luminaire	42
- classification des appareils d'éclairage	43
- les sources lumineuses	44
<b>IX</b> Pourquoi moderniser l'éclairage à la SOTIBA - SIMPAFRIC	51
<b>X</b> L'éclairage des bureaux et des ateliers	55
- l'éclairage des bureaux	55
- l'éclairage des bureaux d'étude ou de dessin	56
- l'éclairage des ateliers	58
- le rendu des couleurs	60
- l'ambiance recherchée	61
<b>XI</b> Les différentes méthodes utilisées pour le calcul de l'éclairage	
- méthode du facteur d'utilisation	62
- exemple de calcul par la méthode du facteur d'utilisation	70
- méthode des niveaux d'éclairement par point	78

<b>XIII</b> Nécessité des luminaires D40	82
1 - Le papillotement des lampes	82
<b>XIV</b> Résultats du projet d'éclairage	84
<b>XV</b> Maintenance des appareils d'éclairage	87
<b>XVI</b> Recommandations	89
<b>XVII</b> Conclusion	92
<b>XVIII</b> Annexe	93
<b>XIX</b> Références bibliographiques	106

*INTRODUCTION*

# INTRODUCTION

La plupart des installations électriques comportent des récepteurs dont il faut assurer l'alimentation même en cas de coupure sur le réseau de distribution publique :

- Doit parce qu'il s'agit d'équipements constituant une installation de sécurité (éclairage de sécurité, surpresseurs d'incendie, désenfumage, alarme, signalisation, etc...)
- Doit parce qu'il s'agit d'équipements prioritaires dont l'arrêt prolongé entraînerait des pertes de production ou la destruction de l'outil de travail.

C'est ce dernier cas qui se présente au niveau de la SOTIBA-SIMPAFRIC, plus l'éclairage de sécurité.

Un des moyens couramment utilisés pour répondre à ce besoin consiste à installer un groupe moteur thermique-générateur réalimentant par l'intermédiaire d'un ou de plusieurs inverseurs de sources les circuits prioritaires en l'absence de la source normale.

C'est ce qui fera l'objet de la première partie de cette étude en vue d'implanter un groupe électrogène à démarrage automatique qui constituera la centrale de secours.

La deuxième partie de cette étude concerne la modernisation de l'éclairage des locaux indus-

triels de la SOTIBA - SIMPAFRIC.

Le problème consiste à rechercher la disposition, le type et la puissance des foyers lumineux, en tenant compte de l'installation existante, qui permettront à coup sûr un éclairage moyen égal ou voisin de l'éclairage nécessaire à l'accomplissement d'une tâche donnée. ce qui permettra :

- la vision correcte des objets et le discernement des plus petits détails dans le minimum de temps ;
- l'absence totale de fatigue ou de gêne, soit par éblouissement, soit par des contrastes trop accusés ;
- surtout un rendu des couleurs fidèle au niveau des nombreux baux de teinture.



ETUDE  
DES CHARGES  
PRIORITAIRES

## ETUDE DES CHARGES PRIORI- TAIRES (Voir schéma unifilaire)

Les charges prioritaires qui doivent être secourues par le groupe d'urgence sont :

- La chaudière HTI
- La Rame 8
- Le compresseur EF 80
- La Rotative 4
- La Wanson
- L'éclairage des bureaux administratifs plus  
Les prises de courant
- L'éclairage de sécurité.

A la page qui suit nous présentons une étude détaillée de chaque charge en vue de déterminer leur puissance active, réactive et apparente.

Nous tenons à signaler que les charges prioritaires que nous alimentons par le groupe n'ont pas de plaque signalétique. Il a fallu, pour déterminer leur puissance, faire un bilan des charges internes de chacune d'elles.

## 1. La chaudière HTI

Elle permet de fournir uniquement de la vapeur à la Rame 8. Elle est équipée des appareils suivants:

- Un brûleur constitué d'un moteur asynchrone triphasé de 45 KW
- Une pompe de circulation de 0,75 KW

Sa tension d'alimentation est de 380 V par l'intermédiaire d'un câble triphasé.

## 2. Les chaudières Wanson 1 et 2

Elles permettent de fournir de la vapeur de dérésinage. Chaque chaudière est du type thermopac 200 U et est équipée des appareillages suivants:

- un groupe moto-ventilateur + pompe fuel de 0,55 KW
- un rechauffeur fuel éventuel de 3 KW

Chaque chaudière est alimentée par un câble triphasé de 380 V.

## 3. Le compresseur rotatif Peugeot EF 80

Le compresseur rotatif EF 80 utilise la compression par vis globique et roues dentées. Il est équipé d'un moteur asynchrone de 55 KW fonctionnant à 75% de charge nominale. Son débit est de  $510 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Il est alimenté par un câble triphasé de 380 V l'intensité nominale est de 105 A.

## 4. La rotative 4

C'est une machine d'impression équipée des

appareils suivants :

- 3 ventilateurs de 20 CV
- 1 aspirateur de 5,5 CV
- 1 moteur pour la direction du tapis de 0,25 CV
- 1 ventilateur de 0,33 CV
- 1 laveuse de 5,5 CV
- 1 pompe de colle de 0,5 CV
- 12 pompes de couleur de 0,5 CV.

Elle est alimentée par un câble triphasé de 220 V.

### 5 - La Rame 8

La puissance nominale est de 182 kW avec un facteur de puissance de 0,8. Doit une puissance apparente de 227,5 kVA.

Son courant nominal est de 345 A. Elle est alimentée par un câble triphasé de 380 V.

### 6 - L'éclairage des bureaux administratifs et prises de courant

C'est un éclairage réalisé avec des tubes fluorescents :

- 30 fluorescents 2x65 W
- 47 fluorescents 2x40 W

Les prises de courant sont prévues pour la petite machinerie telles que les machines à taper, les veilleuses etc...

- 66 prises de courant de 10 A/220 V.

### 7 - L'éclairage de sécurité

Pour l'éclairage de sécurité qui n'est pas encore calculé de façon précise, nous adopterons  $20 \text{ W/m}^2$ . C'est

cette valeur qui est conseillée dans la littérature de l'éclairage.

L'éclairage extérieur sera abordé de manière plus détaillée dans la seconde phase du projet. Mais nous signalons qu'il s'agit de tout l'éclairage extérieur et de l'éclairage des couloirs.

PUISSANCE  
∅  
COURANT  
DES  
CHARGES PRIORITAIRES

## PUISSANCE ET COURANT

### ABSORBES PAR LES RECEPTEURS

- La connaissance de la puissance absorbée par les récepteurs est nécessaire pour la détermination de la puissance du groupe de secours.
- La connaissance de l'intensité des courants absorbés par les récepteurs et des pointes de courant est essentielle pour le choix de l'appareillage et des câbles.

#### A - Puissance d'utilisation

- Les récepteurs dont on nous disposons sont composés intrinsèquement de moteurs. La puissance nominale ( $P_n$ ) en KW ou puissance utile correspond à la puissance mécanique disponible sur l'arbre.
- Pour les appareils d'éclairage fluorescent la puissance en Watt indiquée sur le tube ne comprend pas la puissance absorbée par le ballast évaluée à 25% de la puissance du tube.
- Pour les lampes à décharge à haute pression la puissance en Watt indiquée ne comprend pas la puissance absorbée par le ballast évaluée de 5 à 10% de la puissance de la lampe.

#### ① Forces motrices

Pour les forces motrices la formule permettant d'aboutir à la puissance d'utilisation est celle-ci :

$$P_{ut} (KW) = \frac{P_n \times C.U \times F.S}{\eta}$$

$P_{ut}$ : puissance d'utilisation

$P_n$ : puissance nominale

C.U: coefficient d'utilisation

F.S: facteur de simultanéité

$\eta$ : rendement de l'appareil

## ② Appareils d'éclairage

Pour les appareils d'éclairage la formule permettant d'aboutir à la puissance d'utilisation est:

- tubes fluorescents

$$P_{ut} (KW) = 1,25 P_n$$

- Lampes à décharge à haute pression

$$P_{ut} (KW) = 1,1 P_n$$

## ③ Prise de courant

Pour les prises de courant l'alimentation est en monophasé. La puissance d'utilisation est:

$$P_{ut} (KW) = U \times I \times F.U \times F.S$$

$P_{ut}$ : puissance d'utilisation

$U$ : tension d'alimentation (220 V)

$I$ : courant nominal (10 A)

F.U: facteur d'utilisation

F.S: facteur de simultanéité



Bilan de puissance des charges prioritaires

<u>UTILISATIONS</u>		Puissance installée (KW)	rendement %	coefficient d'utilisation maximal	Puissance d'utilisation (KW)	Facteur de simultanéité	Puissance d'utilisation par niveau (KW)
CHAUDIERE HTI	Brûleur	45	91	0.75	38	0.8	30
	Pompe de circulation	0.75	72				
WanSON 1 et 2	2 groupes moto-ventilateur	2 X 0.55	70	0.75	7	0.6	4
	2 réchauffeurs fuel	2 X 3	79				
Compresseur Peugeot EF 80	compresseur	55	92	0.80	48	1	48
	3 ventilateurs	3 X 15	87				
Rotative 4	Aspirateur + laveuse	2 X 4	83	0.75	53	0.8	42
	Pompe de colle + tapis	2 X 0,37	75				
	12 pompes de couleur	12 X 0,55	75				

## Bilan de puissance des charges prioritaires (suite)

<u>UTILISATIONS</u>		Puissance installée (KW)	rendement %	coef. d'utilisation maximal	Puissance d'utilisation (KW)	Facteur de simultanéité	Puissance d'utilisation per niveau (KW)
Rame 8 Artos	Rame 8 Artos	182	100	0,90	164	0,9	147
Eclairage bureaux administratifs	30 fluos 2x 65 W	5	100	1	5	1	5
	47 fluos 2x 40W	4,5	100	1	5	1	5
	66 prises de courant	145	100	0,4	58	0,20	12
Eclairage de sécurité	10 W/m <sup>2</sup> (7.788 m <sup>2</sup> )	78	100	1	78	1	78

## B - Courant absorbé par les récepteurs

### ① Forces motrices

L'intensité du courant absorbé par les récepteurs est calculée par la formule suivante:

$$I_a = \frac{P_n}{\sqrt{3} \times U \times \eta \times \cos \varphi}$$

$P_n$ : puissance nominale

$I_a$  = courant absorbé

$U$ : tension d'alimentation

$\eta$ : rendement

$\cos \varphi$ : facteur de puissance

### ② Appareils d'éclairage

L'intensité absorbée se calcule pour tous les types de lampe par la formule que voici:

$$I_a = \frac{P_a(\text{tube} + \text{ballast})}{U \times \cos \varphi}$$

### ③ Prises de courant

- Pour chaque prise de courant nous prendrons un courant nominal de 10 A.

$$I_a = 10 \text{ A}$$

EVALUATION  
DE LA PUISSANCE  
DU  
GROUPE DE SECOURS

## EVALUATION DE LA PUISSANCE DU GROUPE DE SECOURS

### SOLUTION N° 1

#### A - Nécessité de deux groupes de secours

La tension d'alimentation de la Rotative 4 qui est de 220V triphasé nous impose à priori l'utilisation d'un second groupe de secours. Dans le souci de ne pas sous-charger ce groupe, nous lui adjoindrons l'éclairage de sécurité et l'éclairage des locaux administratifs. L'alimentation des circuits d'éclairage par une tension 220V phase-phase permettra de réduire le papillotement des lampes.

#### B - Puissance nominale des groupes d'urgence

Le bilan de puissance des récepteurs alimentés sous une tension de 380V triphasé fournit :

$$37.5 + 4.6 + 60 + 184 = 286 \text{ KVA}$$

Pour les récepteurs alimentés sous 220V triphasé le bilan de puissance fournit :

$$52.5 + 24 + 87 = 163.5 \text{ KVA}$$

Ainsi nous choisissons pour le premier groupe de récepteurs un groupe de 360 KVA et pour le second groupe une puissance nominale de 250 KVA

Remarque: - Le groupe de 360 KVA est choisi sur le catalogue des groupes de secours de la société MATFORCE.

- Le deuxième groupe nous est proposé par la société africaine de raffinage de H'BAO (SAR).

### C - Caractéristiques des groupes de secours

Caractéristiques de fonctionnement	Puissance d'utilisation (KVA)	
	250	360
Protection	IP 21	IP 21
cos phi	0.8	0.8
surcharge admissible	10%	10%
Service	continue	continue
Vitesse	1500 trs/mn	1500 trs/mn
Fréquence	50 Hz	50 Hz
tension entre phases	230	400 V
tension entre phases et neutre	—	230 V
réactance transitoire	30%	30%
Courant nominal	656 A	547 A

Remarque: Pour Le groupe de 250 KVA le couplage de l'induit sera modifié; on adoptera le couplage en triangle.

- Les groupes sont du type HOND PALIER et la marque est LEROY-SOMER.

## SOLUTION N°2

### A - Utilisation d'un groupe de secours avec adjonction d'un transformateur pour La Rotative 4

Le bilan de puissance de toutes les charges prioritaires nous fournit la valeur que voici :

450 KVA

La SENEMATEL à Dakar nous propose un alternateur de 500 KVA avec achat séparé du moteur Diesel. Les caractéristiques de l'alternateur sont ci-dessous tabulés :

#### ALternateur 380V, 50Hz - 500 KVA

Caractéristiques de fonctionnement	Valeur
type	AP 56 D4
Puissance	500 KVA
rendement	0,87
cos phi	0,8
réactance synchrone	211%
réactance transitoire	14,3%
reactance subtransitoire	8,3%
vitesse de rotation	1500 trs/mn

Remarque : 380V représente la tension entre phases en charge. A vide elle vaut 400V.

## B/ choix du transformateur BT/BT

La puissance apparente de la Rotative 4 étant de 52.5 KVA, nous lui adjoindrons un transformateur de 63 KVA - 380/220V normalisé.

### ~~III~~ - Solution à adopter

Nous n'avons pas un critère de prix pour juger les deux solutions. Mais il semble a priori que la deuxième solution est plus rentable et nécessite moins d'entretien.

Ainsi le calcul de dimensionnement des câbles, de l'appareillage de protection, ainsi que l'emplacement du groupe sera fait en fonction de la Solution N°2, c'est-à-dire avec le groupe unique de 500 KVA



EMPLACEMENT  
DU GROUPE  
ET DIMENSIONNEMENT  
DES  
CABLES  
D'ALIMENTATION

(Voir plan d'implantation)

C. Tableau récapitulatif

Récepteurs	tension nominale (V)	Courant absorbé (A)	Facteur de puissance	Puissance apparente (KVA)
Chaudière HTI	380	71	0,80	37.5
Wanson	380	4	0.85	2.3
Compresseur EF80	380	105	0.80	60
Rotative 4	220	172	0.80	52.5
Rame 8	380	345	0.80	184
Eclairage bureaux	220	73	0.86	24
Eclairage de sécurité	220	253	0.9	87

## - Emplacement du groupe électrogène

D'après le plan d'implantation de l'usine la majeure partie des charges prioritaires sont implantées dans l'usine WAX. Il n'y a que la Rotative 4 et la direction générale qui y sont éloignées.

Après entretien avec l'ingénieur électricien de la SATIBA sur une implantation éventuelle d'un groupe de secours à l'usine WAX nous avons convenu, que la disponibilité des locaux, de placer notre groupe de secours près du local des compresseurs. (Voir schéma d'implantation)

## - Dimensionnement des câbles d'alimentation des charges prioritaires.

### ① Remarques

Vue la dispersion des charges prioritaires sur le schéma unifilaire de l'usine, il s'avère impossible d'utiliser les câbles d'alimentation en régime normal des charges prioritaires.

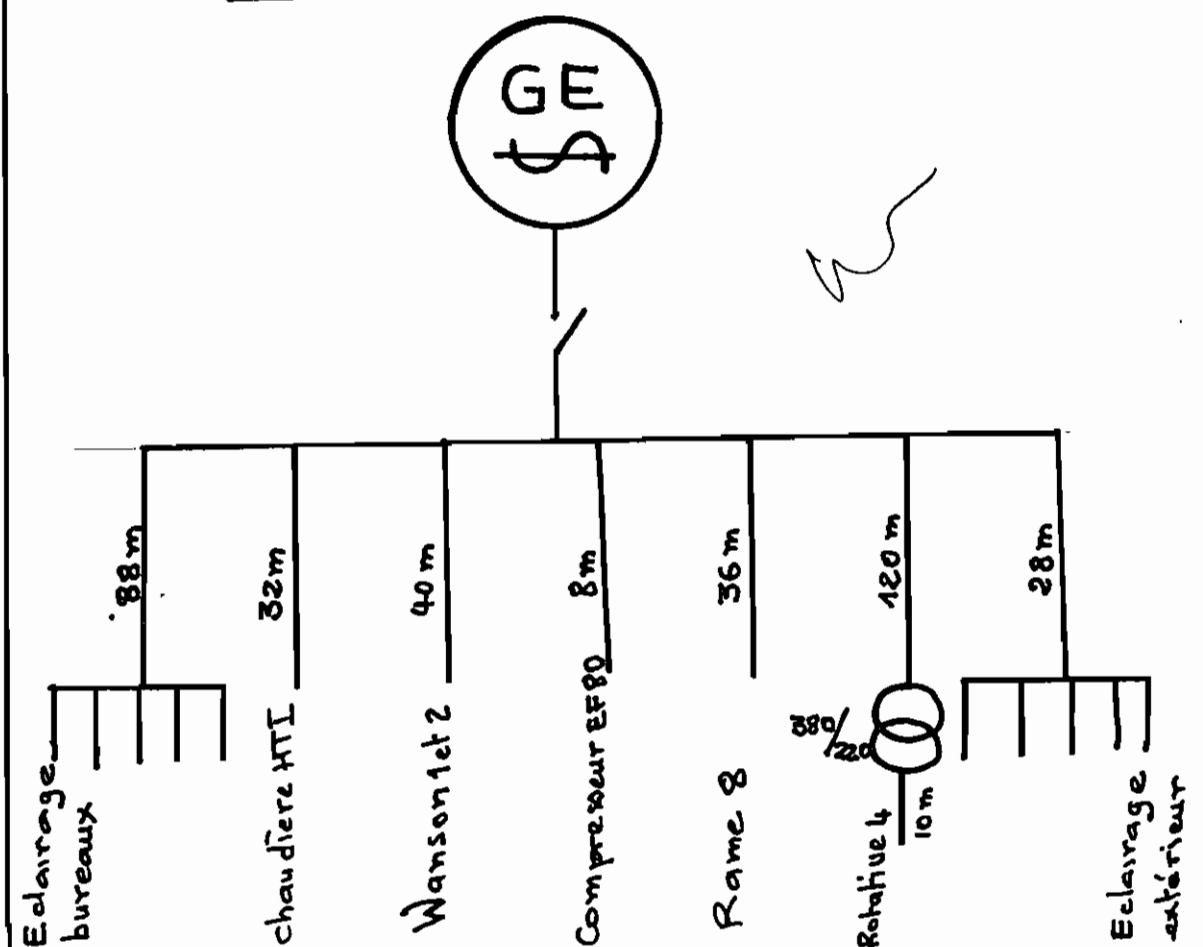
Ainsi, il est nécessaire d'utiliser pour chaque charge prioritaire un nouveau câble d'alimentation. Néanmoins il existe une autre solution qui consiste à alimenter les charges prioritaires par un même jeu de barres afin d'utiliser les mêmes câbles d'alimentation tant en régime normal

qu'en régime de secours. Cette solution sera proposée dans la partie modification des pages à venir.

## ② Caractéristiques de dimensionnement des câbles d'alimentation

Remarque: Le transformateur de 63 KVA pour l'alimentation de la Rotative 4 sera placée, vu sa petitesse, tout près de cette dernière afin de véhiculer le maximum possible le courant de service en amont du transformateur sous une tension de 380V: Ceci permettra de réduire la section du câble d'alimentation.

### Schéma de situation



### ③ Dimensionnement des câbles d'alimentation

Pour la détermination de la section des conducteurs on s'est servi du guide de l'installation électrique MERLIN-GERIN (Voir page 73).

Nous donnons ci-dessous un exemple de calcul de la section du câble d'alimentation de la chaudière HTI.

- Le courant de service vaut 71 A
- Le disjoncteur est un C100 (Pdc 10kA) déclencheur standard fixe. (15 A à 100 A)  
Pour permettre éventuellement une augmentation de puissance, on cherchera la section pour  $I_r = 100$  A
- Le tableau 41 donne un coefficient de correction, pour pose sur chemins de câble,  $K = 0,81$ . pour une température ambiante de  $35^\circ\text{C}$  et pour un nombre de câbles triphasés égal à 2. Car nous supposons que sur le chemin de câble seront les câbles d'alimentation de la chaudière HTI et de la Rame 8.
- Le tableau 43 (page 74) colonne E,  $K = 0,8$  indique que la section devra être de  $25\text{ mm}^2$
- Vérification de la chute de tension (page 76)  
Le tableau 49 donne, avec une bonne approximation, la chute de tension par Km de câble pour un courant de 1 A en fonction du type d'utilisation, du type de câble monophasé ou triphasé.  
La chute de tension dans un circuit s'écrit alors:

$$\Delta U (\text{Volts}) = K \times I_B \times L$$

$K$  = donné par le tableau 49

$I_B$  = courant de service en ampères

$L$  = longueur du câble en Km

Nous sommes en présence d'un circuit triphasé où  $S = 25 \text{ mm}^2$  et  $\cos \phi = 0,8$ . Le tableau 49 donne  $K = 1,3$ . La longueur du câble est de 32m et  $I_B = 71 \text{ A}$ . donc  $\Delta U$  vaut :

$$\Delta U = 1,3 \times 71 \times 0,032$$

$$= 3 \text{ Volts}$$

$$\text{soit } \frac{3\text{V}}{380\text{V}} = 0,8\%$$

$\Delta U$  est bien inférieur au maximum autorisé par la norme (8%)

- Nous donnons à la page suivante un tableau contenant les sections respectives des câbles d'alimentation de chaque récepteur.

Section des câbles d'alimentation  
des charges prioritaires

Récepteurs	Courant de service (A)	Longueur du câble (m)	Section des câbles (mm <sup>2</sup> )
Chaudière HTI	71	32	25
Wanson	8	40	1,5
Compresseur EF 80	105	8	25
Rame 8	355	36	185
Eclairage des bureaux	43	88	4
Eclairage de securite	147	28	35
Amont du transformateur	96	120	25
Aval du transformateur	172	10	50

CHOIX  
DE  
L'APPAREILLAGE  
DE  
PROTECTION



## Choix de l'appareillage de protection

Il s'agit de disposer à l'origine de chaque circuit un appareil de protection :

- agissant en cas de surintensité en un temps inférieur à la caractéristique limite  $I(t)$  du câble,
- pouvant laisser passer en permanence le courant de service  $I_B$  du circuit.

### - Courant de court-circuit aux bornes de l'alternateur

À l'apparition d'un court-circuit aux bornes d'un alternateur c'est le courant dans la période transitoire qu'il faut calculer. Pendant cette période, l'impédance de l'alternateur est égale à sa réactance transitoire. L'intensité du courant de court-circuit triphasé, en période transitoire vaut :

$$I_{cc\ tri} = \frac{I_G}{x'_d}$$

$I_G$  = courant nominal de l'alternateur

$x'_d$  = réactance transitoire exprimée en %

Le courant nominal de l'alternateur avec  $\cos\phi = 0,8$

vaut :

$$I_G = \frac{P_n}{\sqrt{3} \times U_n \times \cos\phi}$$

A. N  $I_G = \frac{500 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,8} = 950 \text{ A}$

La réactance synchrone de notre alternateur vaut 14,3%. Donc le courant de court-circuit triphasé vaut :

$$I_{cc_{tri}} = \frac{950}{0.143} = 6643 \text{ A}$$

$$I_{cc_{tri}} = 6,6 \text{ KA}$$

Le neutre de l'alternateur sera directement mis à la terre. Nous choisirons, comme recommandé, un disjoncteur avec détection de surintensité sur le neutre étant donné qu'il est distribué. Donc il nous faudra un disjoncteur tétrapolaire (4 pôles protégés, 4 pôles coupés). Nous signalons que la section des conducteurs de phase est égale à la section du neutre.

Disjoncteur C1250 avec déclencheur type G

\* ce type de déclencheur est conçu pour les circuits alimentés par alternateur et assure la protection des personnes en schéma IT et TN sur des circuits de grandes longueurs.

### Courant de court-circuit au niveau des circuits terminaux

Pour le calcul des courants de court-circuit au niveau des circuits terminaux nous nous sommes servi du tableau 64 de la page 97 de MERLIN-GERIN qui donne rapidement une bonne évaluation de l'intensité de court-circuit en un

point du réseau connaissent :

- l'intensité de court-circuit amont
- la longueur, la section et la constitution du câble amont.

Il suffit ensuite de choisir un disjoncteur ayant un pouvoir de coupure supérieur au courant de court-circuit.

Nous donnons ci-dessous un tableau contenant la valeur des courants de court-circuit au niveau de chaque circuit et les disjoncteurs appropriés.

Appareillage de protection des circuits  
de secours

Récepteurs		Courant de service (A)	Courant de court-circuit (KA)	protection
Chaudière HTI		71	5	C 100 déclencheur standard.
Wanson		8	2	C 32 A déclencheur standard.
Compresseur EF 80		105	6	C 125 N déclencheur standard
Rame 8		355	6.5	C 400 N déclencheur standard.
Eclairage des bureaux		43	2	C 100 déclencheur standard.
Eclairage de sécurité		147	5	C 100 déclencheur standard
Rotative 4	Amont du transformat.	96	3	C 100 déclencheur standard
	Aval du transformateur	172	3.5	C 250 N déclencheur standard.

REGIME  
DU  
NEUTRE

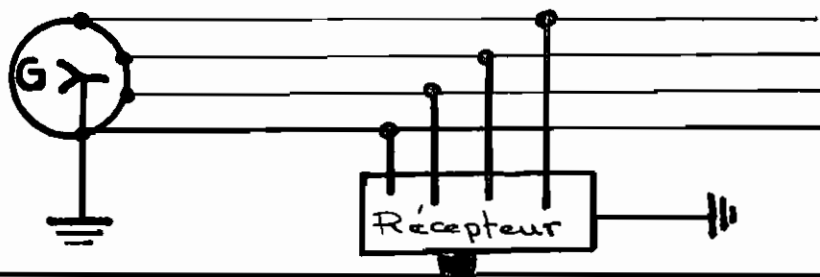
## Choix du régime de neutre

Le régime de neutre d'une installation basse tension est caractérisé par la position du point neutre du secondaire du transformateur HT/BT par rapport à la terre. Pour notre cas il est caractérisé par la position du point neutre de l'alternateur: Il est à neutre relié directement à la terre. C'est la solution la plus simple à l'étude et à l'installation. Ne nécessite pas une permanence de surveillance en exploitation, seul un contrôle périodique du dispositif différentiel peut être nécessaire. C'est aussi le régime existant à la SOTIBA.

N.B: La mise au neutre est déconseillée, d'une part en raison des risques de détérioration de l'alternateur en cas de défaut interne, d'autre part en raison de la limitation du courant de défaut phase/neutre due aux caractéristiques de l'alternateur.

Le régime du neutre choisi conditionne les mesures de protection des personnes contre les contacts indirects.

Les masses de l'installation sont reliées à une prise de terre électriquement distincte ou non de la prise de terre du neutre.



## Section minimale des conducteurs neutres et conducteur de terre

Section des conducteurs de phase $S_{ph} (mm^2)$	Section du neutre ( $mm^2$ )	Section des conducteurs de terre ( $mm^2$ ) $S_{PE}$
$\leq 16$	$= S_{ph}$ avec $mini = 10 mm^2$ (cuivre)	$\frac{I}{\alpha} \sqrt{\frac{t}{\Delta\theta}}$ avec $mini = 16$
$16 \leq S_{ph} \leq 35$	16	
$\geq 35$	$S_{ph}/2$ prendre la section normalisée la plus proche.	

Dénomination de la formule  $\frac{I}{\alpha} \sqrt{\frac{t}{\Delta\theta}}$

$S_{PE}$  = Section en  $mm^2$

$\alpha = 13$  (Cuivre)

$\Delta\theta$  = échauffement admissible =  $160^\circ C$  (conducteur isolé)

$I$  = intensité efficace en Ampère du courant de court-circuit triphasé au point d'installation du dispositif de protection

$t$  = temps d'élimination du défaut en secondes par la protection

ETUDE  
DETAILLÉE  
DU  
GROUPE  
ELECTROGENE



## ETUDE DETAILLEE DU GROUPE DE SECOURS

Le groupe électrogène comprend :

- Le moteur diesel et son démarreur
- l'alternateur qui est accouplé au moteur DIESEL qui l'entraîne.
- et les batteries qui assurent l'alimentation du démarreur du moteur DIESEL et des relais.

### L'alternateur

L'alternateur dont nous disposons est un alternateur AP sans bagues ni balai qu'on peut fixer à toute machine d'entraînement car facilité par une construction robuste en acier soudé et un choix d'adaptation mécanique. Il comprend l'alternateur principal à induit ou stator fixe et à rotor ou inducteur mobile, et l'alternateur auxiliaire ou excitateur à inducteur fixe et à induit mobile.

Les dispositifs de compoundage utilisés permettent :

- La marche en sous vitesse sans protection,
- Le maintien d'un court-circuit permanent élevé.

Sur demande :

- La marche en parallèle avec d'autres alternateurs,
- Une régulation manuelle de secours.

## Excitation-régulation ERTCR

A redresseurs tournants, sans bagues ni balai, excitateur triphasé à double inducteur et régulateur de tension à transistor ou thyristor.

L'induit tournant (4) de l'excitateur délivre un courant triphasé qui, par redressement, (3) fournit l'excitation au rotor de l'alternateur (2).

L'inducteur principal (5) de l'excitateur est alimenté par un dispositif de compoundage, (7) (8) tel que le courant d'excitation soit toujours supérieur au courant nécessaire au maintien de la tension nominale.

Le deuxième inducteur (6) est alimenté par le régulateur, (10) qui contrôle la tension aux bornes, élabore l'écart entre la tension mesurée et la tension de consigne, et délivre des ampères-tours constructifs ramenant la tension à sa valeur nominale.

En cas de mise hors service du régulateur, le dispositif permet un fonctionnement au voisinage des conditions nominales (surtension maximale 10 à 15%)

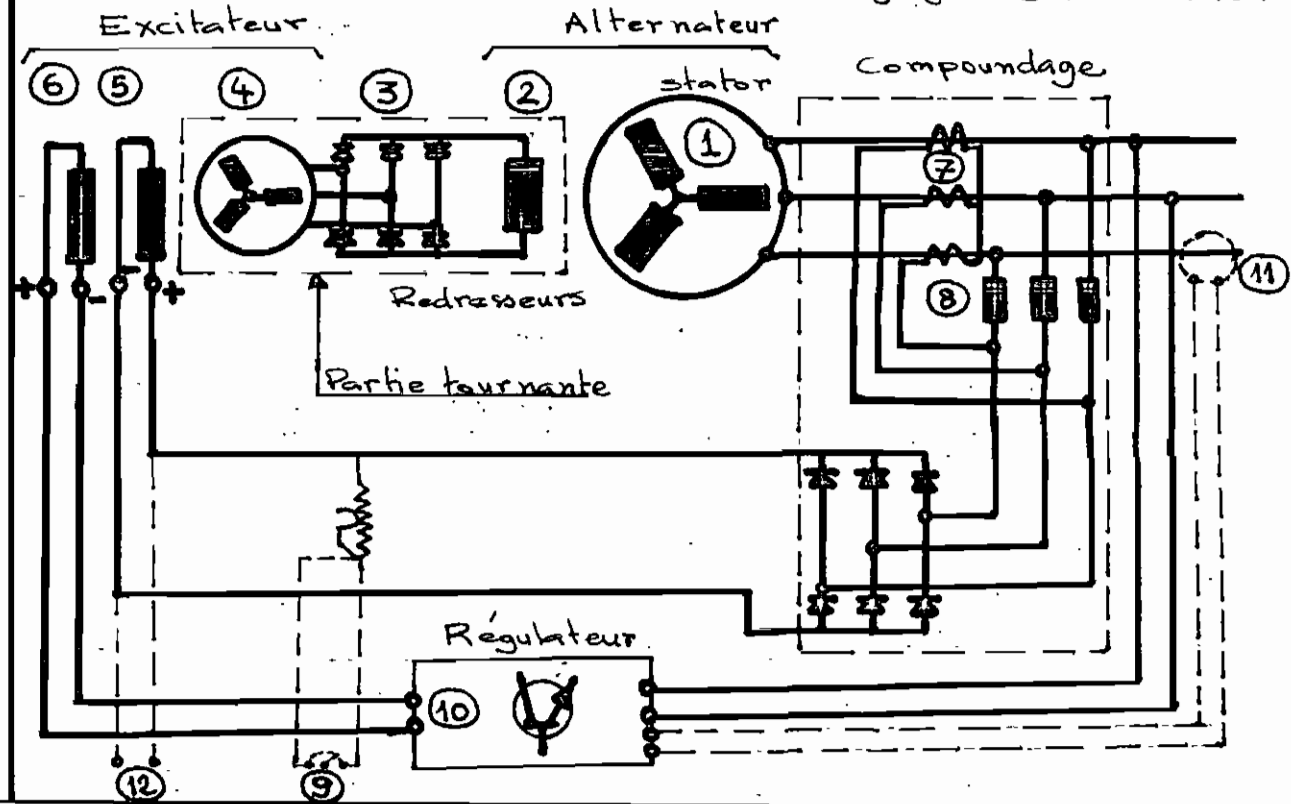
L'alternateur permet une surcharge de 10% pendant une heure, sans échauffement dangereux, à partir de la puissance de la nominale. La surcharge peut atteindre 50% pendant deux minutes, la tension étant maintenue aussi voisine que possible de la tension nominale.

L'alternateur peut fournir 110% de sa puissance nominale, le fonctionnement annuel ne dépassant

## Excitation-régulation ERTCR

- 1. Stator
- 2. Rotor
- 3. Pont redresseur
- 4. Induit
- 5. Inducteur principal
- 6. Deuxième inducteur

- 7. transformateur d'intensité
- 8. Self
- 9. Potentiomètre de réglage manuel de la tension
- 10. Régulateur
- 11. Transformateur d'intensité pour marche en parallèle
- 12. Amorçage - Désexcitation



Pas 500 heures.

## Le moteur DIESEL

Les moteurs Diesel que nous proposons Les sociétés MATFORCE et SENEMATEL sont du même type. Il s'agit de la marque CUMMINS avec injection directe type PT, 4 temps, refroidissement par eau, avec radiateur attelé.

Il est prévu un dispositif de préchauffage de l'eau afin de maintenir une température convenable permettant au groupe électrogène une prise en charge instantanée. Ce dispositif de préchauffage est un ensemble de résistances contrôlées par thermostat avec protection dans l'armoire; elles sont alimentées par le secteur.

Nous donnons ci-dessous une explication assez concise du fonctionnement du moteur DIESEL.

Dans ces moteurs l'énergie fournie par la combustion et la détente d'un gaz est transformée en énergie mécanique recueillie sur un arbre tournant appelé vilebrequin. L'explosion se produit dans un cylindre dont un des fonds est fixe, la culasse, et l'autre mobile, le piston. Le déplacement rectiligne du piston est alors transformé en mouvement de rotation par le système bielle-manivelle.

Le moteur Diesel est un moteur à allumage par compression. Il utilise comme combustible le gas-oil ou l'huile lourde. C'est un moteur à 4 temps (généralement) dont le cycle correspond à deux tours du vilebrequin. La puissance du moteur sera de:

**613 HP**

## Le démarreur

C'est un petit moteur électrique qui est solidaire à un pignon destiné à venir égrener avec une couronne dentée, taillée à la périphérie du volant. L'engagement du pignon dans la couronne est réalisé par coulissement du pignon sur son axe.

Un solénoïde de mise en action du pignon avec le contact principal du démarreur assure le fonctionnement par effet de champ magnétique.

Dès que le moteur DIESEL démarre, il entraîne l'alternateur auquel il est couplé.

## Les batteries

Les batteries sont en général d'une tension nominale de 24 V. Notre groupe électrogène appelé à fonctionner d'une manière automatique il est indispensable que la batterie soit en état de charge suffisante pour assurer plusieurs démarrages successifs ou plus particulièrement trois démarrages pour notre option.

Pour obtenir un lancement correct du moteur, la tension aux bornes du démarreur au moment du démarrage doit être au minimum de 18 volts pour les batteries de 24 volts.

Le chargeur automatique assure la charge de ces batteries et permet de maintenir une tension raisonnable aux batteries en comblant les décharges. Seul l'état des batteries peut assurer un service sans défaillance, et aucun dispositif automatique ne peut rétablir le niveau d'électrolyte dans les éléments, il est donc nécessaire d'apporter un soin tout particulier à sa surveillance et au besoin compléter le niveau avec de l'eau distillée.

Rappelons que, sur les moteurs, le système d'allumage utilisé est l'allumage par batterie d'accumulateurs.

Par contre pour les moteurs DIESEL l'allumage utilisé est par compression donc ne nécessite pas de bougies.

## Circuit de commande

Il permet le démarrage automatique et manuel du groupe électrogène lors de la coupure du réseau.

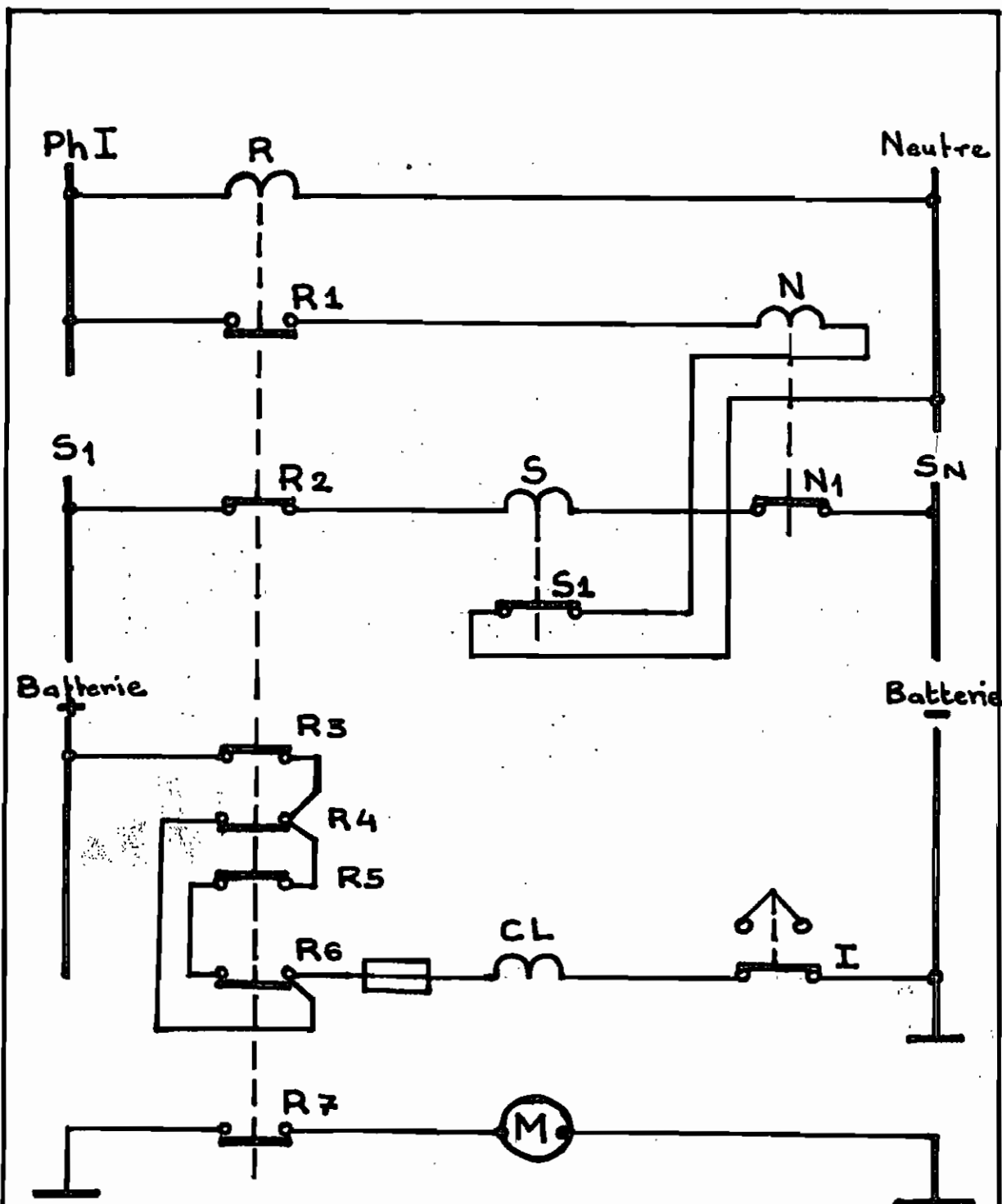
Un manque de tension au secteur provoque le lancement d'un démarreur (moteur série) qui actionne le moteur DIESEL accouplé à l'alternateur.

Un interrupteur à force centrifuge coupe le circuit de démarrage dès que l'alternateur tourne à une vitesse déterminée.

Lorsque la tension nominale de l'alternateur est atteinte, le contacteur «*ecours*» se ferme.

La figure de la page suivante représente le schéma semi-développé du circuit de commande et l'analyse du fonctionnement de l'installation.

En annexe se trouve le schéma développé du circuit de commande et les caractéristiques de l'appareillage.



R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub> et R<sub>6</sub> : relais temporisés

Ph I, N : secteur

CL : contacteur de lancement  
(démarrreur)

S<sub>1</sub>, S<sub>n</sub> : alternateur

M : magnéto du moteur DIESEL

Batterie : pour alimentation  
du démarrage

I : interrupteur centrifuge  
placé sur le groupe.

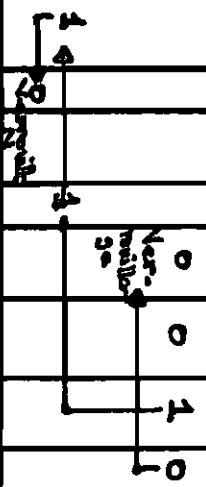
R : relai

N, S : bobines « Normal » et « Secours »



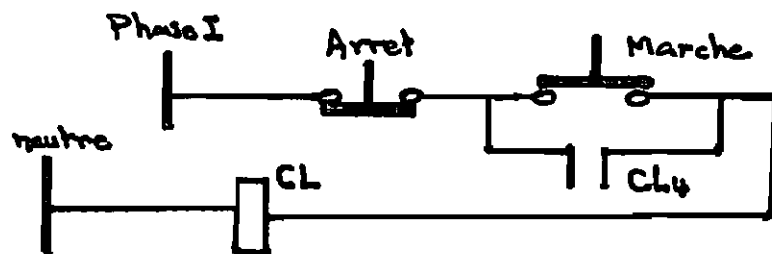
# Analyse fonctionnelle de l'installation

	Secteur R	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	N	Contacts principaux pour de N	N1	S	S1	M	S2	CL	Contacts de Alimenteur	Alim. pour I	Alimentation
Tension normale	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	voies de la normale	0	0	0	0	1
Marque de l'origine	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	En de suite de l'origine de l'installation pour le secteur S1-S2	1	En de suite de l'origine de l'installation pour le secteur S1-S2	0	0	0	0	0
1 <sup>er</sup> temps de l'installation				1												1			
2 <sup>e</sup> temps				1	0	1	1									1	2 <sup>e</sup> installation		
3 <sup>e</sup> temps							0									0	0	1	0
Rebut tension normale	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	voies de la normale	0	0	0	0	1
																			Alimentation par secteur



### Remarque 1

Le schéma fonctionnel du circuit de commande du groupe électrogène que nous avons développé est uniquement à commande automatique. Sur le schéma développé fourni en annexe on a inclus le dispositif à commande manuelle dont le principe est le suivant:



Un dispositif permet de placer le groupe soit sur démarrage automatique ou sur démarrage manuel.

- La pression sur le bouton poussoir « marche » mène le fonctionnement du contacteur CL qui permet de démarrer le moteur DIESEL. Le contact auxiliaire CL<sub>4</sub> qui se ferme, shunte le bouton poussoir « marche » qui peut donc être relâché. Pour arrêter le moteur, il suffit d'appuyer sur le bouton-poussoir « Arrêt ».

### Remarque 2

Actuellement dans les divers automatismes, asservissements etc.. on utilise largement des éléments logiques sans contacts qui peuvent remplir des fonctions analogues à celles remplies par les appareils à relais et à contacteurs. L'emploi de tels éléments permet de réduire au minimum la durée d'exécution de toutes les opérations et d'augmenter la durée de vie des éléments, étant donné qu'ils ne possèdent pas de parties frottantes, qui peuvent s'user, et possèdent de grande inertie. Il s'agit sur les schémas développés, du CHR (chargeur batterie), du CRE (contacteur tachymétrique) etc.. Ce sont des éléments disponibles sur le marché.

DESCRIPTION  
DE  
L'ECLAIRAGE  
A LA  
SOTIBA

## Description de l'éclairage à la SOTIBA

A la SOTIBA, on distingue quatre (4) types d'éclairage :

- L'éclairage usine, c'est l'éclairage des locaux qui habitent les machines et installations de fabrication. Il se fait actuellement à partir du réseau d'alimentation des machines dans un ordre peu organisé.
- L'éclairage machine ou poste de travail, c'est l'éclairage du poste de travail indépendamment de l'éclairage usine. Donc il s'agit d'un éclairage supplémentaire localisé sur le poste de travail.
- L'éclairage sécurité, il s'agit de l'éclairage des couloirs et des alentours de l'usine.
- L'éclairage des locaux administratifs, il s'agit à l'évidence même de l'éclairage de la direction générale.

## Aperçu sur le problème de l'éclairage

Sur le plan physiologique, la solution du problème d'éclairage exige :

- La vision correcte des objets et le discernement des plus petits détails dans le minimum de temps ;
- L'absence totale de fatigue ou de gêne, soit par éblouissement, soit par des contrastes trop accusés ;
- Un rendu des couleurs agréables, sinon fidèle.

## L'éclairage intérieur.

Lorsqu'on étudie un projet d'éclairage intérieur, il ne suffit pas de calculer directement l'éclairage en quelques points; la réflexion de la lumière sur les parois modifie par excès les résultats escomptés, et d'autre par le vieillissement et le dépôt des poussières exercent un effet inverse.

La solution rapide d'un problème d'éclairage intérieur consiste à rechercher la disposition, le type et la puissance des foyers lumineux qui permettront à coup sûr un éclairage moyen égal ou voisin de l'éclairage nécessaire à l'accomplissement d'un travail donné. Pour cela, la méthode la plus couramment utilisée est la méthode du facteur d'utilisation.

Cette méthode ne s'applique que dans le cas où les dimensions des sources sont suffisamment petites par rapport aux dimensions du local, et où l'intensité lumineuse en est bien définie.

Les différents auteurs en présentent différentes versions; celle qui est présentée dans mon projet est tirée du manuel d'éclairage "Westinghouse lighting handbook".

Le mode d'éclairage à adopter dépend du type de travail que l'on effectue dans le local. Dans le cas d'installations industrielles, les ombres sont le plus souvent recherchées pour une distinction nette des formes. On emploiera de préférence l'éclairage direct qui offre d'autre part l'avantage de moins favoriser les dépôts de poussière.

Donc il est nécessaire de connaître les surfaces qui doivent être éclairées, comment répartir convenablement le flux sur ces surfaces horizontales ou verticales, et adopter des appareils dont les ombres de répartition des intensités lumineuses correspondent bien au but proposé.

On évitera soigneusement l'éblouissement direct et par réflexion pour des parties polies. Le choix des sources lumineuses (type et puissance) dépend essentiellement :

- de la nature du local à équiper
- de la hauteur sous-plafond
- du degré de fidélité nécessaire dans le rendu des couleurs.
- du niveau d'éclairage retenu
- de la durée journalière d'utilisation

En principe on aura recours à l'incandescence que si l'éclairage moyen peut être inférieur à 150 lux.

Le facteur de dépréciation est important dans la sélection. Le facteur économie peut conduire à une combinaison entre l'éclairage général moyen et l'éclairage localisé.

En ce qui concerne le luminaire, on considère en général que les appareils d'éclairage donnant une courbe photométrique large ou circulaire sont adoptés aux salles larges, tandis que ceux ayant une courbe effilée conviennent mieux aux salles hautes et étroites.

Dans les locaux commerciaux, industriels et même, quoique à un degré moindre privés, les divers travaux que l'on a effectués, tels que les travaux sur machi-

nes-outils, comptabilité, etc... se font à un niveau fixe par rapport au sol. le plus souvent le plan utile peut être pris à 0.85 m du sol; c'est en fait la cote qui correspond aux tables de travail.

CARACTERISTIQUES  
DES LUMINAIRES  
ET DES  
SOURCES  
LUMINEUSES



## CARACTÉRISTIQUES DU "LUMINAIRE"

Définition: Un "luminaire" est un appareil d'éclairage complet pour la bonne répartition du flux lumineux, comprenant la ou les douilles, la ou les lampes et tout l'appareillage pour le contrôle de la lumière.

### Données photométriques :

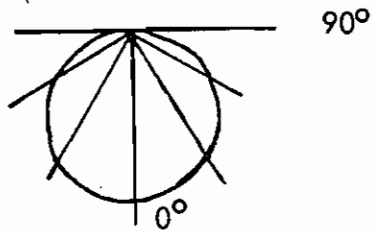
Les données photométriques servent à indiquer la performance lumineuse du luminaire.

La courbe photométrique est la représentation graphique de la répartition de l'intensité lumineuse, en candelas, dans différentes directions.

A partir de la courbe, nous trouvons les renseignements suivants:

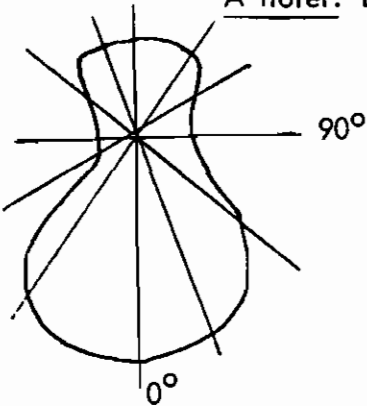
- 1- Les valeurs de luminance
- 2- Les valeurs d'intensité pour le calcul point-par-point
- 3- La répartition du flux lumineux
- 4- Le coefficient d'utilisation
- 5- L'espacement maximum entre luminaires
- 6- La classification du luminaire
- 7- Le rendement du luminaire

## Classification des appareils d'éclairage

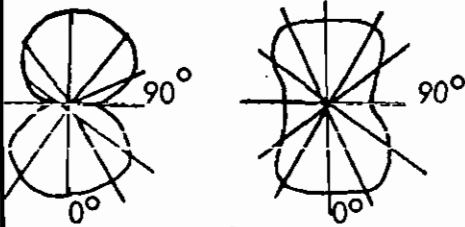


Directe - 0 - 10% vers le haut  
90 - 100% vers le bas

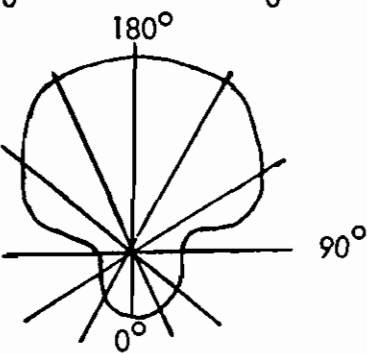
A noter: Les courbes sont symétriques de chaque côté de 0°



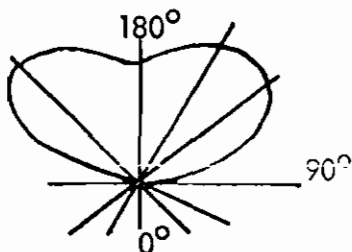
Semi-directe - 10 - 40% vers le haut  
60 - 90% vers le bas



Mixte ou diffusante - 40 - 60% vers le haut  
40 - 60% vers le bas



Semi-indirecte - 60 - 90% vers le haut  
10 - 40% vers le bas



Indirecte - 90 - 100% vers le haut  
0 - 10% vers le bas

## Les sources d'éclairage

### - Lampe à incandescence

La lampe à incandescence émet de la lumière grâce à un filament chauffé à l'incandescence par le passage d'un courant électrique. Il existe diverses variantes de ces lampes :

- \* Le double spiralage du filament améliore l'efficacité lumineuse en limitant les pertes de chaleur par conduction et convection.
- \* La lampe aux halogènes est caractérisée par l'addition d'halogène (Iode, Brome) ajouté au gaz de remplissage de l'ampoule. Cet halogène participe au cycle de régénération du filament et évite le noircissement prématuré de l'ampoule et permet d'augmenter l'efficacité et la durée de vie de la lampe.
- \* La lampe à réflecteur est caractérisée par un procédé de métallisation de la paroi interne de l'ampoule. Ce procédé permet une émission optimale de lumière dirigée.

La durée de vie d'une lampe et la lumière émise sont l'une et l'autre déterminées par la température du filament; plus elle est élevée pour une lampe déterminée, plus est élevée son efficacité, mais plus courte est sa durée de vie.

Ces relations entre caractéristiques de fonctionnement et tension sont des plus importantes.

Une sous-tension fait baisser l'efficacité d'une lampe, ce qui correspond à un gaspillage d'énergie, par ailleurs une surtension réduit considérablement sa durée de vie.

c'est pour ces raisons qu'il est impératif de bien respecter, pour l'achat des lampes, la tension d'alimentation

### - La lampe à décharge

Un moyen de produire l'énergie lumineuse et radiante, fort différent de l'incandescence consiste à faire éclater et à entretenir une décharge électrique dans un gaz convenablement choisi et dosé pour l'établissement d'une pression bien déterminée.

Les sources de ce type qui sont développées dans la pratique sont celles qui utilisent les vapeurs de sodium, de mercure, de Xénon —.

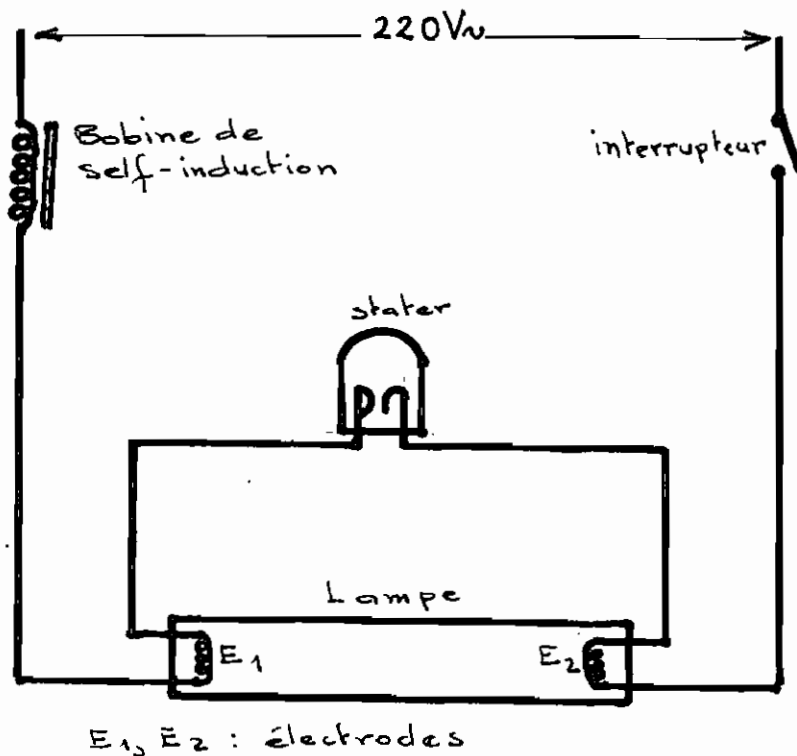
La lumière émise est généralement désastreuse car elle n'est plus continue comme dans l'incandescence. Par contre l'efficacité lumineuse et la durée de vie constituent des avantages marquants.

### - La lampe fluorescente

Le phénomène général de la fluorescence consiste en une absorption d'énergie par des matériaux fluorescents qu'ils restituent en une longueur d'onde plus élevée.

Pour le fonctionnement de ces lampes, il faut prévoir, comme pour toutes les lampes à décharge, un dispositif d'alimentation destiné à fournir la surtension nécessaire à l'amorçage et à stabiliser la décharge. Comme l'amorçage de la décharge se fait par préchauffage des cathodes, le dispositif doit être conçu également pour remplir cette fonction. C'est pourquoi le montage actuel comporte en plus de l'appareillage d'alimentation un starter.

### Montage d'une lampe fluorescente avec stator



Avec le montage monolampe, il faut prévoir un appareillage par tube. Dans le montage DUO deux tubes sont alimentés par le même appareillage. Ce dispositif présente, en outre, l'avantage de relever le facteur de puissance à 0.95.

Bien que l'éclairage fluorescent soit moins sensible aux variations de tension du réseau que l'éclairage incandescent, il est bon d'assurer l'alimentation à la valeur indiquée. Une augmentation de tension donne une baisse d'efficacité et une sous-tension des extinctions et un vieillissement prématuré des électrodes et du ballast.

La durée de vie moyenne des lampes fluorescentes basse tension est très supérieure à celle des lampes à incandescence : 4000 à 7500 heures et même plus. L'efficacité lumineuse est élevée : 60 à 75 lm/Watt.

• La lampe « lumière du jour de luxe » fournit une reproduction à peu près exacte de la lumière naturelle. Cette approximation est suffisante pour permettre l'emploi simultané de ces lampes et de l'éclairage diurne ainsi que pour la plupart des contrôles de couleurs industriels. C'est dire que ces lampes trouvent bien leur application dans toutes les installations industrielles et plus particulièrement à la SOTIBA pour le contrôle des couleurs.

• La lampe type « blanc super » est, parmi les lampes fluorescentes, la plus répandue. Elle convient aux applications industrielles.

• Le type « blanc brillant de luxe » convient aux applications commerciales et donne aux locaux cet aspect aéré et propre caractéristique des installations modernes. Cette lampe convient aussi au bureau.

• Quant à la lampe « blanc soleil de luxe » est utilisée pour la décoration là, où, on désire créer un climat d'intimité, une impression psychologique de chaleur.

D'une façon générale, on emploie les lampes à teinte chaude pour les appartements et les bureaux et les teintes froides pour les ateliers et les usines.

## Comparaison des lampes à incandescence et des lampes à fluorescence

La lampe incandescente, on le sait, a du céder sa place, dans de nombreux cas, à la lampe fluorescente. Nous comprendrons ce fait en comparant les avantages et les inconvénients de ces modes d'éclairage actuels.

LAMPES	A incandescence	Fluorescentes
efficacité lumineuse	De 10lm/W à 20lm/W Faible	Environ 60lm/W (grande jusqu'à 5 fois plus que les incandescence pour une même consommation.)
Durée	1000 heures. relativement courte.	4000 à 7500 h
lumière	Maximum du spectre décalé vers le rouge.	plus blanche. choix possible entre plusieurs teintes
Forme	Très variable	linéaire, convenant à certaines formes d'architecture.
luminance	Élevée, sauf pour verre dépoli ou opales.	Moins élevée. diminution de l'éblouissement.
diffusion		plus grande
Prix	*	* *

**NB:** Parmi les lampes à incandescence les lampes

à halogène en sont exclus.

\* coût de premier établissement peu élevé, mais coût d'exploitation élevé, résultant de la forte consommation de courant.

\*\* Coût de premier établissement plus élevé mais utilisation économique amortissant rapidement les frais d'exploitation.

L'atout principal de la fluorescence est son efficacité lumineuse.

On remarque aussi qu'une lampe fluorescente émet plus de lumière qu'une lampe à incandescence tout en étant mille fois moins éblouissante. Aussi l'éclairage fluorescent est-il largement utilisé pour obtenir un éclairage élevé sans risque d'éblouissement.

Dans de nombreux ateliers, au moyen de lampes fluorescentes convenablement disposées et montées dans des diffuseurs, on évite les ombres et les reflets gênants sur les surfaces polies, qui rendent quelques fois très difficile la graduation lecture des graduations gravées sur le métal (calibre à coulisse, palmer etc. - -)

**Remarques :** On a constaté que se sont surtout les allumages répétés qui font vieillir les lampes fluorescentes. Si on a besoin d'un éclairage donné pendant de grands intervalles de temps, ce qui est la majorité des cas, la lampe fluorescente durera plus longtemps que la lampe à incandescence. Au contraire ce dernier sera indiqué pour les éclairages intermittants. Si un utilisateur a cependant installé des lampes fluorescentes dans un local où la lumière n'est



pas constamment nécessaires, il aura peut-être intérêt à les laisser allumées continuellement car, en les éteignant et rallumant souvent, il peut perdre sur la durée des lampes plus qu'il n'économise sur l'énergie électrique consommée.

POURQUOI  
MODERNISER  
L'ECLAIRAGE  
A LA  
SOTIBA

## Pourquoi une solution de substitution de l'éclairage au niveau de la SOTIBA

Au niveau des usines de la SOTIBA-SIMPAFRIC il existe encore, presque dans tous les ateliers, des luminaires appelés réflecteur extensif alimentés par des lampes à vapeur de mercure du type MAF RV qui sont des ballons fluorescents traditionnels à revêtement interne fluorescent au vanadate. Leur puissance est de 160 Watts.

Les types de lampe MAF RV rencontrés sur le marché ont les caractéristiques suivantes :

- Puissance : 50 W à 1000 W
- efficacité lumineuse : 36 à 58 lm/W
- température de couleur : 3800 à 4300 K
- indice de rendu des couleurs : 40 à 46

Les lampes de substitution rencontrées sur le marché sont les lampes à vapeur de sodium haute pression. L'efficacité lumineuse de ces lampes étant quasiment le double de celle des lampes à vapeur de mercure traditionnelles, il est possible de réduire de façon substantielle les besoins en énergie sans nuire à la qualité des installations.

Nous donnons à la page suivante les performances de ces lampes.

### Vapeur de sodium haute pression MACS et MACS/2

Ce sont des lampes ovoïdes satinées de 50 à 1000 W pour utilisation en optique traditionnelle. C'est une solution performante dans le cadre de la rénovation des installations équipées de lampes à vapeur de mercure. Leur efficacité lumineuse varie de 66 à 120 lm/W. Leur température de couleur se situe, en fonction de la puissance, entre 1700 et 2100 K. Les lampes de substitution des MAF. RV de 160 Watts sont :

- MACS 150 (code 18617) de puissance 150 W, avec un flux lumineux de 13.500 lumens
- MACS 150 (code 18613) de puissance 150 W, avec un flux lumineux de 15.500 lumens

Ces deux types de lampes sont équipés par un culot E40 et sont fabriqués par la société MAZDA

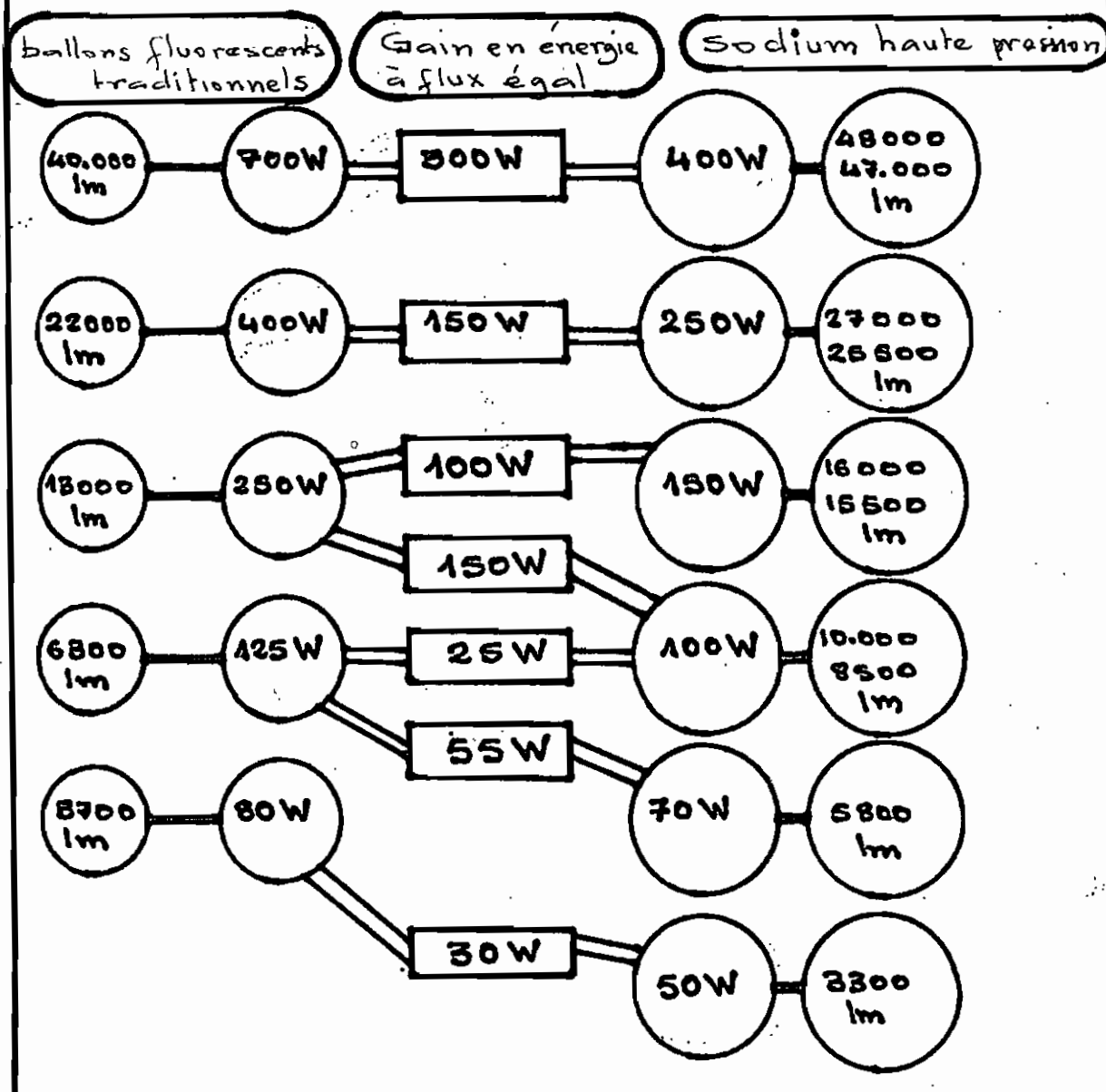
### Vapeur de sodium haute pression SONH et HPI-BUS

Ce sont des lampes développés par la société Philips pour se substituer à des sources moins performantes de vapeur de mercure sans modification de l'installation, mais avec remplacement de certains accessoires.

- SON/H 210 : flux lumineux de 18000 lm; ballast BH 250; condensateur de compensation 20  $\mu$ F; Puissance 210 W
- SON/H 350 : flux lumineux de 34.000 lm; ballast BH 400; condensateur de compensation 20  $\mu$ F; Puissance 350 W

- HPI 250 BUS : flux lumineux 17500 lm; ballast à utiliser BH 250; condensateur de compensation 20  $\mu$ F; puissance 250W
- HPI 400 BUS : flux lumineux 30600 lm; ballast à utiliser BH 400; condensateur de compensation 25  $\mu$ F; puissance 400 W.

Economie réalisée avec les lampes à vapeur de sodium haute pression.



## Qualité de la lumière des lampes à décharge

La quasi totalité des lampes à décharge offre une composition spectrale très accidentée fondamentalement différente de celle du corps noir qui n'est constituée que d'un fond continu. Pour cette raison les notions de température de couleur et d'indice de rendu des couleurs de ces lampes ne doivent être considérées qu'à titre indicatif. Si elles permettent de situer les lampes à décharge entre elles, elles ne doivent en aucun cas être rapprochées des valeurs correspondantes des lampes fluorescentes et autres sources.

Ainsi, nous avons opté, pour tous les locaux de la SOTIBA où le besoin du rendu des couleurs est fondamentalement nécessaire, de modifier l'installation à l'avantage des tubes fluorescentes qui sont les lampes recommandées dans le textile.

**Remarque:** La plus récente génération de revêtement fluorescent pour lampe à vapeur de mercure sont les RIVIERA BTC (ballons teinte chaude) conçue par MAZDA. Le rendu des couleurs pour ce type de lampe est de 60 maximal. Ce qui ne répond pas aux besoins de l'industrie textile où la plupart des travaux nécessitent un rendu des couleurs d'au moins 85 IRC.

L'ECLAIRAGE  
DES  
BUREAUX  
ET DES  
ATELIERS

## L'éclairage des bureaux

Il y a déjà quelques années, le célèbre ophtalmologiste américain, le Dr George M. Gould, a montré que la prédominance des défauts visuels avait lieu chez les personnes qui effectuent leur travail dans les bureaux. Il a montré que le travail de bureau peut fréquemment produire à 30 ans le même degré de fatigue que celui normalement atteint à l'âge de 60 ans. Beaucoup d'employés de bureau ont une vue au-dessous de la moyenne et l'éclairage devrait tenir compte de cela ou de ce que le travail de bureau impose des tâches parmi les plus pénibles qui soient.

Pour diminuer l'éblouissement incommode, il faut observer les recommandations suivantes :

- Placer les sources le plus haut possible et en dehors de la ligne normale de vision;
- Protéger les yeux de la brillance des surfaces diffusantes, mais sans que ce soit au détriment de la quantité de lumière envoyée sur le travail;
- Envoyer une certaine proportion de lumière vers les murs et le plafond (éclairage mixte ou semi-direct);
- Utiliser pour les plafonds, les murs et même le sol des teintes claires à grand facteur de réflexion.

Pour suivre les recommandations qui précèdent, l'on est amené à adopter, pour toutes les surfaces qui se trouvent dans le champ visuel, des revêtements mats et clairs. Et ceci non seulement pour les plafonds, les murs et le sol d'un local, mais également pour le mobilier.



Voici quelques valeurs moyennes recommandées pour les facteurs de réflexion :

Plafond : 80 à 85%

murs (partie supérieure) : 65 à 75%

murs (partie inférieure) : 40 à 50%

meubles et machines : 40 à 50%

Sol : 30 à 35%

En bien des cas l'on associe à un éclairage général moyen bien égalisé et réalisé le plus souvent en fluorescence, avec des diffuseurs ou au moyen d'éléments encastrés ou de plafond lumineux, un éclairage supplémentaire localisé :

Lampe de travail sur un bureau ou lampe spéciale sur une table de dactylographie par exemple.

Ceci apporte une note vivante et contribue à fixer l'attention sur une tâche minutieuse en permettant d'avoir facilement la quantité de lumière voulue sur un point bien défini.

### L'éclairage des bureaux d'étude ou de dessin

Je tiens à donner un cachet important à la solution de l'éclairage des bureaux d'étude et de dessin de La SOTIBA car c'est à cause de lui qu'on a initié ce projet à cause des difficultés de vision qu'on y rencontre.

L'éclairage des bureaux d'étude et de dessin pose un certain nombre de problèmes techniques. Il ne suffit pas, en effet, de réaliser, comme dans la plupart des bureaux usuels, un bon éclairage bien réparti sur le plan horizontal, mais encore d'assurer :

- Une diminution aussi complète que possible des ombres portées par la main, le crayon ou la règle ;
- Un éclairage ou un éclairement aussi égal que possible sur les différents plans de travail, celui-ci n'étant pas limité à une surface horizontale, mais à des tables pouvant prendre diverses orientations allant du plan horizontal jusqu'au plan vertical.

En éclairage direct incandescent, les valeurs d'éclairement en lux peuvent varier du simple au double. Au contraire, en éclairage indirect, parfois réalisé dans des bureaux de dessin, l'éclairement devient très uniforme, les ombres sont supprimées et les valeurs d'éclairement contrôlées sur le plan horizontal ou sur le plan vertical sont très peu différentes. La perfection, pourtant, n'est pas atteinte car, une certaine platitude crée une gêne dans le travail et une ambiance peu agréable. La règle générale est donc d'assurer une lumière dont une bonne partie au moins sera dirigée, mais dont la source à l'émission sera bien diffuse, ce qui sera obtenu par un éclairage fluorescent. Grâce à la qualité de bonne diffusion de ces lampes dont la couleur convient plus particulièrement aux travaux de bureau de dessin et d'étude. Le type « blanc brillant de luxe » est le plus indiqué. Ces lampes sont placées dans des réflecteurs, des diffuseurs ou des éléments encastrés au plafond.

Les dispositifs les plus courants consistent à créer au dessus des tables des lignes de lampes fluorescentes. La lumière de celles-ci peut être contrôlée pour tomber directement sur le plan de travail avec un recouvrement des faisceaux qui assure une bonne répartition de lumière sur le plan de travail mais, le plafond mal

éclairé forme un contraste peu agréable et éventuellement gênant. On y remédie en réalisant un éclairage direct-mixte, où 60% environ de la lumière est envoyée directement sur le plan de travail, le surplus éclairant le plafond clair diffusant lui-même une lumière d'ambiance complémentaire. Il reste clair et lumineux.

Il reste aussi de savoir s'il convient de disposer les alignements de lampes parallèlement ou perpendiculairement à l'axe des tables. Or, divers essais ont montré que la disposition oblique à  $45^\circ$  est la plus satisfaisante et conduit à une disparition totale des ombres et à la suppression complète de tout éblouissement par réflexion sur papier glacé ou objets brillants.

On peut soit placer les lampes à  $45^\circ$  par rapport aux tables ou placer les lampes en ligne tout en disposant les tables elles-mêmes à  $45^\circ$ . Ces deux dispositifs sont utilisés assez couramment.

Des murs clairs sont également nécessaires. On adoptera les nouveaux principes qui consistent à remplacer les contrastes de luminance (par exemple brun sur chamois) par des oppositions de couleurs (par exemple vert clair sur chamois clair). Ainsi on pourra prendre les murs en chamois clair et les supports de tables et garnitures en vert clair ou inversement; les deux couleurs de base ayant le même facteur de réflexion.

### L'éclairage des ateliers

Le problème de l'éclairage des ateliers de la SOTIBA couvre<sup>la</sup> quasi-totalité de ce projet et mérite lui aussi une attention particulière.

Bien des ateliers où s'accomplissent journellement des tâches délicates sont encore fort mal éclairés. Il n'existe d'ailleurs aucune loi, au Sénégal, obligeant un industriel à assurer le confort visuel à ces lieux.

Les règles d'un éclairage rationnel doivent tout d'abord être observées. Il a été prouvé de façon certaine que l'éclairage dans les usines modernes augmente la production en améliorant la vision, en stimulant le moral du travailleur et réduisant les risques d'accident.

Un bon éclairage a une influence psycho-physiologique indéniable par l'ambiance qu'il crée dans les lieux et le temps de travail. Du reste l'établissement d'un ~~bon~~ véritable climat social par le soin apporté à la mise en lumière et en couleur d'un local a aujourd'hui très largement fait ses preuves et montré son intérêt en de nombreuses usines où il a permis, non seulement d'accroître la productivité, de diminuer les accidents et l'absentéisme, mais aussi d'accroître considérablement la qualité des produits par l'attention plus grande portée à leur travail par les ouvriers et les employés. Il est certain que pour travailler bien et vite et sans risque d'accident, il faut « y voir clair et y voir abondamment » (Professeur SALMONT, cours Arts et métiers)

Nous devons nous rapporter pour tout projet aux règles de base d'une bonne vision, et nous rappeler que la visibilité est dans la dépendance directe de quatre facteurs principaux qui sont

les suivants :

- la dimension des détails à distinguer (acuité visuelle);
- le contraste de luminance entre les détails et le fond;
- la luminance de la tâche visuelle;
- le temps utile nécessaire pour voir les détails i.e l'adaptation

Ces facteurs ont été précédemment examinés. Leur importance dans l'éclairage des ateliers est fondamentale.

Il est évidemment difficile de parler d'un mode défini d'éclairage pour les ateliers. C'est un cas d'espèce qui est fonction de nombreux facteurs et, en particulier, de la forme du local et du travail qui y est effectué.

Quelque soit le système d'éclairage retenu et la qualité des sources lumineuses employées, il est nécessaire de respecter les niveaux d'éclairage recommandés.

### Le rendu des couleurs

La qualité de la lumière est fonction de son aptitude à permettre une bonne vision des couleurs. Certaines professions y sont spécialement intéressées (teinturerie, textiles etc...) et c'est à l'évidence le cas à la SOTIBA.

La qualité de la lumière est définie en particulier par son indice de rendu des couleurs (IRC). Plus cet indice est élevé, plus la qualité de la lumière est bonne.

Pour un travail visuel normal l'indice de rendu des couleurs doit la source doit être au moins égal à 85.

Pour des utilisations spécifiques nécessitant une définition exceptionnellement précise des couleurs (arts graphiques), cet indice devra être maximal (égal ou supérieur à 90)

### L'ambiance

L'ambiance obtenue, chaude, intermédiaire, froide est définie par la température de couleur (Kelvin). Plus la température de couleur est élevée, plus l'ambiance est froide. En général le choix de la température de couleur se fait en fonction du niveau d'éclairage prévu. Par exemple pour des niveaux d'éclairage faibles les ambiances froides sont mal acceptées. Aussi faudrait-il que chaque application de l'éclairage fluorescent nécessite un choix de la source la mieux adaptée.

LES DIFFERENTES  
METHODES UTILISEES  
POUR LE  
CALCUL  
DE L'ECLAIRAGE

## A. Methode du facteur d'utilisation

Il s'agit de rechercher la disposition, le type et la puissance des foyers lumineux qui permettent à coup sûr d'obtenir un éclairage voisin de l'éclairage désiré. Pour cela, la méthode la plus utilisée, est la méthode du facteur d'utilisation car elle s'applique bien dans les cas où les dimensions du local, et, où l'intensité en bien définie. Les différents auteurs en présentent différentes versions, celle qui est présentée ici est tirée du manuel de l'éclairage de "Westinghouse". Elle a été surtout utilisée pour les locaux où la SOTIBA en voulait une modification complète de l'éclairage, vue son ancienneté.

### choix du mode d'éclairage et du type d'appareil.

Dans les ateliers on fait large emploi de l'éclairage direct dont le rendement élevé favorise, par un certain dosage des ombres, la perception des reliefs.

Dans les bureaux, où l'on évite les ombres, on a recours aux systèmes d'éclairage indirect, semi-indirect ou mixte. Plus grande est la proportion de lumière indirecte, meilleure est la diffusion.

Suivant l'importance accordée à la direction ou à la diffusion de la lumière, on choisira soit des appareils à réflexion régulière, soit des appareils à réflexion ou à transmission diffuse.

Le tableau ci-dessous permet la sélection des sources lumineuses selon la hauteur ( $h$ ) de ces au dessus du plan de travail.



Choix des lampes en fonction de la hauteur du plan utile.

Hauteur (m)	Lampe recommandée
$h \leq 5$	- tubes fluorescents ou - ballons fluorescents de 125W
$5 < h < 8$	- ballons fluorescents de 125W ou de 250W - vapeur de sodium haute pression de 100W
$8 < h < 15$	- ballons fluorescents de 200W ou de 400W - vapeur de sodium haute pression de 250W - ballons fluo. de 400W ou 700W.
$h > 15$	- vapeur de sodium haute pression de 400W - iodures métalliques de 400W

Eclairage recommandable

Selon les types de travaux à effectuer, il existe donc des valeurs très différentes d'éclairage à réaliser. Dans les catalogues Westinghouse on a dressé des tableaux pour les différents genres de travaux et les industries diverses. Bien entendu ces valeurs ou tableaux ne peuvent couvrir tous les cas possibles et on aura recours en conséquence à une estimation acceptable de l'éclairage.

## Facteur total d'utilisation

C'est le rapport du flux utile au flux total émis par les lampes.

Ce facteur dépend du rendement du luminaire, de la courbe de répartition de l'intensité lumineuse, de la hauteur de suspension  $H$ , des dimensions du local, des coefficients de réflexion des murs, du plafond et du plancher.

Le facteur d'utilisation est déterminé à partir du manuel «IES lighting handbook» en fonction de l'indice du local. On calcule cet indice du local (RCR: room cavity ratio) par la formule suivante.

$$RCR = 5H \frac{L+l}{L \times l}$$

$H$ : hauteur de suspension du luminaire par rapport au plan utile

$L$ : longueur du local

$l$ : largeur du local

Remarque: Il est dit plus haut que le facteur d'utilisation est dépendant des coefficients de réflexion. Estimer le coefficient de réflexion d'une surface n'est pas une chose facile. On se contentera d'utiliser les valeurs du tableau IX-22 du manuel «Westinghouse lighting handbook» qui donne ces coefficients pour la plupart des surfaces habituelles.

(Voir annexe)

MÉTHODE ESTIMATIVE DE CALCUL DES ÉCLAIREMENTS

LUX / WATT / MÈTRE<sup>2</sup>

	A incandescence		D.H.I. - Sources D.H.I.						(cw)	
			MV - Mercure		MH - Haloïde		HPS - Sodium H.P.		Fluorescent	
	watts	lm/w*	watts	lm/w*	watts	lm/w*	watts	lm/w*	watts	lm/w*
K EFFICACITÉ DE LA LAMPE	100	17	175	41	175	69	70	70	40	61
	500	22	250	43	250	75	100	79		
	1000	24	400	50	400	92	150	86		
			1000	59	1000		250	88		
		400				400	111			
CU** COEFFICIENT D'UTILISATION	Local*** petit = 0,35 moyen = 0,55 grand = 0,75		Local*** petit = 0,35 moyen = 0,55 grand = 0,75						Local*** petit = 0,30 moyen = 0,50 grand = 0,70	
LLF FACTEUR DES PERTES DE LUMIÈRE	Bon = 0,80 Moyen = 0,70 Médiocre = 0,60		Bon = 0,80 Moyen = 0,70 Médiocre = 0,60						Bon = 0,80 Moyen = 0,70 Médiocre = 0,55	
E ÉCLAIREMENT MOYEN MAINTENU LUX/W/m <sup>2</sup>	Max. = 15		Max. = 30		Max. = 50		Max. = 75		Max. = 35	
	Moyen = 10		Moyen = 20		Moyen = 30		Moyen = 40		Moyen = 25	
	Min. = 5		Min. = 10		Min. = 15		Min. = 15		Min. = 10	

N.B.

\* Les valeurs d'efficacité comprennent les pertes en watts du ballast.

\*\* Les facteurs pris pour établir les valeurs de CU se rapportent à des conditions moyennes d'installation

\*\*\* La grandeur du local est trouvé selon le rapport des cavités  $RCR = \frac{5 \cdot h \cdot (W + L)}{W \times L}$   
où "h" est la hauteur nette i.e. du luminaire au plan utile.

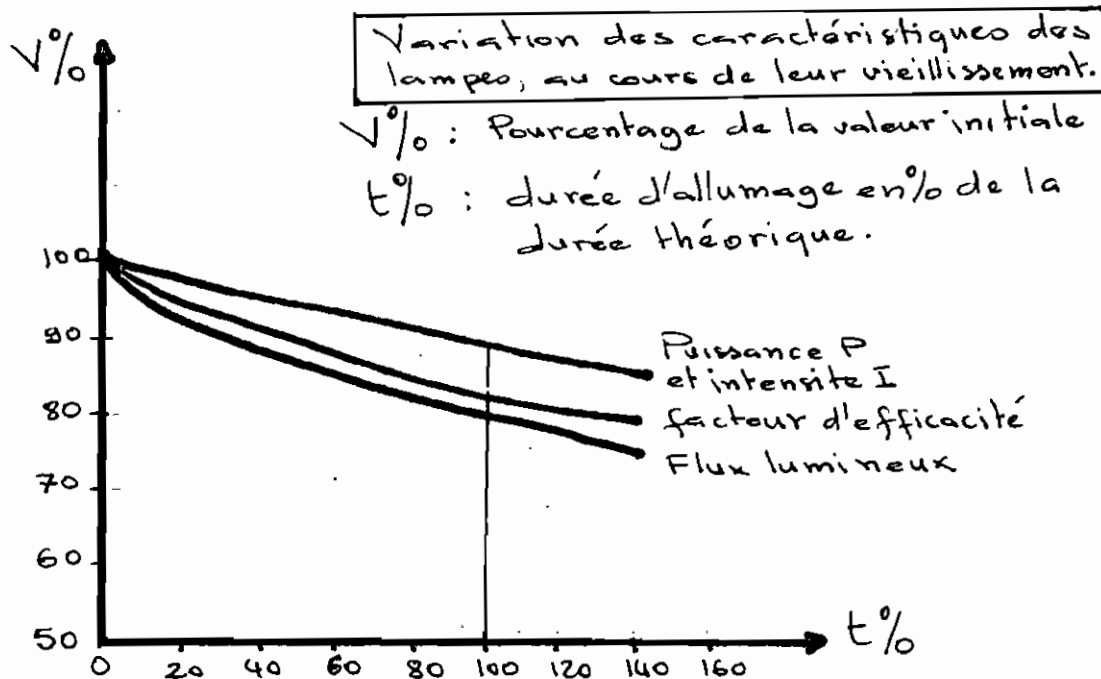
\*\*\*\* Les valeurs d'éclairément ont été arrondies à des chiffres faciles à garder en mémoire. Pour obtenir la précision, il faut utiliser la méthode des lumens par cavités, une fois le luminaire choisi. Ce calcul sert aussi de vérification.

## Détermination du facteur de dépréciation.

Le nombre de lumens donné par le constructeur de lampes est en général celui obtenu au cours de la période neuve de la lampe. Or ce flux diminue au cours du vieillissement de la lampe (Voir figure ci-dessous). Il ya aussi diminution du flux lumineux s'il ya poussière car le facteur de réflexion des parois subit également une diminution progressive plus ou moins rapide.

Ces raisons font qu'il est nécessaire de majorer d'avance le flux des lampes installées afin de tenir compte de cette diminution.

On adoptera en moyenne un facteur de dépréciation de 1.3. Ce facteur pourra dépasser cette valeur en plus ou en moins, suivant le type d'appareil adopté et ~~la~~ suivant la nature plus ou moins poussiéreuse des locaux



## Nombre de lampes nécessaires dans un local.

Le nombre de lampes nécessaires à un local pour qu'il réponde à l'éclairage recommandé peut être maintenant calculé étant donné que tous les facteurs pouvant influencer sur le flux de la lampe sont présent déterminés.

La formule qui permet de trouver le nombre de lampes adéquates est la suivante:

$$N = \frac{E \times S \times F_d}{\phi \times F_u}$$

$N$  = nombre de lampes

$E$  = éclairage recommandé

$S$  = surface du local

$F_d$  = facteur de dépréciation

$\phi$  = flux total de la lampe

$F_u$  = facteur d'utilisation

## Disposition des luminaires dans le local

a) Interdistance maximum entre centres d'appareils

$$d_m = S(ht - h_u - h')$$

b) Nombre d'appareils minimum

- dans la longueur =  $\frac{a}{d_m}$

- dans la largeur  $\frac{b}{d_m}$

$S \approx 1,5 \text{ à } 2,3$  (caractéristique d'interdistance: symbole photométrique)

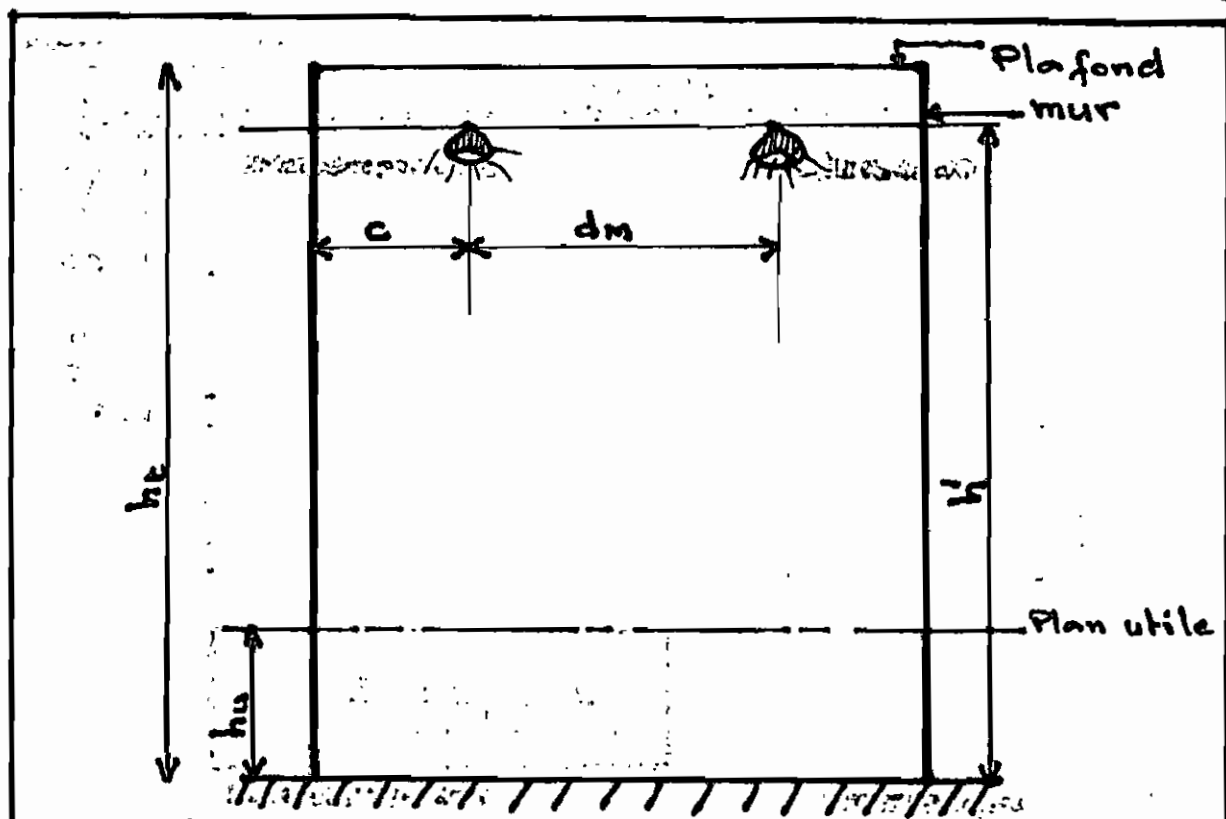
$ht$  = hauteur total du local

$h'$  : hauteur de suspension du luminaire

$h_u$  = hauteur du plan utile

$a$  = longueur du local

$b$  = largeur du local

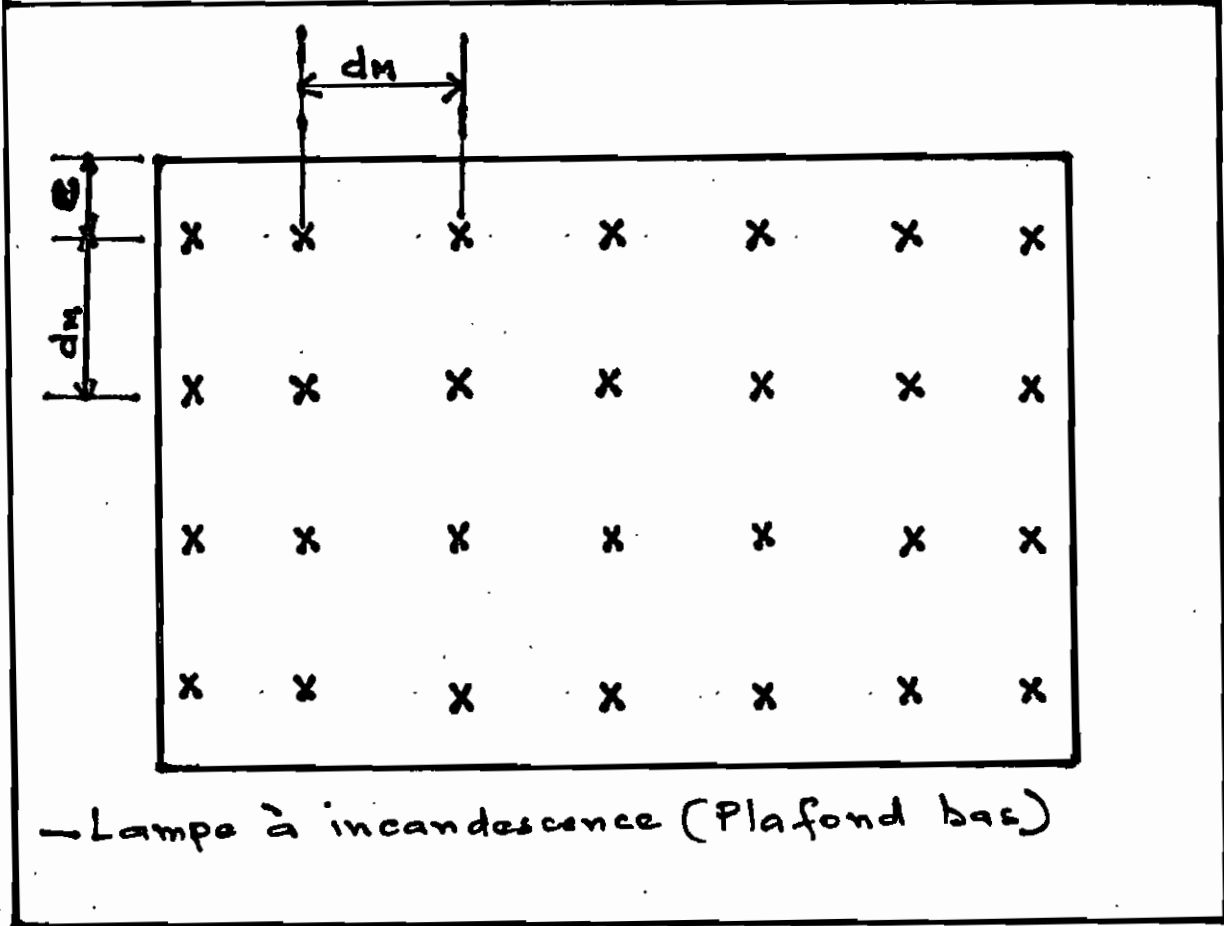
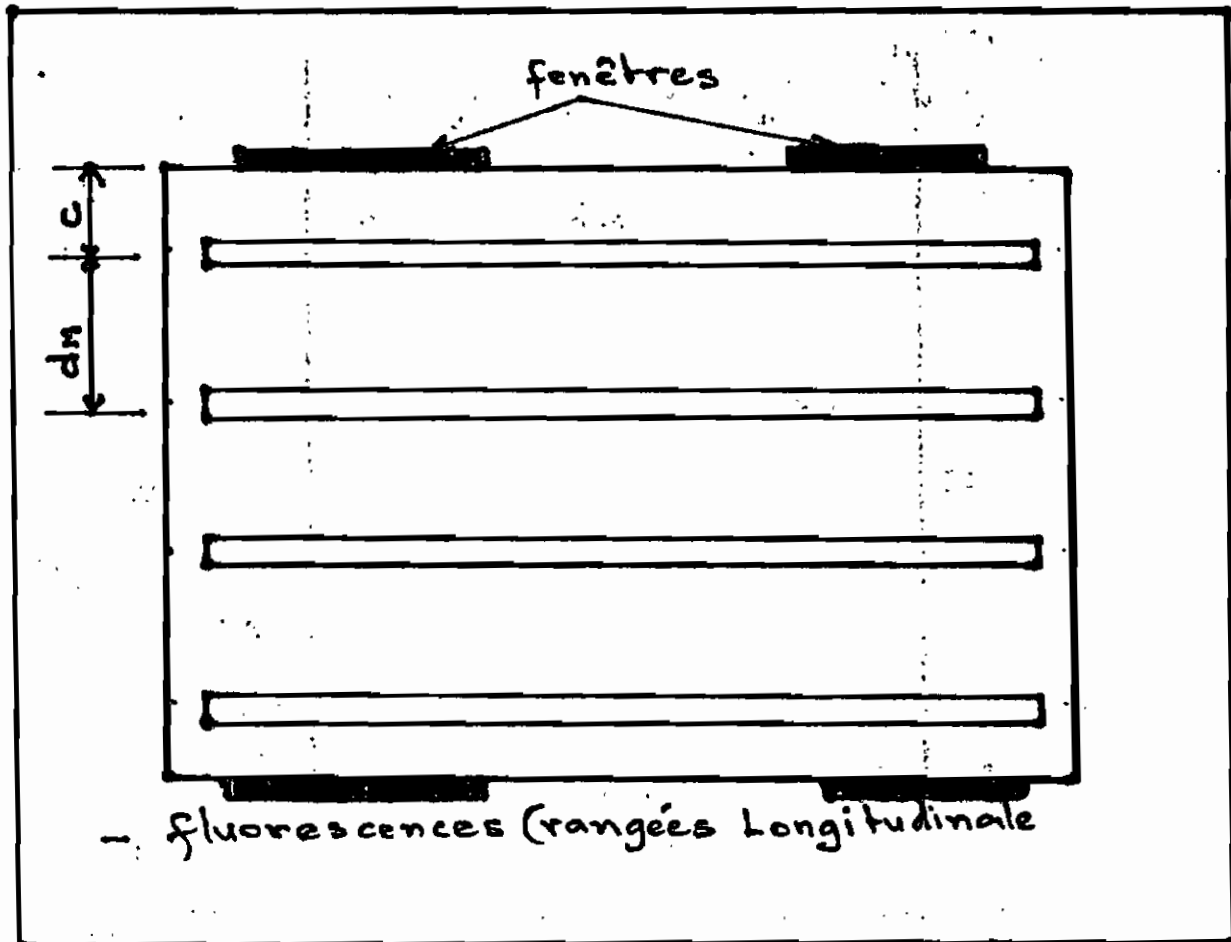


$c = \frac{d_m}{2}$  dans le cas général

$c = \frac{d_m}{3}$  dans le cas où l'on travaille près des murs

La figure de la page suivante donne des exemples d'implantation de foyers lumineux.

La tendance actuelle est de disposer les luminaires en files parallèles aux fenêtres et de les commander séparément. On peut ainsi compenser un mauvais éclairage naturel par l'allumage des files éloignées des fenêtres.



## Exemple de calcul par la méthode du coefficient d'utilisation.

### SALLE DE DESSIN GRAVURE

La salle de dessin de La SOTIBA est éclairée par des réflecteurs industriels équipés de tubes fluorescents lumière du jour.

A priori nous pouvons dire que c'est pas le type d'éclairage qu'il faut à une salle de dessin car l'éclairage direct favorise les ombres portées par la main, le crayon ou la règle et n'assure pas la diffusion de la lumière.

Les tubes fluorescents lumière du jour n'assurent pas la qualité visuelle requise et l'ambiance recommandée pour les salles de dessin.

Le paramètre  $\frac{D}{H}$  n'est pas respecté car la valeur mesurée vaut :

-  $D = 5,5 \text{ m}$  (écartement entre les luminaires)

-  $H = 1,5 \text{ m}$  (hauteur de suspension par rapport au plan utile)

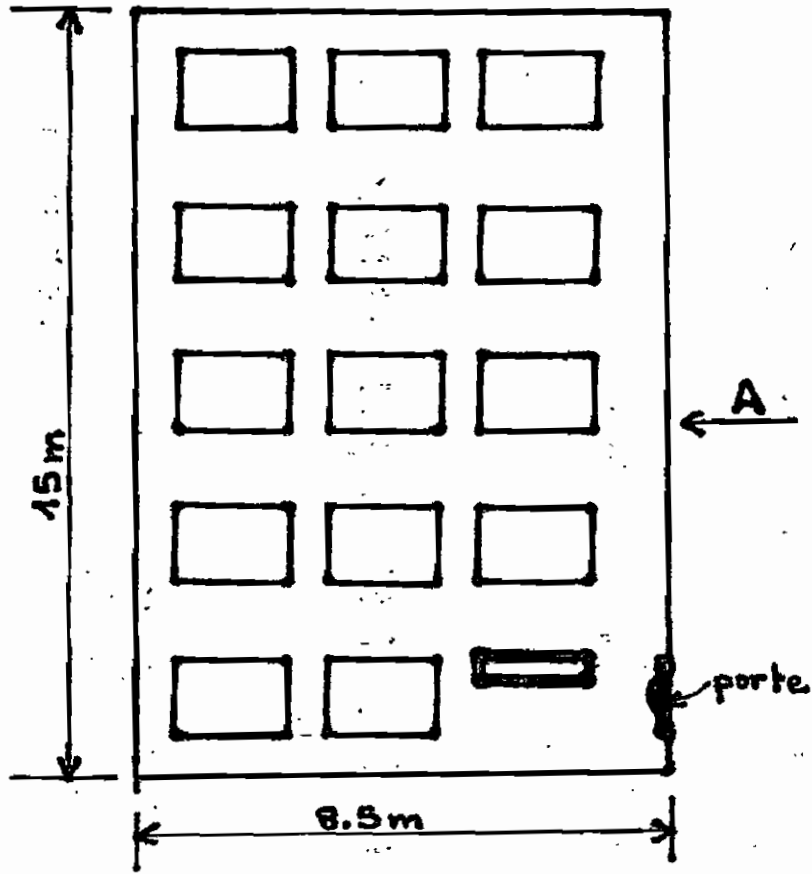
De ce fait on a  $\frac{D}{H} = \frac{5,5}{1,5} = 3,6$

L'interdistance maximale possible par les appareils d'éclairage à l'heure actuelle est d'environ  $2,3 H$ .

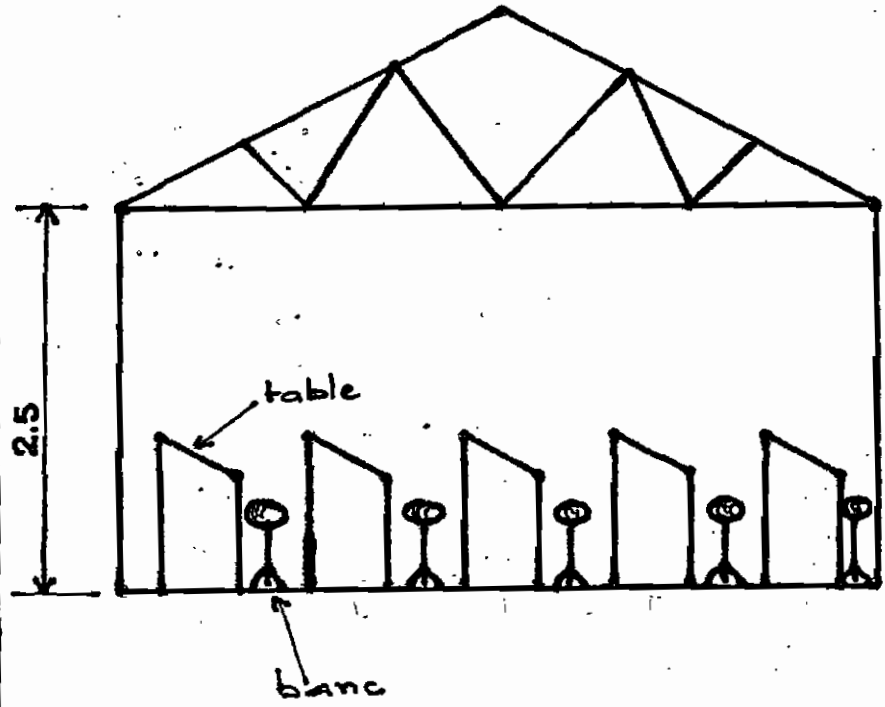
- L'éclairement mesuré sur les tables de travail par le luxmètre n'atteint pas 500 lux. Or la valeur recommandée vaut 1000 lux.



Vue en plan de la salle de dessin



Vue de profil suivant A-A



Le chef de service dessin et gravure m'a suggéré de faire une étude détaillée de l'éclairage de son service et de lui fournir les plans d'implantation et les devis.

De mon côté j'ai trouvé logique de modifier complètement l'éclairage de ce service. Les étapes suivies dans le calcul sont présentées ci-dessous.

### Données concernant la salle de dessin

longueur de la salle : 15m

largeur de la salle : 8.5m

hauteur de la salle : 2.5m

hauteur des tables de travail : 0.7m

coefficient de réflexion  $\left\{ \begin{array}{l} \text{plafond} \approx 60\% \\ \text{murs} \approx 60\% \\ \text{plancher} : 30\% \end{array} \right.$

(Voir schéma page suivante)

### Démarche suivie pour le calcul de l'éclairage

- Eclairage moyen recommandé : \* 1000 lux
- qualité visuelle nécessaire : faible luminance
- Mode d'éclairage : semi-direct
- Lampe choisie : Prestiflux "or brillant"  
référence : TF "P" 58 BRL  
Puissance : 58 W    flux : 5400 lumens  
efficacité lumineuse : 93 lm/W  
IRC = 85    Longueur : 1.5m

- culot G13
- alimentation par ballast traditionnel
- Allumage par starter
- **Luminaire mono**

— luminaire choisi : optilum IP 205 classe I (HAZOP)

c'est un plafonnier pouvant être accouplé avec une lampe fluorescente PRESTIFLUX 58W  $\phi$  26 et permettant un confort visuel de qualité pour les tâches visuelles particulièrement délicates, tout en assurant une haute performance énergétique, lumineuse et visuelle. (Voir courbe photométrique)

- La référence IP 205 indique le luminaire permet une protection contre les corps solides et les chocs.
- classe I : matériel dans lequel la protection contre les chocs électriques ne repose pas uniquement sur l'isolation principale, mais qui comporte une mesure de sécurité supplémentaire sous la forme de moyen d'accordement des parties conductrices accessibles à un conducteur de protection mis à la terre, faisant partie du câblage fixe de l'installation.

— Surface du local =  $15 \times 8.5 = 127.5 \text{ m}^2$

— facteur de dépréciation  $d = 1.25$

- Le facteur de dépréciation est choisi suivant un empoussièrément normal pour ce type de local, un allumage 2 fois par jour, une tension de  $220 \text{ V} \pm 10\%$ .

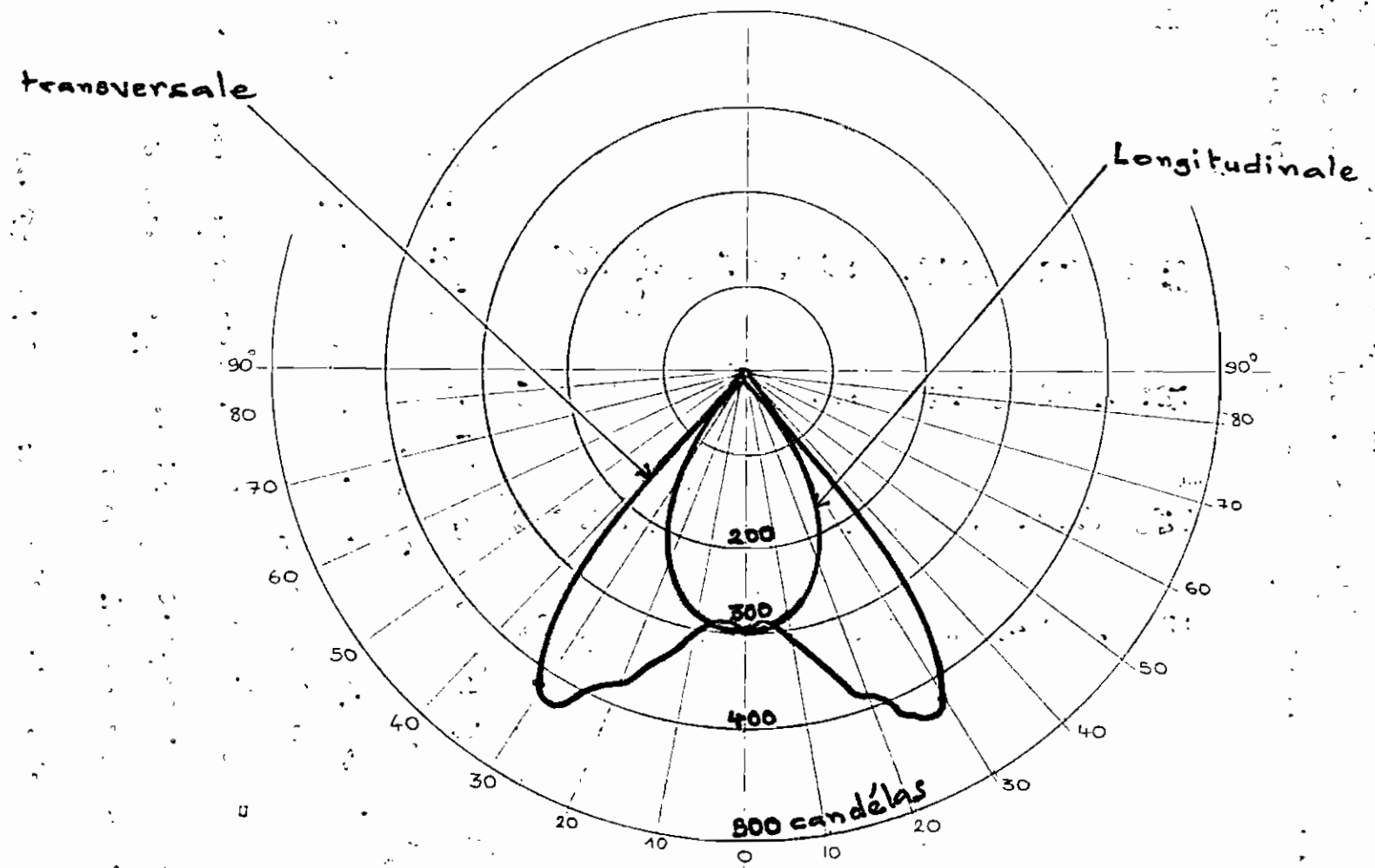
- Nécessite des opérations de maintenance systématique suivant un plan de maintenance optimal.

— indice du local = 3

— facteur d'utilisation = 0.93 (Voir tableau utilances)

— Nombre de lampes =  $\frac{1000 \times 127.5 \times 1.25}{5400 \times 0.93} = 32$

# Courbes photométriques de l'optilum ramenées à 1000lm



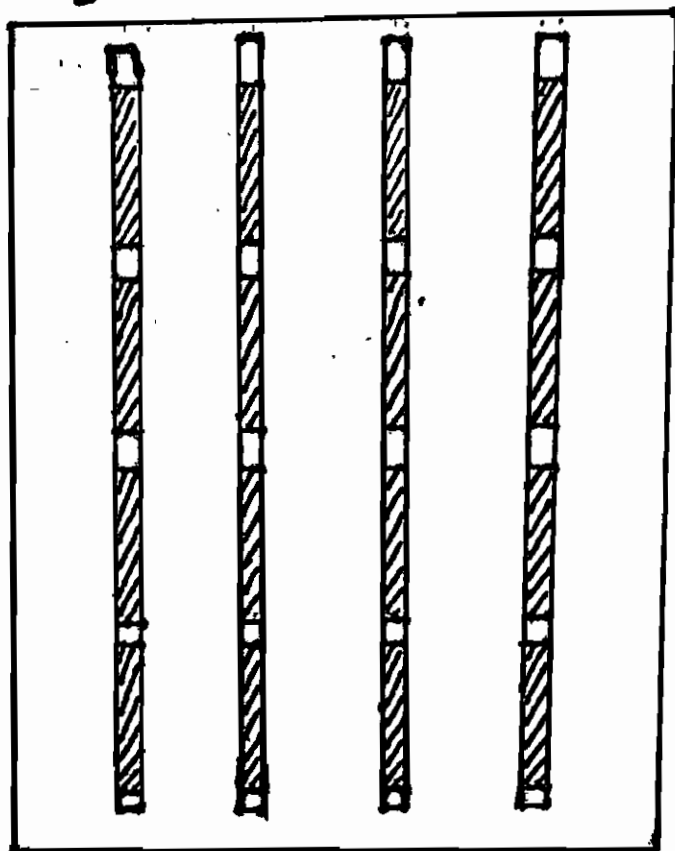
- interdistance maximale entre appareil

$$d_m = 1.3 (2,5 - 0,7) = 2,34 \text{ mètre}$$


- Implantation

Nous adoptons l'implantation suivante :

- 2 lignes de 7 luminaires (ou lampes) suivant la longueur
- 3 lignes de 6 luminaires (ou lampes) suivant la longueur
- ou 4 lignes de (4x2) optilums



Remarque: Avec les tables rangées en ligne l'arrangement optimal sera de disposer deux optilum côte à côte comme sur le schéma ci-dessus.

 = 2 optilums rangés côte à côte

## Abaqués d'éclairage pour modification d'un projet d'éclairage. (Voir annexe)

### Abaque N° I

L'abaque N° I permet de jouer sur trois paramètres : hauteur de suspension, distance entre foyers, types d'appareils.

- 1- Connaissant le type d'appareil et la hauteur de suspension, de déterminer sur l'abscisse O<sub>x</sub> la distance entre foyers ;
- 2- De déterminer la hauteur de suspension, lorsque l'on connaît les deux autres éléments ;
- 3- de déterminer un type d'appareil lorsque les deux autres facteurs sont connus.

### Abaque N° II

L'abaque N° II permet de manipuler trois facteurs que sont : l'éclairage, la distance entre foyers, et l'intensité des lampes.

- 1- Connaissant le nombre de lux nécessaires et la distance entre foyers, de déterminer la puissance des lampes à mettre dans les appareils.
- 2- de déterminer la distance entre foyers, lorsque l'on connaît les deux autres éléments ;
- 3- de déterminer l'éclairage moyen, lorsque les deux autres facteurs sont connus.

L'abaque N° II concerne les réflecteurs émaillés.  
Pour les diffuseurs, il y a lieu de majorer de 40 à 50%  
La puissance des lampes pour le même éclairement en  
lux.

Cet abaque convient pour les lieux de faible éclairement.

## Méthode des niveaux d'éclairement par point

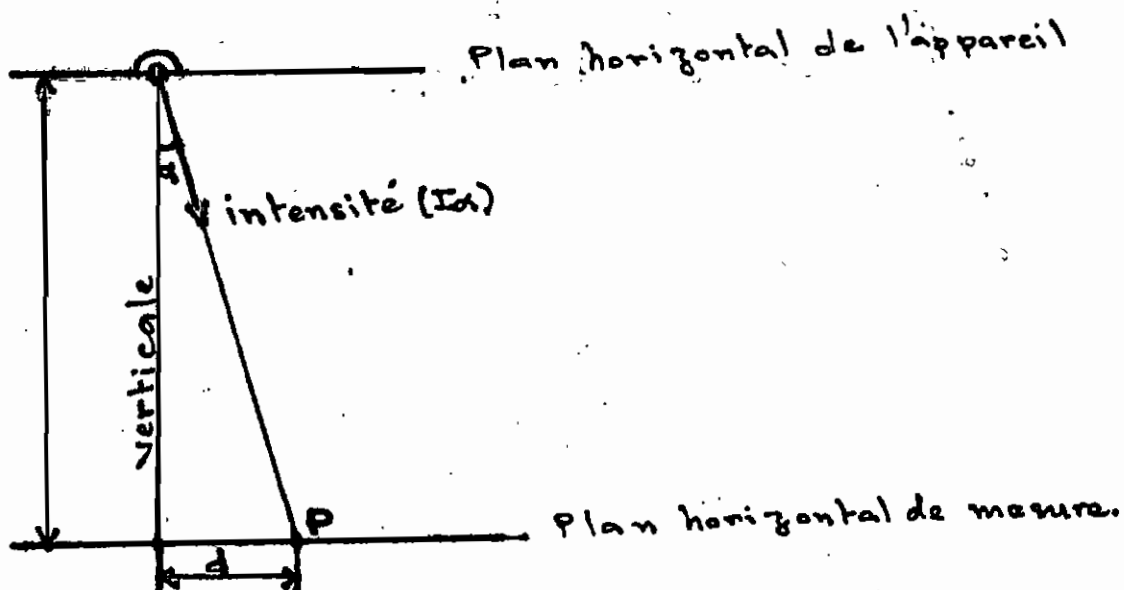
Les courbes d'intensité lumineuse données dans le catalogue des constructeurs permettent de calculer les niveaux d'éclairement fournis par le flux direct d'un appareil en un point d'une surface.

Ces courbes sont définies pour 1000 lumens sortant de la source. Pour connaître l'intensité réelle émise par une source dans un luminaire donné et dans une direction donnée, il suffit de multiplier la valeur relevée sur la courbe par le flux réel de la source divisée par 1000.

$$I = \frac{I(\text{lue}) \times F(\text{source})}{1000}$$

Pour une inclinaison  $\alpha$  par rapport à la verticale et pour une hauteur donnée  $h$ , le niveau d'éclairement horizontal au point P est déterminé par la formule:

$$E_p = \frac{I_\alpha \times \cos^3 \alpha}{h^2}$$





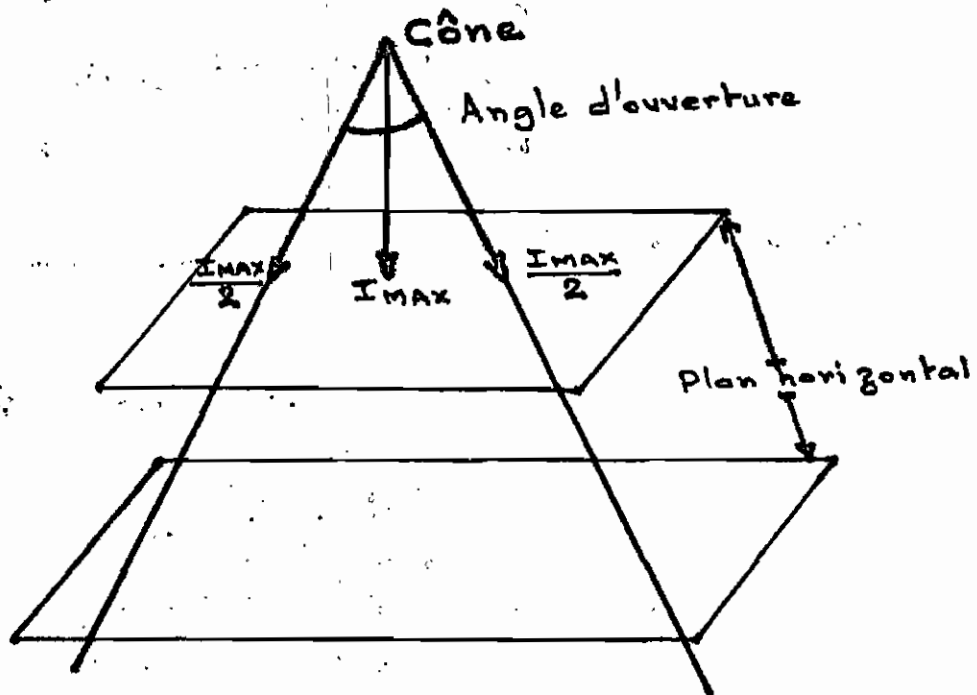
### Remarque.

Pour chaque courbe d'intensité lumineuse des réflecteurs et des projecteurs sont indiqués, ~~sont indiqués~~ les angles pour lesquels l'intensité émise est moitié de l'intensité maximum.

Les valeurs peuvent être différentes dans le plan longitudinal et transversal. Afin de simplifier l'utilisation, les constructeurs fournissent des représentations par cône de lumière pour les sources à réflecteur.

L'angle d'ouverture annoncé, correspond à l'angle d'émission à mi-intensité défini ci-dessus.

L'intersection de ce cône avec chaque plan horizontal détermine les plages d'éclaircissement. Le niveau atteint au centre de la plage est mentionné pour chaque hauteur  $h$ .



## Eclairage extérieur

La méthode utilisée est celle du coefficient d'utilisation. Nous avons utilisé le principal général du calcul de l'éclairement moyen d'une chaussée. On distingue trois cas d'implantation différents :

- 1<sup>er</sup> Cas. appareil à l'aplomb du bord de la chaussée.
- 2<sup>e</sup> Cas. appareil placé au dessus de la chaussée
- 3<sup>e</sup> Cas. appareil placé au dessus du trottoir

Nous avons utilisé dans le calcul projet d'éclairage de la SOTIBA le 1<sup>er</sup> cas, car il en existe dans quelques lieux de l'usine et s'adapte bien à nos besoins d'éclairage. (Voir figure page suivante)

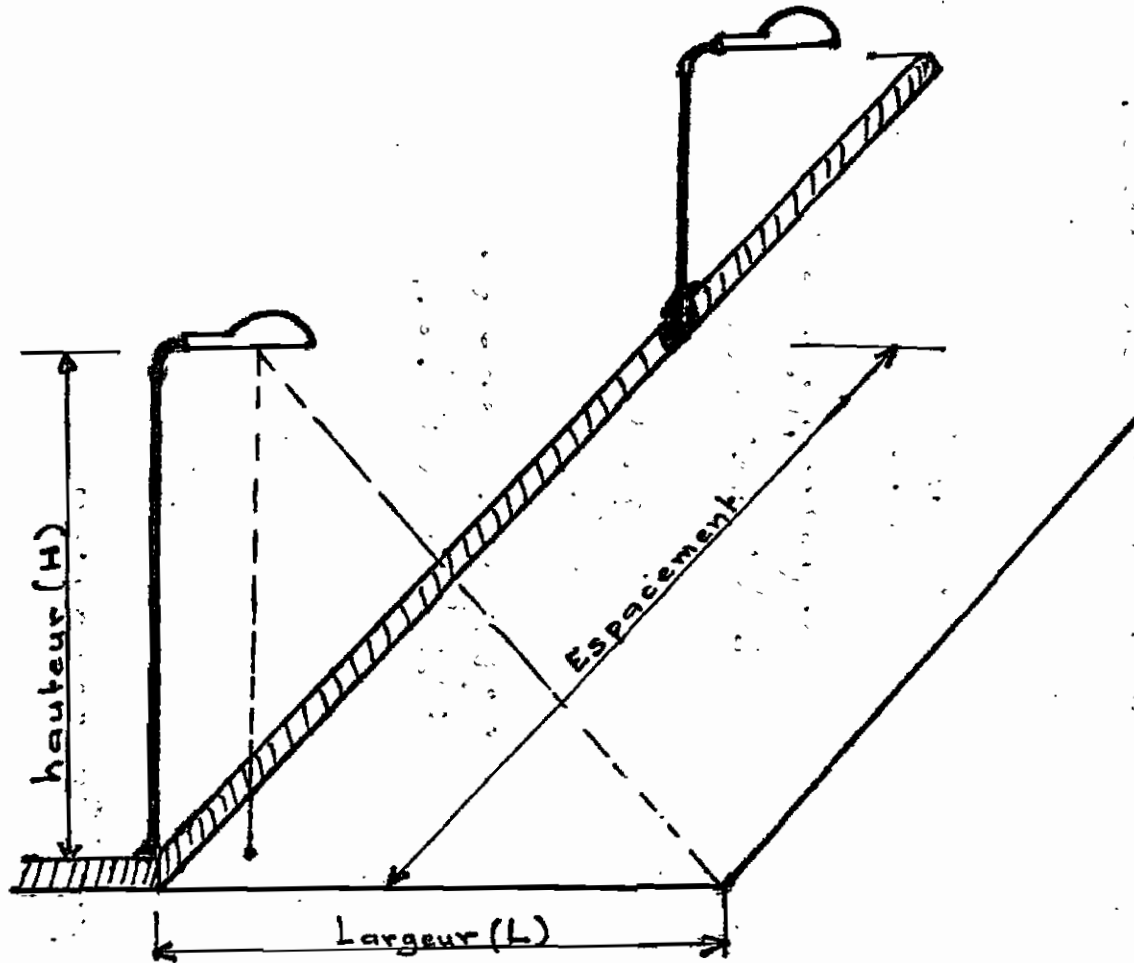
- L'éclairement moyen sur une chaussée est égal au rapport du flux utile reçu par la chaussée sur la surface correspondante de cette même chaussée
- Le flux utile est obtenu par calcul (produit du flux nominale de la lampe par le coefficient d'utilisation)
- Le coefficient d'utilisation est obtenu par lecture sur les courbes de coefficient d'utilisation prévues pour chaque couple lampe-appareil. (Voir figure page suivante)

$$E_{\text{moyenne}} = \frac{F_u \times C_u}{\text{Surface (m}^2\text{)}}$$

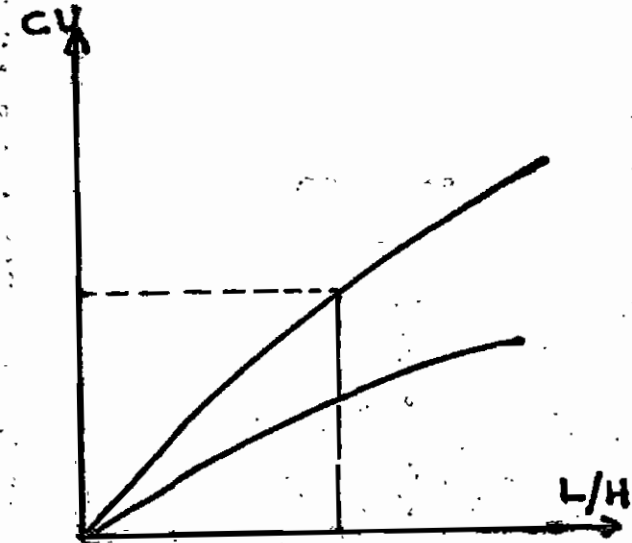
$F_u$ : flux utile d'utilisation flux nominal

$C_u$ : coefficient d'utilisation

### Appareil à l'aplomb du bord de la chaussée



### Détermination du coefficient d'utilisation



$L$  = largeur de la chaussée

$H$  = hauteur de suspension de l'appareil

$C_u$  = coefficient d'utilisation

NECESSITE  
DES  
LUMINAIRES  
DUOS  
(TUBES FLUORESCENTS)

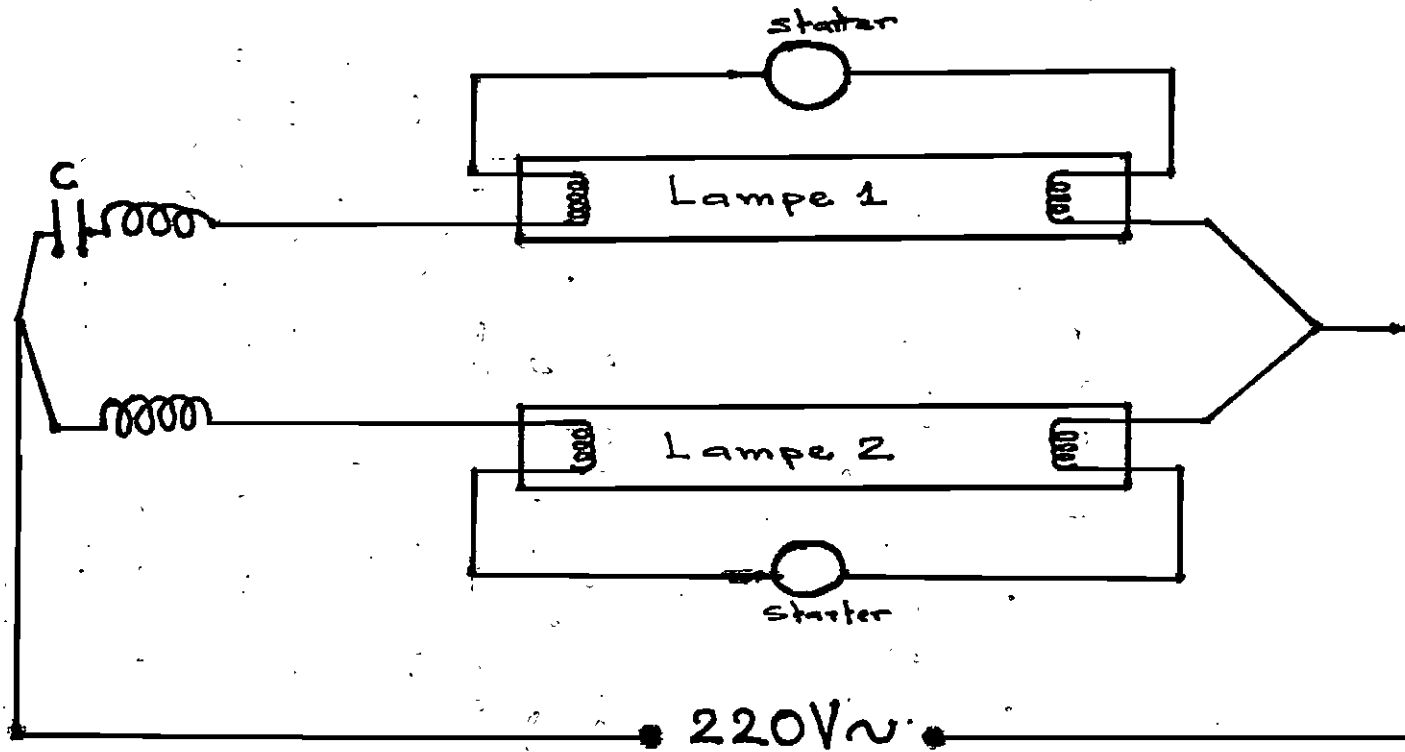
## Le papillotement des lampes

Un reproche que l'on peut faire à toutes les lampes électriques alimentées par la tension alternative du secteur, c'est leur papillotement. L'œil en effet, n'est pas insensible aux variations d'éclat provoquées par les fluctuations du courant, même si celles-ci ne produisent une centaine de fois par seconde. Mais, si ce phénomène est perceptible avec une lampe à incandescence, surtout de faible puissance, il est cependant assez peu marqué car le filament n'a guère le temps de se refroidir pendant le centième de seconde qui sépare deux valeurs maximales du courant. Par contre, dans la lampe fluorescente où cette inertie thermique n'intervient pas, les extinctions périodiques sont beaucoup plus visibles, surtout à proximité des électrodes. Ce défaut de l'éclairage s'aggrave si l'on observe des objets se déplaçant rapidement car alors leur mouvement paraît saccadé. Enfin le papillotement peut engendrer de véritables illusions optiques dans le cas des mouvements périodiques. Cet effet stroboscopique, toujours gênant, devient dangereux dans les ateliers et les usines.

On dispose de plusieurs moyens pour le combattre. Mais le remède le plus couramment employé consiste à corriger les fluctuations lumineuses de plusieurs lampes les unes par les autres. On pourra, par exemple brancher des lampes sur les trois phases du secteur, décalant ainsi leurs émissions maximales d'un tiers de période. Si l'on ne dispose pas d'une alimentation triphasée, on emploiera le montage duo où l'on introduira un condensateur dans l'un des circuits pour créer un déphasage d'un quart de période entre les

Courant traversant les lampes.

En réalité la correction du papillotement pour un tel montage n'est pas aussi parfaite car l'intensité lumineuse émise par chaque lampe ne varie pas d'une façon sinusoïdale avec le temps. Il subsiste donc encore de faibles fluctuations mais, le plus souvent, on peut les négliger, surtout si une même salle est éclairée par plusieurs « DUOS » ou si quelques lampes à incandescence sont ajoutées ~~autres~~ autres.



Montage duo  
pour la correction du papillotement de deux lampes

RESULTATS  
DES  
PROJETS  
D'ECLAIRAGE



## Résultats du projet d'éclairage

Vue l'ampleur des locaux à étudier en vue de satisfaire l'éclairage, nous avons informatisé le calcul d'éclairage par la méthode du coefficient d'utilisation qui est la méthode la plus utilisée dans ce projet. Les résultats sont tabulés sur imprimé en annexe.

Le logiciel utilisé est Le Lotus 1.2.3.

L'organigramme est à peu près semblable à celui fourni à la page suivante.

- Les coûts pour les lampes, appareils et accessoires sont fournis sur l'imprimé.

Les prix ont été tirés sur les guides CLAUDE:

- Barème et prix de facturation des sources lumineuses (1<sup>er</sup> février 1986)

- Barème et prix de facturation des appareils d'éclairage. (1<sup>er</sup> février 1986)

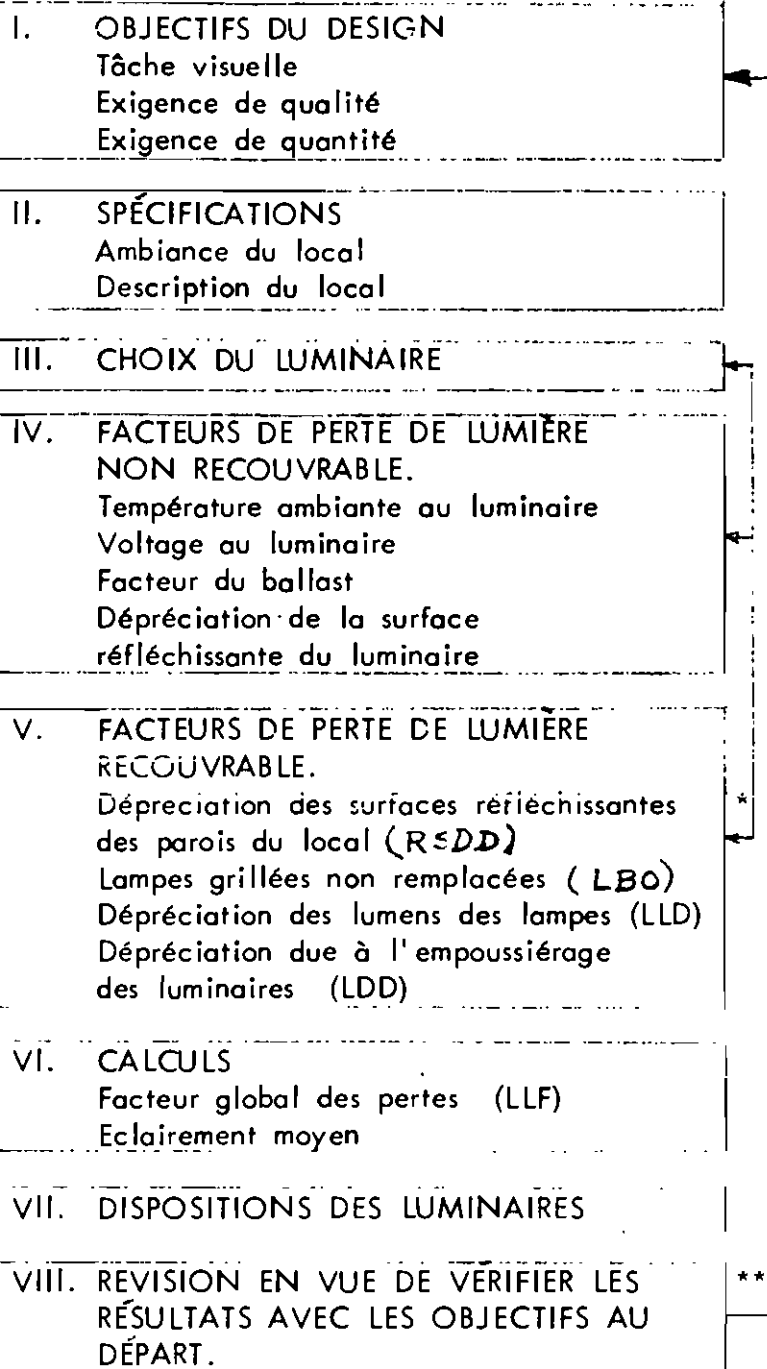
- En vue d'une économie d'énergie nous envisageons d'atteindre certaines sources lumineuses dans certains locaux qui bénéficie de l'ensoleillement pendant le jour. A cet effet nous avons utilisé des interrupteurs horaires pour ces locaux. Nous avons donné sur l'imprimé des résultats, les ~~courant~~ valeurs suivantes pour le choix des interrupteurs horaires, le dimensionnement des câbles et le choix des appareillages de protection.

- Courant permanent jour et nuit: il s'agit en fait des sources lumineuses (ou courant correspondant) continuellement allumées dans

certains locaux. Ceci permettra de regrouper ou d'alimenter par un même câble ces sources lumineuses.

- Courant à éliminer le jour : il s'agit ici des sources lumineuses dont l'état de fonctionnement n'est pas nécessaire durant le jour. Elles seront regroupées ou alimentées par groupes (suivant la disposition des locaux) en vue de leur adjoindre un interrupteur horaire.

## V

ÉTAPES À SUIVRE POUR LE CALCUL  
DU DESIGN D'ÉCLAIRAGE

Si les pertes sont trop grandes, il faut faire un autre choix de luminaire.

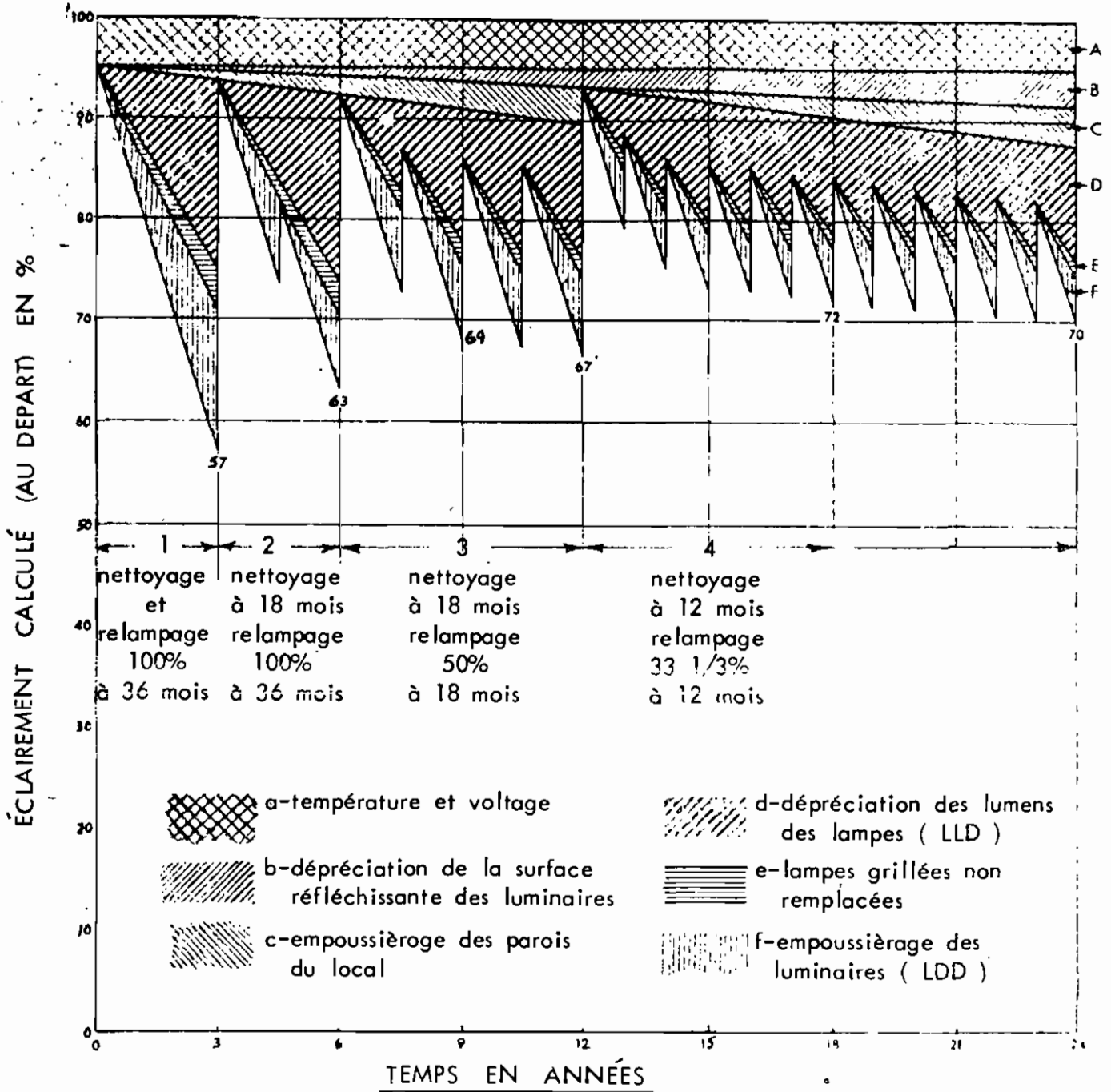
\*\* Si les résultats ne satisfont pas aux objectifs visés ou aux exigences du budget fixé, il faut établir un nouveau design.

## Maintenance des appareils et des sources d'éclairage

Le tableau fourni à la page suivante montre l'importance capitale qu'il faut impérativement accorder à l'entretien des luminaires suivant un plan de maintenance systématique et optimal. Le tableau nous montre avec évidence que l'entretien doit se faire surtout au niveau du nettoyage des luminaires.

La 1<sup>ère</sup> période nous montre que pour un remplacement à 100% des lampes et un nettoyage après 36 mois de fonctionnement l'éclairément peut tomber jusqu'à 57% de sa valeur initiale. Ainsi le planning d'entretien de la période 4 s'avère la plus efficace.

EFFET DE LA MAINTENANCE SUR L'ÉCLAIREMENT



- 1- Le graphique a été établi pour une installation de lampes fluorescentes 40 watts, T-12 blanc froid, à allumage rapide, dans des luminaires fermés type plafonnier, fonctionnant 10 heures par jour, 5 jours par semaine et 2600 heures par année.
- 2- Les quatre systèmes ont été mis sur le même graphique pour en faciliter la compréhension.
- 3- Afin d'établir une comparaison entre les quatre systèmes, chacun de ceux-ci doit commencer au même temps et couvrir la même durée.

## CONCLUSION - RECOMMANDATIONS

- La disposition des charges prioritaires sur le schéma unifilaire n'est pas conforme aux règles de l'installation électrique car elle impose l'utilisation d'un second câble d'alimentation pour chaque charge prioritaire.  
La solution préconisée est de regrouper les charges prioritaires sur un ou deux transformateurs et ainsi économiser l'achat d'un second câble ce la solution semble plus économique.
- Nous avons proposé dans l'étude du projet deux solutions d'implantation de groupe.
  - solution 1 : implantation de ~~2~~ 2 groupes de secours
  - solution 2 : implantation de 1 groupe de secours avec adjonction d'un transformateur basse tension
- Nous recommandons d'utiliser les sources lumineuses suivantes pour leur grande efficacité lumineuse, leur durée de vie et leur facilité d'entretien :
  - MACS 150 (code 18617) de 150W avec un flux lumineux 13.500 lumens (MAZDA)
  - MACS 150 (18613) de 150W avec un flux lumineux de 15.500 lumens (MAZDA)
 ces deux types de lampes nécessitent un culot E 40.
  - SON/H 210 (pour l'éclairage extérieur) avec

un flux de 18.000 lumens, ballast BH 250, condensateur de compensation 20  $\mu$ F, puissance 210 W (PHILIPS)

- SON/H 350 (pour l'éclairage extérieur) avec un flux lumineux de 34.000 lm; ballast BH 400, condensateur de compensation 30  $\mu$ F, puissance 350 (PHILIPS)
- HPI 250 BUS: flux lumineux 17500 lumens, ballast BH 250, condensateur de compensation 20  $\mu$ F, puissance 250 W (PHILIPS)
- HPI 400 BUS: flux lumineux 30600 lumens, ballast BH 400, condensateur de 25  $\mu$ F, puissance 400 W (PHILIPS)

- L'utilisation des lampes à vapeur de sodium haute pression (MAES 100) permettent, pour l'éclairage intérieur de l'usine, de faire une économie de 60 Watts par lampe avec utilisation d'un culot E 40. Le coût sera récupéré sur un délai très court, car chaque lampe permet une économie de  $\quad\quad\quad$  par jour pour une durée de fonctionnement de huit (8) heures par jour et un coût moyen de  $\quad\quad\quad$  Le Kilowatt-heure.

- Sur les imprimés du calcul d'éclairage qui se trouve en annexe nous avons spécifié pour chaque local de l'usine :

- La hauteur de suspensions des lampes
- La distance optimale et la distance maximale admissible entre les lampes.
- Le prix des lampes, des luminaires et des accessoires.

# Annexes:

(Voir page suivante)



TEMPÉRATURE DE COULEUR  
CORRESPONDANTE

Annexe N° 1

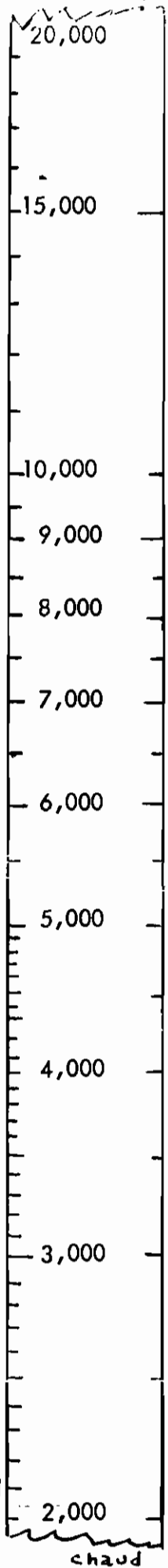
FLUORESCENT HAUTE INDICE  
7500° K (CRI)

FLUORESCENT HAUT INDICE  
5000° K (CRI)

LAMPES FLUOR. CW ET CWX

LAMPES FLUOR. WW ET WWX

LAMPES SODIUM HAUTE PRESSION



CIEL BLEU DU NORD - OUEST

CIEL BLEU AVEC NUAGES BLANCS  
MINCE COUCHE

CIEL BLEU

CIEL DU NORD (MOYEN)

CIEL COUVERT UNIFORMÉMENT

SOLEIL DU MIDI (MOYEN)  
MÉLANGE DU SOLEIL ET DE LA  
LUMIERE DU CIEL (MOYEN)

MERCURE BLANC DE LUXE  
FROID

MERCURE BLANC DE LUXE  
CHAUD

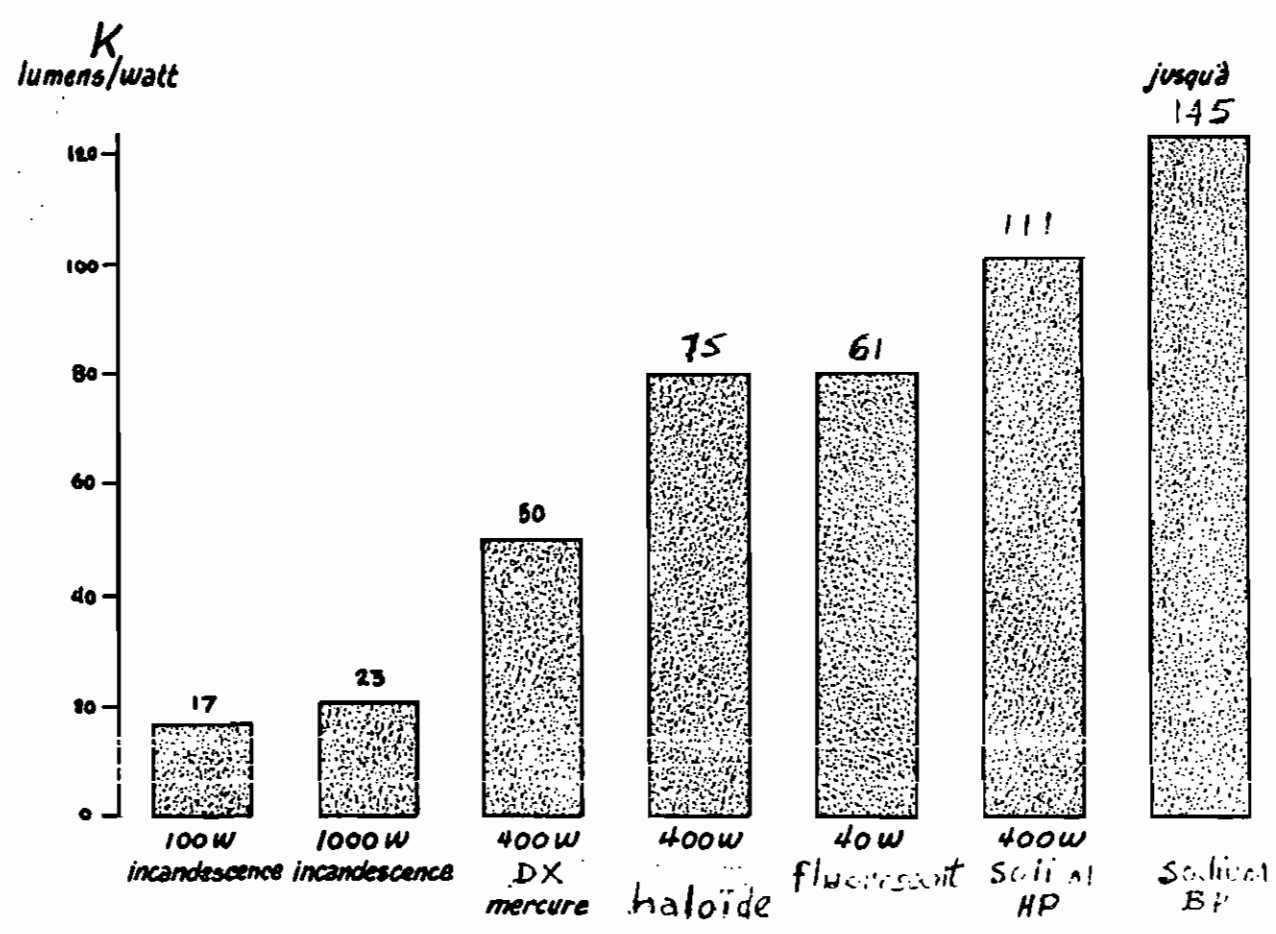
LAMPE A INCANDESCENCE 100 WATT

LAMPE A INCANDESCENCE 25 WATTS

FLAMME D'UNE CHANDELLE

chaud

EFFICACITÉ LUMINEUSE DES SOURCES



Les chiffres au-dessus des colonnes indiquent les valeurs K des différentes sources lumineuses. Les pertes dans le ballast sont incluses.

Type de Lampe	Watts	Couleur	Application	Lumens (Initial)	Durée de vie (heures)	Lumens/Watts
Sodium basse pression	180	jaune	Espaces découverts	32,000	18,000	145
	135	jaune	Espaces découverts	21,500	18,000	121
	90	jaune	Espaces découverts	12,500	18,000	100
	55	jaune	Espaces découverts	7,700	18,000	96
	35	jaune	Espaces découverts	4,650	18,000	78
Sodium Haute Pression	1000	blanc doré	int-ext	140,000	24,000	127
	400	blanc doré	int-ext	50,000	24,000	111
	360(1)			34,200	12,000	83
	250	blanc doré	int-ext	25,500	24,000	88
	150	blanc doré	int-ext	16,000	24,000	107 (5)
	100	blanc doré	int-ext	9,500	24,000	79
	70	blanc doré	int-ext	5,800	24,000	70
Halofides (Halogénures métalliques)	1500	blanc bleu	sport	155,000	1,500	95
	1000(2)	blanc bleu	Int. seulement	88,000	10,000	82
	1000	blanc bleu	int-ext	100,000	10,000	92
	400(1)	blanc bleu	Int. seulement	34,000	15,000	76
	400	blanc bleu	int-ext	34,000	15,000	75
	175	blanc bleu	int-ext	14,000	7,500	69
à Vapeur de Mercure (Deluxe)	1000	blanc	int-ext	63,000	24,000	59
	400	blanc	int-ext	22,500	24,000	50
	250	blanc	int-ext	12,100	24,000	43
	175	blanc	int-ext	8,150	24,000	41
	100	blanc	int-ext	2,850	24,000	24
à Vapeur de Mercure (Claire)	1000	bleuté	extérieur	57,000	24,000	53
	400	bleuté	extérieur	21,000	24,000	47
	250	bleuté	extérieur	11,200	24,000	40
à Vapeur de Mercure à résistance intégrée	750	blanc	intérieur	14,000	16,000	19
	450	blanc	intérieur	9,500	16,000	21
	300	blanc	intérieur	7,800	20,000	26
	160	blanc	intérieur	2,700	20,000	17
Fluorescentes	215(3)	standard	int-ext	14,500	10,000	62
	215(3)	deluxe	int-ext	10,000	10,000	43
	115(3)	standard	int-ext	6,750	9,000	50
	115(3)	deluxe	int-ext	5,000	9,000	37
	110(4)	standard	int-ext	9,200	12,000	67
	110(4)	deluxe	int-ext	6,600	12,000	49
	60(4)	standard	int-ext	4,300	12,000	54
	60(4)	deluxe	int-ext	3,050	12,000	38
	75	standard	intérieur	6,300	12,000	65
	75	deluxe	intérieur	4,500	12,000	46
	40	standard	intérieur	3,150	20,000	61
	40	deluxe	interieur	2,200	20,000	42
	Tungstène-Halogène (Quartz)	500	blanc rosé	int-ext	10,700	2,000
1500		blanc rosé	int-ext	35,800	2,000	24
à Incandescence	1500	rosé	sports	34,400	1,000	23
	1500ES	rosé	int-ext	29,800	2,500	20
	1000	rosé	sports	23,740	1,000	24
	500	rosé	int-ext	10,850	1,000	22
	300	rosé	int-ext	6,360	750	21
	100	rosé	int-ext	1,740	750	17
	100ES	rosé	int-ext	1,460	2,500	15
	100VS	rosé	int-ext	1,480	1,000	15

\* Incluant les pertes dans le ballast.

(1) Peut fonctionner avec ballast 400w. mercure approuvé.

(2) Peut fonctionner avec ballast 1000w. mercure approuvé.

(3) 1500 ma

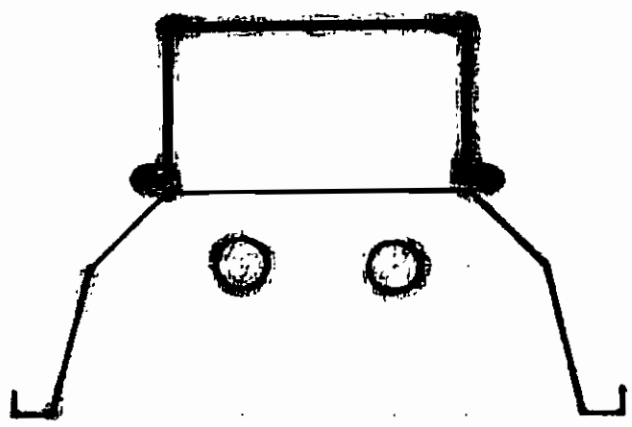
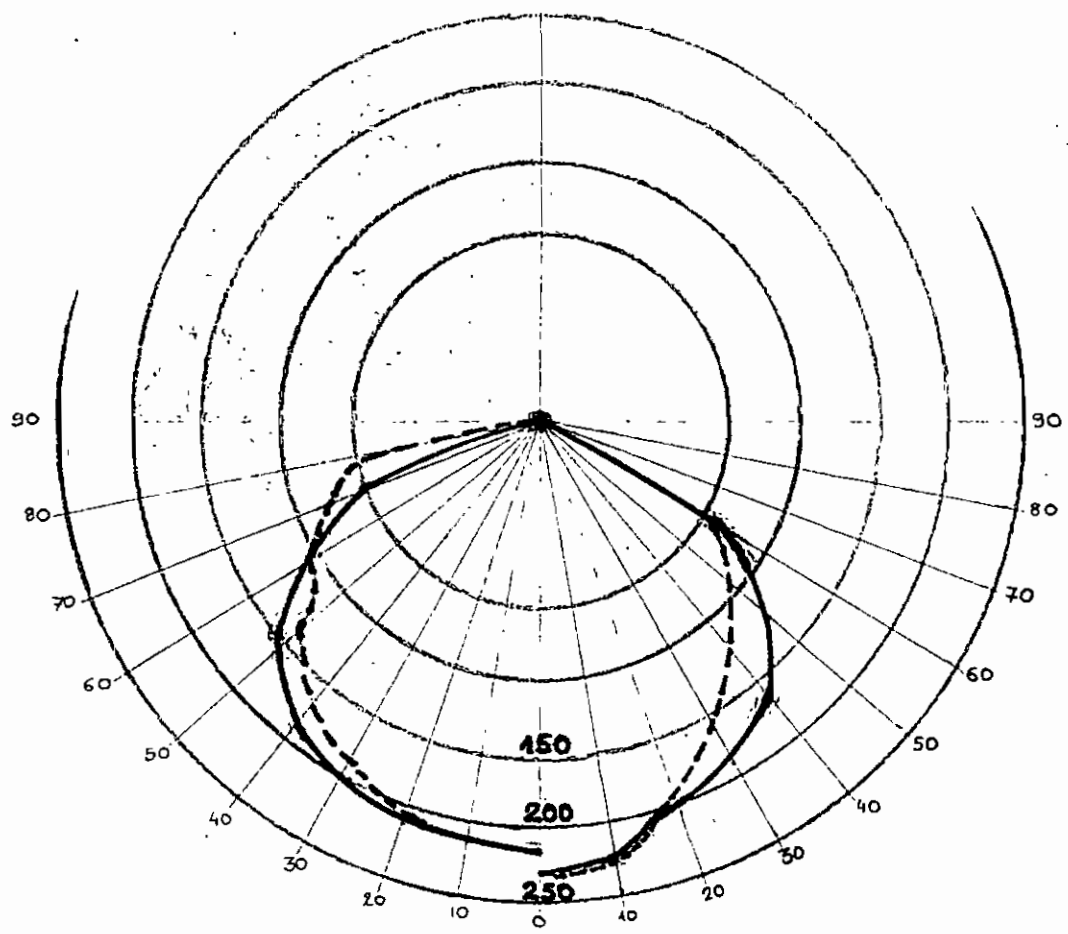
(4) 800 ma

(5) Pertes dans le ballast non incluses.

ES: Longue durée VS: Anti-vibration

Courbe photométrique du réflecteur  
RFM 265 N 20C-TE "MAZDA"

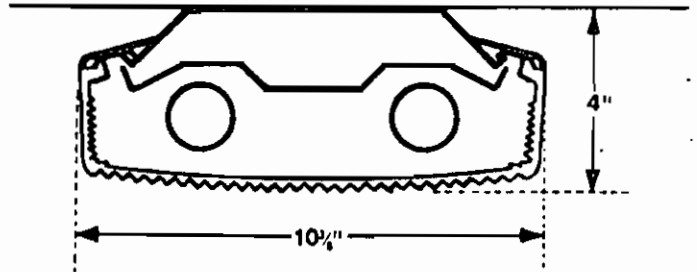
Annexe N° 4



Réflecteur RFM pour 2 lampes de 58W

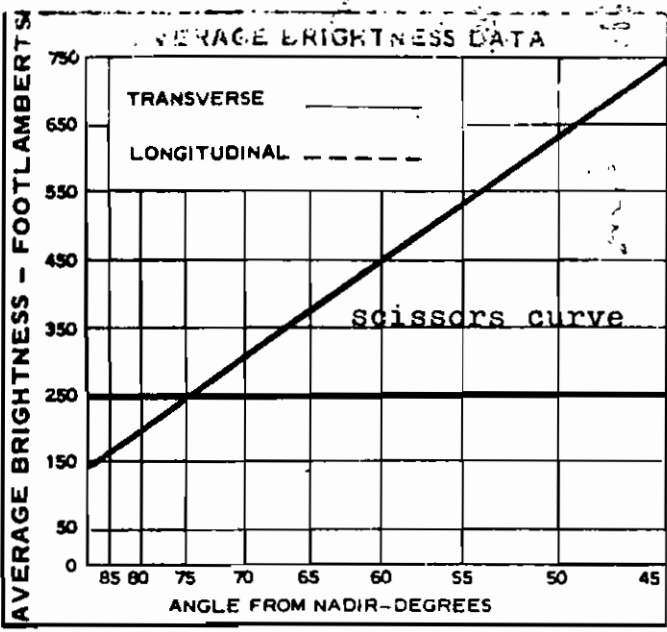
THE "SATELITE" SERIES

Annexe No 5

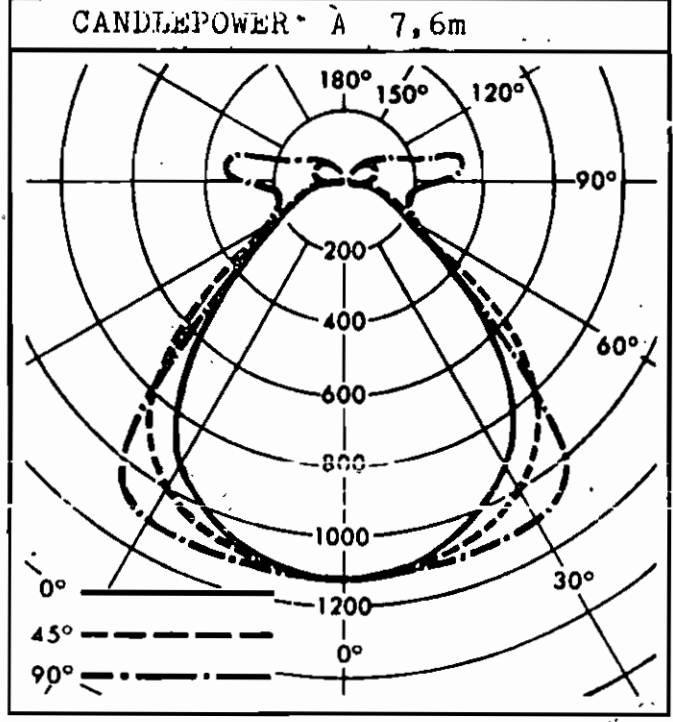


LENS NO. 6500 (ACRYLIC)

LAMPS: TWO, 40 WATT, T-12, TYPE F, STD. COOL WHITE AT 2,500 LUMENS EACH  
 AUXILIARY: ONE, TWO LAMP, 118 VOLT, 60 CYCLE, HIGH POWER FACTOR



Courbes des intensités lumineuses



BRIGHTNESS VALUES IN FOOTLAMBERTS						
ZONE	TRANSVERSE			LONGITUDINAL		
	MAX. VALUE	ANGLE	RATIO MAX/AV.	MAX. VALUE	ANGLE	RATIO MAX/AV.
0-45	2105	0		2105	0	
45-60	1800	45		1180	45	
	1365	50		875	50	
60-75	560	60		490	60	
	1220	90		400	75	
75-90	710	85		400	85	
	SHIELDING ANGLE					

LUMINAIRE FLUX VALUES			
ZONE	LUMENS	% TOTAL LAMP LUMENS	% TOTAL LUM. LUMENS
0-30°	901	18.0	29.7
0-40°	1489	29.8	49.1
0-60°	2207	44.1	72.6
0-90°	2592	51.8	85.3
90-180°	445	8.9	14.7
0-180°	3037	60.7	100.0
TOTAL LAMP LUMENS		5,000	
LUMINAIRE EFFICIENCY		60.7	
CIE CLASSIFICATION		SEMI-DIRECT	

UTILIZATION TABLE													
% FLOOR REFLECTION	30				10				10				10
	80				80				70				50
% CEILING REFLECTION	50				30				10				50
	30				10				50				30
% WALL REFLECTION	50				30				10				50
	30				10				50				30
ROOM RATIO	ROOM INDEX	COEFFICIENT OF UTILIZATION (X.01)											
0.6	J	29	25	28	24	21	28	24	21	26	23	21	
0.8	I	35	30	34	30	27	33	29	26	32	28	26	
1.0	H	41	35	38	34	31	38	34	31	36	32	30	
1.25	G	46	40	43	38	35	42	38	35	40	36	34	
1.5	F	50	44	46	42	39	45	41	38	42	39	37	
2.0	E	55	50	50	46	43	48	45	42	46	43	41	
2.5	D	58	53	52	49	46	51	48	45	48	46	44	
3.0	C	61	56	54	51	49	53	50	48	50	47	46	
4.0	B	64	60	56	54	51	55	52	51	52	50	48	
5.0	A	66	63	58	56	54	56	54	53	53	52	50	

LUMINAIRE FINISH: WHITE (REF. = 87%)  
 LUMINAIRE EFFICIENCY: 60.7%

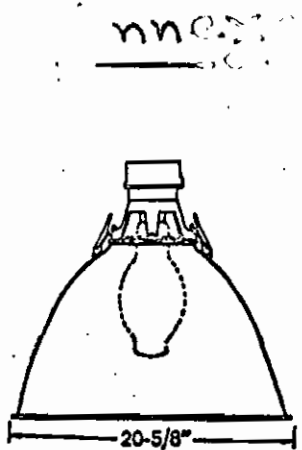
DATE: FEBRUARY 6, 1959  
 JOB NO.: FR-663  
 DWG. NO.: RD 83049

BY  
 THE HYDRO-ELECTRIC POWER COMMISSION OF ONTARIO  
 RESEARCH DIVISION

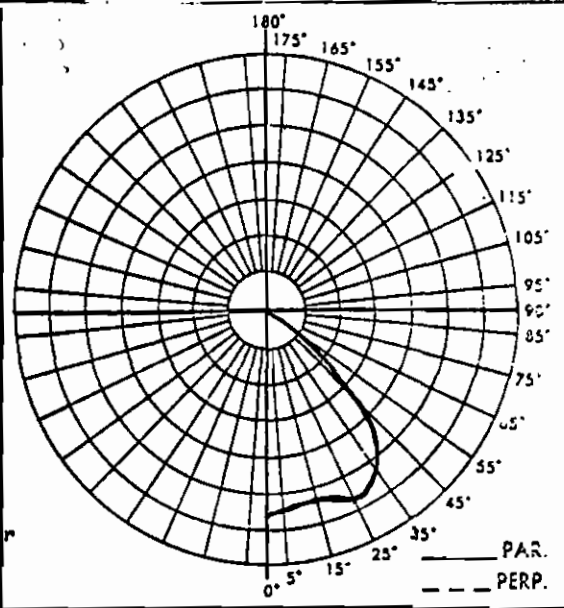
\* CALCULATED BY ZONAL INTERFLECTANCE METHOD

RAPPORT PHOTOMETRIQUE D'UN REFLECTEUR INDUSTRIEL

MID-ZONE ANGLES	DISTRIBUTION (CANDELA)			ZONAL LUMENS
	VERTICAL PLANE			
	PARALLEL	45°	PERP.	
75		0		11
70		29		
65		41		150
60		512		
55		1410		1560
50		3800		
45		6730		5100
40		9440		
35		10820		6630
30		11480		
25		11640		5310
20		11130		
15		10980		3120
10		11130		
5		11200		1050
0		11380		

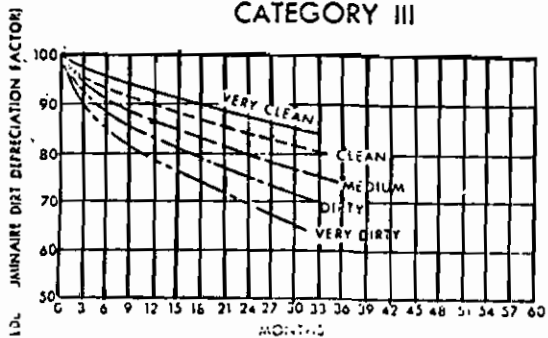


Rapport = Espacement/hauteur  
(h/c) = 1.4 : 1



MAINTENANCE CHARACTERISTICS

CATEGORY III



LAMP SHIELDING

DIRECT VIEW OF LIGHT EMITTING SURFACE OF LAMP SHIELDED AT GIVEN DEGREES BELOW HORIZONTAL

CROSSWISE 21°

LENGTHWISE

ZONAL LUMEN TABULATION

ZONE	LUMEN SUM	% BARE LAMP	% LUMINAIRE
0-30°	9510	31.7	41.3
0-40°	16170	53.9	70.2
0-45°			
0-60°	22830	76.1	99.3
0-90°	22991	76.6	100.0
90-180°	0	0	0
0-180°	22991	76.6	100.0

Lumens de la lampe haloïde de 400 watts: 30.000

COEFFICIENTS

D'UTILISATION

Pfc = 20% réflectance effective de la cavité du plancher

PCC	80						70						50					
	80	70	50	30	10	0	80	70	50	30	10	0	80	70	50	30	10	0
1	88	87	84	82	80	79	86	85	83	81	79	78	82	81	79	78	77	76
2	84	82	78	75	72	70	82	80	77	74	71	70	79	77	74	72	69	68
3	80	77	72	67	64	63	79	76	71	67	64	62	75	73	69	65	63	61
4	77	73	66	61	58	56	75	71	65	61	57	56	71	68	63	60	57	55
5	73	68	61	56	52	50	71	67	60	55	52	50	68	64	59	54	51	50
6	69	63	56	50	47	45	67	62	55	50	47	45	64	60	54	49	46	45
7	65	59	51	45	42	40	63	58	50	45	41	40	60	56	49	45	41	40
8	61	55	46	41	37	36	60	54	46	41	37	36	57	52	45	40	37	36
9	58	51	42	37	33	32	56	50	42	36	33	32	53	48	41	36	33	31
10	54	47	38	33	29	28	53	46	38	33	29	28	50	45	37	32	29	28

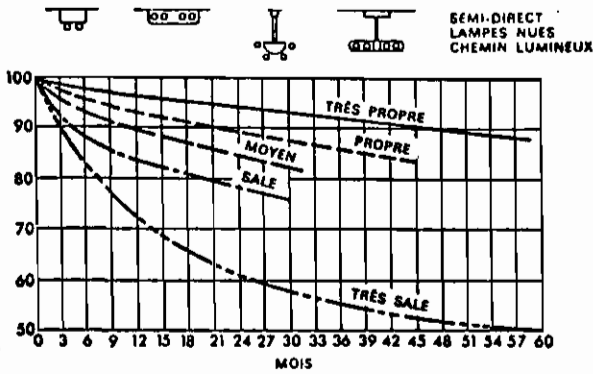
  

PCC	30			10			0											
	80	70	50	30	10	0	80	70	50	30	10	0						
1	79	78	77	75	74	74	75	75	74	73	72	72	74	74	73	72	71	71
2	75	74	72	70	68	67	73	71	70	68	66	66	71	70	69	67	66	65
3	72	70	67	64	62	61	69	68	65	63	61	60	68	66	64	62	60	59
4	68	66	62	59	56	55	66	64	60	58	55	54	65	63	60	57	55	54
5	65	62	57	54	51	50	62	60	56	53	50	49	61	59	55	52	50	49
6	61	58	53	49	46	45	59	56	52	48	46	44	58	55	51	48	45	44
7	58	54	48	44	41	40	55	52	47	44	41	40	54	51	47	43	41	40
8	54	50	44	40	37	35	52	49	43	39	37	35	51	48	43	39	36	35
9	51	46	40	36	33	31	49	45	39	35	32	31	48	44	39	35	32	31
10	48	43	36	32	29	28	46	42	36	32	29	28	45	41	36	32	29	28

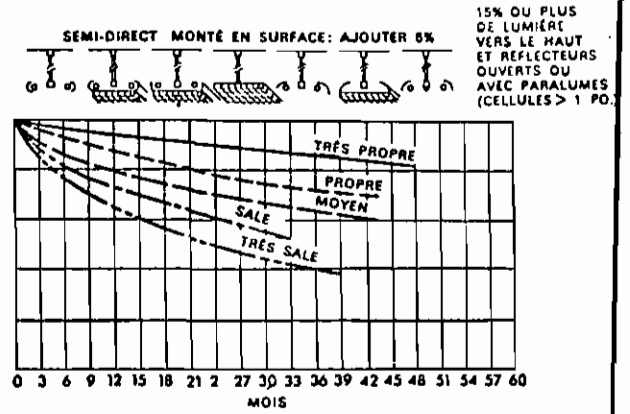
.EXE

FACTEUR DE DÉPRÉCIATION DES LUMINAIRES (LDD) INSTALLÉS DANS DES LOCAUX DONT L'ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE S'ÉCHELONNE DE "TRÈS PROPRE" À "TRÈS SALE".

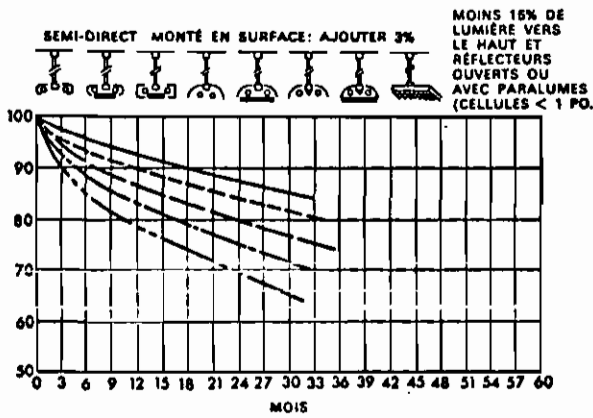
CATÉGORIE I



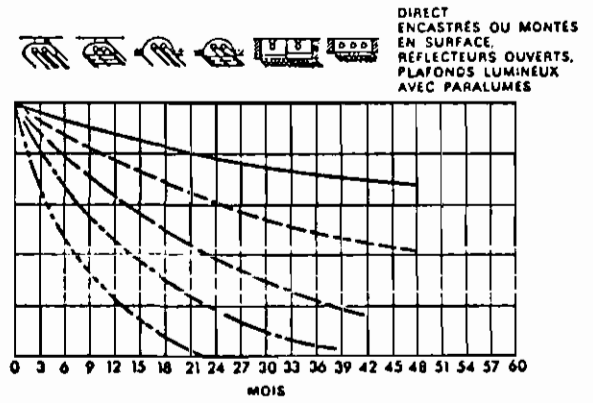
CATÉGORIE II



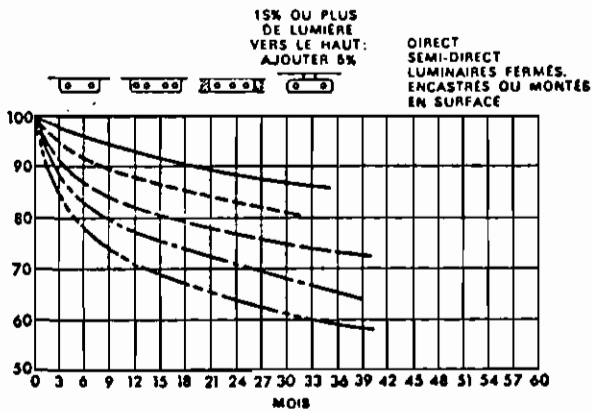
CATÉGORIE III



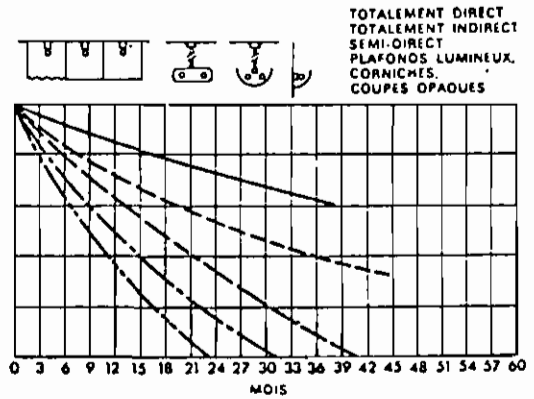
CATÉGORIE IV



CATÉGORIE V



CATÉGORIE VI



## Annexe 8

### 1- Les valeurs de luminance

a) Luminance moyenne =  $\frac{\text{Intensité sous un angle donné}}{\text{Surface apparente sous ce même angle}}$

$$B = \frac{I_{\theta}}{A \times \cos \theta}$$

A = Surface réelle

Les valeurs de luminance moyenne sont généralement utilisées pour évaluer le confort visuel.

b) Luminance maxima = Candela/pouce carré ou mètre carré .

Elle se définit comme étant la luminance de la surface la plus brillante ayant une aire de un pouce ou un mètre carré sous un angle donné.

Les valeurs de luminance maxima servent à évaluer le contrôle de brillance d'un luminaire.

Recommandation: Rapport  $\frac{B \text{ max}}{B \text{ moy}} < \frac{5}{1}$  à un angle donné

$$1 \text{ cd/pce}^2 = 452 \text{ foot lamberts.} = 1550 \text{ cd/m}^2$$



MÉTHODE "POINT-PAR-POINT"

TABLE DE CALCUL DE L'ÉCLAIRAGE INITIAL EN DIVERS POINTS SITUÉS SUR LE PLAN HORIZONTAL

Ex: 45° = Angle entre l'axe vertical et la direction de l'intensité vers le point  
.354 = Valeur de l'éclairement ( en lux ) par chaque 100 candelas de la source dans la direction du point.

DISTANCE HORIZONTALE DE L'AXE DE LA SOURCE (mètre)

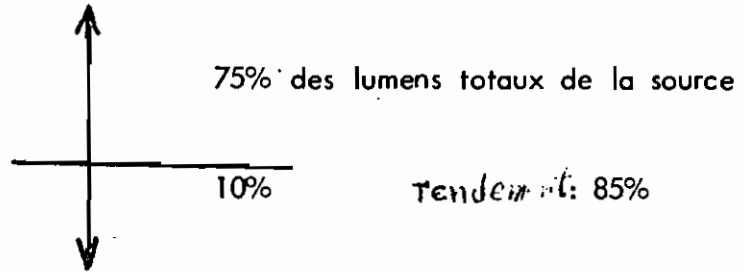
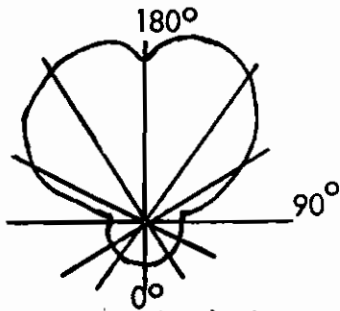
HAUTEUR (distance) DE LA SOURCE AU-DESSUS DE LA SURFACE.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22	24	26	28	30	35	40	50		
2	0° 25 000	37° 17 850	45° 8 850	56° 4 275	63° 2 245	68° 1 298	71° 802	74° 528	76° 355	78° 255	79° 190	80° 142	81° 113	81° 90	82° 70	82° 58	83° 48	84° 40	84° 33	85° 27	85° 22	86° 18	86° 15	86° 12	87° 10	87° 8	87° 7	87° 6	
3	0° 11 110	18° 9 500	34° 6 490	45° 3 933	53° 2 400	59° 1 522	63° 1 000	67° 680	69° 477	72° 356	73° 264	75° 205	76° 161	77° 126	78° 100	79° 84	80° 70	81° 58	81° 48	82° 40	82° 33	83° 27	83° 22	84° 18	84° 15	85° 12	85° 10	86° 8	86° 7
4	0° 6 250	14° 5 707	27° 4 472	37° 3 200	45° 2 210	51° 1 524	56° 1 066	60° 764	63° 559	66° 419	68° 320	70° 249	72° 192	73° 150	74° 130	75° 107	76° 90	78° 76	79° 64	80° 54	81° 46	81° 39	82° 33	82° 28	83° 23	84° 19	84° 16	85° 13	86° 11
5	0° 4 000	11° 3 771	22° 3 202	31° 2 522	39° 1 904	45° 1 414	50° 1 050	54° 785	58° 595	61° 458	63° 358	66° 283	67° 228	69° 185	70° 152	72° 126	73° 106	74° 90	76° 77	77° 67	78° 58	79° 50	80° 43	81° 37	81° 32	82° 27	83° 23	84° 20	84° 18
6	0° 2 778	9° 2 673	18° 2 372	27° 1 987	34° 1 600	40° 1 260	45° 982	49° 766	53° 600	56° 474	59° 378	61° 305	63° 249	66° 205	67° 170	68° 142	69° 120	71° 101	73° 84	75° 70	76° 59	77° 50	78° 43	79° 37	80° 32	81° 28	82° 24	83° 21	84° 19
7	0° 2 041	8° 1 980	16° 1 814	23° 1 585	30° 1 336	36° 1 100	41° 893	45° 722	49° 583	52° 473	55° 385	58° 316	60° 261	62° 218	63° 183	65° 154	66° 131	69° 107	71° 90	72° 76	74° 64	75° 54	76° 46	77° 39	78° 33	79° 28	80° 24	81° 21	82° 19
8	0° 1 563	7° 1 527	14° 1 427	21° 1 283	28° 1 118	32° 953	37° 800	41° 666	45° 552	48° 458	51° 381	54° 318	56° 267	58° 225	60° 191	62° 163	63° 140	66° 115	68° 98	70° 83	72° 70	73° 59	74° 50	75° 43	76° 37	77° 32	78° 28	79° 25	80° 22
9	0° 1 235	6° 1 212	12° 1 148	18° 1 054	24° 943	29° 825	34° 711	38° 607	42° 515	45° 437	48° 370	51° 314	53° 267	55° 228	57° 196	59° 168	61° 146	63° 120	66° 98	68° 83	69° 71	71° 61	72° 53	73° 46	74° 40	75° 35	76° 31	77° 27	78° 24
10	0° 1 000	5°43' 985	11° 943	17° 879	22° 801	27° 716	31° 631	35° 550	39° 476	42° 411	45° 354	48° 305	50° 263	52° 227	54° 196	56° 171	58° 149	61° 115	63° 98	66° 81	67° 71	69° 62	70° 55	71° 49	72° 43	73° 38	74° 33	76° 29	79° 26
11	0° 826	5°12' 816	10° 787	15° 742	20° 686	24° 623	29° 559	32° 496	36° 437	39° 383	42° 335	45° 292	48° 255	50° 223	52° 195	54° 171	56° 150	59° 117	61° 99	63° 84	65° 71	67° 60	69° 51	70° 43	71° 36	72° 30	73° 25	75° 21	78° 19
12	0° 694	4°46' 687	9° 668	14° 634	18° 593	23° 546	27° 497	30° 448	34° 400	37° 356	40° 315	43° 278	45° 246	47° 217	49° 191	51° 169	53° 150	56° 119	59° 94	61° 76	63° 63	65° 53	67° 45	69° 38	70° 32	71° 27	72° 23	73° 19	77° 17
13	0° 592	4°24' 587	8° 571	13° 547	17° 517	21° 481	25° 440	28° 404	32° 366	35° 332	38° 295	40° 263	43° 235	45° 209	47° 187	49° 166	51° 148	54° 119	57° 96	59° 78	62° 64	63° 53	65° 44	67° 37	70° 31	72° 26	73° 22	75° 19	76° 16
14	0° 510	4°5' 506	8° 495	12° 477	16° 454	20° 426	24° 396	27° 365	30° 334	33° 304	36° 275	38° 248	41° 223	43° 201	45° 180	47° 162	49° 146	52° 118	55° 96	58° 79	60° 65	62° 54	63° 46	65° 39	68° 33	71° 28	73° 24	75° 21	76° 18
15	0° 444	3°49' 442	8° 433	11° 419	15° 401	18° 380	22° 356	25° 331	28° 305	31° 280	34° 256	36° 233	39° 212	41° 192	43° 174	45° 157	47° 142	50° 117	53° 96	56° 79	58° 66	60° 55	62° 47	63° 40	67° 34	69° 29	73° 25	75° 22	76° 19
16	0° 391	3°35' 388	7° 382	11° 371	14° 357	17° 339	21° 321	24° 300	27° 280	29° 259	32° 238	35° 219	37° 200	39° 183	41° 167	43° 152	45° 138	48° 115	51° 95	54° 78	56° 67	58° 58	60° 50	62° 43	63° 37	67° 31	68° 26	72° 22	73° 19
17	0° 346	3°22' 344	7° 339	10° 331	13° 319	16° 306	19° 290	22° 274	25° 256	28° 239	30° 222	33° 205	35° 189	37° 174	39° 159	41° 146	43° 134	47° 112	50° 94	52° 79	55° 66	57° 57	59° 49	60° 42	64° 36	67° 31	71° 27	73° 24	75° 21
18	0° 309	3°11' 307	6° 303	9° 297	12° 287	16° 276	18° 264	21° 254	24° 242	27° 231	29° 221	31° 212	34° 201	36° 192	38° 184	40° 176	42° 168	45° 154	48° 140	51° 129	53° 119	55° 110	57° 102	59° 94	63° 88	66° 83	70° 78	72° 74	74° 70
19	0° 277	3°0' 276	6° 273	9° 267	12° 260	15° 251	18° 240	20° 229	23° 217	25° 205	28° 192	30° 180	32° 167	34° 156	36° 145	38° 134	40° 124	43° 110	46° 99	49° 87	52° 76	54° 66	56° 57	58° 49	62° 43	65° 38	69° 33	72° 29	74° 26
20	0° 250	2°51' 249	5°43' 246	9° 242	11° 236	14° 228	16° 219	19° 210	22° 200	24° 190	27° 179	29° 168	31° 158	33° 147	35° 137	37° 128	39° 119	42° 103	45° 88	48° 76	50° 66	52° 57	54° 49	56° 42	60° 36	63° 31	68° 26	71° 22	73° 19
21	0° 227	2°44' 226	5°36' 224	8° 220	11° 215	13° 210	16° 201	18° 194	21° 185	23° 176	25° 167	28° 158	30° 144	32° 139	34° 131	36° 122	37° 114	41° 98	44° 86	46° 76	49° 67	51° 59	53° 52	55° 45	59° 39	62° 34	67° 29	70° 25	72° 22
22	0° 207	2°36' 206	5°10' 205	8° 201	10° 196	13° 192	15° 185	18° 179	20° 171	22° 164	25° 155	27° 148	29° 140	31° 132	33° 124	34° 114	36° 109	39° 96	42° 84	45° 73	47° 64	50° 56	52° 49	54° 43	58° 37	61° 32	66° 27	69° 23	71° 20
23	0° 189	2°20' 189	4°58' 187	7° 184	10° 181	12° 176	15° 171	17° 165	19° 159	21° 153	24° 146	26° 138	28° 132	29° 125	31° 118	33° 111	35° 105	38° 92	41° 81	44° 71	46° 63	49° 55	51° 49	53° 43	57° 37	60° 32	65° 27	68° 23	70° 20
24	0° 174	2°13' 173	4°45' 172	7° 170	10° 166	12° 163	14° 158	16° 154	18° 148	21° 143	23° 137	25° 130	27° 124	28° 118	30° 112	32° 106	34° 100	37° 89	40° 79	43° 70	45° 63	47° 56	49° 50	51° 44	55° 38	58° 33	63° 28	66° 24	68° 21
25	0° 160	2°10' 160	4°34' 158	7° 157	10° 154	11° 151	14° 147	16° 143	18° 138	20° 133	22° 128	23° 123	25° 117	27° 112	29° 106	31° 101	33° 96	36° 86	39° 76	41° 68	44° 60	46° 53	48° 47	50° 41	54° 35	57° 30	62° 25	65° 21	67° 18
27	0° 137	2°7' 137	4°16' 136	6° 135	10° 133	12° 130	14° 128	15° 124	17° 121	18° 117	20° 113	22° 109	24° 105	26° 100	27° 96	29° 92	31° 87	34° 77	37° 68	39° 61	42° 54	44° 48	46° 42	48° 37	52° 31	55° 26	60° 21	63° 17	65° 14
30	0° 111	1°54' 111	3°50' 111	5°43' 109	8° 108	10° 107	11° 105	13° 103	15° 100	17° 98	18° 95	20° 92	22° 89	23° 86	25° 83	27° 80	28° 77	31° 67	34° 58	36° 51	39° 44	41° 38	43° 33	45° 28	49° 22	52° 18	57° 13	59° 10	61° 8
33	0° 92	1°44' 92	3°28' 91	5°12' 90	7° 89	9° 88	10° 87	12° 86	14° 84	15° 82	17° 80	18° 78	20° 76	22° 74	23° 72	24° 70	26° 67	29° 58	31° 51	34° 44	36° 38								

## Annexe 10

## 7- Le rendement du luminaire

$$\text{Rendement en \%} = \frac{\text{Lumens du luminaire}}{\text{Lumens de la source}} \times 100$$

Méthodes de contrôle de la lumière dans un luminaire

Fonction du contrôle - pour assurer une répartition convenable de la lumière

- pour assurer une brillance confortable

1- Lentille

- Verre ou plastique

- Luminance contrôlée dans la zone 45°-90°

2- Diffuseurs

- Verre ou plastique translucide

- Diffusion générale de la lumière

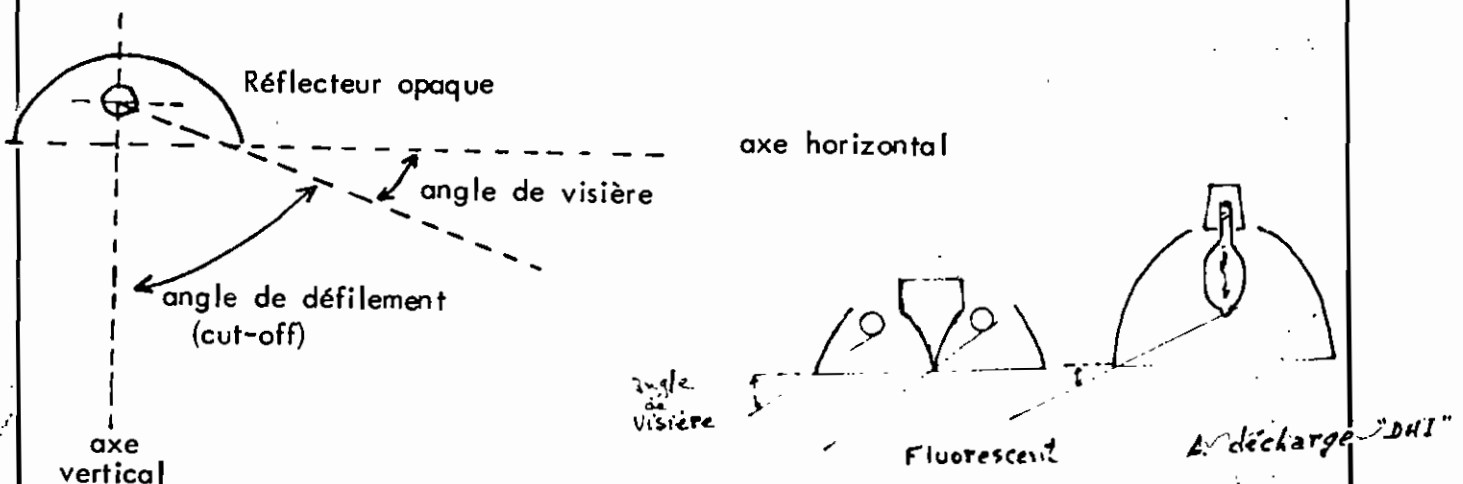
3- Visières

- Moyen mécanique pour réduire la brillance

- Paralume, écran

4- Réflecteurs

- Dirigent le flux lumineux dans les régions utiles



L'angle de visière est mesuré par rapport à l'axe horizontal.

L'angle de défilement est mesuré par rapport à l'axe vertical.

TABLE 1 - recommandation des niveaux d'éclairage en éclairage intérieur:

Catégorie	Eclairage* en Lux (footcandles)	Occupation
A	20-30-50** (2-3-5)	Zones publiques dans un voisinage sombre.
B	50-75-100** (5-7.5-10)	Simple orientation lors de courtes visites occasionnelles dans un local.
C	100-150-200** (10-15-20)	Locaux de travail où les tâches visuelles n'existent qu'occasionnellement.
D	200-300-500# (20-30-50)#	Performance de tâches visuelles de grand contraste ou de grande dimension. <u>Exemples:</u> Lecture de textes imprimés, de copies originales tapées à la machine, d'écriture manuelle à l'encre, de bonnes photocopies; travail grossier en atelier à l'établi ou sur la machine; inspection ordinaire; assemblage grossier.
E	500-750-1000## (50-75-100)#	Performance de tâches visuelles de contraste moyen ou de petite dimension. <u>Exemples:</u> Lecture de textes écrits à la main avec crayon à mine de dureté moyenne, de textes pauvrement imprimés, de mauvaises photocopies; travail en atelier sur pièces de moyenne dimension à l'établi ou sur machine; inspection difficile; assemblage de pièces de moyenne dimension.
F	1000-1500-2000## (100-150-200)#	Performance de tâches visuelles de faible contraste ou de très petite dimension. <u>Exemples:</u> Lecture de textes écrits à la main avec crayon à mine dure sur du papier de mauvaise qualité; photocopies de très mauvaise qualité; inspection très difficile.
G	2000-3000-5000### (200-300-500)##	Performance de tâches visuelles de faible contraste et de très petite dimension pendant une période de temps assez longue. <u>Exemple:</u> Assemblage délicat; inspection très difficile; travail délicat en atelier à l'établi ou sur machine.
H	5000-7500-10000### (500-750-1000)##	Performance de tâches visuelles de précision pendant une période de temps assez longue. <u>Exemple:</u> inspection la plus difficile; travail délicat de très grande précision en atelier à l'établi ou sur machine; assemblage délicat de très grande précision.
I	10000-15000-20000### (1000-1500-2000)##	Performance de tâches visuelles hors de l'ordinaire de contraste extrêmement faible et de très petite dimension. <u>Exemple:</u> Toutes les préparations relatives aux opérations chirurgicales.

1 Adoptée à la table 1.2, Guide en éclairage intérieur, publication no 29 (TC 4.1) 1975, de CIE.  
 \* Maintenus en service  
 \*\* Eclairage général ou local  
 # Eclairage sur la tâche  
 ## Eclairage sur la tâche obtenu par l'éclairage localisé (supplémentaire) ajouté à l'éclairage général.

## NÉCESSITÉ DE LA PLANIFICATION DE L'ÉCLAIRAGE

Travail visuel intense.

Facteurs: grosseur, contraste, luminance de la tâche, temps.

Rendement visuel optimal.

Justification économique de l'installation.

Environnement confortable et esthétique.

## FACTEURS DE LA PLANIFICATION DE L'ÉCLAIRAGE

### 1) QUANTITÉ:

Niveaux d'éclairage recommandés (valeur minimale sur la tâche en tout temps)

Voir recommandations de l'I.E.S. 1979.

#### A RETENIR:

Travail normal de bureau - 500 - 750 - 1000 lux

Salle de classe - 300 - 500 - 700 lux

### 2) QUALITÉ

Facteurs: Éblouissement, luminance, couleur.

Éclairage exprimé en footcandles ESI (Equivalent Sphere Illumination)

Évaluation d'une installation d'éclairage par VCP (Visual Comfort Probability)

### 3) COÛT

Pai analyse comparative. Souci d'économie d'énergie.

Utilisation de sources les plus efficaces.

## NÉCESSITÉ DE LA PLANIFICATION DE L'ÉCLAIRAGE

Travail visuel intense.

Facteurs: grosseur, contraste, luminance de la tâche, temps.

Rendement visuel optimal.

Justification économique de l'installation.

Environnement confortable et esthétique.

## FACTEURS DE LA PLANIFICATION DE L'ÉCLAIRAGE

### 1) QUANTITÉ:

Niveaux d'éclairage recommandés (valeur minimale sur la tâche en tout temps)

Voir recommandations de l'I.E.S. 1979.

#### A RETENIR:

Travail normal de bureau - 500 - 750 - 1000 lux

Salle de classe - 300 - 500 - 700 lux

### 2) QUALITÉ

Facteurs: Éblouissement, luminance, couleur.

Éclairage exprimé en footcandles ESI (Equivalent Sphere Illumination)

Évaluation d'une installation d'éclairage par VCP (Visual Comfort Probability)

### 3) COÛT

Par analyse comparative. Souci d'économie d'énergie.

Utilisation de sources les plus efficaces.

## 1.1. Bibliographiques:

### 1.1.1. du groupe électrogène

1. - Les machines électriques des réseaux: Alternateurs synchrones (R. LANGLOIS-BERTHELOT)
2. - Electrotechnique général (A. BLATKINE-COOL)
3. - Guide de l'installation électrique (Merlin-Gérin) édition janv. 82
4. - L'équipement électrique des bâtiments (CI. REMOND) Traité du bâtiment
5. - Electricité industriel Tome II (M. BELLIER et A. GALICHON)
6. - Electrotechnique à l'usage des ingénieurs: machines électriques à courant alternatif (Tome 2)
7. - Technique de l'ingénieur D5, Edition ISTRA
8. - Groupes électrogènes standart: Démarrage automatique
9. - Groupes. electrogènes standart: Démarrage automatique type IV, fonctionnement, mise en service
10. - Catalogue des groupes électrogènes (MATFORCE)
11. - Catalogue des groupes électrogène (SENEMATEL)
12. - Westinghouse sélecteur Eclair, 15 édition 1980  
Appareillage électrique d'installation

o A propos de l'éclairage

- 1- IES Lighting handbook (illuminating engineering society) Fifth édition
- 2- Westinghouse lighting handbook (revised février 1973)
- 3- L'éclairage (M. DERIBEREE) collection: Que sais-je
- 4- La luminescence (R. BERNARD) collection: Que sais-je
- 5- La photométrie (J. TERRIEN et F. DESVIGNES): collection: Que sais-je
- 6- Technologie d'électricité Tome 4: applications de l'énergie électrique (HEINY, NAUDY et DARES)
- 7- Formulaire de l'électricien praticien (SONUS)
- 8- Solutions-lumière (OSRAM)
- 9- Photométrie Eclairage intérieur et extérieur (M. COHY)
- 10- Sources lumineuses (M. COHY)
- 11- MAZDA GUIDE: lampes et appareils d'éclairage. Edition 1986
- 12- Catalogue PHILIPS éclairage: philirama lumière 1982
- 13- Barème des prix de base de facturation de base source de lumière et appareils d'éclairage
- 14- Eclairage naturel et artificiel dans le bâtiment. (DER)

Annexe 1A

GROUPE  
ELECTROGENE  
500 KVA

ARMOIRE  
AUTOMATIQUE

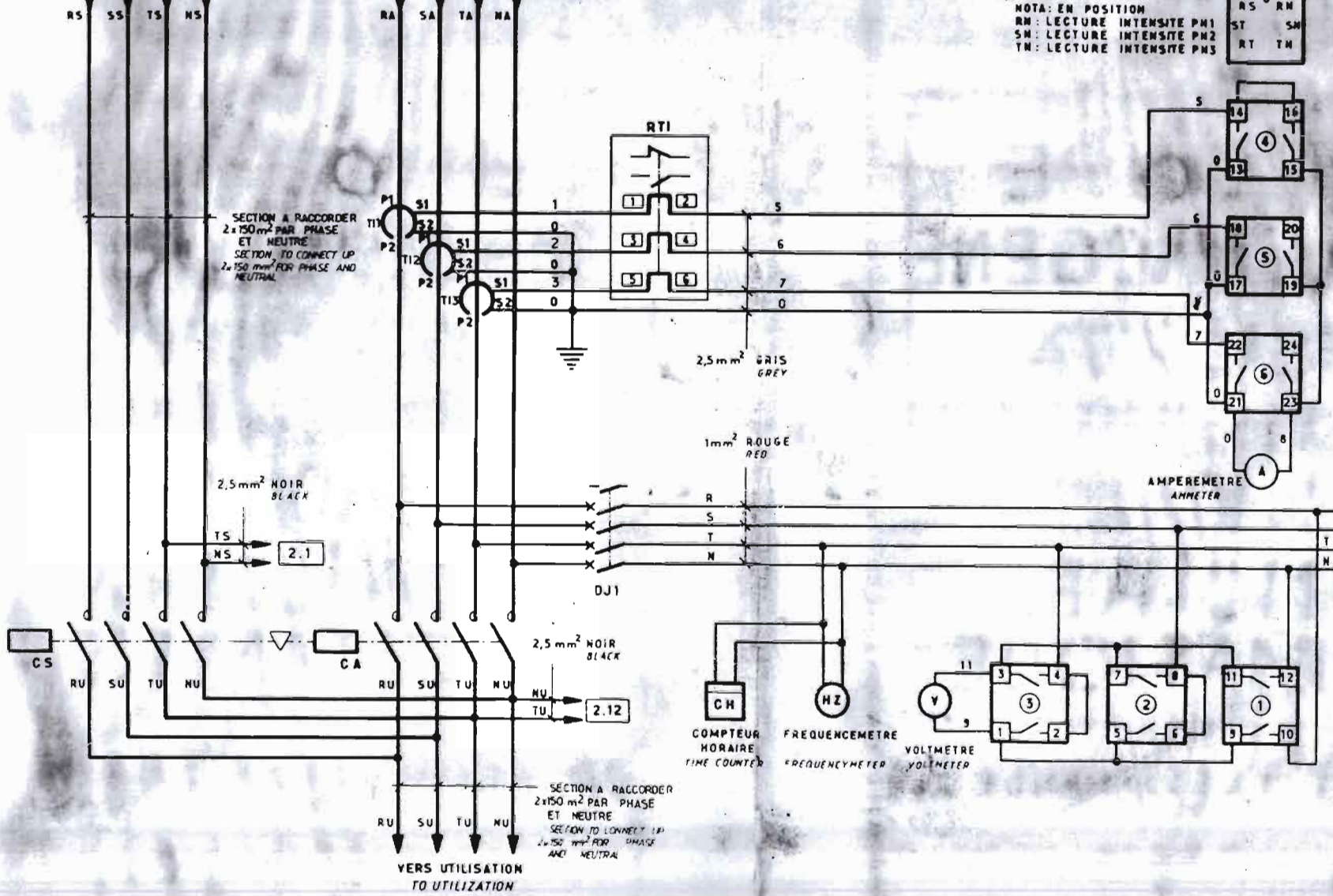
TENSION TELECOMMANDE 24V



ARRIVEE SECTEUR  
SUPPLY FROM NORMAL MAINS

ARRIVEE ALTERNATEUR  
SUPPLY FROM ALTERNATOR

COMMUTATEUR DE  
VOLTMETRE ET D'AMPEREMETRE  
COMMUTATOR OF VOLTMETER  
NOTA: EN POSITION  
RN: LECTURE INTENSITE PH1  
SN: LECTURE INTENSITE PH2  
TN: LECTURE INTENSITE PH3



SECTION A RACCORDER  
2x150mm<sup>2</sup> PAR PHASE  
ET NEUTRE  
SECTION TO CONNECT UP  
2x150mm<sup>2</sup> FOR PHASE AND  
NEUTRAL

2,5mm<sup>2</sup> NOIR  
BLACK

2,5mm<sup>2</sup> GRIS  
GREY

1mm<sup>2</sup> ROUGE  
RED

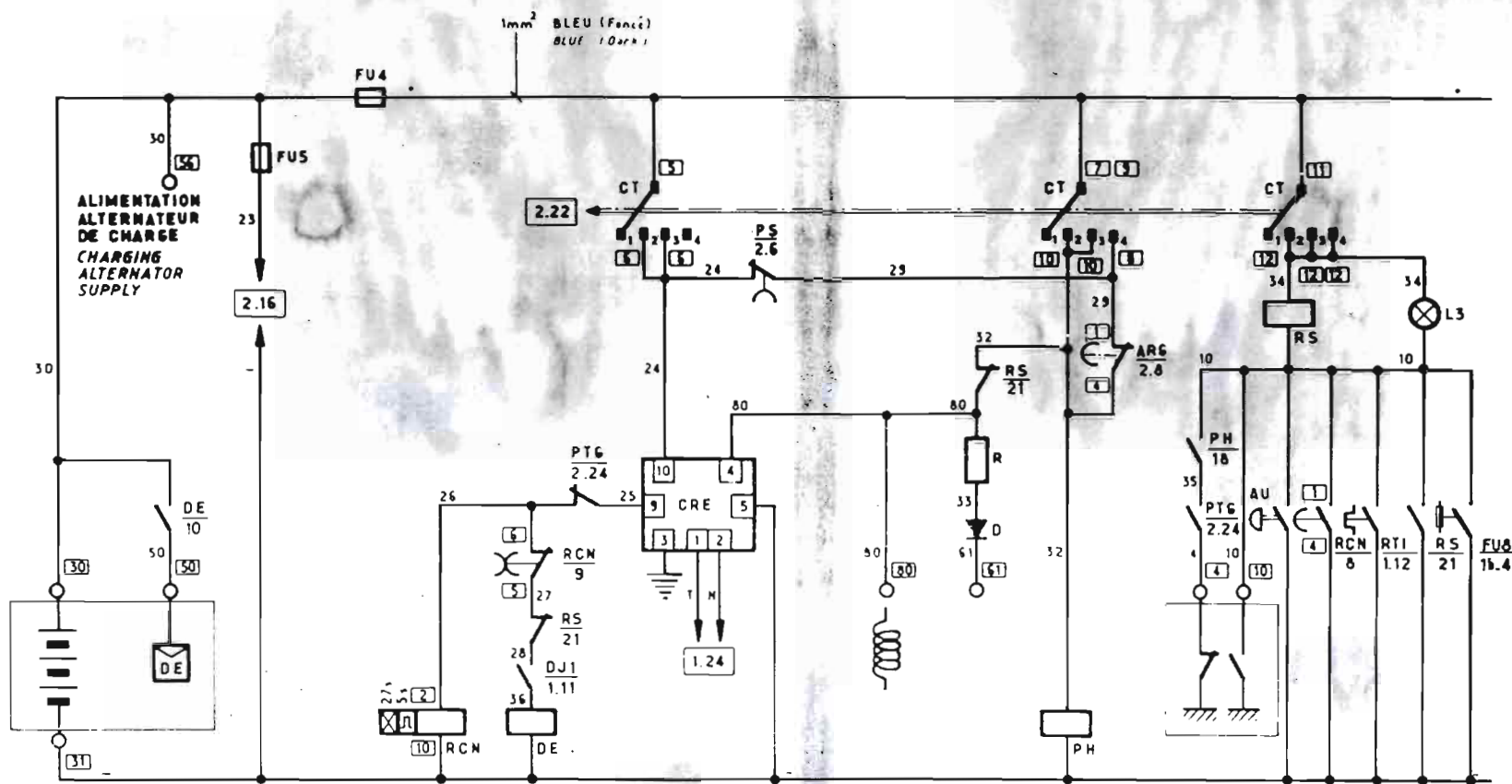
DJ1

2,5mm<sup>2</sup> NOIR  
BLACK

SECTION A RACCORDER  
2x150mm<sup>2</sup> PAR PHASE  
ET NEUTRE  
SECTION TO CONNECT UP  
2x150mm<sup>2</sup> FOR PHASE  
AND NEUTRAL

VERS UTILISATION  
TO UTILIZATION

PUISSANCE ET MESURES  
POWER AND MEASURES



BATTERIE  
 DEMARREUR  
 STARTER

ALIMENTATION  
 ALTERNATEUR  
 DE CHARGE  
 CHARGING  
 ALTERNATOR  
 SUPPLY

RELAIS CLIGNOTEUR,  
 NON DEMARRAGE  
 RELAY

RELAIS TOP DEMARRAGE  
 STARTING IMPULSE RELAY

DETECTION VITESSE  
 SPEED DETECTION

ELECTRO D'ARRET  
 STOPPING SOLENOID

EXCITATION ALTERNATEUR  
 CHARGING ALTERNATOR

RELAIS MISE EN SER-  
 VICE PRESSION HUILE  
 OIL PRESSURE SECURITY  
 PUTTING INTO SERVICE

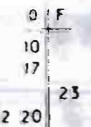
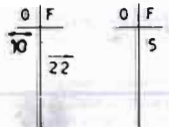
DEFAULT PRESSION HUILE  
 OIL PRESSURE FAULT

ARRET T FAULT  
 ENGINE T FAULT

EMERGENCY STOP  
 NON DEMARRAGE  
 SURCHARGE ALTERNATEUR  
 RELAIS DE SECURITE

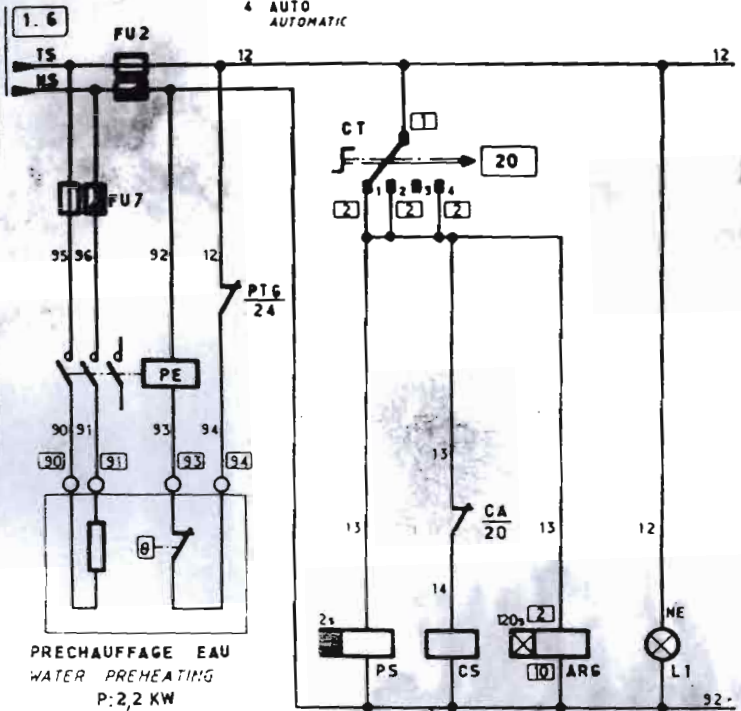
DEFAULT  
 FAULT

REGULATION



RELAYAGE  
 RELAYING

- CT
- 1 STOP
  - 2 MANU SANS DEBIT  
STOP
  - 3 MANU AVEC DEBIT  
MANUAL WITHOUT FLOW
  - 4 MANU AVEC DEBIT  
MANUAL WITH FLOW
  - 5 AUTO  
AUTOMATIC



CONTROLE SECTEUR  
NORMAL MAINS  
CONTROL

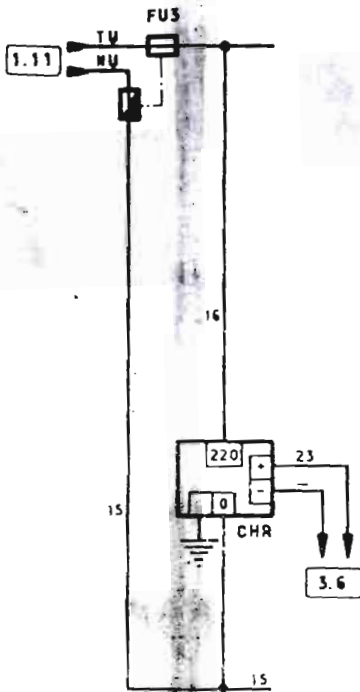
CONTACTEUR SECTEUR  
NORMAL MAINS  
CONTACT ON

CONTACTEUR SECTEUR  
NORMAL MAINS  
CONTACT ON

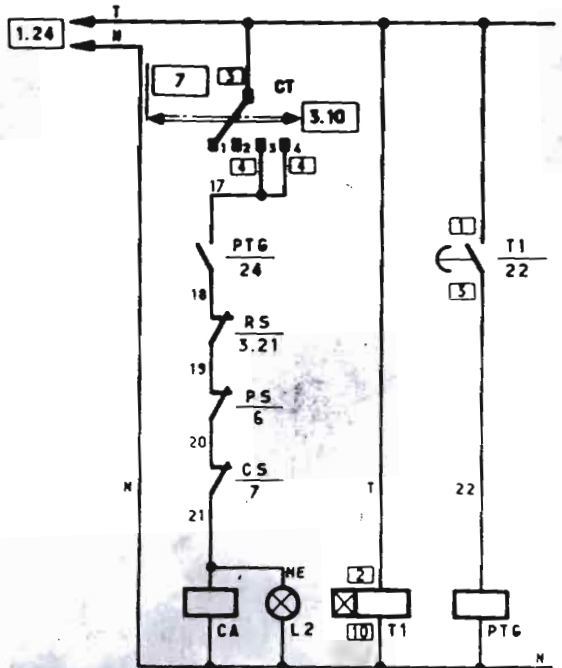
GEN SET STOPPING ON  
NORMAL MAINS CONTROL  
PRESSURE TENSION

CONTACTEUR SECTEUR  
NORMAL MAINS  
VOLTAGE ON

0	F	0	F	0	F
20		20	1.3	3.19	
3.13			1.3		
			1.4		
			1.5		



CHARGEUR BATTERIES  
BATTERIES CHARGER



CONTACTEUR ALTERNATEUR  
ALTERNATOR  
CONTROL ON  
GEN SET FLOW

PRESSE TENSION  
ALTERNATEUR  
ALTERNATOR  
VOLTAGE ON

CONTACTEUR ALTERNATEUR  
ALTERNATOR  
CONTROL

0	F	0	F	0	F
7	1.6	24		4	
	1.8				20
	1.9				3.11
	1.10				3.20

AUXILIAIRES. TELECOMMANDE CONTACTEURS  
AUXILIARIES - CONTACTORS TELECONTROL