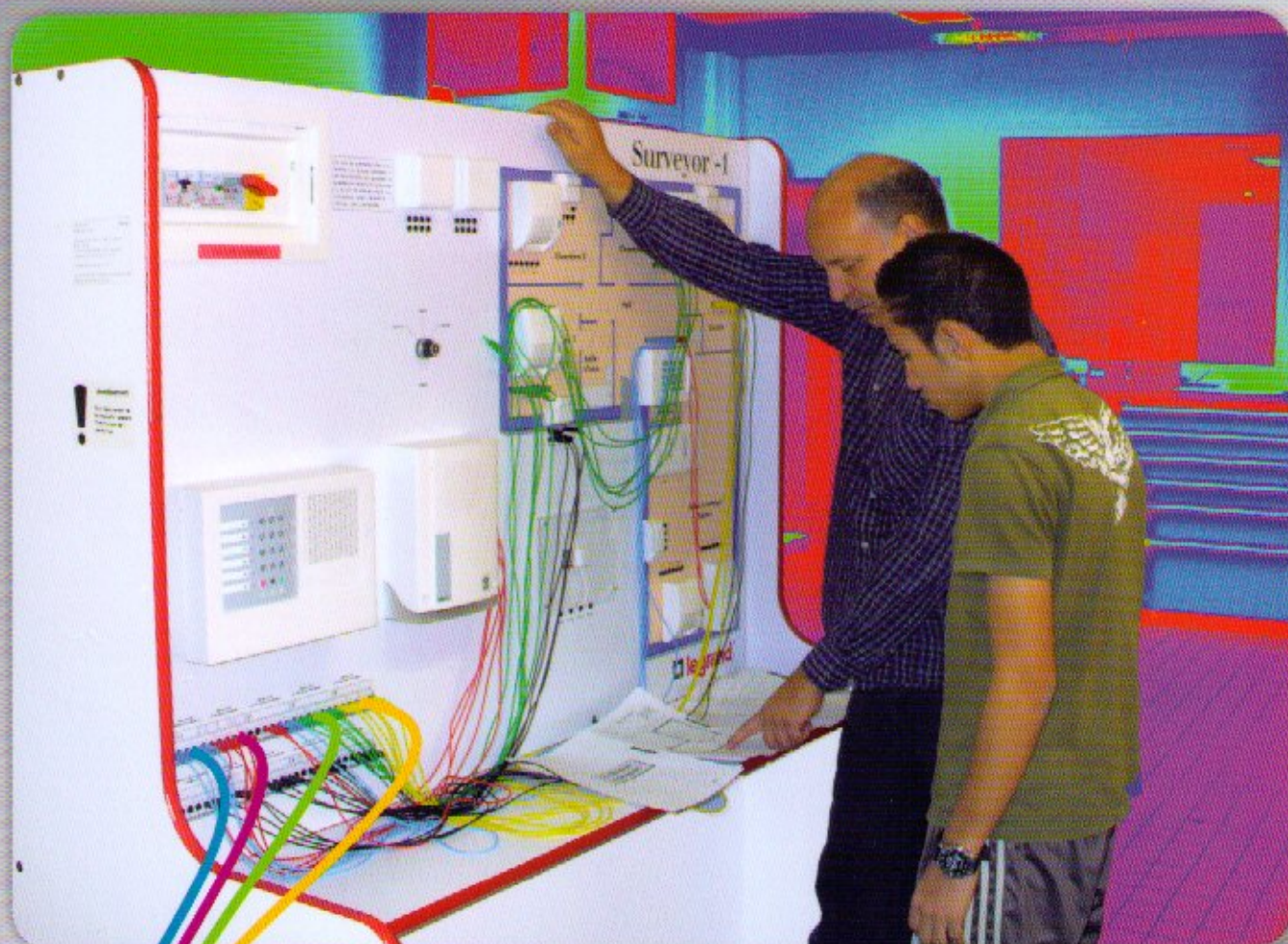


Matières Professionnelles

Bac Pro ELEEC



● Méthode individualisée

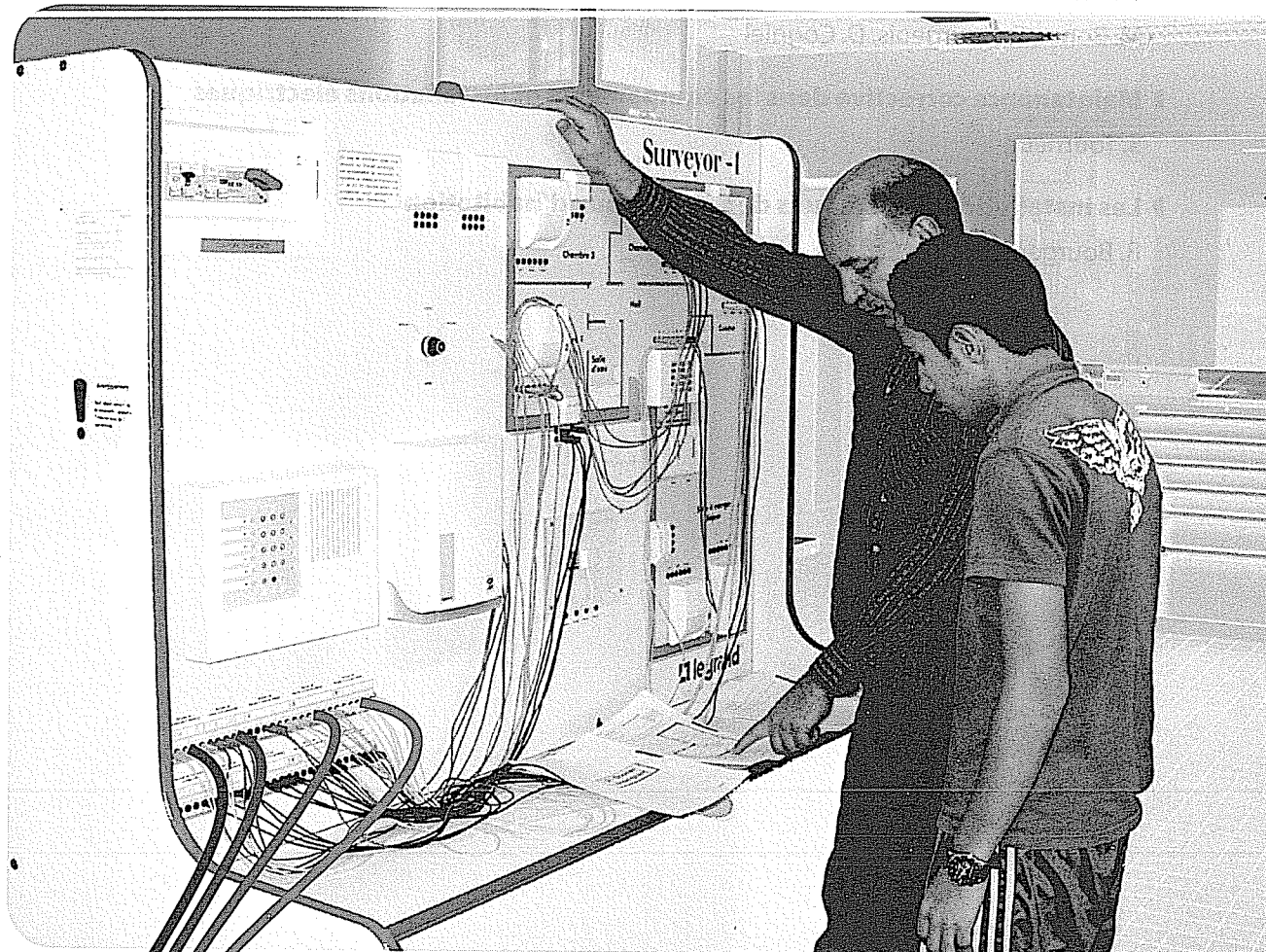
● 3 ans

● Tome 2
Première Bac Pro

● Alain Kouhen

Matières Professionnelles

Bac Pro ELEEC



● **Méthode individualisée**

● **Bac Pro ELEEC**
en 3 ans

● **Tome 2**
Première professionnelle

● **Alain Kouhen**
Professeur

Chez le même éditeur

▷ **MémotechPlus – Métiers de l'électrotechnique**

R. Bourgeois, D. Cogniel, B. Lehalle

▷ **Bases fondamentales des métiers de l'électricité**

M. Bonte, R. Bourgeois, D. Cogniel

▷ **Maintenance corrective dans les équipements et installations électriques**

S. Tourneur

▷ **Les installations électriques dans les locaux d'habitation**

R. Bourgeois

Maquette : Isabelle Métayer

Mise en pages : SCM, Toulouse

ISBN : 978-2-7135-3080-7

© Éditions Casteilla, 2010 - 9 rue Michael Faraday, 78184 Saint-Quentin-en-Yvelines Cedex

Consultez nos nouveautés sur www.casteilla.fr

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous pays.



La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français du droit de copie (20 rue des Grands-Augustins, 75006 Paris), constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

Préface

Monsieur Kouhen présente un ouvrage qui traite l'enseignement individualisé de l'électrotechnique en Lycée Professionnel. Après avoir expérimenté auprès des élèves et apprentis et obtenu des résultats positifs, il souhaite informer ses collègues enseignants sur la démarche utilisée.

Son objectif était de trouver, en adoptant la démarche de l'enseignement individualisé, le moyen d'aider les élèves qui échouent dans la discipline, c'est-à-dire ceux qui n'ont pas acquis, dans les temps impartis, les nouvelles connaissances et savoir-faire (définis dans les référentiels du diplôme) sur lesquels ces apprenants pourront être évalués.

Cette démarche, menée par Monsieur KOUHEN, vise également, à travers de nombreux schémas, photos et questionnaires, à illustrer et à dynamiser le cours, et ainsi améliorer :

- la motivation des apprenants et leur désir d'apprendre,
- les aptitudes à traiter des données et à les analyser,
- les connaissances fondamentales par des applications concrètes.

Cet ouvrage illustre le principe d'un accompagnement éducatif des apprenants et d'un encadrement de leurs travaux personnels.

À partir de projets réels, rencontrés dans la vie courante, le professeur a sélectionné un certain nombre de questions pertinentes que l'élève va retrouver dans le cours dispensé par le professeur.

Cette technique participative et progressive de l'enseignement place l'élève en situation de réussite et permet aux élèves moyens ou en difficulté d'avancer à leur rythme et de ne plus décrocher.

Les projets sont bien construits et se réfèrent souvent à la normalisation et aux textes réglementaires, ce qui est important pour l'exercice de la profession de l'électrotechnicien.

L'exemple du projet concernant l'habitation avec ses besoins en alimentation électrique, est un bon support motivant pour les apprenants. Il permet non seulement de comprendre la place, le rôle des circuits et des composants, la lecture des documents, mais aussi de saisir l'importance de la sécurité des personnes et des biens.

Monsieur Kouhen a expérimenté un enseignement individualisé dans sa discipline, l'électrotechnique, et a développé un outil destiné à faciliter les acquisitions des apprenants et de tous ceux qui ont besoin d'une attention particulière de l'enseignant.

Cet ouvrage bien structuré, progressif et conforme au programme officiel, sera très utile non seulement à l'ensemble des étudiants mais aussi pour tous ceux et toutes celles qui voudront apprendre l'électrotechnique en toute autonomie.

C. Hazard

*Inspecteur Général honoraire
de l'Éducation Nationale*

Le projet de loi n° 100, adopté par l'Assemblée nationale le 15 mai 1998, a pour objet de modifier le régime de la responsabilité civile des parents à l'égard de leurs enfants mineurs.

Le projet de loi n° 100, adopté par l'Assemblée nationale le 15 mai 1998, a pour objet de modifier le régime de la responsabilité civile des parents à l'égard de leurs enfants mineurs.

Le projet de loi n° 100, adopté par l'Assemblée nationale le 15 mai 1998, a pour objet de modifier le régime de la responsabilité civile des parents à l'égard de leurs enfants mineurs.

Le projet de loi n° 100, adopté par l'Assemblée nationale le 15 mai 1998, a pour objet de modifier le régime de la responsabilité civile des parents à l'égard de leurs enfants mineurs.

Le projet de loi n° 100, adopté par l'Assemblée nationale le 15 mai 1998, a pour objet de modifier le régime de la responsabilité civile des parents à l'égard de leurs enfants mineurs.

Le projet de loi n° 100, adopté par l'Assemblée nationale le 15 mai 1998, a pour objet de modifier le régime de la responsabilité civile des parents à l'égard de leurs enfants mineurs.

Le projet de loi n° 100, adopté par l'Assemblée nationale le 15 mai 1998, a pour objet de modifier le régime de la responsabilité civile des parents à l'égard de leurs enfants mineurs.

Le projet de loi n° 100, adopté par l'Assemblée nationale le 15 mai 1998, a pour objet de modifier le régime de la responsabilité civile des parents à l'égard de leurs enfants mineurs.

Le projet de loi n° 100, adopté par l'Assemblée nationale le 15 mai 1998, a pour objet de modifier le régime de la responsabilité civile des parents à l'égard de leurs enfants mineurs.

Le projet de loi n° 100, adopté par l'Assemblée nationale le 15 mai 1998, a pour objet de modifier le régime de la responsabilité civile des parents à l'égard de leurs enfants mineurs.

Le projet de loi n° 100, adopté par l'Assemblée nationale le 15 mai 1998, a pour objet de modifier le régime de la responsabilité civile des parents à l'égard de leurs enfants mineurs.

Le projet de loi n° 100, adopté par l'Assemblée nationale le 15 mai 1998, a pour objet de modifier le régime de la responsabilité civile des parents à l'égard de leurs enfants mineurs.

Avant-propos

L'idée directrice des contenus de l'ouvrage porte sur le développement d'un enseignement personnalisé s'adressant aux élèves, étudiants et apprentis : l'individualisation. Selon l'Afnor : « L'individualisation de la formation est un mode d'organisation de la formation visant la mise en œuvre d'une démarche personnalisée de formation. Elle met à la disposition de l'apprenant (*élève, étudiant, stagiaire, apprenti...*) l'ensemble des ressources et des moyens pédagogiques nécessaires à son parcours de formation et à ses situations d'apprentissage. Elle prend en compte ses acquis, ses objectifs, son rythme ». Afnor, norme NF X50-750 et NF X50-751.

Cette méthode donne de bons résultats et favorise l'autonomie de l'apprenant.

Elle permet aux apprenants moyens ou en difficulté d'avancer à leur rythme et de ne plus décrocher.

Après avoir enseigné en lycée professionnel d'une manière « classique » c'est-à-dire la même leçon pour tout le monde et au même moment et qui dure le même temps pour toutes les catégories d'apprenants (les très bons, les bons, les moyens et ceux en échec scolaire), le constat était le suivant : les très bons et bons éléments s'accrochaient toujours, les moyens essayaient de comprendre mais parfois manquaient de temps et les plus faibles décrochaient dès les premières leçons et finissaient par être complètement largués (avec des conséquences qui peuvent être dramatiques : absentéisme, perturbation des séances de cours...).

Autres problèmes pour les apprenants qui s'absentent à une ou plusieurs séances, parfois pour des motifs légitimes (maladie, décès d'un proche...) et du fait que les séances de cours continuent d'avancer : on ne leur propose en général que des copies des cours qu'ils ont ratés en leur demandant de revoir « tout seul à la maison » les leçons et les cours. La plupart du temps ce n'était jamais fait car l'apprenant a pris l'habitude des cours en groupe au tableau avec son enseignant (avec ou sans rétro ou vidéoprojecteur). Même constat pour les apprenants qui intègrent les cours en plein milieu de l'année.

Aussi, avec quelques collègues et sous la supervision d'un IEN de l'académie de Créteil, nous avons essayé la méthode individualisée d'abord auprès d'un public d'adultes, ensuite dans les classes de lycées professionnels; les résultats étaient très encourageants voire miraculeux pour les apprenants moyens et en difficultés (les bons et très bons s'en sortirent presque toujours de toutes les façons). Nous avons constaté un développement de l'autonomie, de la motivation et un avancement de tout le groupe (même si le rythme peut être plus long pour certains).

Pour un public hétérogène ou non débutant dans l'électricité, un positionnement pédagogique est indispensable. C'est une évaluation qui consiste à tenir compte des acquis éventuels de l'apprenant (aussi bien théoriques que pratiques) et qui permet de définir un parcours individualisé avec une (ou des) partie(s) du programme officiel à renforcer ou à délester.

L'individualisation consiste à mettre à la disposition de chaque apprenant tout le programme de la formation sous forme de modules qui eux-mêmes sont composés de cours qui seront abordés sous forme de projets (ou mises en situation, thèmes, anciens sujets d'examens...) afin que chaque individu puisse avancer à son rythme.

Pour pratiquer cette méthode, il faudrait que tous les outils pédagogiques soient à disposition de l'apprenant. Il est nécessaire de suivre chacun dans son évolution en validant au fur et à mesure du parcours les acquisitions des savoirs et des compétences.

Ces outils pédagogiques doivent comporter un projet ou un thème (certains sont développés dans cet ouvrage), si possible avec une situation ou une problématique réelle qui peut les intéresser ou du moins réussir à capter leur attention; et pour obtenir les solutions ou les réponses aux problèmes ou aux questions nous devons les renvoyer à une partie du cours qu'il est nécessaire de comprendre. Pour que chacun puisse comprendre, il est nécessaire voire indispensable de simplifier afin de rendre le plus « digeste » possible l'assimilation de la leçon.

Un des objectifs de cette méthode est que l'apprenant soit actif dans son apprentissage et non passif.

Cette méthode essaye donc de toujours simplifier pour faire comprendre. Et pour apprendre, les thèmes seront répétés sous diverses formes...

Le concept est donc le suivant :

- Simplifier pour comprendre.
- Répéter pour apprendre.

Rendez-vous avec :

- le tome 3 – 3^e année.

L'auteur, **A. Kouhen**

Sommaire

Projet 1	Éclairage d'un entrepôt - Première partie	8
Cours 1	Grandeurs sinusoïdales	10
Projet 2	Éclairage d'un entrepôt - Deuxième partie	15
Cours 2	Puissances et compensation en monophasé	17
Projet 3	Bilan des puissances dans une laiterie	22
Cours 3	Puissances et compensation en triphasé	24
Projet 4	Sujets d'examens sur les transformateurs triphasés	28
Cours 4	Les transformateurs triphasés et les transformateurs particuliers	32
Projet 5	Sujets d'examens sur les réseaux HTA	38
Cours 5	Les réseaux HTA	44
Projet 6	Sujets d'examens sur les schémas de liaison à la terre (SLT)	56
Cours 6	Les schémas de liaison à la terre (SLT)	63
Projet 7	Sujets d'examens sur les protections des réseaux BT	71
Cours 7	Appareillage industriel	85
Projet 8	Sujets d'examens sur les câbles et canalisations - Dimensionnement d'une installation	103
Cours 8	Câbles et canalisations - Dimensionnement d'une installation	117
Projet 9	Projets d'études sur la gestion de l'énergie électrique et la tarification	126
Cours 9	Gestion de l'énergie et tarification	134
Projet 10	Projets d'études sur les moteurs asynchrones triphasés	143
Cours 10	Moteur asynchrone triphasé - Démarrage des moteurs	156
Projet 11	Projets d'études sur les moteurs à courant continu et les variateurs de vitesse	166
Cours 11	Moteurs à courant continu et autres machines tournantes - Les variateurs de vitesse	182
Projet 12	Éclairage du Stade de France et avant-projet d'éclairage	190
Cours 12	Avant-projet d'éclairage	201
Corrections	Réponses aux questions des projets	215

Projet 1 / Éclairage d'un entrepôt

[Première partie]

L'éclairage d'un entrepôt de stockage de marchandises est assuré par des tubes fluorescents de 36 W sous 230 V.

Les allures de la tension et de l'intensité sont visualisées par un oscilloscope qui donne les indications suivantes :

Calibre volt : 100 V/div.

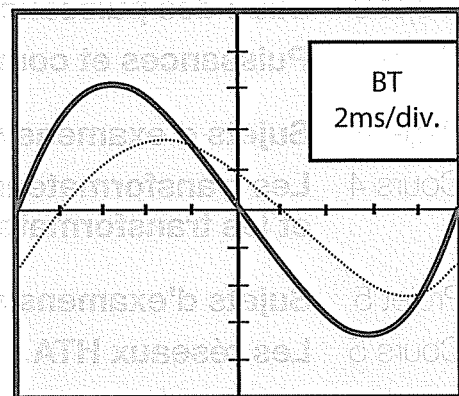
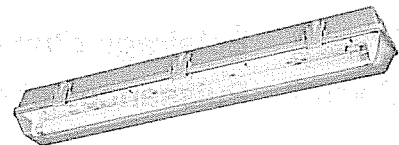
Base de temps : 2 ms/div.

Mesures :

$U_{\max} = 325 \text{ V}$

$I_{\max} = 0,44 \text{ A}$

Période = 20 ms



Question 1.1

Déterminez la fréquence du réseau ainsi que la valeur efficace de la tension.

Voir cours 1 page 10 paragraphe A (relation entre la période et la fréquence; relation entre la valeur max et la valeur efficace)

- Fréquence du réseau.....
- Valeur efficace de la tension.....

Question 1.2

Déterminez le déphasage entre la tension et le courant.

Relever la valeur du décalage (en ms) entre la tension et le courant sur l'oscilloscope.

Voir cours 1 page 11 paragraphe C

.....

.....

Question 1.3

Tracez le diagramme de Fresnel en faisant apparaître l'angle φ .

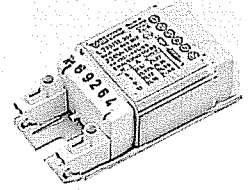
Échelle conseillée : 1 cm pour 100 V; 1 cm pour 0,1 A

Voir cours 1 page 12 paragraphe D1

Question 1.4

Le tube fluorescent (avec sa réglette) est considéré comme un circuit inductif (à cause de la présence du ballast), calculez l'impédance du tube fluorescent.

Voir cours 1 pages 13 et 14 paragraphe E3



.....
.....

Question 1.5

Sachant que la résistance du ballast est de 370 Ω, calculez la réactance (Lω) de la bobine du ballast.

Voir cours 1 pages 13 et 14 paragraphes E1 et E3

.....
.....
.....

Question 1.6

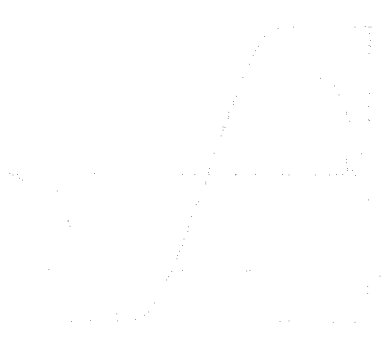
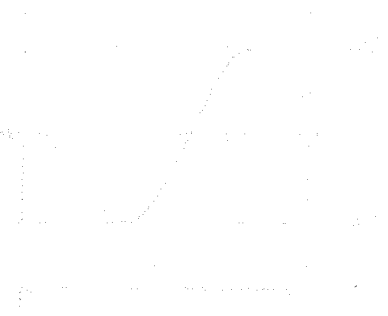
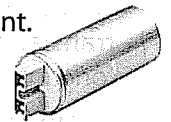
Un condensateur est branché aux bornes de l'alimentation électrique de la réglette fluorescente, il a

pour réactance $\frac{1}{C\omega} = 490 \Omega$.

Tracez le diagramme des impédances pour déterminer l'angle φ et le cos φ correspondant.

Échelle conseillée : 1 cm pour 100 Ω.

Voir cours 1 pages 13 et 14 paragraphes E2 à E4



A / LA TENSION ALTERNATIVE SINUSOÏDALE

L'énergie électrique produite par les générateurs dans les centrales de production est générée grâce aux générateurs à courant **alternatif** (**alternateurs**); tout simplement parce que les générateurs à courant alternatif ont un meilleur rendement que les générateurs à courant continu et sont de conception plus simple donc plus économique.

En plus, la coupure d'un arc électrique (par exemple lors d'une ouverture d'un circuit) se fait plus facilement que celle d'un arc de courant continu.

On considère le cercle trigonométrique de rayon OA qui évolue à une vitesse angulaire ω , dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

La rotation du vecteur \vec{OA} reproduit par translation une courbe sinusoïdale en fonction de l'angle.

La vitesse angulaire ω , ou pulsation, est l'angle, en radians, parcouru par seconde.

ω s'exprime en radians par seconde (rad/s).

La valeur instantanée u est la valeur de la tension à un instant donné.

La fonction ainsi décrite est une fonction trigonométrique (mathématique) de type :

$$u = \hat{U} \sin \omega t$$

u : valeur instantanée (v)

\hat{U} : tension maximale (valeur de crête) en volts (V)

La relation entre la période et la fréquence :

$$f = \frac{1}{T}$$

f en Hertz (Hz)

T en seconde (s)

La relation entre la vitesse angulaire (appelée pulsation) et la fréquence :

$$\omega = 2\pi f$$

ω en radians par seconde (rad/s)

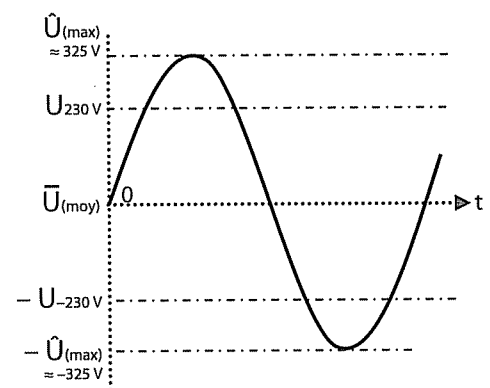
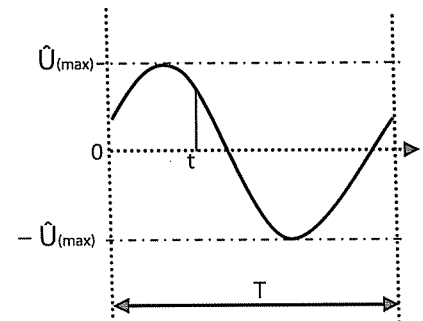
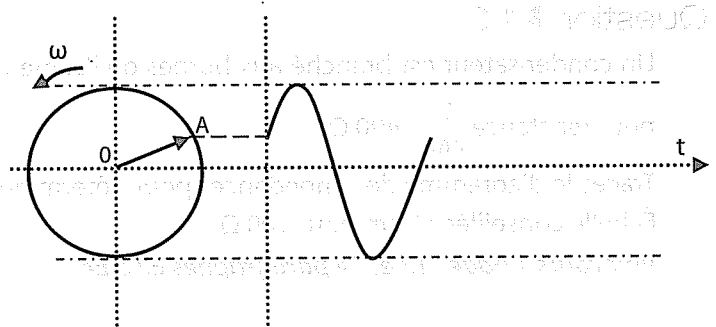
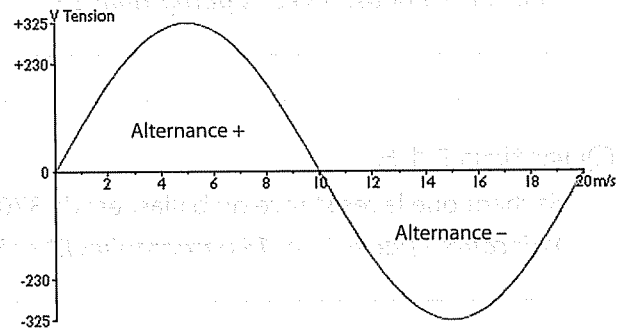
f en Hertz (Hz)

Pour une tension alternative sinusoïdale, fournie par le réseau, U de 230 V (appelée valeur efficace), nous pouvons mesurer à l'aide d'un oscilloscope 325 V environ de valeur maximale (\hat{U} , amplitude maximale de crête); ainsi la relation entre la valeur maximale et la valeur efficace est :

$$\hat{U} = \sqrt{2}U$$

$$U = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}}$$

La valeur moyenne \bar{U} est nulle (somme des alternances positives et négatives). \bar{U} (ou U_{moy}) = 0 volt.



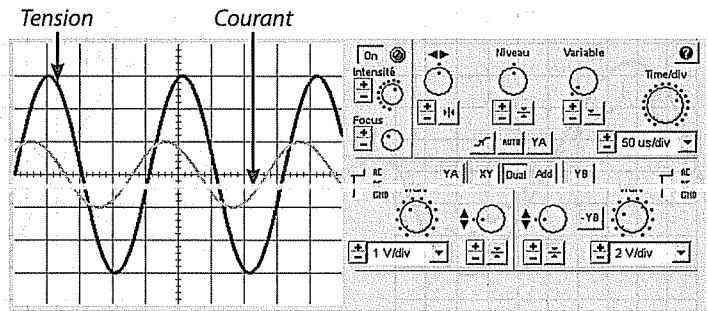
B / LE COURANT ALTERNATIF SINUSOÏDAL

Comme pour la tension, l'intensité du courant alternatif sinusoïdal a pour valeur instantanée :

$$i = \hat{i} \sin \omega t$$

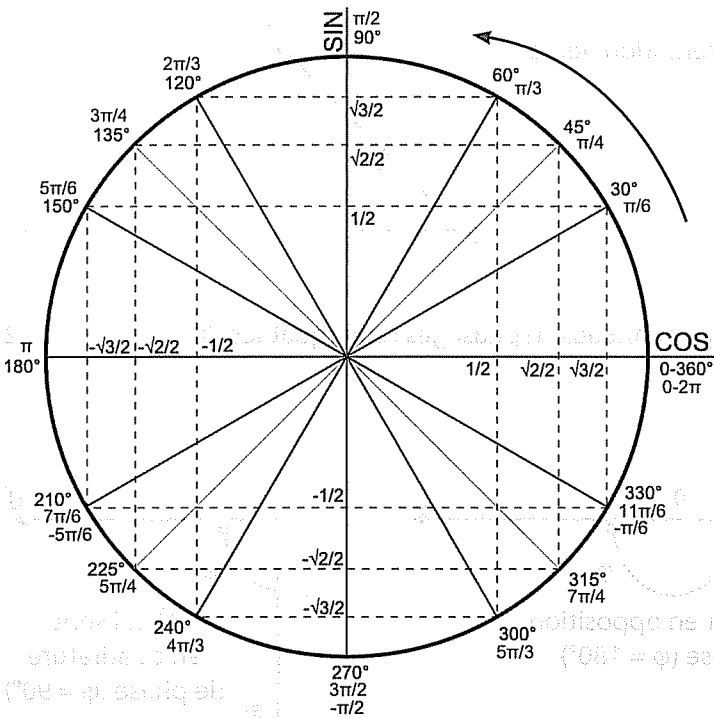
Aussi la relation entre la valeur efficace et la valeur maximale s'écrit-elle :

$$I = \frac{\hat{i}}{\sqrt{2}}$$



C / LE DÉPHASAGE

C1 - LE CERCLE TRIGONOMÉTRIQUE



Le cercle trigonométrique a pour rayon l'unité, les angles remarquables s'expriment en degrés ou en radians.

$$2\pi \text{ radians (rad)} = 360 \text{ degrés (°)}$$

$$\pi \text{ rad} = 180^\circ$$

$$\frac{\pi}{2} \text{ rad} = 90^\circ$$

Exemple : un angle de 60° :

- a un cosinus de $\frac{1}{2}$ ($\cos 60^\circ = 0,5$)

- un sinus de $\frac{\sqrt{3}}{2}$ ($\sin 60^\circ = 0,866$)

C2 - LE DÉPHASAGE

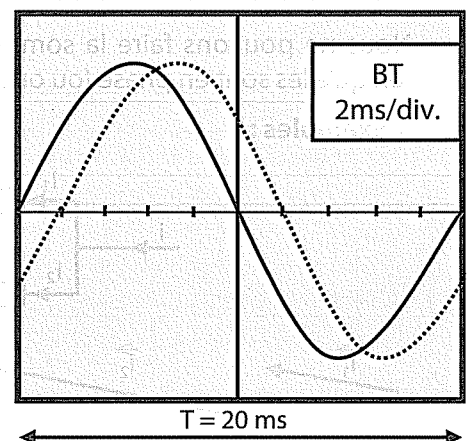
Lorsque deux grandeurs (tension ou intensité) sont parfaitement alignées, on dit que ces grandeurs sont en phase (angle de déphasage $\varphi = 0$).

Par contre, lorsqu'elles sont décalées, on dit qu'elles sont déphasées ou en déphasage (angle de déphasage $\varphi \neq 0$).

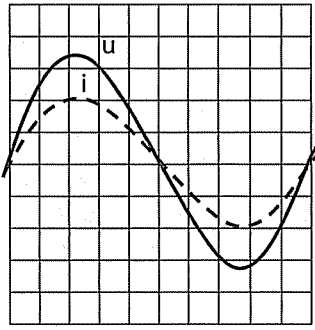
Exemple de relevé sur l'oscilloscope :

La base de temps est de 2 millisecondes par division (2 ms/div.), la période T est de 20 ms, la fréquence f ($= \frac{1}{T}$) est de 50 Hz.

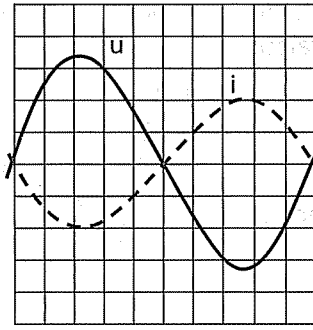
Le déphasage relevé entre les 2 grandeurs est de 2 ms, ce qui correspond à $\frac{2\pi}{10} = 36^\circ$.



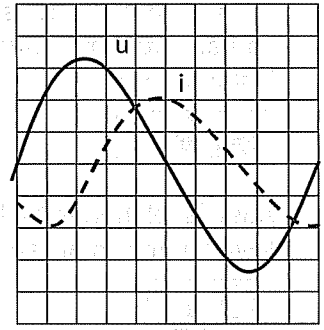
C3 - DÉPHASAGES REMARQUABLES



u et i sont en phase
($\varphi = 0^\circ$)



u et i sont en opposition de phase
($\varphi = \pi \text{ rad} = 180^\circ$)



u et i sont en quadrature de phase ($\varphi = \frac{\pi}{2} \text{ rad} = 90^\circ$)

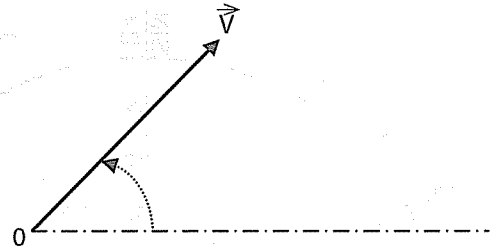
D / LA REPRÉSENTATION DE FRESNEL

D1 - DÉFINITION

La représentation de Fresnel est une représentation vectorielle des grandeurs sinusoïdales.

Un vecteur est caractérisé par :

- son point d'origine,
- sa longueur,
- sa direction,
- son sens.



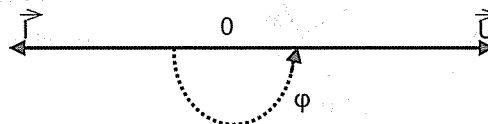
Représentons les vecteurs de Fresnel correspondant aux déphasages remarquables du paragraphe C2 ci-dessus.

$$\hat{U} = 325 \text{ V} \rightarrow U = 230 \text{ V}$$

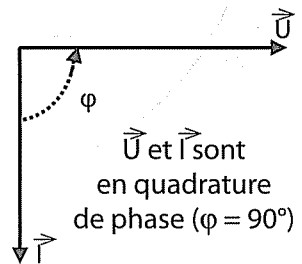
$$\hat{I} = 6,1 \text{ A} \rightarrow I = 4,3 \text{ A}$$



\vec{U} et \vec{I} sont en phase
($\varphi = 0^\circ$)



\vec{U} et \vec{I} sont en opposition de phase ($\varphi = 180^\circ$)

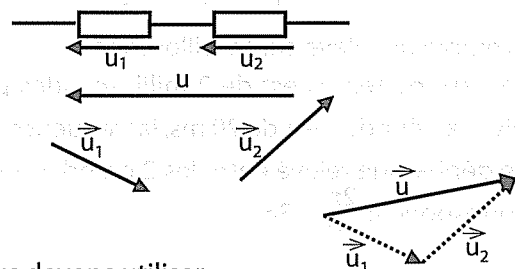
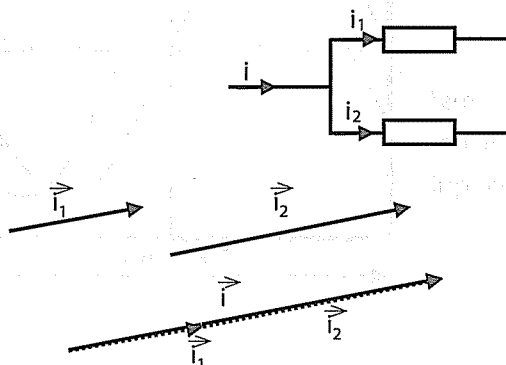


\vec{U} et \vec{I} sont en quadrature de phase ($\varphi = 90^\circ$)

D2 - SOMME DE GRANDEURS SINUSOÏDALES

Nous ne pouvons faire la somme arithmétique de deux grandeurs électriques sinusoïdales que lorsqu'elles sont en phase (ou ont le même déphasage).

Exemples :



Nous devons utiliser le diagramme de Fresnel.

E / RÉCEPTEURS ÉLÉMENTAIRES EN RÉGIME SINUSOÏDALE

E1 - LE RÉSORTOR SOUS TENSION SINUSOÏDALE

Le courant i dans un résistor est en phase avec la tension u .

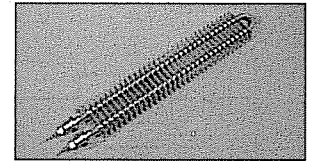


Résistance utilisée dans les circuits électroniques

En alternatif la loi d'Ohm s'écrit :

$$U = Z \cdot I$$

U en Volt (V)
Z en Ohm (Ω)
I en Ampère (A)



Résistance chauffante

L'impédance Z est la résistance que présente un circuit électrique au passage d'un courant **alternatif**.

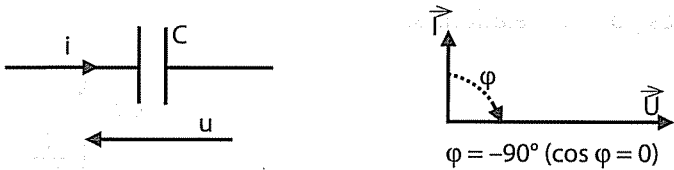
L'impédance Z est le rapport de la tension (en volts) sur l'intensité (en ampères).

$$Z = \frac{U}{I} \quad Z = R$$

E2 - LE CONDENSATEUR SOUS TENSION SINUSOÏDALE

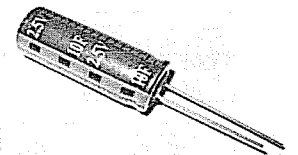
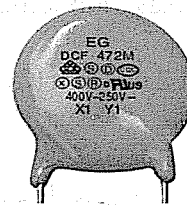
Un condensateur est un composant constitué de deux armatures conductrices et séparées par un isolant (diélectrique). Sa propriété principale est de pouvoir stocker des charges électriques opposées sur ses armatures. Le condensateur est caractérisé par sa capacité électrique exprimée en farads (F).

Le courant i dans un condensateur est en quadrature avant de la tension u .



$$Z = \frac{U}{I} \quad Z = \frac{1}{C\omega}$$

Z en Ohm (Ω)
C en farad (F)
 ω en rad/s
I en Ampère (A)



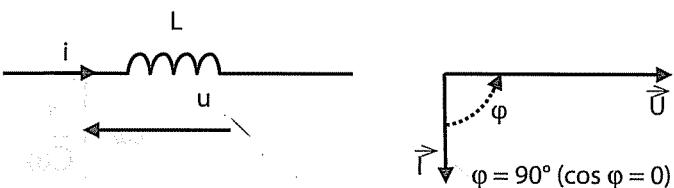
Condensateurs céramique et chimique
ATTENTION : les condensateurs polarisés (+/-) ne sont pas utilisables en alternatif

E3 - LE RÉACTOR SOUS TENSION SINUSOÏDALE

Un réactor est une bobine inductive (inductance) qui produit un champ magnétique ; la bobine est généralement constituée de fil de cuivre émaillé (isolé à l'émail) et d'un circuit magnétique en fer ou en acier doux.

L'inductance est exprimée en Henry (H).

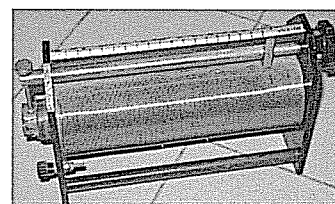
Le courant i dans un réactor parfait (résistance nulle) est en quadrature arrière de la tension u .



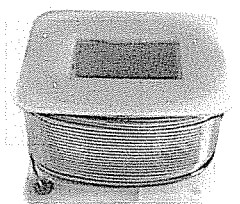
$$Z = \frac{U}{I} \quad Z = L\omega$$

Z en Ohm (Ω)
L en Henry (H)
 ω en rad/s

Pour un réactor parfait



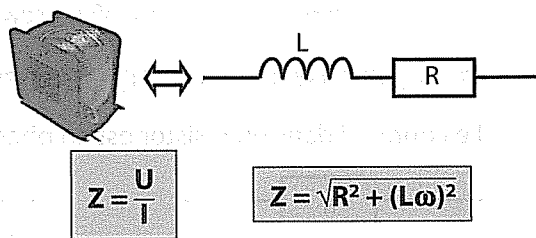
Bobine (réactor) réglable de laboratoire



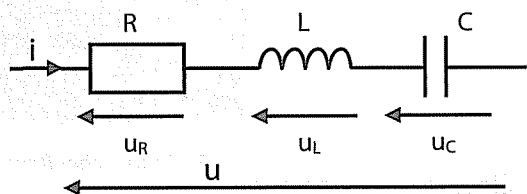
Bobinage composé de spires enroulées

Remarque : une inductance pure **n'existe pas** car le bobinage composé de conducteurs en cuivre possède une résistance (même si elle est plutôt faible).

Aussi une **bobine réelle** est-elle considérée comme l'association d'une **inductance et d'une résistance en série**.



E4 - ASSOCIATION DE RÉCEPTEURS ÉLÉMENTAIRES (RLC)

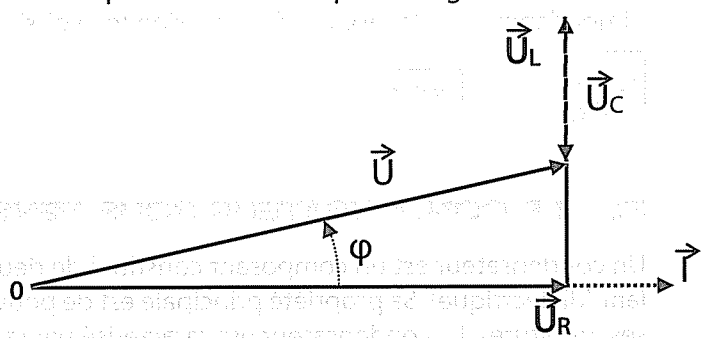


$$\vec{U} = \vec{U}_R + \vec{U}_L + \vec{U}_C$$

La **somme des tensions** est une somme vectorielle qui est déterminée par le diagramme de Fresnel.

$$\cos \varphi = \frac{U_R}{U}$$

$$\tan \varphi = \frac{U_L - U_C}{U_R}$$



Le triangle représentant les **impédances** est la transposition de celui représentant les tensions. Nous utiliserons les règles trigonométriques pour les relations suivantes :

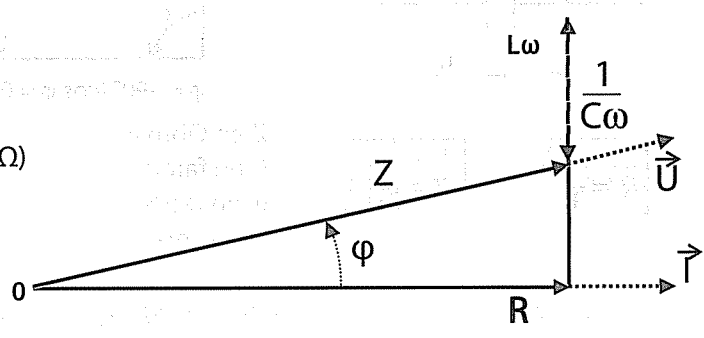
$$\cos \varphi = \frac{R}{Z}$$

R et Z en Ohm (Ω)

$$\tan \varphi = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R}$$

$L\omega$ et $\frac{1}{C\omega}$ en Ohm (Ω)

$$Z = \sqrt{R^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}$$



$L\omega$: réactance de la bobine en Ohm (Ω)

$\frac{1}{C\omega}$: réactance du condensateur en Ohm (Ω)

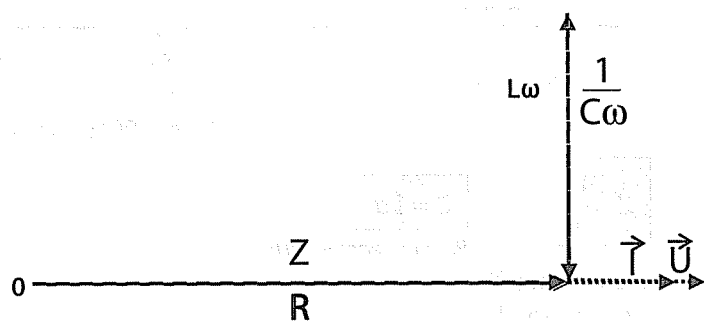
Cas particulier : lorsque $L\omega$ (réactance de la bobine) est de même valeur que $\frac{1}{C\omega}$ (réactance du condensateur) nous sommes dans les conditions de résonance (le circuit RLC se comporte comme un résistor).

$$\varphi = 0$$

$$\cos \varphi = 1$$

$$L\omega = \frac{1}{C\omega}$$

$$\text{et } Z = R$$



Projet 2 / Éclairage d'un entrepôt

Deuxième partie

L'éclairage d'un entrepôt de stockage de marchandises est assuré par 100 tubes fluorescents de 36 W sous 230 V.

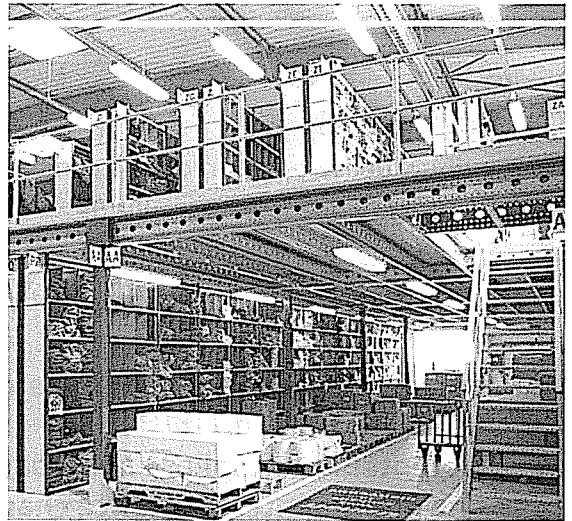
Dans le cadre d'une extension de l'entrepôt, le service technique chargé de l'installation et de la maintenance va installer 100 tubes fluorescents supplémentaires de même puissance.

Pour diminuer la valeur de l'intensité du courant absorbée par les 200 tubes fluorescents de l'éclairage de l'entrepôt, le service technique désire installer des condensateurs.

En effet une diminution de l'intensité permettra de réaliser des économies substantielles.

Les mesures effectuées sur 1 tube fluorescent (réglette) donnent les valeurs suivantes :

Puissance active = 40 W, Intensité du courant = 0,34 A



Question 2.1

Calculez la puissance apparente d'un tube fluorescent (réglette).

Voir cours 2 page 17 paragraphe A2

.....

.....

.....

Question 2.2

Calculez le facteur de puissance d'un tube fluorescent (réglette).

Voir cours 2 page 18 paragraphe A5

.....

.....

.....

Question 2.3

Qu'engendre ce faible facteur de puissance ?

Voir cours 2 page 18 paragraphes B1 et B2

.....

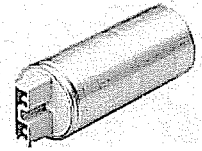
.....

.....

Question 2.4

Calculez la valeur de la capacité du condensateur à insérer dans chaque tube fluorescent.

Voir cours 2 page 19 paragraphes B2 et B3



.....

.....

.....

Question 2.5

Pourquoi utilise-t-on ce mode de compensation ?

Voir cours 2 page 19 paragraphe B4

.....

.....

Dans cet entrepôt, il y a également 2 étiqueteuses comportant chacune :

- un moteur monophasé absorbant 400 W, $\cos \varphi = 0,7$
- une imprimante (résistance chauffante) de 100 W



Question 2.6

Déterminez la valeur de la capacité du condensateur à installer en tête de ligne afin d'éviter les pénalités du fournisseur d'énergie (les calculs se feront en considérant que tous les récepteurs fonctionnent simultanément).

Voir cours 2 pages 20 et 21 paragraphes C1 et C2

Récepteurs	Puissance active (W)	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$	Puissance réactive (var)
200 tubes fluorescents (après compensation)			0,4	
2 moteurs				
2 imprimantes		1		
Total récepteurs				

.....

.....

.....

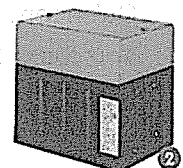
.....

.....

.....

.....

.....



Batterie de condensateur

A / PUISSANCES EN ALTERNATIF MONOPHASÉ

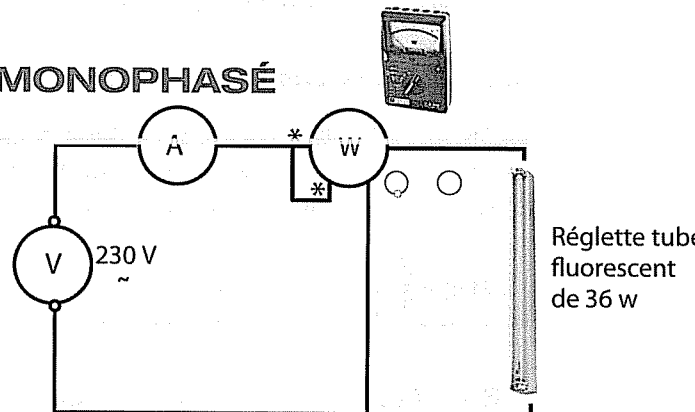
A1 - MESURE EXPÉRIMENTALE

Si nous réalisons les mesures sur une réglette contenant un tube fluorescent, un ballast et un starter, nous pouvons relever les valeurs suivantes :

Voltmètre : 230 V (Tension du réseau)

Wattmètre : 40 W (Puissance active)

Ampèremètre : 0,34 A (Intensité absorbée)



Nous constatons que le wattmètre indique une valeur P de 40 watts proche de la puissance réelle absorbée par le tube fluorescent et que le produit $U \times I \neq P$ (puissance absorbée par la réglette); $230 \times 0,34 = 78,2$ VA (puissance apparente en voltampère).

A2 - PUISSANCE APPARENTE

La puissance apparente est égale au produit de la tension efficace par l'intensité efficace absorbée.

$$S = U \cdot I$$

S : puissance apparente en voltampères (VA)

U : tension en volts (V)

I : intensité en ampères (A)

La puissance apparente n'est pas la puissance indiquée par le wattmètre (sauf pour un circuit purement résistif).

Elle est utilisée pour indiquer la puissance des générateurs alternatifs ou des transformateurs.

Sur la plaque signalétique d'un transformateur on indique :

- la puissance apparente nominale (en VA),
- la tension nominale (en V),
- l'intensité nominale (en A).

Une grandeur **nominale** est une grandeur qui caractérise un système lorsqu'il fonctionne à plein régime.

$$S_N = U_N \times I_N$$

A3 - PUISSANCE ACTIVE

C'est la puissance utile qui est à l'origine de l'énergie fournie au récepteur.

La puissance active est la puissance indiquée par le wattmètre.

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

P : puissance active en watts (W)

U : tension en volts (V)

I : intensité en ampères (A)

$\cos \varphi$: facteur de puissance du récepteur

La puissance active varie en fonction de l'angle de déphasage φ .

Pour un circuit purement résistif (résistance pure) : $\varphi = 0$ d'où $\cos \varphi = 1$.

Pour un circuit purement inductif (bobine parfaite) : $\varphi = \pi/2$ d'où $\cos \varphi = 0$ ($P = 0$).

A4 - PUISSANCE RÉACTIVE

C'est la puissance consommée par les inductances et fournie par les condensateurs.

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$$

Q : puissance réactive en voltampères réactifs (var)

U : tension en volts (V)

I : intensité en ampères (A)

$\sin \varphi$: sinus de l'angle du déphasage

Le signe du déphasage φ donne le signe de la puissance réactive.

Si $Q > 0$, le récepteur est inductif.

Si $Q < 0$, le récepteur est capacitif.

A5 - FACTEUR DE PUISSANCE

Le facteur de puissance a pour origine le déphasage du courant par rapport à la tension.

Le facteur de puissance en alternatif sinusoïdal (sans distorsions ou harmoniques) est le rapport de puissance active sur la puissance apparente.

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

$\cos \varphi$ (ou fp) : facteur de puissance (valeur comprise entre 0 et 1)

P : puissance active en watts (W)

S : puissance apparente en voltampères (VA)

A6 - TRIANGLE DES PUISSANCES

Dans ce triangle rectangle, en appliquant le théorème de Pythagore on obtient :

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

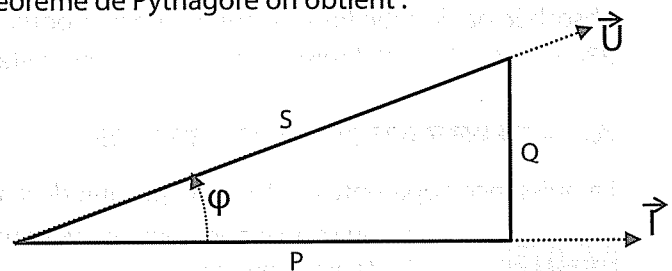
$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

▷ Relations trigonométriques :

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

$$\tan \varphi = \frac{Q}{P}$$

$$\sin \varphi = \frac{Q}{S}$$



▷ Remarques :

Énergie active :

- les résistors consomment de l'énergie active ($\cos \varphi = 1$),
- les inductances ne consomment pas d'énergie active ($\cos \varphi = 0$),
- les condensateurs ne consomment pas d'énergie active ($\cos \varphi = 0$).

Énergie réactive :

- les résistors ne consomment pas d'énergie réactive ($\sin \varphi = 0$),
- les inductances consomment de l'énergie réactive ($\sin \varphi = 1$),
- les condensateurs fournissent de l'énergie réactive ($\sin \varphi = -1$).

B / FACTEUR DE PUISSANCE ET COMPENSATION

B1 - IMPORTANCE DU FACTEUR DE PUISSANCE

Pour une même puissance active consommée, plus le $\cos \varphi$ est élevé, plus le courant absorbé est faible.

▷ Exemple :

Prenons le cas de l'expérimentation du paragraphe A1.

La tension du réseau est fixe = 230 V

La puissance consommée par la réglette du tube fluorescent est également constante = 40 W

Si le $\cos \varphi$ était élevé (≈ 1), nous aurions :

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{40}{230} = 0,17 \text{ A soit la moitié de l'intensité (0,34 A) que l'on a avec un } \cos \varphi \text{ faible.}$$

Supposons que nous ayons 1 000 réglottes dans une installation d'éclairage importante, nous aurions alors 340 Ampères au lieu d'en avoir 170, avec toutes les conséquences que nous allons citer.

B2 - CONSÉQUENCES D'UN MAUVAIS FACTEUR DE PUISSANCE

Un facteur de puissance ($\cos \varphi$) faible engendre une intensité plus importante dans une installation et de ce fait :

- augmentation des sections des conducteurs et câbles (sections essentiellement dépendantes de la valeur de l'intensité du courant) ainsi que des canalisations,

- surdimensionnement des appareils (disjoncteurs, appareils de commande, transformateurs...),
 - facturation de l'énergie réactive par EDF, principal fournisseur d'énergie en France.
- EDF indique une valeur de $\cos \varphi = 0,928$ au minimum ($\tan \varphi = 0,4$ maximum); au-delà il applique des pénalités.
- si $\tan \varphi \leq 0,4$ non facturation de l'énergie réactive consommée,
 - si $\tan \varphi > 0,4$ facturation de l'énergie réactive excédentaire.

B3 - RELÈVEMENT DU FACTEUR DE PUISSANCE OU COMPENSATION

Il se fait à l'aide de condensateurs montés en dérivation. Ils fournissent l'énergie réactive nécessaire pour avoir un facteur de puissance correct, donc un courant en ligne plus faible.

Les installations industrielles sont principalement constituées de récepteurs inductifs (moteurs, éclairages fluorescents, transformateurs...) consommatrices d'énergie réactive. Il est donc nécessaire de relever le facteur de puissance afin de limiter les inconvénients cités précédemment.

Il faut établir un bilan de la puissance réactive de l'installation pour déterminer la valeur de la batterie de condensateurs à installer pour améliorer le facteur de puissance.

On calcule la valeur de la puissance réactive des condensateurs par la relation :

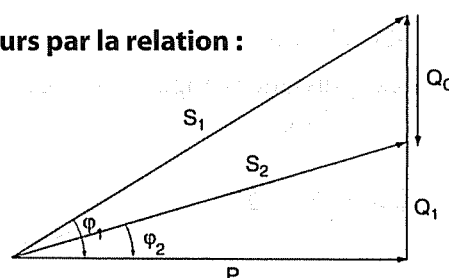
$$Q_c = P \cdot (\tan \varphi - 0,4)$$

Q_c : puissance réactive en var

P : puissance consommée en watts

$\tan \varphi$: valeur avant compensation

0,4 : valeur max donnée par le fournisseur d'énergie



On calcule la valeur de la capacité du (ou de la batterie de) condensateur(s) à installer pour améliorer le facteur de puissance par la relation :

$$C = \frac{Q_c}{U^2 \omega}$$

C : capacité du condensateur en Farad

Q_c : puissance réactive en var

U : tension en volt

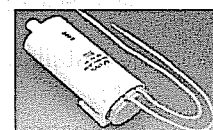
ω : pulsation en rad/s

B4 - MODES DE COMPENSATION

B4.1 Compensation individuelle

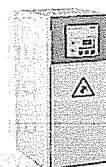
Les condensateurs sont directement raccordés à chaque récepteur.

Ce mode de compensation est utilisé lorsque le $\cos \varphi$ des appareils est très faible; comme par exemple des éclairages comportant des tubes fluorescents qui sont généralement commercialisés avec un condensateur (réglettes compensées).



B4.2 Compensation par secteur

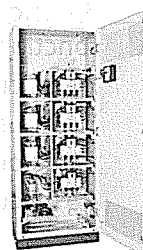
Le raccordement des condensateurs s'effectue pour chaque secteur d'un bâtiment. Ce mode de compensation est utilisé pour des installations réparties sur plusieurs bâtiments.



B4.3 Compensation globale

Les condensateurs sont raccordés en tête de l'installation : la batterie de condensateurs est en général implantée dans le poste de distribution BT.

Ce mode de compensation, lorsqu'il est variable (cas le plus fréquent), permet de régler simultanément la puissance réactive afin de la maintenir à un niveau acceptable.



Armoire de compensation Legrand

C / MÉTHODE DE BOUCHEROT

La **méthode de Boucherot** permet de calculer la puissance totale consommée par une installation électrique comportant plusieurs récepteurs de facteurs de puissance différents, l'intensité totale appelée et le facteur de puissance global.

Cette méthode permet de faire des calculs sans utiliser la représentation de Fresnel, trop fastidieuse lorsque l'on est en présence d'une installation importante.

C1 - PRINCIPE DE LA MÉTHODE

Il faut faire le bilan des puissances de l'installation.

C1.1 ▸ Puissances actives

Les puissances actives s'additionnent :

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$$

$$P_T = \Sigma P$$

P_T : puissance active totale en watt

P_1, P_2, \dots : puissances actives de l'installation

C1.2 ▸ Puissances réactives

Les puissances réactives s'additionnent (comme pour les puissances actives) :

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots$$

$$Q_T = \Sigma Q$$

Q_T : puissance réactive totale en var

Q_1, Q_2, \dots : puissances réactives de l'installation

C1.3 ▸ Puissances apparentes

Les puissances apparentes **ne s'additionnent pas** : (on applique le théorème de Boucherot)

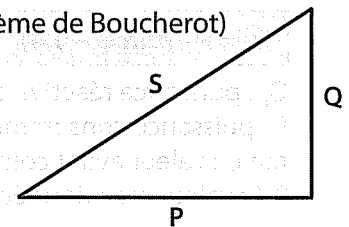
$$S^2 = P^2 + Q^2$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

S : puissance apparente totale en VA

P : puissance active totale en watt

Q : puissance réactive totale en var



C1.4 ▸ Intensité totale et facteur de puissance global

À partir du résultat de la puissance apparente S , calculée précédemment, nous déduisons l'intensité totale de l'installation ainsi que le facteur de puissance global :

$$I = \frac{S}{U}$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

S : puissance apparente totale en VA

I : intensité totale en Ampère

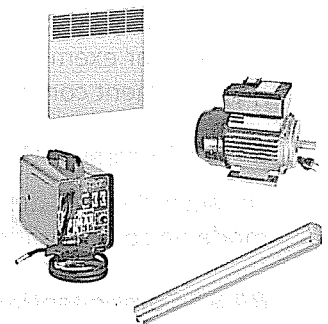
U : tension en volt

$\cos \varphi$: facteur de puissance global de l'installation

C2 - EXERCICE D'APPLICATION

Une installation d'un atelier, alimentée sous une tension de 230 V, 50 Hz comporte l'appareillage suivant :

- un ensemble de convecteurs (chauffage par résistance) de puissance $P_C = 4$ kW,
- un moteur qui absorbe une puissance $P_M = 4$ kW, de facteur de puissance $fp = 0,7$,
- un poste de soudure de puissance électrique $P_S = 3$ kW, de facteur de puissance $fp = 0,6$,
- un ensemble de 50 réglettes de tubes fluorescents de 60 W, chacune avec un facteur de puissance de 0,5.



1 - Calculons les puissances actives, réactives et apparentes totales lorsque tous les récepteurs sont en fonctionnement par la méthode de Boucherot.

2 - Calculons le courant total en ligne de l'installation ainsi que le facteur de puissance global.

3 - Nous désirons relever le facteur de puissance fp' à 0,928 ($\tan \varphi = 0,4$).

Calculons la valeur de la capacité C du condensateur à brancher en parallèle sur cette installation.

4 - Calculons l'intensité I' en ligne après le relèvement du facteur de puissance.

Projet 3 Bilan des puissances dans une laiterie

L'entreprise de fabrication de lait doit payer des pénalités sur sa tarification EDF en raison d'un dépassement de consommation d'énergie réactive. L'usine s'est donc imposée un $\cos \varphi$ de 0,93 pour compenser ce surplus de consommation.

On vous demande de déterminer la batterie de condensateurs à installer.

La tension d'alimentation est de 400 V triphasé.

La laiterie dispose du matériel suivant :

- un éclairage composé de 90 tubes fluorescents non compensés absorbant chacun une puissance de 40 watts, $\cos \varphi = 0,5$,
- un moteur de puissance utile 8 kW, $\cos \varphi = 0,76$, puissance absorbée 9 kW,
- 3 moteurs identiques, chacun a pour puissance utile 2,7 kW, $\cos \varphi = 0,8$, puissance absorbée 3 kW,
- un stérilisateur $\cos \varphi = 1$, puissance absorbée 8 kW,
- divers accessoires électriques $\cos \varphi = 0,9$, puissance absorbée 2 kW.



Question 3.1

Établissez le bilan des puissances de l'usine.

Voir cours 3 page 25 paragraphe C – Suivre l'exercice d'application page 27 paragraphe D2

Récepteurs	Puissance active (kW)	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$	Puissance réactive (kvar) $Q = P \cdot \tan \varphi$
Total récepteurs		-	-	

Question 3.2

Calculez la puissance apparente de l'usine.

Voir cours 3 page 25 paragraphe C

.....

.....

Question 3.3

Calculez le facteur de puissance avant compensation.

Voir cours 3 page 26 paragraphe D

.....

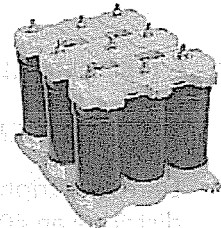
.....

Question 3.4

Calculez la valeur de la capacité d'un des 3 condensateurs à insérer en triangle en tête de ligne.

Voir cours 3 pages 26 et 27 paragraphe D

.....
.....
.....
.....



Question 3.5

Réalisez le schéma d'implantation des 3 condensateurs.

Voir cours 3 pages 26 et 27 paragraphe D1



Le stérilisateur n'atteint pas la température normale de fonctionnement, le service de maintenance se propose de tester les résistances (impédances) montées en étoiles (Y).

Question 3.6

Calculez l'intensité du courant absorbée par le four.

Voir cours 3 page 26 paragraphe C2

.....
.....

Question 3.7

Quelle est la valeur de la tension aux bornes de chaque résistance ?

Voir cours 3 page 24 paragraphe B1

.....
.....

Question 3.8

Afin de vérifier la valeur de chaque résistance (impédance), nous effectuons des mesures (hors tension) à l'aide d'un ohmmètre. Quelle doit être la valeur de chaque résistance ?

Voir cours 3 page 25 paragraphe B2

.....
.....

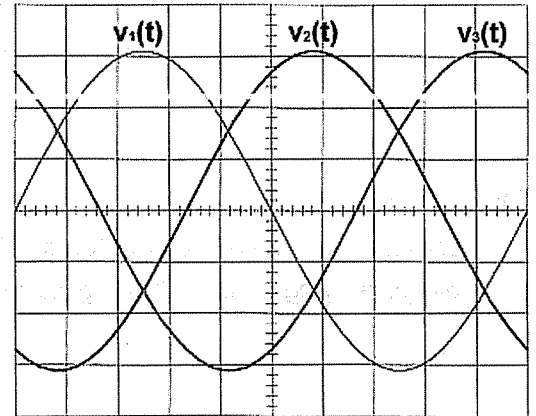
A / LE RÉSEAU TRIPHASÉ

A1 - MESURES EXPÉRIMENTALES

Le réseau triphasé basse tension (BT) est généralement distribué en 400 V.

Si nous visualisons les tensions du réseau par un oscilloscope (en utilisant une sonde atténuatrice), nous pouvons mesurer les valeurs suivantes :

- tensions maximales : 565 V (tension efficace \approx 400 V),
- les 3 tensions ont la même amplitude (réseau équilibré),
- le décalage entre les tensions est de $\frac{2\pi}{3}$ (soit 120°).



Tension triphasée observée par un oscilloscope

Entre 2 phases nous mesurons :

$$U_{12} = U_{23} = U_{31} = 400 \text{ V.}$$

C'est un réseau dit « équilibré ».

U_{12} , U_{23} , U_{31} sont des tensions composées (entre phases).

Entre chaque phase et le neutre :

$$V_1 = V_2 = V_3 = 230 \text{ V.}$$

V_1 , V_2 , V_3 sont des tensions simples (entre phase et neutre).

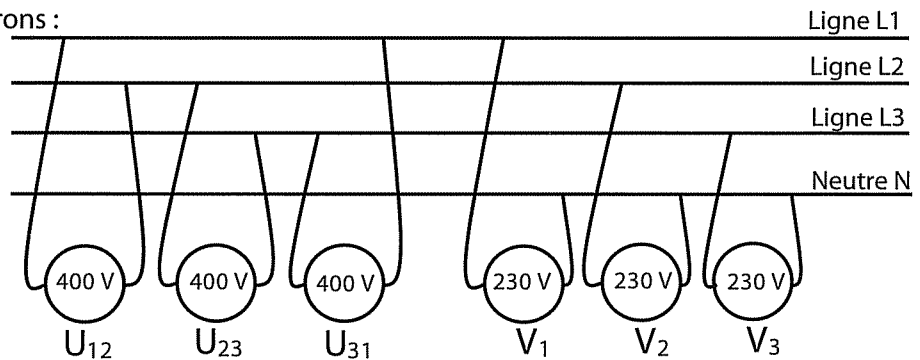
Nous constatons également que :

$$400 \text{ V} \approx \sqrt{3} \times 230 \text{ V} \text{ (ou } 230 \text{ V} \approx \frac{400}{\sqrt{3}})$$

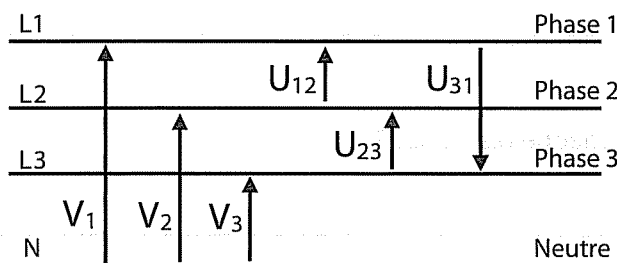
Nous pouvons donc écrire la relation suivante :

$$U = \sqrt{3} \cdot V \quad \text{ou} \quad V = \frac{U}{\sqrt{3}}$$

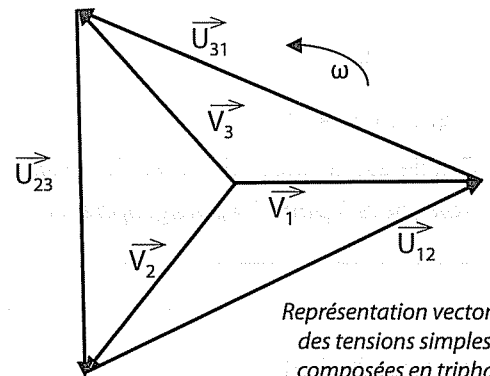
U : tension composée (V)
V : tension simple (v)



A2 - TENSIONS SIMPLES ET COMPOSÉES



Représentation des grandeurs des tensions simples et composées en triphasé



Représentation vectorielle des tensions simples et composées en triphasé

B / LES MONTAGES ÉTOILE ET TRIANGLE EN TRIPHASÉ

B1 - MONTAGE ÉTOILE

La tension de distribution en triphasé est généralement de 230/400 V (230 V entre phase et neutre et 400 V entre phases).

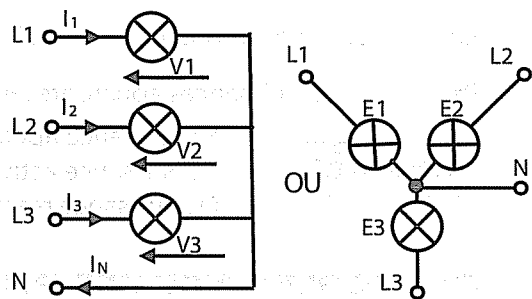
Si nous réalisons le montage dit « en étoile (Y) » de 3 lampes identiques, alimentées sous 400 V, nous constatons que la tension aux bornes de chaque lampe est de **230 V** ($V_1 = V_2 = V_3$).

Les courants I_1 , I_2 et I_3 ont la même valeur ($I_1 = I_2 = I_3$).

Le courant dans le conducteur de neutre est nul ($I_N = 0$).

C'est un montage **étoile équilibré**.

Si les 3 récepteurs sont différents, le courant dans le neutre ne serait plus nul ($I_N \neq 0$). C'est un montage **étoile déséquilibré**.



Dans un montage étoile tous les récepteurs sont parcourus par un courant I sous une **tension simple V** ($V = \frac{U}{\sqrt{3}}$).

Dans un montage **étoile équilibré** les 3 dipôles ont la même impédance.

$$\boxed{Z = \frac{V}{I}} \quad \begin{array}{l} Z : \text{impédance } (\Omega) \\ V : \text{tension simple } (v) \\ I : \text{intensité du courant dans une branche } (A) \end{array} \quad \text{ou} \quad \boxed{I = \frac{V}{Z}}$$

Dans un montage **étoile déséquilibré** les 3 dipôles ont une impédance différente (donc une valeur d'intensité du courant différente) et peuvent avoir un déphasage différent.

$$\boxed{Z_1 = \frac{V}{I_1}} \quad \boxed{Z_2 = \frac{V}{I_2}} \quad \boxed{Z_3 = \frac{V}{I_3}} \quad \text{ou} \quad \boxed{I_1 = \frac{V}{Z_1}} \quad \boxed{I_2 = \frac{V}{Z_2}} \quad \boxed{I_3 = \frac{V}{Z_3}}$$

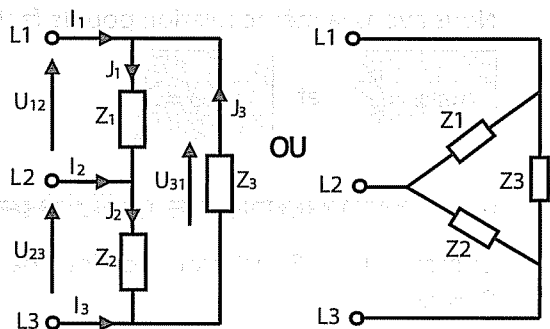
B2 - MONTAGE TRIANGLE

En réalisant le montage dit « en triangle (Δ) » de 3 dipôles (ou récepteurs, par exemple un moteur triphasé), alimentés sous 400 V, nous constatons que la tension aux bornes de chaque dipôle est de 400 V ($U_1 = U_2 = U_3$).

Il n'y a pas de conducteur de neutre.

Les courants de ligne I_1 , I_2 et I_3 ont la même valeur ($I_1 = I_2 = I_3$).

Les courants dans les récepteurs J_1 , J_2 et J_3 ont la même valeur ($J_1 = J_2 = J_3$).



Dans un montage triangle, tous les dipôles sont sous une **tension composée** (le réseau triphasé 400 V) et sont parcourus par un courant j ($j = \frac{I}{\sqrt{3}}$).

Dans un montage **triangle équilibré** les 3 dipôles ont la même impédance.

$$\boxed{Z = \frac{U}{J}} \quad \begin{array}{l} Z : \text{impédance } (\Omega) \\ U : \text{tension composée } (v) \\ J : \text{intensité du courant traversant un dipôle } (A) \end{array} \quad \text{ou} \quad \boxed{J = \frac{U}{Z}}$$

Dans un montage **triangle déséquilibré** les 3 dipôles ont une impédance différente (donc une valeur d'intensité J du courant différente) et peuvent avoir un déphasage différent.

$$\boxed{Z_1 = \frac{U}{J_1}} \quad \boxed{Z_2 = \frac{U}{J_2}} \quad \boxed{Z_3 = \frac{U}{J_3}} \quad \text{ou} \quad \boxed{J_1 = \frac{U}{Z_1}} \quad \boxed{J_2 = \frac{U}{Z_2}} \quad \boxed{J_3 = \frac{U}{Z_3}}$$

C / LES PUISSANCES EN TRIPHASÉ

C1 - SOMME DES PUISSANCES

Comme en monophasé, les puissances actives et réactives s'additionnent :

$$\boxed{P_T = P_1 + P_2 + P_3} \quad \boxed{Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3} \quad \begin{array}{l} P_T : \text{puissance active totale en watt} \\ Q_T : \text{puissance réactive totale en var} \end{array}$$

En triphasé, nous aurons, quel que soit le couplage : $P_T = 3 P$ et $Q_T = 3 Q$

Par contre, les puissances apparentes **ne s'additionnent pas** :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

S : puissance apparente totale en VA

P : puissance active totale en watt

Q : puissance réactive totale en var

C2 - FORMULAIRE DES PUISSANCES EN TRIPHASÉ

Nous avons vu dans le paragraphe B que les impédances étaient soumises aux tensions et aux courants suivants :

En montage étoile (Y)

Z est soumise :

- à une tension simple **V**,
- parcourue par un courant **I** :

$$P_T = 3 P = 3 V I \cos \varphi$$

$$\text{comme } V = \frac{U}{\sqrt{3}}$$

$$P_T = 3 \frac{U}{\sqrt{3}} I \cos \varphi$$

en simplifiant, cela donne : $P_T = \sqrt{3} UI \cos \varphi$

En montage triangle (Δ)

Z est soumise :

- à une tension composée **U**,
- parcourue par un courant **J** :

$$P_T = 3 P = 3 U J \cos \varphi$$

$$\text{comme } J = \frac{I}{\sqrt{3}}$$

$$P_T = 3 U \frac{I}{\sqrt{3}} \cos \varphi$$

en simplifiant, cela donne : $P_T = \sqrt{3} UI \cos \varphi$

Ainsi, en triphasé, nous aurons, quel que soit le couplage :

$$P = \sqrt{3} UI \cos \varphi \quad \text{ainsi que} \quad Q = \sqrt{3} UI \sin \varphi \quad \text{et} \quad S = \sqrt{3} UI$$

Nous avons la même relation pour le facteur de puissance qu'en monophasé :

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \quad \text{et} \quad \tan \varphi = \frac{Q}{P}$$

C3 - MÉTHODE DE BOUCHEROT

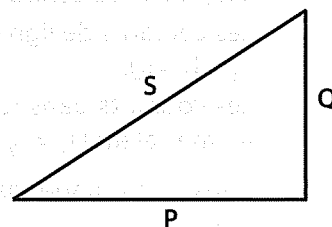
La méthode de Boucherot s'applique de la même façon qu'en monophasé.

$$P_T = \sum P$$

$$Q_T = \sum Q$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$



D / COMPENSATION EN TRIPHASÉ

D1 - SOMME DES PUISSANCES

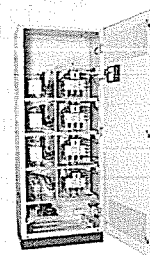
Comme en monophasé, l'amélioration du facteur de puissance s'effectue au moyen d'une batterie de condensateurs (batterie de compensation).

La puissance réactive que doit fournir la batterie de compensation est calculée de la même façon qu'en monophasé.

La batterie est composée de trois condensateurs, montés en triangle sur le réseau, fournissant chacun un tiers de la puissance réactive capacitive.

L'amélioration du facteur de puissance tend idéalement à lui donner une valeur proche de 1. En pratique, on se contente d'une valeur proche de 0,9.

Les batteries de compensations sont munies de régulateurs qui permettent d'adapter les besoins d'énergie réactive capacitive en alimentant de façon successive les différents échelons de la batterie.



Armoire de compensation Legrand

On calcule la valeur de la puissance réactive des condensateurs de la même façon qu'en monophasé :

$$Q_c = P (\tan \varphi - \tan \varphi')$$

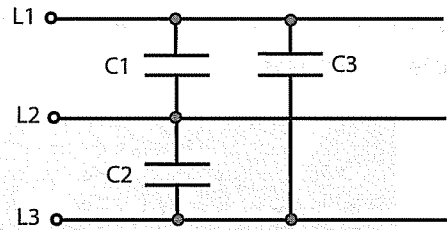
$$Q_c = 3U^2 C \omega$$

Q_c : puissance réactive en var
 P : puissance consommée en watts
 $\tan \varphi$: valeur avant la compensation
 $\tan \varphi'$: valeur après la compensation
 C : capacité d'un condensateur en Farad
 ω : pulsation en rad/s

On calcule la valeur de la capacité d'un des 3 condensateurs à installer pour améliorer le facteur de puissance par la relation :

$$C = \frac{Q_c}{U^2 \omega}$$

C : capacité du condensateur en Farad
 Q_c : puissance réactive en var
 U : tension en volt
 ω : pulsation en rad/s

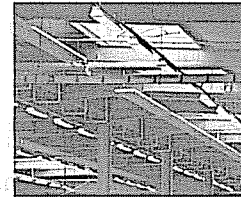
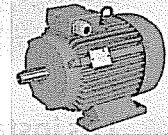
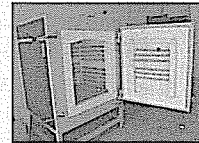


D2 - EXERCICE D'APPLICATION

Afin d'améliorer le facteur de puissance $\cos \varphi'$ à 0,928 ($\tan \varphi = 0,4$) d'un atelier de poterie, nous voulons installer des condensateurs en tête de ligne.

Alimenté sous une tension triphasée de 400 V – 50 Hz, l'atelier comporte l'appareillage suivant :

- un four électrique triphasé (résistances chauffantes) de puissance $P_c = 6$ kW,
- deux moteurs triphasés absorbant chacun une puissance $P_M = 2$ kW, de facteur de puissance, $\cos \varphi = 0,7$,
- un ensemble de 100 réglettes de tubes fluorescents non compensés de 60 W chacune avec un facteur de puissance de 0,5 (montés en équilibre sur le réseau triphasé).



Réponses

Nous considérons que tous les récepteurs peuvent fonctionner simultanément.

Récepteurs	Puissance active (kW)	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$	Puissance réactive (kvar) $Q = P \cdot \tan \varphi$
1 Four	6	1	0	0
2 Moteurs	4	0,7	1,02	4,08
100 Tubes fluo	6	0,5	1,73	10,38
Total récepteurs	16	-	-	14,46

La valeur de la puissance apparente totale est :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{16^2 + 14,46^2} = 21,566 \text{ kW (soit 21 566 W)}$$

La valeur de l'intensité totale et du facteur de puissance de l'installation avant compensation est :

$$I = \frac{S}{U} = \frac{21\,566}{230} = 93,76 \text{ A} \quad \cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{16\,000}{21\,566} = 0,74$$

La valeur de la capacité d'un des 3 condensateurs à installer est :

$$Q_c = P \cdot (\tan \varphi - 0,4) = 16\,000 \cdot (0,90 - 0,4) = 8\,006 \text{ var (soit 8 kvar)}$$

$$C = \frac{Q_c}{U^2 \omega} = \frac{8\,006}{230^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50} = 482 \mu\text{F}$$

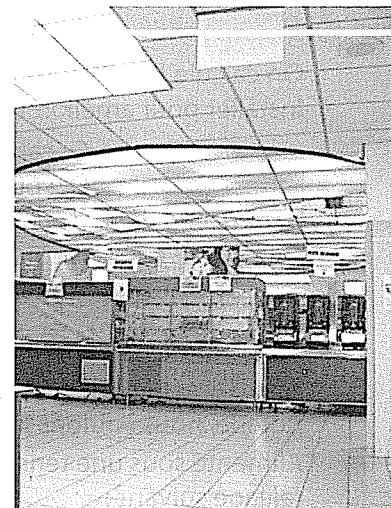
La valeur du courant après compensation sera :

$$I' = \frac{P_T}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{16\,000}{230 \times 0,928} = 74,96 \text{ A}$$

Projet 4 Sujets d'examens sur les transformateurs triphasés

[1 - Sujet Bac pro ELEEC 2009 (extraits)]

Centre de restauration de la base aérienne de Nîmes



Les installations électriques du centre de restauration sont alimentées en 230/400 V à partir d'un poste HT/BT, identifié « poste P1 », situé à une vingtaine de mètres des locaux.

Question 4.1

Identifiez les caractéristiques du transformateur HTA / BTA (d'après le tableau ci-dessous).

Relever les valeurs inscrites pour un transformateur de 1 000 kVA.

Voir cours 4 page 32 paragraphe A3

S	1 000 kVA
U1	V
U2	V
Pertes fer	W
Pertes cuivre	W
Rendement à ¾ de charge sous $\cos \varphi$ de 0,8	%
Chute de tension en % sous un $\cos \varphi$ de 0,8 et pour une tension composée	%

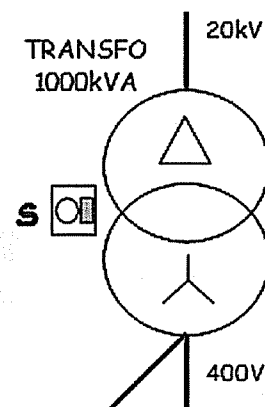


Tableau des caractéristiques des transformateurs HT/BT (France-Transfo)

Puissance (kVA)	800		1 000		1 250		1 600		2 000	2 500	3 150	
Tension secondaire (V)	231	400	231	400	231	400	231	400	400	400	400	
Pertes à vide (kW)	1,95	1,95	2,3	2,3	2,7	2,7	3,3	3,3	3,9	4,5	5,4	
Pertes cuivre à 75 °C (kW)	12	10,2	13,9	12,1	17,5	15	21,3	18,1	22,5	28	33	
Pertes actives totales (kW)	13,95	12,15	16,2	14,4	20,2	17,7	24,6	21,4	26,4	32,5	38,4	
Puissance à compenser à pleine charge (kvar)	62,4	54,5	82,2	72,5	94	94,5	124,8	126,5	176	218	250	
Tension de court-circuit à 75 °C (%)	5,5	4,5	6	5	5,5	5,5	6	6	7	7	8	
Chute de tension en %	$\cos \varphi = 1$	1,64	1,37	1,56	1,33	1,34	1,34	1,30	1,30	1,36	1,36	1,36
	$\cos \varphi = 0,8$	4,43	3,65	4,69	3,93	4,24	4,24	4,52	4,52	5,70	5,16	5,76
Rendement à 3/4 de charge en %	$\cos \varphi = 1$	98,57	98,73	98,67	98,80	98,67	98,83	98,74	98,89	98,91	98,93	98,99
	$\cos \varphi = 0,8$	98,22	98,42	98,34	98,50	98,35	98,54	98,43	98,62	98,64	98,67	98,74
Rendement à pleine charge en %	$\cos \varphi = 1$	98,29	98,50	98,41	98,59	98,40	98,60	98,48	98,68	98,70	98,72	98,79
	$\cos \varphi = 0,8$	97,87	98,14	98,02	98,23	98,01	98,26	98,11	98,36	98,38	98,40	98,49
Courant à vide en %	2,5	2,5	2,4	2,4	2,2	2,2	2	2	1,9	1,7	1,7	

Question 4.6

Les transformateurs ont les caractéristiques suivantes : Dyn11.

Indiquez la signification de chaque terme :

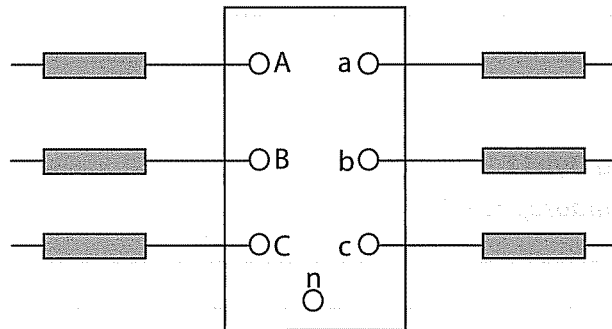
Voir cours 4 page 33 paragraphe A7

D	y	n	11

Question 4.7

Représentez ci-dessous le schéma de câblage des enroulements.

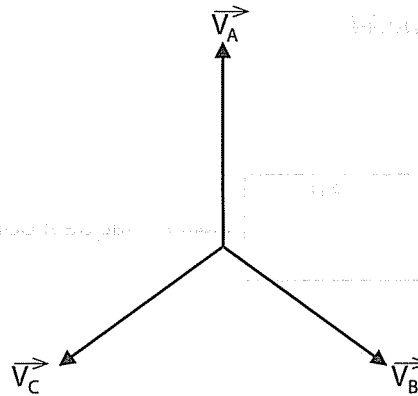
Voir cours 4 page 33 paragraphe A4



Question 4.8

Représentez sur le diagramme vectoriel ci-dessous, la tension secondaire V_a par rapport à la tension primaire U_{AB} . Indiquer la valeur de l'angle de déphasage.

Voir cours 4 page 34 paragraphe A7.1



[3 - Sujet Bac pro ELEEC 2008-2 (extraits)]

S.A.S. Le Francomtois - Fructis

Pour la création de cette nouvelle ligne de mise sous film (embossage), l'entreprise souhaite réutiliser un transformateur à bain d'huile existant pour venir alimenter cette chaîne.

Caractéristiques du transformateur triphasé T1 :

Puissance apparente : 630 kVA

Tensions nominales : 15 000 V / 410 V

Intensités du courant nominales : 24,5 A / 887 A



Question 4.9

Déterminez le calibre des fusibles F3 à placer en amont du transformateur T1 si ceux-ci sont du type Soléfuse.

Utilisez le tableau ci-dessous en prenant la puissance apparente du transformateur.

Voir cours 4 page 35 paragraphe A11.2

Type de fusible	Tension de service (kV)	Puissance du transformateur (kVA)																Tension assignée (kV)	
		25	50	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000		2500
Soléfuse (normes UTE NFC 13.100, 64.210)																			
5,5	6,3	16	31,5	31,5	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	7,2
10	6,3	6,3	16	16	31,5	31,5	31,5	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	7,2
15	6,3	6,3	16	16	16	16	16	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	7,2
20	6,3	6,3	6,3	6,3	16	16	16	16	16	43	43	43	43	43	43	43	43	43	24
Soléfuse (cas général, norme UTE NFC 13.200)																			
3,3	16	16	31,5	31,5	31,5	63	63	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	7,2
5,5	6,3	16	16	31,5	31,5	63	63	80	80	100	100	125	125	125	125	125	125	125	7,2
6,6	6,3	16	16	16	31,5	31,5	43	43	63	80	100	125	125	125	125	125	125	125	7,2
10	6,3	6,3	16	16	16	31,5	31,5	31,5	43	43	63	80	80	100	100	100	100	100	12
13,8	6,3	6,3	6,3	16	16	16	16	31,5	31,5	31,5	43	63	63	80	80	80	80	80	17,5
15	6,3	6,3	16	16	16	16	16	31,5	31,5	31,5	43	43	63	80	80	80	80	80	17,5
20	6,3	6,3	6,3	6,3	16	16	16	16	16	31,5	31,5	31,5	43	43	63	63	63	63	24
22	6,3	6,3	6,3	6,3	16	16	16	16	16	31,5	31,5	31,5	43	43	63	63	63	63	24
Fusarc CF (normes DIN)																			
3,3	16	25	40	50	50	80	80	100	125	125	160	200*	200*	200*	200*	200*	200*	200*	7,2
5,5	10	16	31,5	31,5	40	50	50	63	80	100	125	125	160	160	160	160	160	160	7,2
6,6	10	16	25	31,5	40	50	50	63	80	80	100	125	125	160	160	160	160	160	7,2
10	6,3	10	16	20	25	31,5	40	50	63	80	80	100	100	125	200*	200*	200*	200*	12
13,8	6,3	10	16	16	20	25	31,5	31,5	40	50	50	63	80	80	100	125*	125*	125*	17,5
15	6,3	10	10	16	16	20	25	31,5	40	50	50	63	80	80	100	125*	125*	125*	17,5
20	6,3	6,3	10	10	16	16	25	25	31,5	40	40	50	50	63	80	100	125*	125*	24
22	6,3	6,3	10	10	10	16	20	25	25	31,5	40	40	50	50	80	80	100	100	24

* nous consulter

Question 4.10

Déterminez le courant de court-circuit que peut délivrer le transformateur T1.

Utilisez le tableau ci-dessous en prenant la puissance apparente du transformateur

Transformateurs triphasés immergés dans un diélectrique liquide, conformes à la norme NF C 52-112

Valeurs calculées pour une tension à vide de 420 V

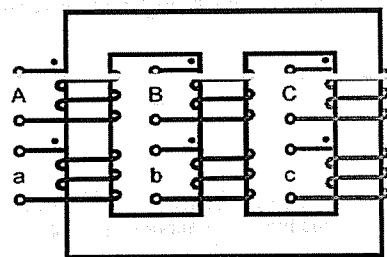
S (kVA)	50	100	160	200	250	315	400	500	630	800	1 000	1 250	1 600	2 000	2 500
I_n (A)	69	137	220	275	344	433	550	687	866	1 100	1 375	1 718	2 200	2 749	3 437
Ucc (%)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6
I_{cc} (kA)	1,81	3,61	5,78	7,22	9,03	11,37	14,44	18,05	22,75	19,26	24,07	30,09	38,52	48,15	60,18
R_{TR} (mΩ)	43,75	21,9	13,7	10,9	8,75	6,94	5,47	4,38	3,47	4,10	3,28	2,63	2,05	1,64	1,31
X_{TR} (mΩ)	134,1	67	41,9	33,5	26,8	21,28	16,76	13,41	10,64	12,57	10,05	8,04	6,28	5,03	4,02

A / LE TRANSFORMATEUR TRIPHASÉ

A1 - PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Comme pour le transformateur monophasé, les enroulements primaires alimentés sous une tension sinusoïdale créent un flux magnétique.

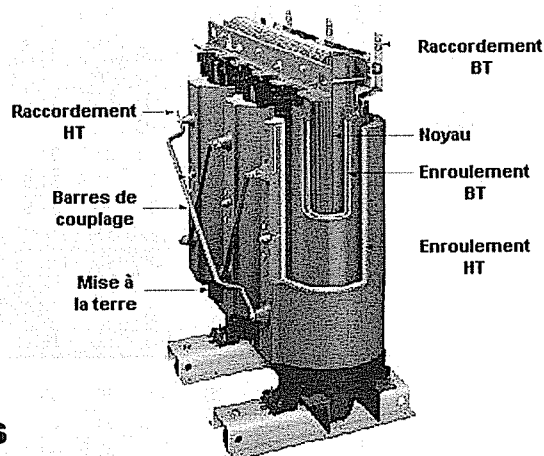
Ce flux magnétique est récupéré dans les enroulements secondaires pour créer une tension sinusoïdale proportionnelle au nombre de spires.



A2 - CONSTITUTION

Le transformateur triphasé est constitué :

- d'un circuit magnétique fermé composé de 3 noyaux comportant un assemblage de tôles ferromagnétiques empilées,
- de deux enroulements (sur chaque noyau), primaire et secondaire, délivrant une tension proportionnelle au nombre de spires.



A3 - PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES

U_1 : Tension au primaire

C'est la tension d'alimentation du transformateur, les 3 enroulements du primaire (6 extrémités) doivent être couplés pour être raccordés au réseau triphasé.

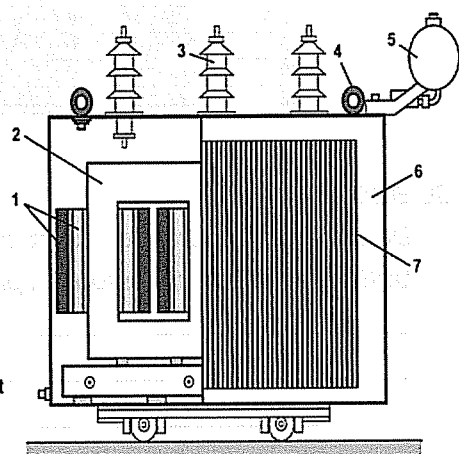
U_2 : Tension au secondaire

C'est la tension d'utilisation du transformateur (après couplage).

S : Puissance apparente (ou assignée)

C'est la puissance apparente du transformateur à l nominale (Intensité prévue par le constructeur pour le fonctionnement en pleine charge).

1. Enroulements
2. Circuit ferromagnétique
3. Traversée
4. Anneaux de suspension
5. Réservoir d'expansion
6. Cuve
7. Ailettes de refroidissement



$$S = \sqrt{3}UI$$

$$S = \sqrt{3}U_2 \cdot I_2$$

$$S = \sqrt{3}U_1 \cdot I_1$$

P_f : Pertes dans le fer : le constructeur effectue un **essai à vide** du transformateur (sans aucune charge au secondaire, $I_2 = 0$).

P_j : Pertes dans le cuivre : ce sont les pertes joules ; le constructeur effectue un **essai en court-circuit** du transformateur (en l'alimentant sous une tension de court-circuit au primaire jusqu'à $I_{2\text{ nominale}}$).

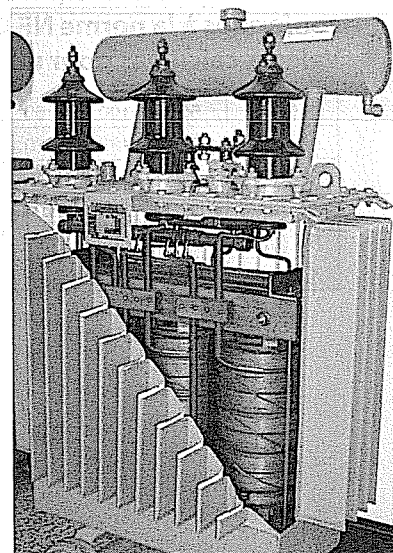
U_{CC} : Tension de court-circuit : le constructeur donne la tension maximale de **court-circuit** du transformateur à ne pas dépasser sous peine de détérioration de celui-ci.

η : Rendement du transformateur

Le transformateur engendre des pertes, le rendement est généralement de l'ordre de 0,97 (97 %).

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_f + P_j}$$

P_2 : puissance d'utilisation au secondaire



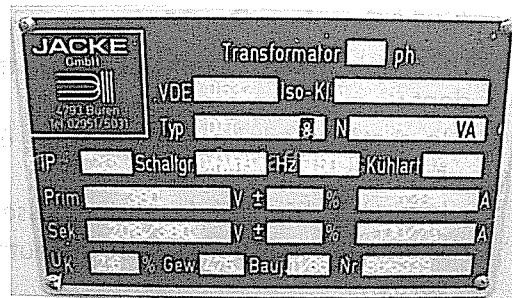
ΔU : Chute de tension (volt ou %)

Elle résulte de la différence entre la tension au secondaire à vide et la tension au secondaire en charge.

$$\Delta U = U_{2v} - U_{2n}$$

IP : Indice de protection

Le constructeur indique l'indice de protection, la classe d'isolation, ainsi que la classe de protection des personnes.



A4 - COUPLAGE DES ENROULEMENTS

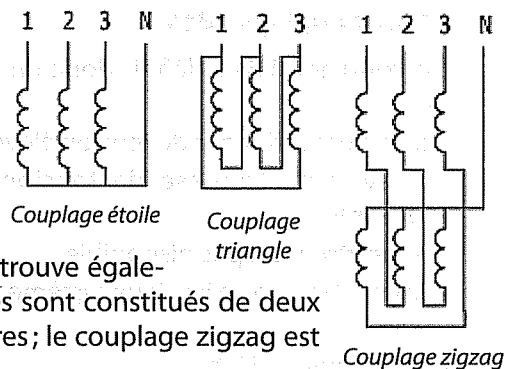
Les 3 enroulements du primaire doivent être couplés pour être raccordés au réseau triphasé.

Il en va de même pour les 3 enroulements du secondaire qui doivent être également couplés pour être raccordés à l'utilisation.

Il y a 2 sortes de couplages possibles au primaire : le **couplage étoile (Y)** et le **couplage triangle (D)**.

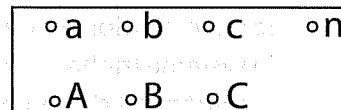
Au secondaire, en plus des couplages étoile et triangle, on trouve également le **couplage zigzag (z)** ; les enroulements secondaires sont constitués de deux bobines comportant chacune la moitié des spires secondaires ; le couplage zigzag est utilisé quand le régime est déséquilibré.

Il en résulte 6 couplages possibles : **Yy - Yd - Yz - Dy - Dd - Dz**.



A5 - REPÉRAGE DE LA PLAQUE À BORNES

- Les bornes, côté **HT** (ou de la tension la plus élevée), sont repérées par des lettres majuscules **A, B, C**.
- Les bornes côté **BT** (ou de la tension la plus basse) sont repérées par des lettres minuscules **a, b, c**.
- La lettre **n** désigne le **neutre** lorsqu'il est disponible (distribué ou sorti).



A6 - INDICE HORAIRE

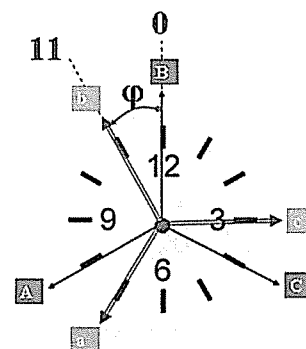
Il peut exister un déphasage entre le système de tensions primaires et le système de tensions secondaires.

L'**indice horaire** exprime l'angle de déphasage sur le diagramme vectoriel entre la tension HT et BT.

Comme c'est toujours **multiple de 30°**, on se sert du cadran d'une horloge pour en donner la valeur.

Exemples :

- 1) 11 h = $11 \times 30^\circ = 330^\circ$ en sens horaire ou 30° en sens antihoraire.
- 2) 5 h = $5 \times 30^\circ = 150^\circ$ en sens horaire ou 210° en sens antihoraire.



A7 - COUPLAGES USUELS

Les couplages les plus utilisés sont : **Yyn0, Yyn6, Yzn5, Yzn11, Dyn5, Dyn11**.

En distribution, le neutre est souvent distribué, aussi les couplages les plus utilisés sont-ils **Dyn11** et **Yzn11** (le plus souvent **20 kV** en HT, et **230/400 V** en BT).

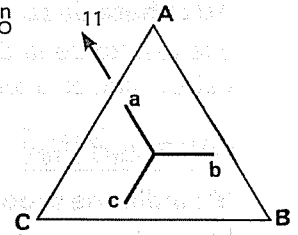
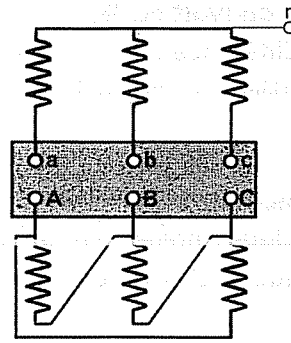
Un couplage étoile permet d'avoir accès à deux tensions différentes : la tension composée (**400 V** en Europe) et la tension simple (**230 V** en Europe, qui permet de fournir des tensions monophasées aux riverains).

A7.1 Couplage Dyn11

Un couplage **Dyn11** définit donc un transformateur dont :

- le système triphasé de tension élevée est en **triangle**,
- le système triphasé de tension basse est en **étoile**,
- le **neutre** est disponible (on dit neutre distribué ou sorti),
- le décalage entre les deux systèmes est de 330° (ou -30°).

Indice horaire : **11 h.**

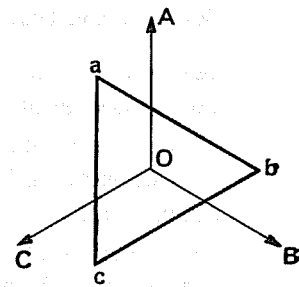
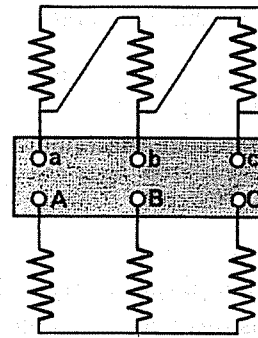


A7.2 Couplage Yd11

Un couplage **Yd11** définit donc un transformateur dont :

- le système triphasé de tension élevée est en **étoile**,
- le système triphasé de tension basse est en **triangle**,
- le **neutre** n'est pas disponible,
- le décalage entre les deux systèmes est de 330° (ou -30°).

Indice horaire : **11 h.**

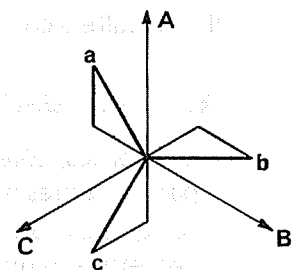
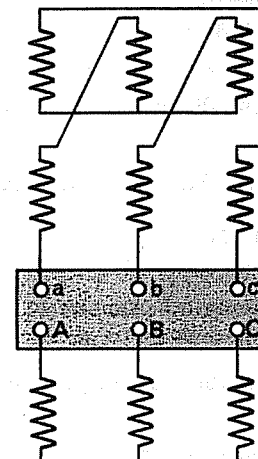


A7.3 Couplage Yz11

Un couplage **Yz11** définit donc un transformateur dont :

- le système triphasé de tension élevée est en **étoile**,
- le système triphasé de tension basse est en **zigzag**,
- le **neutre** est disponible,
- le décalage entre les deux systèmes est de 330° (ou -30°).

Indice horaire : **11 h.**



A8 - RAPPORT DE TRANSFORMATION

Comme pour le transformateur monophasé, le rapport de transformation est déterminé par la relation suivante :

$$m = \frac{U_{2v}}{U_1}$$

m : rapport de transformation

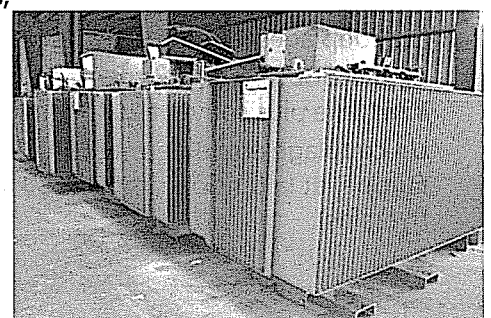
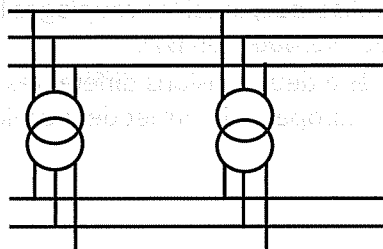
U_{2v} : tension composée au secondaire à vide

U_1 : tension composée au primaire

A9 - MARCHE EN PARALLÈLE DES TRANSFORMATEURS

Pour pouvoir connecter en parallèle deux transformateurs triphasés, il faut :

- que leurs tensions de ligne secondaires à vide aient la même amplitude et qu'ils soient en phase,
- que les rapports de transformations à vide soient identiques,
- que les tensions de court-circuit soient égales à 10 % près,
- les mêmes indices horaires de couplage ou que les indices soient compatibles.



A10 - REFROIDISSEMENT DES TRANSFORMATEURS

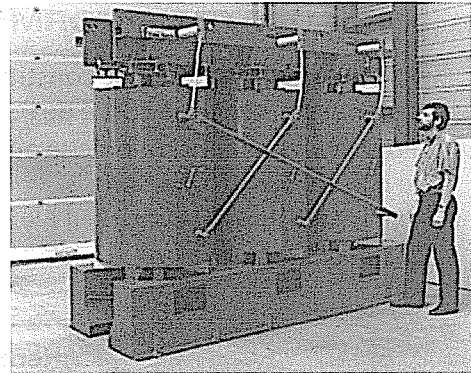
En fonctionnement, les pertes (par hystérésis, courants de Foucault et par effet joule) du transformateur provoquent des échauffements, d'où la nécessité de prévoir des systèmes de refroidissement.

Les transformateurs **secs enrobés** sont refroidis avec l'air circulant naturellement ou avec de l'air forcé par une ventilation (ventilateurs).

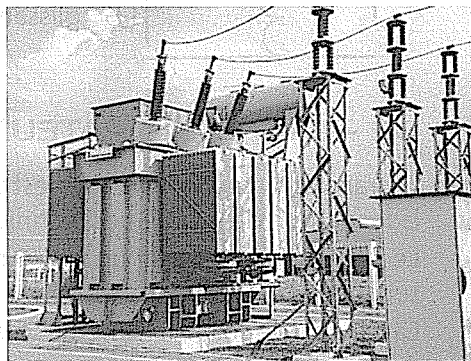
Les transformateurs **immergés** sont munis d'ailettes et sont refroidis dans un bain d'huile (l'huile circulant naturellement ou forcée par des ventilateurs).

Sachez que les **PCB (polychlorobiphényles)**, notamment le pyralène, utilisés comme liquide (diélectrique) sont désormais interdits car en cas d'incendie, il y a émanation de gaz très toxique.

Tous les transformateurs contenant des PCB et du Pyralène devront être remplacés avant fin 2010.



Transformateur sec enrobé France Transfo



Transformateur immergé France Transfo

A11 - PROTECTION DES TRANSFORMATEURS

A11.1 Protection interne

Les transformateurs de forte puissance sont en général équipés de détecteurs :

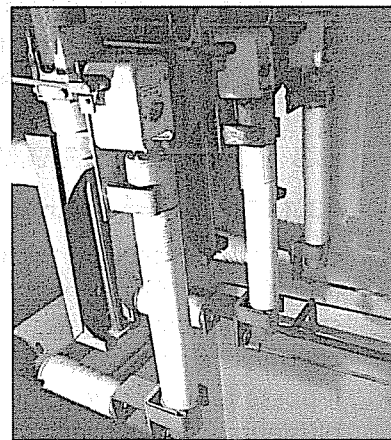
- de température (avec un seuil d'alarme et un seuil d'arrêt du transformateur),
- de niveau de liquide de refroidissement,
- de dégagement gazeux et éventuellement de pression.

A11.2 Protection en amont et en aval

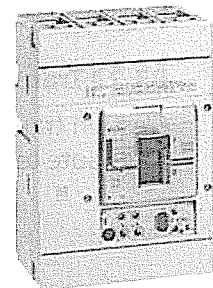
Les transformateurs de forte puissance sont protégés :

- **En amont** (tension élevée et intensité du courant assez faible), par des fusibles, qui sont plus économiques que les disjoncteurs pour assurer la protection contre les surcharges et les courts-circuits ainsi qu'un dispositif de protection contre les surtensions. Le choix de la protection côté **HT** se fait en fonction de la puissance du transformateur ainsi que de la tension assignée au primaire.
- **En aval** (courant élevé et basse tension), par des disjoncteurs (souvent réglables) qui assurent la protection contre les surcharges et les courts-circuits.

Le choix de la protection côté **BT** se fait en fonction de la puissance appelée pour la distribution en BT ainsi que de la tension assignée au secondaire.



Fusibles HTA



Disjoncteur de puissance Legrand

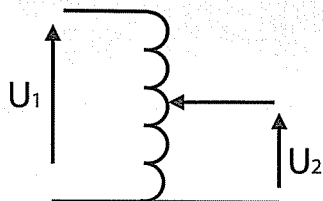
B / LES TRANSFORMATEURS PARTICULIERS

B1 - AUTOTRANSFORMATEURS

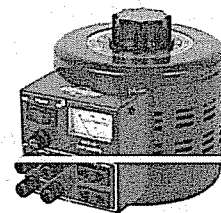
L'autotransformateur est constitué d'un seul enroulement, le secondaire étant une partie de l'enroulement primaire.

Pour avoir une tension précise au secondaire, il faut positionner le curseur sur un point précis.

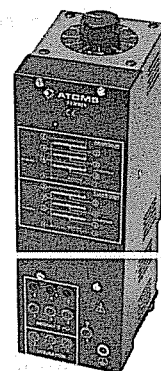
Dans l'autotransformateur il n'y a pas d'isolement entre le primaire et le secondaire.



Alternostat : l'alternostat est une variété d'autotransformateur, la dérivation de sortie du secondaire peut se déplacer grâce à un contact glissant sur les spires du primaire.



Alternostat monophasé



Alternostat triphasé



Symbole de l'alternostat

B2 - TRANSFORMATEURS D'ISOLEMENT

Le transformateur d'isolement est utilisé pour des raisons de sécurité ou pour la résolution de problèmes techniques.

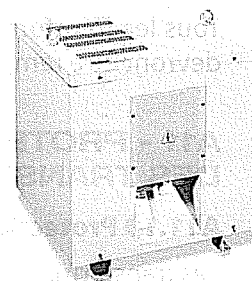
Le principe est de créer un isolement électrique entre les circuits primaire et secondaire.

La tension de sortie a la même valeur efficace que celle de l'entrée.

Le transformateur d'isolement comporte deux enroulements presque identiques au primaire et au secondaire.

Ils sont par exemple utilisés dans les blocs opératoires :

chaque bloc opératoire est équipé de son propre transformateur d'isolement, ainsi on évitera les transmissions de défaut de fonctionnement d'un bloc à l'autre.



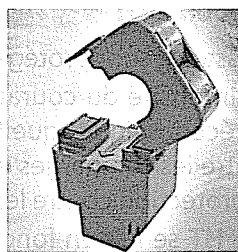
Transformateur d'isolement

B3 - TRANSFORMATEURS DE MESURES

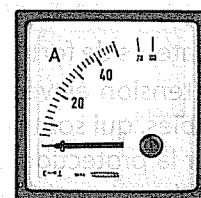
B3.1 Transformateur de courant

Le transformateur de mesure de courant (ou d'intensité) permet, le plus souvent sans démontage, de mesurer des courants alternatifs élevés.

Il possède une seule spire au primaire et plusieurs spires au secondaire; le rapport de transformation permet l'usage d'un ampèremètre classique pour mesurer l'intensité au secondaire.



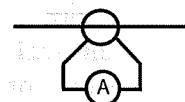
Transformateur de courant



Ampèremètre d'armoire

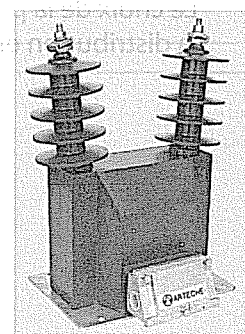
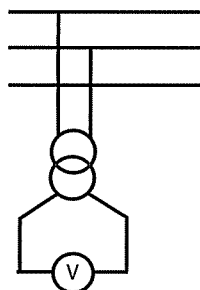


Pince ampèremétrique



B3.2 Transformateur de mesure de tension

C'est un transformateur qui permet de mesurer des tensions élevées (haute et très haute tensions) et de les transcrire sur un voltmètre classique.



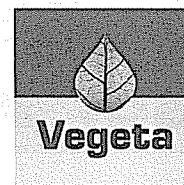
Transformateur de mesure de tension

transformateurs de distribution HTA/BT

type cabine, immergés dans un diélectrique végétal

de 50 à 3150 kVA

tension d'isolement ≤ 24 kV – normes NF C 52-112-1, pertes UTE



normes

Transformateurs conformes aux normes :

- NF C 52-112-1 / HD 428.1 S1
- NF EN 60076-1 à 10

Produits constitués de composants neufs garantis exempts de PCB

description

Transformateurs de distribution triphasés, 50 Hz, immergés dans de l'huile végétale, présentant les caractéristiques suivantes :

- étanche à remplissage total (ERT)
- couvercle boulonné sur cuve
- refroidissement naturel type KNAN
- type intérieur ou extérieur (à préciser à la commande)
- traitement de surface anticorrosion : classe C3(M) selon ISO 12944-2
- teinte finale RAL 7033
- indice de protection IP00 (version sans capot)

diélectrique liquide

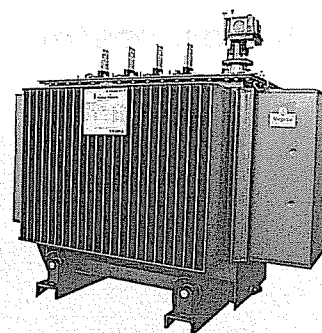
- type « Ester Naturel »
- biodégradable à 99% après 43 jours
- non toxique, de qualité alimentaire
- facilement recyclable et réutilisable
- à très haut point de feu (360°C)
- limitant la dégradation du papier isolant
- compatible avec tous les composants du transformateur

équipements de base

- 1 commutateur de réglage sur couvercle à 3 ou 5 positions, manoeuvrable hors tension et cadenassable
- 3 traversées embrochables HTA 250 A / 24 kV sur couvercle
- 4 traversées passe-barres BT (à partir de 250 kVA)
- 4 traversées porcelaine BT (de 50 à 160 kVA)
- 4 galets de roulement plats et orientables
- 2 anneaux de levage et de décuvage
- 1 borne de mise à la terre sur couvercle (goujon M12)
- 1 orifice de remplissage
- 1 dispositif de vidange
- 1 plaque signalétique en aluminium

options

- relais de protection (DMCR ou DGPT2) sur orifice de remplissage
- doigt de gant libre
- dispositif de contrôle dans doigt de gant (thermomètre à aiguille, thermomètre sans/avec contacts, thermostat 1 ou 2 contacts, Pt 100, etc.)
- soupape de surpression sur orifice de remplissage
- 3 traversées porcelaine HTA 250 A
- 4 traversées porcelaine BT (à partir de 250 kVA)
- capot BT plombable type IP21 ou IP54 (uniquement avec traversées embrochables côté HTA)



- verrouillage des traversées embrochables et du commutateur (serrure non fournie)
- 3 connecteurs séparables pour traversées embrochables HTA 250 A – 24 kV, droits ou en équerre (caractéristiques du câble à préciser)

Note : Pour toutes autres performances (pertes, encombrements, bruits réduits, tension primaire HT < 15 kV ou > 24 kV, protection anticorrosion renforcée, etc.), nous consulter...

caractéristiques électriques

puissance assignée (kVA)	50	100	160	250	315*	400	500*	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
tension assignée	primaire 15 ou 20 kV															
	secondaire à vide 410 V entre phases, 237 entre phases et neutre															
niveau d'isolement assigné ⁽¹⁾	primaire 17,5 kV pour 15 kV 24 kV pour 20 kV															
réglage (hors tension)	± 2,5 % et/ou ± 5 %															
couplage	Dyn 11															
pertes (W)	à vide	145	210	460	650	800	930	1100	1300	1220	1470	1800	2300	2750	3350	4200
	dûes à la charge à 75°C	1350	2150	2350	3250	3900	4600	5500	6500	10700	13000	16000	20000	25500	32000	33000
tension de court-circuit (%)	4	4	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6	7	
courant à vide (%)	2,9	2,5	2,3	2,1	2	1,9	1,9	1,8	2,5	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,8	
courant	Ie/In valeur crête															
d'enclenchement	constante de temps															
chute de tension à pleine charge (%)	cos φ = 1	2,74	2,21	1,54	1,37	1,31	1,22	1,17	1,11	1,51	1,47	1,45	1,42	1,45	1,45	1,29
	cos φ = 0,8	3,93	3,75	3,43	3,33	3,30	3,25	3,22	3,17	4,65	4,63	4,62	4,60	4,61	4,62	5,11
rendement (%)	charge 100 %	cos φ = 1														
		97,09	97,69	98,27	98,46	98,53	98,64	98,70	98,78	98,53	98,57	98,60	98,63	98,61	98,61	98,83
		cos φ = 0,8														
		96,39	97,13	97,85	98,09	98,17	98,30	98,38	98,48	98,17	98,22	98,25	98,29	98,27	98,26	98,55
charge 75 %	cos φ = 1															
		97,64	98,14	98,54	98,70	98,75	98,84	98,89	98,96	98,81	98,84	98,86	98,88	98,87	98,87	99,05
charge 75 %	cos φ = 0,8															
		97,07	97,69	98,18	98,37	98,44	98,56	98,62	98,71	98,51	98,56	98,58	98,61	98,60	98,60	98,81
bruit dB(A) ⁽²⁾	puissance acoust. L _{WA}	50	49	62	65	67	68	69	70	67	68	70	71	74	76	76
	pression acoust. L _{PA} à 1 m	42	40	53	56	57	58	59	60	56	57	59	59	61	63	63

(*) puissances non normalisées.

(1) rappel sur les niveaux d'isolement :

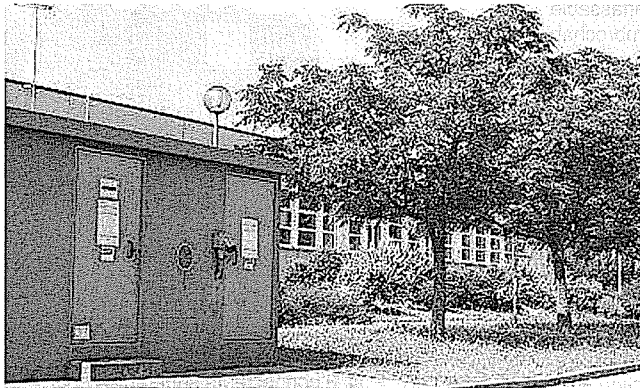
niveau d'isolement assigné (kV)	7,2	12	17,5	24
kV eff, 50 Hz - 1 mn	20	28	38	50
kV choc, 1,2/50 μs	60	75	95	125

(2) mesures selon CEI 60076-10.

Projet 5 Sujets d'examens sur les Réseaux HTA

[1 - Sujet Bac pro ELEEC 2009 (extraits)]

Centre de restauration de la base aérienne de Nîmes



Les installations électriques du centre de restauration sont alimentées à partir du poste P1.

Vous devrez identifier et justifier les choix technologiques de la distribution HTA.

Question 5.1

Identifiez le type de poste P1 (mettre une croix sous l'option sélectionnée).

Observer le schéma du poste P1 (les 2 départs HTA vers d'autres postes)

Voir cours 5 page 49 paragraphe c. ainsi que la page 50

Simple dérivation	Coupure d'artère	Double dérivation
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Question 5.2

Expliquez les avantages et inconvénients des différents types de raccordement.

Voir cours 5 pages 46 à 50

	Simple dérivation	Coupure d'artère	Double dérivation
Avantages			
Inconvénients			

Question 5.3

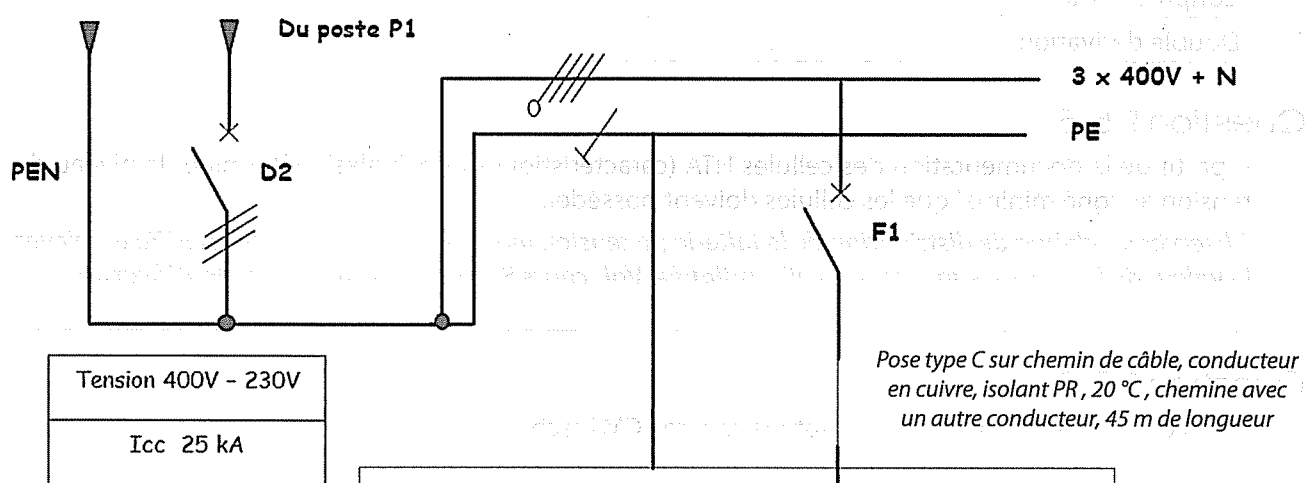
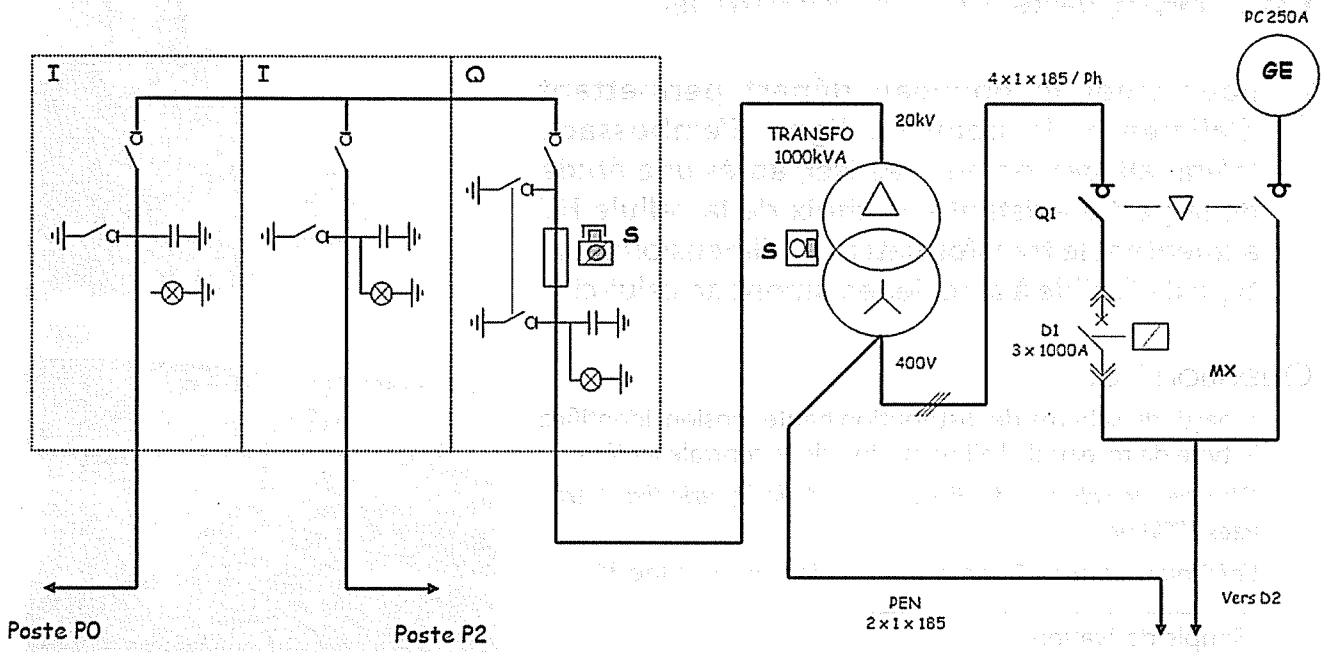
Identifiez le type de cellules et leurs rôles.

Voir cours 5 page 52 à 54

IM	Type de cellule :
	Rôle :
QM	Type de cellule :
	Rôle :

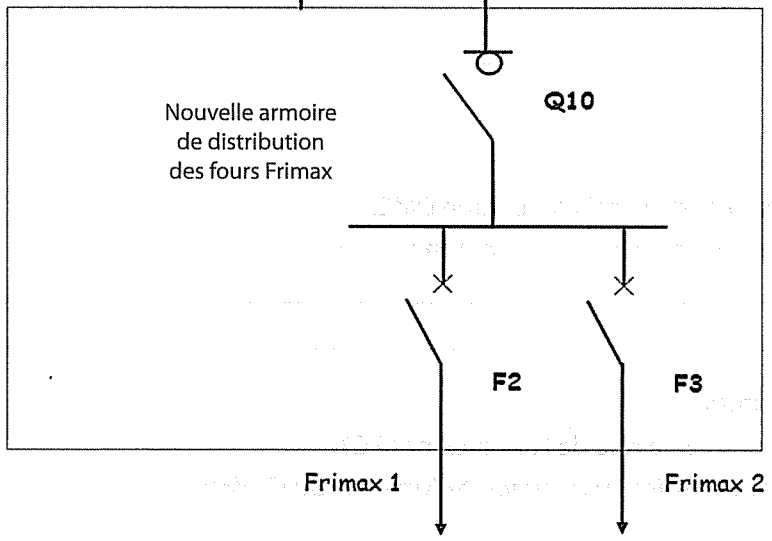
D Distribution électrique HTA – Schéma du poste P1 et départs

Poste P1



Tension 400V - 230V
Icc 25 kA

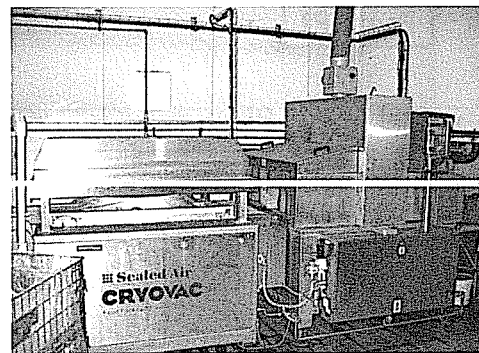
Pose type C sur chemin de câble, conducteur en cuivre, isolant PR, 20 °C, chemine avec un autre conducteur, 45 m de longueur



[2 - Sujet Bac pro ELEEC juin 2008 (Extraits)]

**Chaîne d'embossage -
La Fromagerie Le Francomtois**

Pour créer le nouveau départ permettant d'alimenter la nouvelle ligne d'embossage (d'emballage), on doit réaliser, après une étude de la partie existante, le choix de la cellule HT alimentant le transformateur et dimensionner le type de fusible à associer en amont de celui-ci.



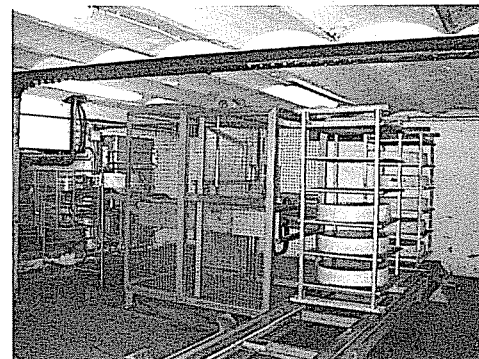
Question 5.4

À partir du schéma de distribution haute tension, identifiez le type de réseau de l'alimentation de la centrale laitière.

Observer le schéma de distribution de la laiterie (les 2 arrivées HTA) page 41

Voir cours 5 page 47 paragraphe b ainsi que la page 48

Simple dérivation	
Coupure d'artère	
Double dérivation	



Question 5.5

À partir de la documentation des cellules HTA (caractéristiques principales), déterminer le niveau de tension assigné minimal que les cellules doivent posséder.

Observer le schéma de distribution de la laiterie (la tension indiquée près des 2 arrivées HTA) et relever la valeur de la tension supérieure à celle indiquée. Voir cours 5 page 52 paragraphe Identification

.....

Question 5.6

Énoncer le rôle de la cellule de comptage repérée CM1 (schéma page 41).

Voir cours 5 page 51 paragraphe B3 ainsi que la documentation page 53 (colonne : comptage HTA)

.....

Question 5.7

Énoncer les rôles de la cellule repérée DM2.

Voir la documentation page 54 (colonne : 1)

.....

Question 5.8

Énoncer le nom et le rôle de l'appareil noté C1.

Voir la documentation page suivante (symbole du C1 dans le schéma de distribution de la laiterie)

.....

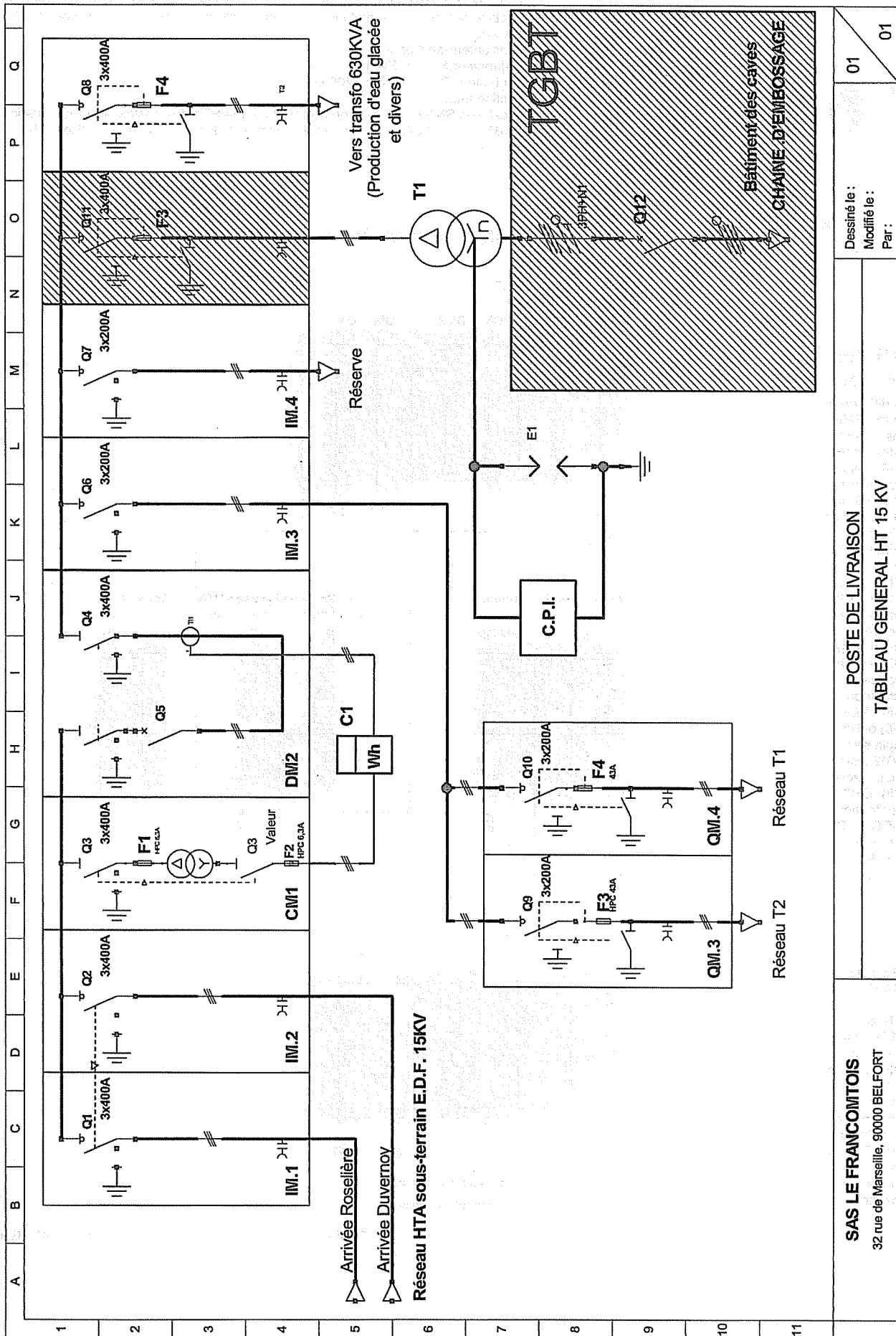
Question 5.9

Choisir le type de cellule de protection à associer en amont du transformateur T1.

Choisir une cellule comportant un fusible

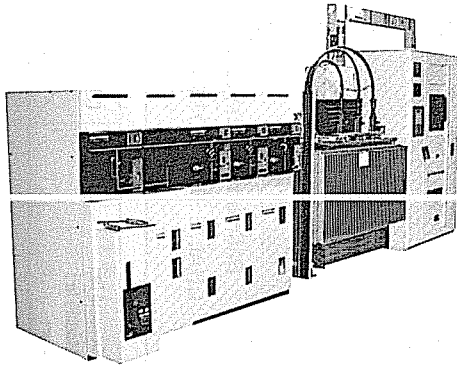
- IM CM QM DM

► Schéma de distribution de la laiterie



SAS LE FRANCOMTOIS 32 rue de Marseille, 90000 BELFORT	POSTE DE LIVRAISON TABLEAU GENERAL HT 15 KV		Dessiné le : 01 Modifié le : Par :
			01 / 01

Cellules HTA



La gamme SM6 est composée de cellules modulaires équipées d'appareillages fixes ou débrochables, sous enveloppe métallique, utilisant l'hexafluorure de soufre (SF6) ou le vide :

- interrupteur-sectionneur
- disjoncteur SF1 ou Evolis
- contacteur Rollarc 400 ou 400 D
- sectionneur.

Les cellules SM6 permettent de réaliser la partie HTA des postes de transformation HTA/BT de distribution publique et des postes de livraison ou de répartition HTA jusqu'à 24 kV.

Postes de transformation HTA/BT

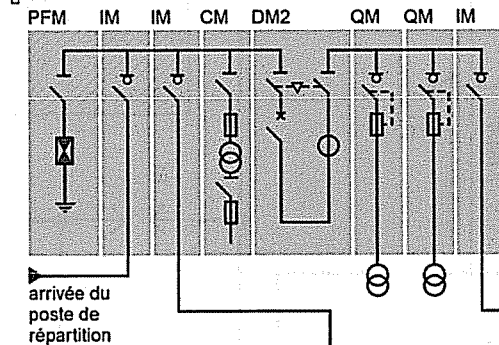
Définition des cellules

Les différentes cellules de la gamme SM6 entrant dans la composition des postes de transformation HTA/BT et de répartition industriels sont :

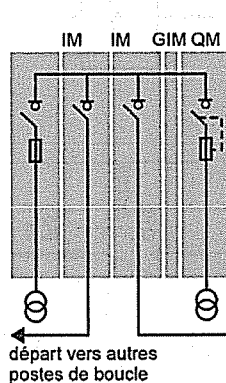
- IM, IMC, IMB interrupteur
- DDM arrivée en double dérivation
- QM, QMC combiné interrupteur-fusibles
- CRM contacteur et contacteur-fusibles
- DM1-A, DM1-D, DM1-S disjoncteur (SF6) simple sectionnement
- DMV-A, DMV-D, DMV-S disjoncteur (vide) simple sectionnement
- DM1-W, DM1-Z disjoncteur (SF6) débrochable simple sectionnement
- DM2 disjoncteur (SF6) double sectionnement
- CM, CM2 transformateurs de potentiel
- GBC-A, GBC-B mesures d'intensité et/ou de tension
- NSM-câbles pour arrivée prioritaire et secours
- NSM-barres pour arrivée prioritaire et câbles pour secours
- GIM gaine intercalaire
- GEM gaine d'extension
- GBM gaine de liaison
- GAM2, GAM gaine d'arrivée
- SM sectionneur
- TM transformateur HTA/BT pour auxiliaires
- PFM parafoudre
- MSA démarrage des moteurs par autotransformateur
- fonction spéciale EMB mise à la terre du jeu de barres
- autres cellules, nous consulter.

Norme UTE

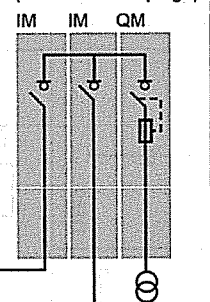
Poste de livraison HTA (abonnés à comptage)



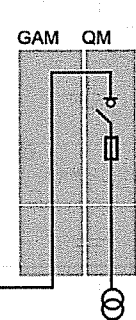
Poste mixte DP/Abonnés



Poste de livraison HTA (abonnés à comptage)

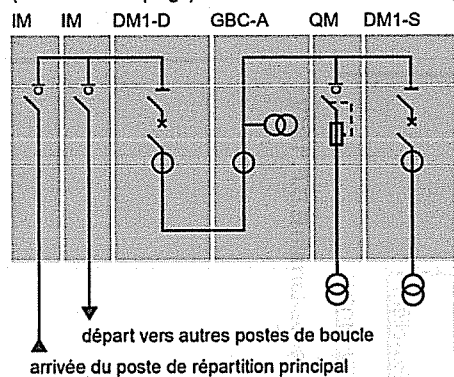


Sous-station



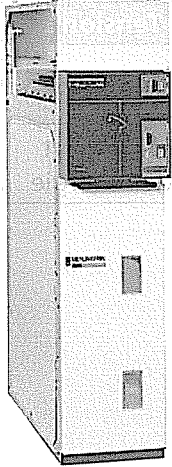
Autres normes

Poste de livraison HTA (abonnés à comptage)



Cellules HTA : caractéristiques principales

Les valeurs ci-dessous sont données pour des températures de fonctionnement comprises entre -5 °C et +40 °C et pour une installation située à une altitude inférieure à 1000 m.



Tenue à l'arc interne :

- standard : 12,5 kA, 0,7 s, 3 côtés
- en option : 16 kA, 1 s, 3 ou 4 côtés.

Indice de protection :

- cellules : IP 2XC (IP 3X, en option)
- entre compartiments : IP 2X.

Compatibilité électromagnétique :

- pour les relais : tenue 4 kV, selon recommandation CEI 60801.4
- pour les compartiments :
 - champ électrique :
 - 40 dB d'atténuation à 100 MHz
 - 20 dB d'atténuation à 200 MHz
 - champ magnétique : 20 dB d'atténuation en dessous de 30 MHz.

Températures :

- Les cellules doivent être stockées dans un local sec, à l'abri des poussières, avec des variations de températures limitées.
- stockage : de -40 °C à +70 °C
 - fonctionnement : de -5 °C à +40 °C
 - autres températures, nous consulter.

tension assignée (kV)	7,2	12	17,5	24	
niveau d'isolement					
50 Hz, 1 mn (kV eff.)	isolement	20	28	38	50
	sectionnement	23	32	45	60
1,2/50 µs (kV crête)	isolement	60	75 ⁽¹⁾	95	125
	sectionnement	70	85	110	145
pouvoir de coupure					
transformateur à vide (A)	16				
câbles à vide (A)	31,5				
courant de courte durée admissible (kA.1 s)	25	630 - 1250 A			
	20	630 - 1250 A			
	16	630 - 1250 A			
	12,5	400 - 630 - 1250 A			

Le pouvoir de fermeture est égal à 2,5 fois le courant de courte durée admissible.
(1) limité à 60 kV crête pour la cellule CRM.

Caractéristiques générales

Pouvoir de coupure maximum

tension assignée (kV)	7,2	12	17,5	24
cellules				
IM, IMC, IMB, NSM-câbles, NSM-barres	400 - 630 A			
DDM	400 - 630 A			
QM, QMC	25 kA		20 kA	
CRM	10 kA	8 kA		
CRM avec fusibles	25 kA			
gamme disjoncteur à coupure dans le SF6 :				
DM1-A, DM1-D, DM1-W, DM1-Z, DM1-S, DM2	25 kA		20 kA	
gamme disjoncteur à coupure dans le vide :				
DMV-A, DMV-D, DMV-S	25 kA		20 kA	

Endurance

cellules	endurance mécanique	endurance électrique
IM, IMC, IMB, DDM, QM ⁽¹⁾ , QMC ⁽¹⁾ , NSM-câbles, NSM-barres	CEI 60265 1000 manœuvres classe M1	CEI 60265 100 coupures à In, cos φ = 0,7 classe E3
CRM sectionneur	CEI 62271-102 1000 manœuvres	
Rollarc 400	CEI 62470 300000 manœuvres	CEI 62470 100000 coupures à 320 A 300000 coupures à 250 A
Rollarc 400D	100000 manœuvres	100000 coupures à 200 A
Gamme disjoncteur à coupure dans le SF6 :		
DM1-A, DM1-D, DM1-W, DM1-Z, DM1-S, DM2	sectionneur CEI 62271-102 1000 manœuvres	
	disjoncteur SF CEI 62271-100 10000 manœuvres	CEI 62271-100 40 coupures à 12,5 kA 10000 coupures à In, cos φ = 0,7
Gamme disjoncteur à coupure dans le vide :		
DMV-A, DMV-D, DMV-S	sectionneur CEI 62271-102	
	disjoncteur Evolis CEI 62271-100 10000 manœuvres	CEI 62271-100 10000 coupures à In, cos φ = 0,7

(1) selon CEI 60420, 3 coupures à cos φ = 0,2
■ 1730 A sous 12 kV
■ 1400 A sous 24 kV
■ 2600 A sous 5,5 kV

Cours 5 Les réseaux HTA

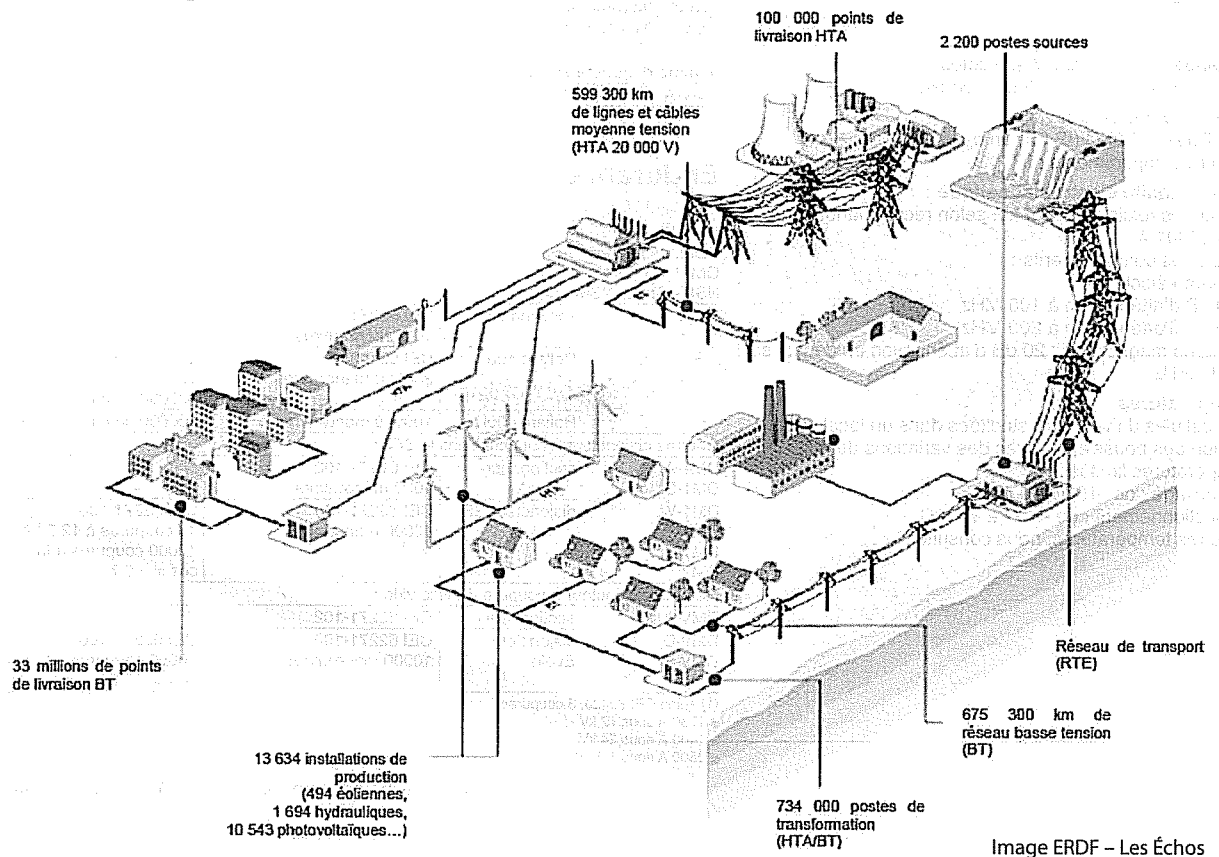
A / CLASSIFICATION DES TENSIONS DES RÉSEAUX (RAPPEL)

Domaine	TBT Très Basse Tension	BTA Basse Tension A	BTB Basse Tension B	HTA Haute Tension A	HTB Haute Tension B
Tension (Alternatif)	$U \leq 50 \text{ V}$	$50 \text{ V} < U \leq 500 \text{ V}$	$500 \text{ V} < U \leq 1 \text{ kV}$	$1 \text{ kV} < U \leq 50 \text{ kV}$	$U > 50 \text{ kV}$
Usage	Tension de sécurité	Habitations, petits commerces...	Réseaux RATP, industrie...	Industrie, hôpitaux...	Transport de l'énergie

B / LES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES

En France, l'alimentation des réseaux industriels peut être réalisée, soit :

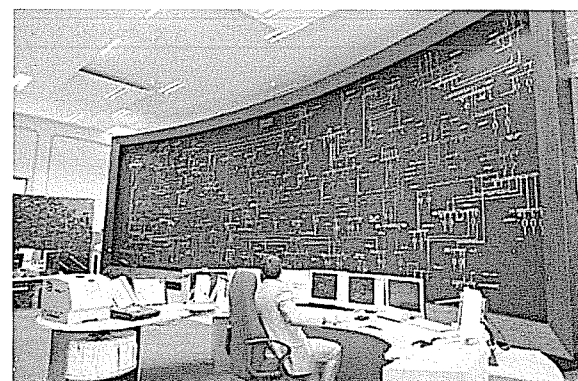
- en **HTB** : en général 63 kV ou encore 90 kV ou 225 kV,
- en **HTA** : en général 20 kV, 10 kV, 15 kV, 5,5 kV ou 33 kV,
- en **BTA** : en général 400 V.



Le transport de l'électricité s'effectue en H.T. afin de réduire les pertes d'énergie et de réduire la section des conducteurs et câbles.

Les centres de répartition de l'énergie électrique (appelés dispatchings) permettent de piloter et d'ajuster la production à la consommation.

Les usines, hôpitaux, grandes surfaces, gros consommateurs d'énergie, reçoivent souvent directement de la HTA et ont **leurs propres transformateurs HTA/BTA**. Pour les autres consommateurs, l'énergie électrique est distribuée à partir de postes de distribution en zone urbaine et de transformateurs sur poteaux en zone rurale.



B1 - LES POSTES ÉLECTRIQUES

Les postes de livraison HTA concernent les puissances comprises entre 250 kVA et 10 MVA.

Les postes de livraison HTB concernent les puissances supérieures à 10 MVA.

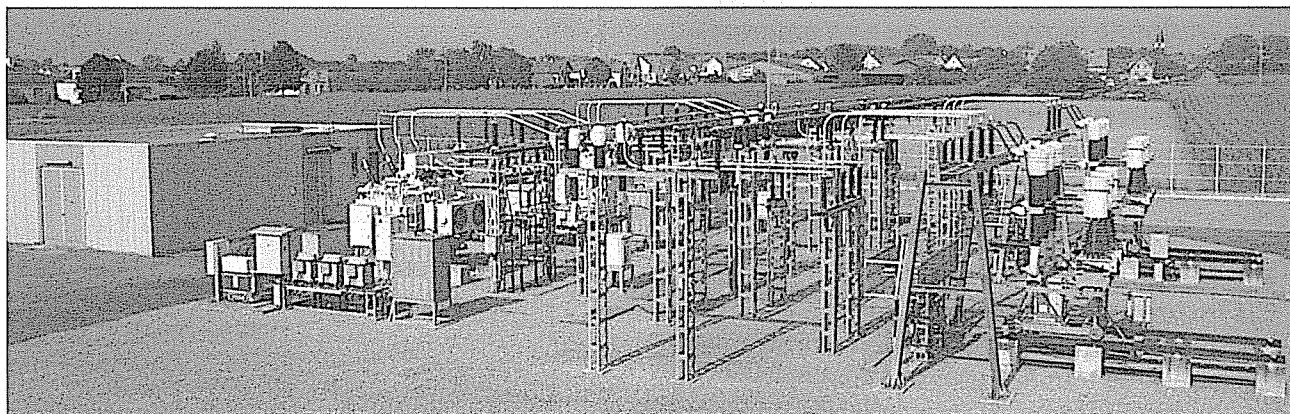
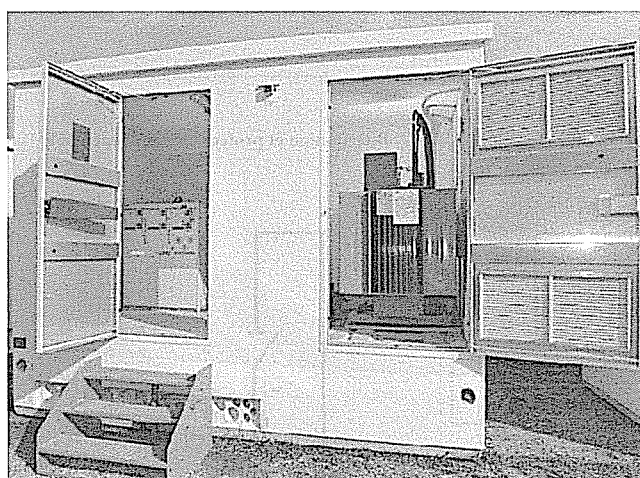


Image Ume



Poste préfabriqué

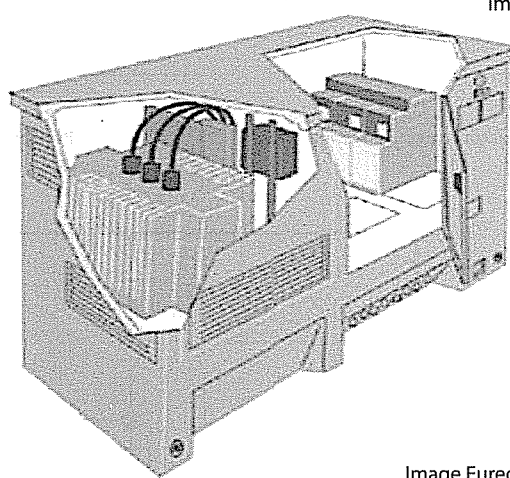


Image Eureos

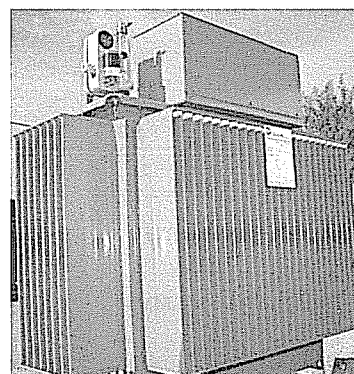
Les postes électriques contiennent des d'appareils indispensables au bon fonctionnement du réseau :

▮ Les transformateurs

Ils modifient la tension électrique à la hausse (par exemple de 20 kV à 400 kV en sortie de centrales) ou à la baisse (par exemple de 63 kV à 20 kV pour livrer l'énergie aux réseaux de distribution).



Intérieur d'un poste HTA/BT



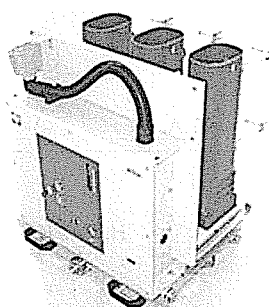
Transformateur HTA/BT

▮ Les disjoncteurs

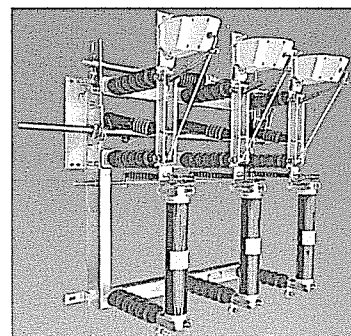
Ils protègent le réseau contre d'éventuelles surcharges dues à des courants de défaut (courts-circuits, foudre...) en mettant des portions de circuit sous ou hors tension.

▮ Les sectionneurs (ou les interrupteurs sectionneurs souvent employés)

Ils assurent la coupure ou l'établissement visible d'un circuit électrique.



Disjoncteur haute tension



Interrupteur sectionneur HT

B2 - DIFFÉRENTS TYPES DE STRUCTURE DE RÉSEAU

Différentes structures de réseau sont possibles, les plus courantes sont :

a) Radiale dite « en simple alimentation », « en simple dérivation » ou « en antenne »

Elle est préconisée lorsque les exigences de continuité d'alimentation sont faibles.

Elle est très souvent retenue pour les réseaux en zone rurale et à faible densité de population.

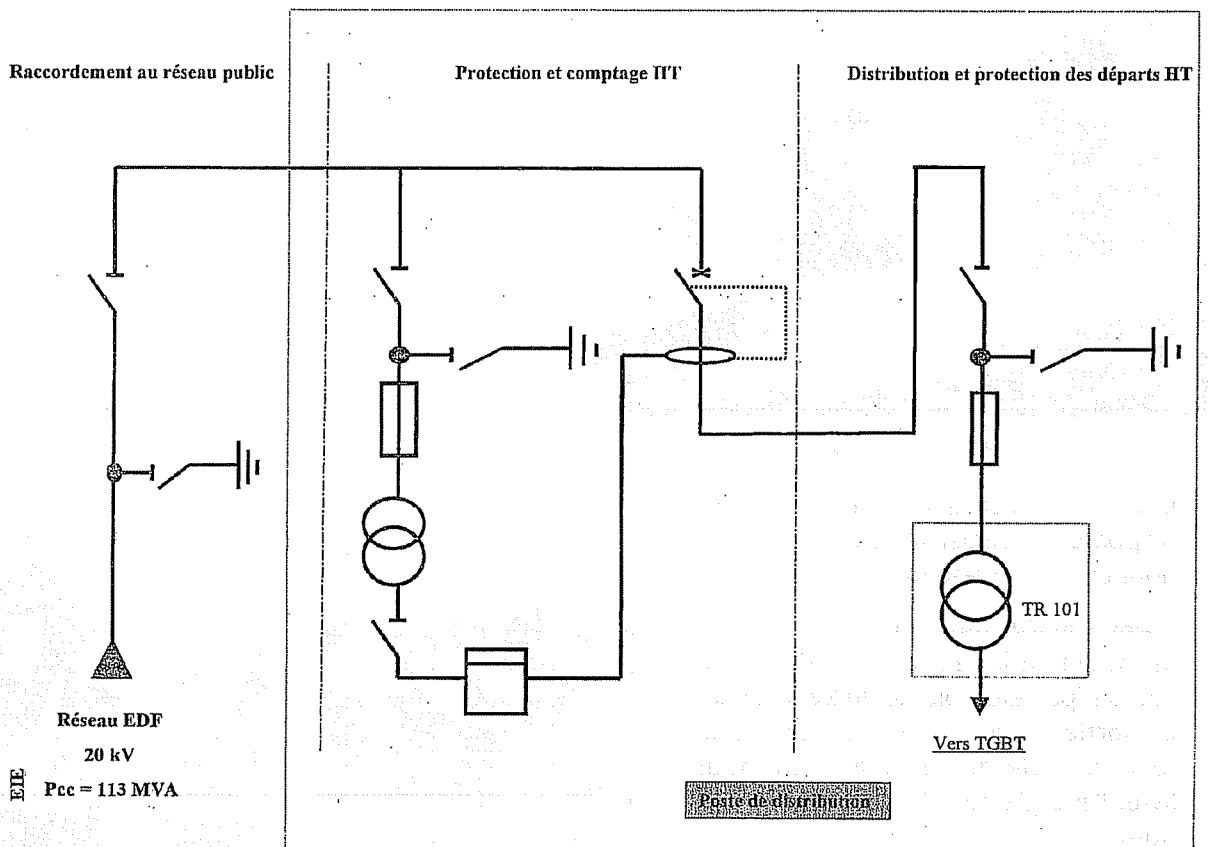
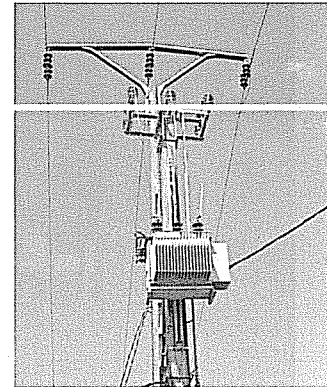
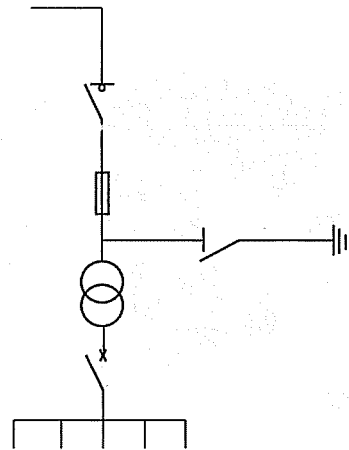
► Avantages du réseau en antenne

Il est simple et économique.

L'inconvénient majeur de ce type de réseau est que tout défaut sur une ligne provoque la coupure de tous les postes en aval.

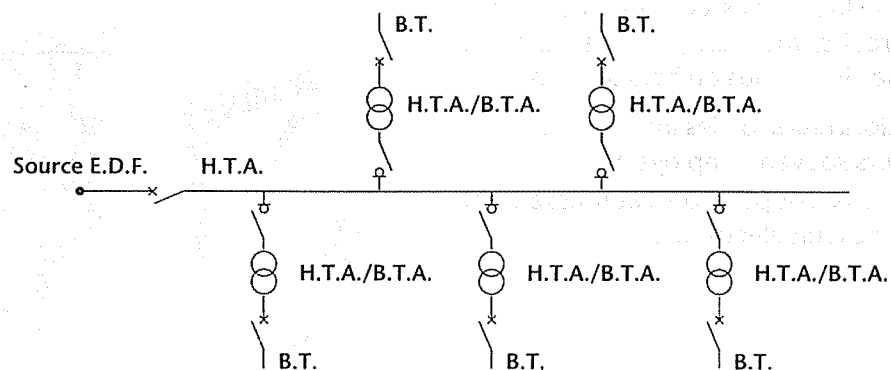
► Exemples de réseau en antenne :

1)



Extrait BAC EIE D.T. 2000

2)



b) Radiale double dite « en double dérivation »

Préconisée pour les réseaux très étendus et nécessitant une bonne continuité d'alimentation (grandes villes).

Tous les postes de distribution sont reliés à deux lignes d'arrivée EDF.

S'il se produit un défaut sur une ligne, les postes qui sont en aval sont alimentés rapidement par la deuxième ligne fonctionnant comme une ligne de secours.

La permutation de la ligne normale à la ligne de secours peut s'effectuer par une intervention directe, ou par commande à distance.

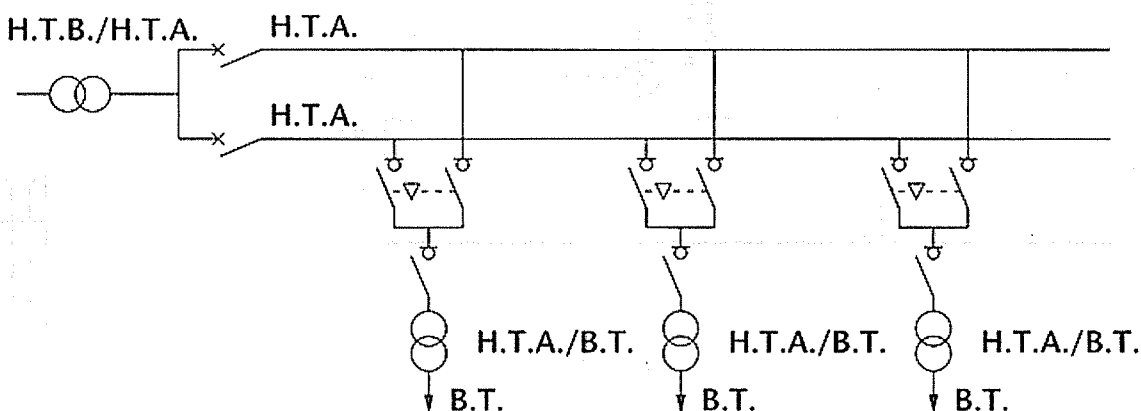
► Avantages du réseau en double dérivation

Il assure une très bonne continuité de service.

L'inconvénient majeur est qu'il est très coûteux (réseau enterré).

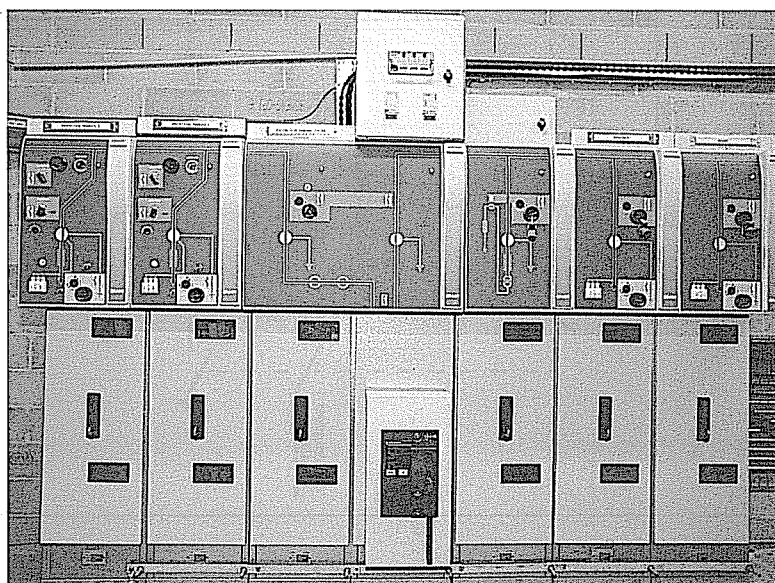
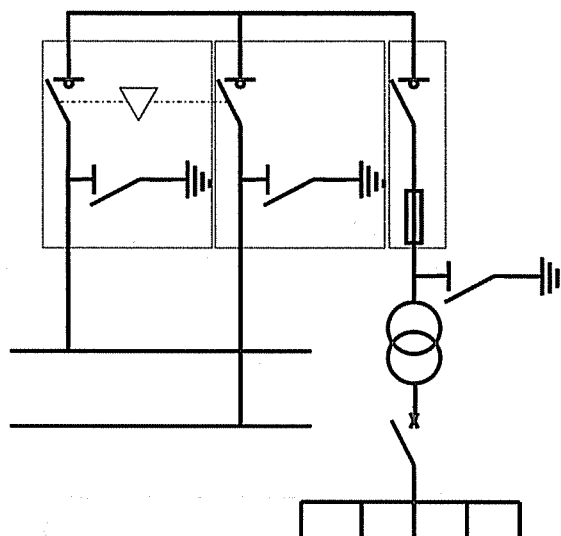
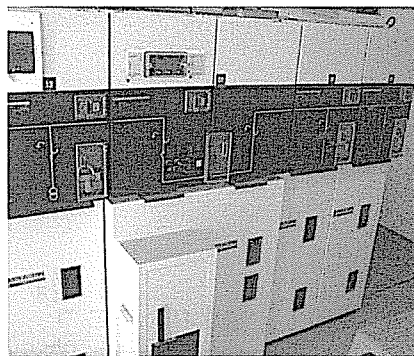
► Exemples de réseau en double dérivation

1)

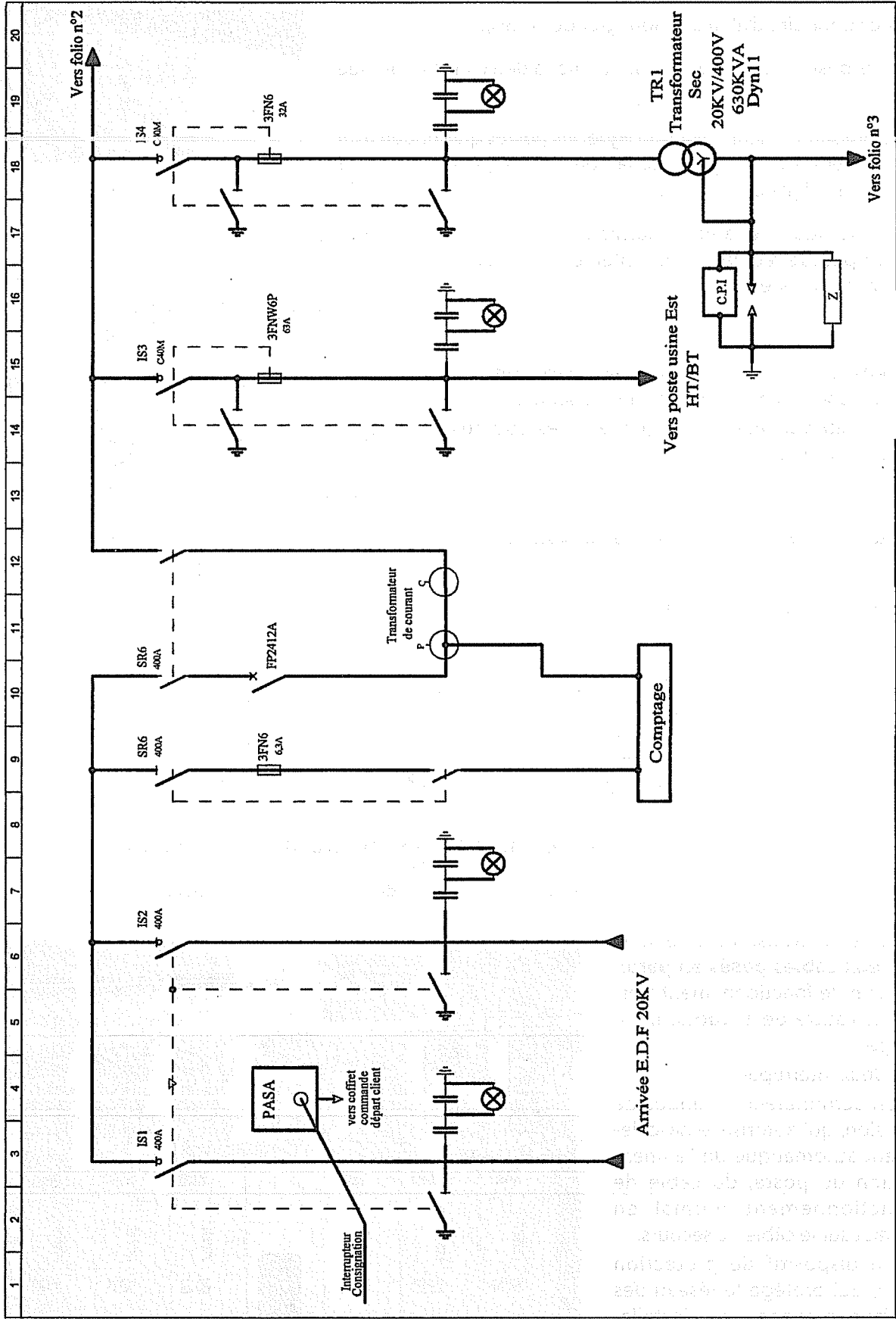


Le poste de livraison est desservi par **deux câbles posés en parallèle**, l'un de fonctionnement **normal** et l'autre de **secours**. Il est équipé :

- de deux interrupteurs,
- d'un permutateur à manque de tension, qui autorise le basculement automatique de l'alimentation du poste, du câble de fonctionnement normal en défaut sur le câble de secours,
- d'un dispositif de protection HTA, qui protège le réseau des défauts provenant de l'installation de l'utilisateur de l'énergie.



2)



FOLIO 3 2. 4	
DISTRIBUTION HTABTA DU TRANSFORMATEUR T 11	
Dossier n°:	
DATE	INDEX
MODIFICATION	DEJA
BUREAU D'ÉTUDE BUREAU D'ÉTUDE DATE DE CRÉATION:	DATE

c) Boucle ouverte ou fermée dite « en coupure d'artère »

Préconisée pour les réseaux très étendus, avec des extensions futures importantes.

Le réseau est réalisé à partir d'une seule ligne d'alimentation qui relie tous les postes de distribution et qui constitue une **boucle ouverte** comprenant un point d'ouverture. Tous les postes de distribution ou de livraison sont équipés de deux points d'ouverture, reliés en même temps à la ligne d'alimentation.

En cas de défaut sur une partie du réseau ou sur la boucle, les postes qui sont privés d'électricité vont être alimentés par l'autre côté de la boucle grâce à la fermeture de son point d'ouverture (ce qui nécessite un temps de transfert).

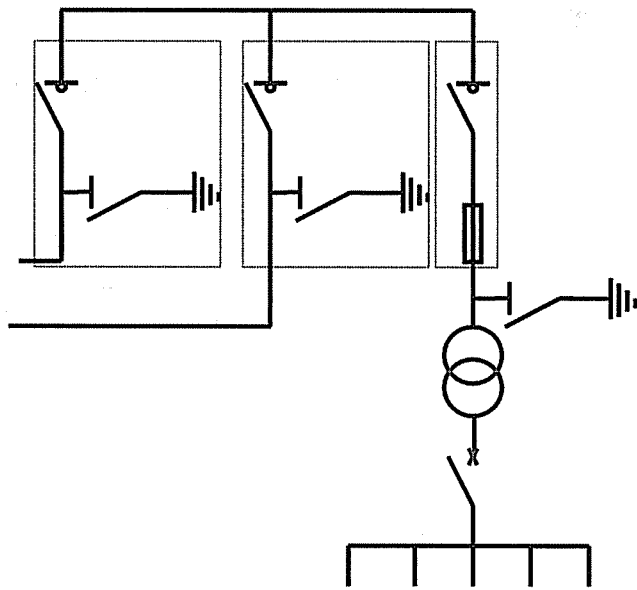
Le réseau en coupure d'artère est utilisé en milieu urbain et surtout en souterrain.

▷ Avantages du réseau en coupure d'artère

Il assure une bonne continuité de service.

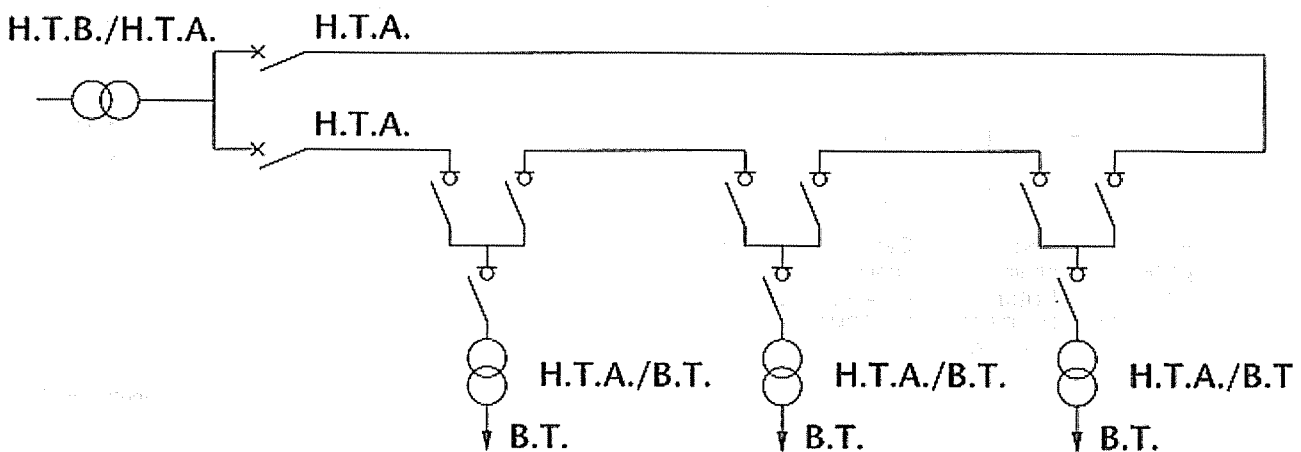
L'inconvénient majeur est le coût.

▷ Exemples de réseau en coupure d'artères

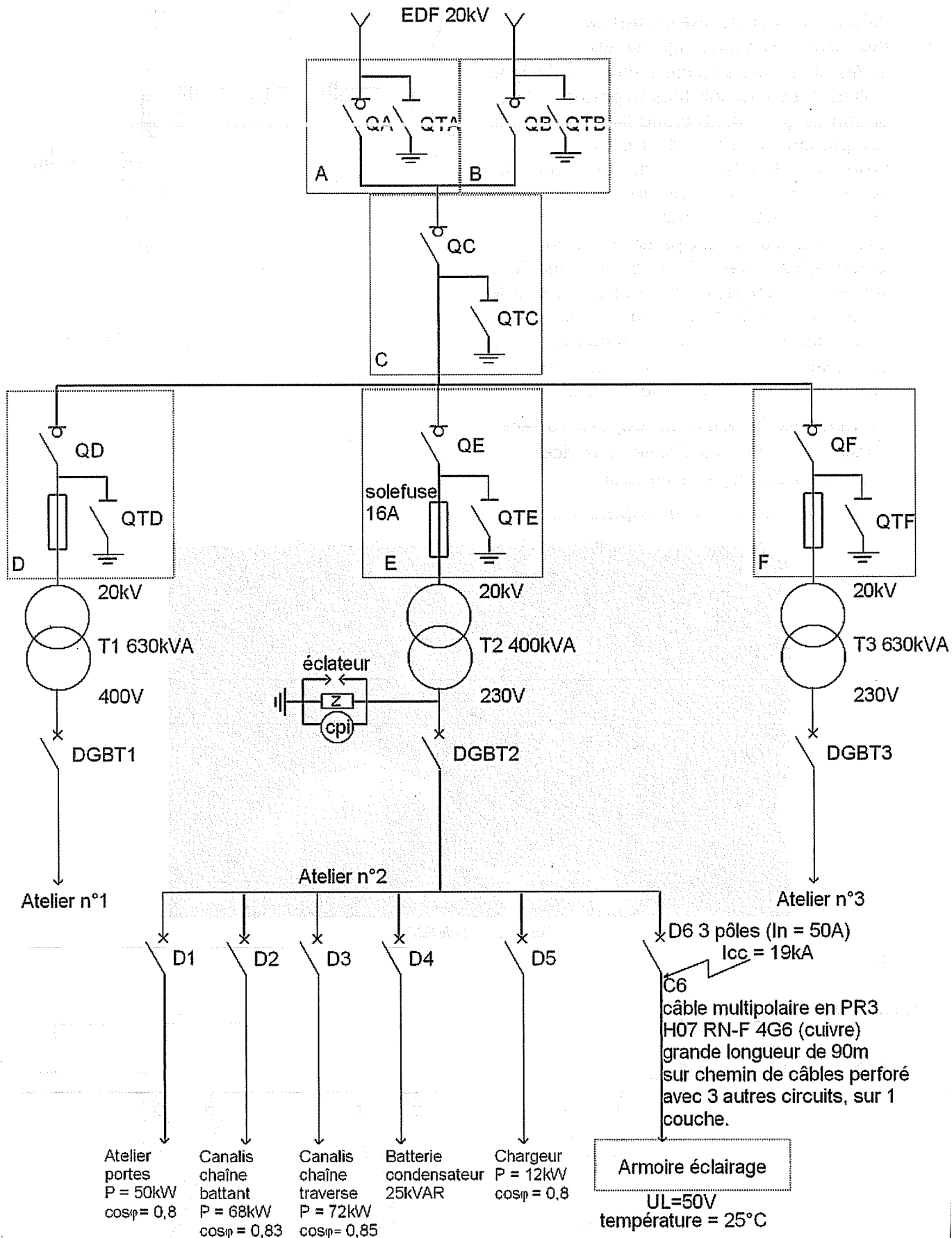


Poste de contrôle EDF

1)



2)



Extrait BAC ELEEC D.T. septembre 2007

B3 - COMPTAGE DE L'ÉNERGIE

En France, deux types de postes de livraison HTA existent selon que le comptage est effectué en BT ou en HTA.

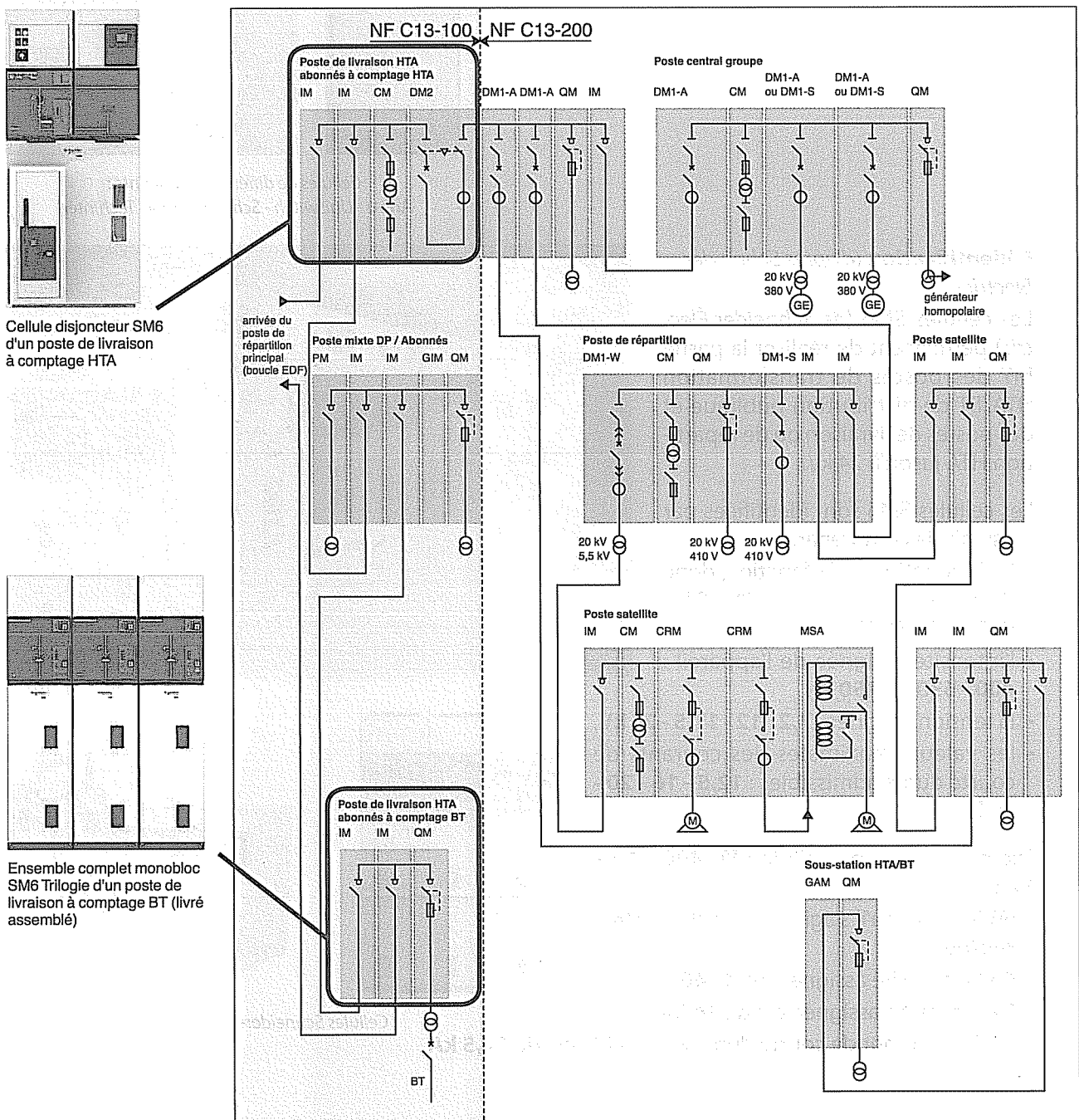
► Les postes de livraison HTA à comptage BT

Ils sont régis par la norme NF C 13-100, ils ne comportent qu'un seul transformateur dont le courant secondaire est inférieur ou égal à 2000 A, soit une puissance inférieure ou égale à 1 250 kVA pour une tension composée de 400 V.

► Les postes de livraison HTA à comptage HT

Ils comportent plusieurs transformateurs ou un seul si son courant secondaire est supérieur à 2 000 A (puissance supérieure à 1 250 kVA pour une tension composée de 400 V) et peuvent comporter des départs HTA.

De façon identique aux postes de livraison à comptage BT, l'alimentation par le distributeur peut être en simple dérivation, coupure d'artère ou double dérivation.

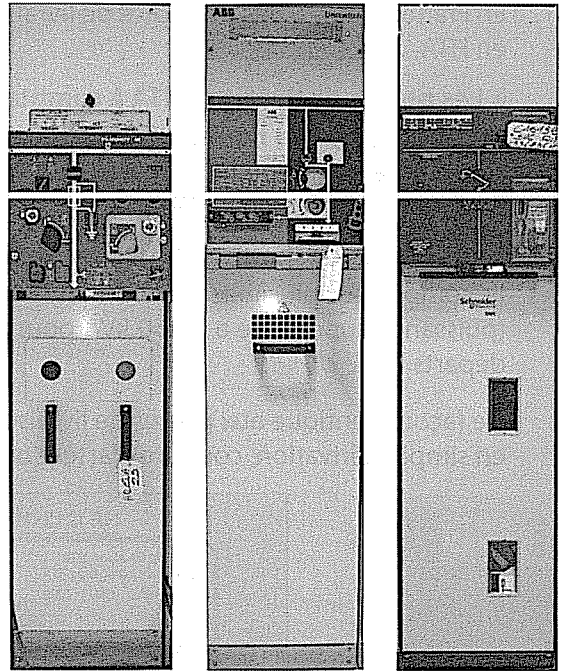


B4 - CELLULES MODULAIRES PRÉFABRIQUÉES

Les cellules modulaires sont équipées d'appareillages fixes ou débrochables (sans visseries), sous enveloppe métallique, utilisant pour l'extinction de l'arc électrique l'hexafluorure de soufre (SF_6) ou le vide.

Elles peuvent être équipées de :

- sectionneur,
- interrupteur-sectionneur,
- disjoncteur,
- contacteur,
- fusibles...



Cellules de différents fabricants :
Areva - Uniswitch - Schneider (doc. Techinter)

► Identification (d'après Schneider Électric)

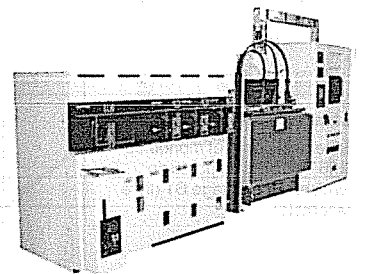
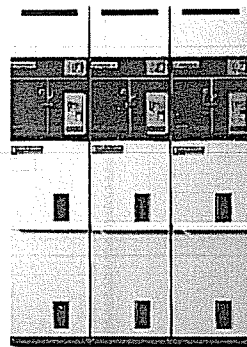
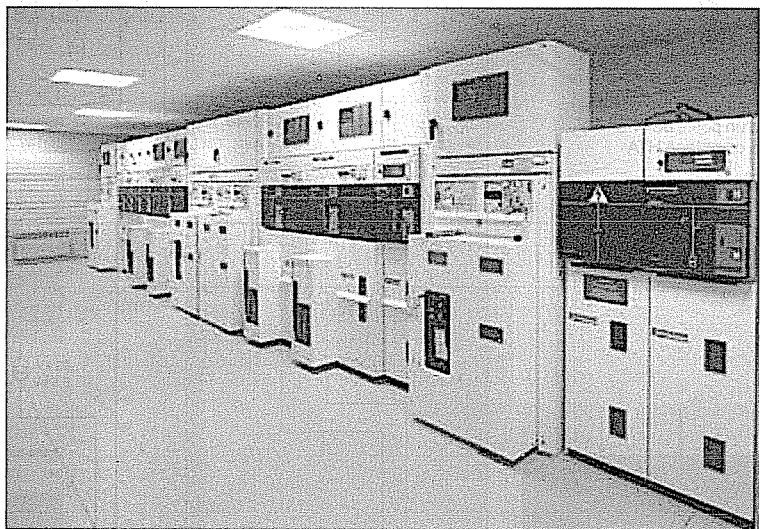
Les cellules SM6 (de Schneider Électric) permettent de réaliser la partie MT des postes de transformation HTA/BT de distribution publique et des postes de livraison ou de répartition HTA jusqu'à 24 kV.

Les cellules SM6 sont identifiées par un symbole comprenant :

- la désignation de la fonction, donc du schéma électrique : **IM, QM, DM1, CM, DM2...**
- l'intensité assignée de l'appareil : **400 - 630 - 1 250 A,**
- la tension assignée : **7,2 - 12 - 17,5 - 24 kV,**
- les valeurs maximales des courants de courte durée admissibles : **12,5 - 16 - 20 - 25 kA.**

Exemple pour une cellule : **IM 400 - 24 - 12,5 :**

- **IM** indique qu'il s'agit d'une cellule **interrupteur,**
- **400** l'intensité assignée est de **400 A,**
- **24** la tension assignée est de **24 kV,**
- **12,5** le courant de courte durée admissible est de **12,5 kA.**



Cellules Schneider-Électric

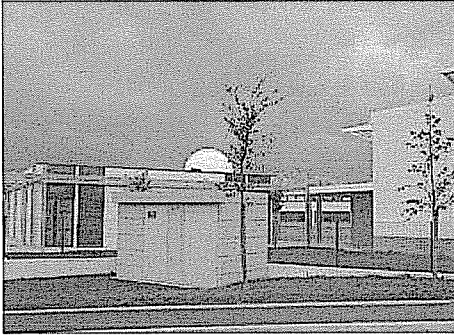
	Raccordement au réseau			Protection par interrupteur-fusible		Comptage BT		Comptage HTA		Permutation de sources			
	IM interrupteur	IMC interrupteur	IMT interrupteur avec téléconduite	DDM (1) arrivées en double dérivation	QM combiné interrupteur-fusibles (3)	QMC combiné interrupteur-fusibles (3)	Trilogie ensemble complet monobloc pour alimentation à comptage BT selon NF C 13-100	CM transformateurs de potentiel pour réseau à neutre à la terre	CM2 transformateurs de potentiel pour réseau à neutre isolé	GBC-A droite mesure d'intensité et/ou tension - Départ droite et départ gauche	GBC-B gauche mesure d'intensité et/ou de tension	NSM-câbles alimentation câbles pour arrivées prioritaires (N) et secours (S)	NSM-barres gauche droite arrivée prioritaire droite ou gauche et câbles pour secours (S)
largeur caractéristiques électriques	375 mm 400-630 A - 24 kV - 12,5 kA 630 A - 24 kV - 20 kA	500 mm 400-630 A - 24 kV - 12,5 kA	375 mm 200 A - 24 kV - 20 kA	750 mm 400-630 A 24 kV - 12,5 kA	375 mm 200 A - 24 kV - 20 kA	625 mm 200 A - 24 kV - 20 kA	puissance transformateur jusqu'à 1000 KVA - 15 kV 1250 KVA - 20 kV	375 mm 50 A - 24 kV - 20 kA	500 mm 50 A - 24 kV - 20 kA	750 mm 400-630-1250 A 24 kV - 12,5 kA 630-1250 A	750 mm 400-630 A - 24 kV - 12,5 kA 630 A - 24 kV - 20 kA		
arc interne en standard 12,5 kA - 0,7s 3 côtés option arc interne 12,5 kA - 1s IAC: A-FL option arc interne 16 kA - 1s IAC: A-FL & IAC: A-FLR interrupteur et sectionneur de mise à la terre sectionneur et sectionneur de mise à la terre sectionneur de terre sectionneur de terre aval indicateur de présence tension signalisation mécanique de l'uson, fusibles sectionneur des circuits BT et fusibles BT compteur de manœuvres sur disjoncteur ou contacteur motorisation contacts auxiliaires sur disjoncteur / contacteur contacts auxiliaires sur interrupteur (ou sectionneur) et SMALT (Sectionneur de Mise à La Terre) caisson contrôle ou caisson de raccordement pour arrivées câbles par le haut caisson contrôle verrouillage par serrure élément chauffant 50 W socle de surélévation déclencheurs sur interrupteur ou disjoncteur contact de signalisation, fusion fusibles interverrouillage mécanique contacteur transformateurs de mesure (pour comptage et/ou protection) transformateurs de mesure supplémentaire (TC ou TP)							2 versions suivant la position de la protection transformateur (gauche ou droite) Ensemble comprenant : - 2 interrupteurs de boucle à commande manuelle - une protection transformateur avec : - déclencheur d'ouverture - verrouillage Protalox HTA/ B7 transformateur - bobine de déclenchement à émission 220 V AC 0,4 A - marque de tension 48 V DC - 4 contacts auxiliaires sur l'interrupteur En option - un jeu de 3 fusibles - kit d'accessoires C13-100 - accessoires de sécurité - comparateur de phase - un ratelier fusibles - détecteur de défaut - liaison HTA transfo/ Trilogie - alimentation C13-100	sur sectionneur sur sectionneur					
relais de protection mesure automatisme de permutation téléconduite alimentation auxiliaire intégrée			coffret ITI		Sepam (2) Sepam	Sepam Sepam		3 TP phase/ masse 3 TP phase/phase	2 TP phase/phase masse	1 à 3 TC 3 TP phase/masse ou 2 TP phase/phase			Essergy T200S

Distribution électrique basse tension et HTA - 2009, www.schneider-electric.fr

	Protection par disjoncteur à coupure dans le SF6				Couplage				Protection par disjoncteur à coupure dans le vide				
	DM1-A	DM1-S	DM2	DM1-W	IMB	DM1-D	DM1-Z	DMV-D	DMV-A	DMV-3	DMVL-A		
largeur	750 mm	750 mm	750 mm	750 mm	375 mm	750 mm	750 mm	625 mm	625 mm	625 mm	750 mm		
caractéristiques électriques	400-630-1250 A 24 kV - 12,5 kA	400-630 A - 24 kV - 12,5 kA 630 A - 24 kV - 20 kA	400-630-1250 A 24 kV - 12,5 kA	400-630-1250 A 24 kV - 12,5 kA	400-630 A 24 kV - 12,5 kA	400-630-1250 A 24 kV - 12,5 kA	630 (1)-1250 A 24 kV - 20 kA	400-630-1250 A 17,5 kV - 12,5 kA	400-630-1250 A 17,5 kV - 12,5 kA	400-630 A 17,5 kV - 12,5 kA	400-630 A 17,5 kV - 12,5 kA	650 A 24 kV - 20 kA	650 A 24 kV - 20 kA
arc interne en standard 12,5 kA - 0,7s - 3 côtés													
option arc interne 12,5 kA - 1s - IAC - A-FL													
option arc interne 16 kA - 1s - IAC - A-FL & IAC - A-FLR													
interrupteur et sectionneur de mise à la terre													
sectionneur et sectionneur de mise à la terre													
sectionneur de terre													
sectionneur de terre aval													
indicateur de présence tension													
signalisation mécanique de fusion fusibles													
sectionneur des circuits BT et (fusibles BT													
compteur de manœuvres sur disjoncteur ou contacteur													
motorisation													
contacts auxiliaires sur disjoncteur / contacteur													
contacts auxiliaires sur interrupteur (ou sectionneur) et													
SMALT (Sectionneur de Mise à La Terre)													
caisson contrôle ou caisson de raccordement pour													
caisson contrôle													
verrouillage par serrure													
élément chauffant 50 W													
soie de surélévation													
déclencheurs sur interrupteur ou disjoncteur													
contact de signalisation fusion fusibles													
interverrouillage mécanique contacteur													
transformateurs de mesure (pour comptage et/ou protection)													
transformateurs de mesure supplémentaire (TC ou TP)													
relais de protection													
mesure													

Distribution électrique basse tension et HTA - 2003, www.schneider-electric.fr

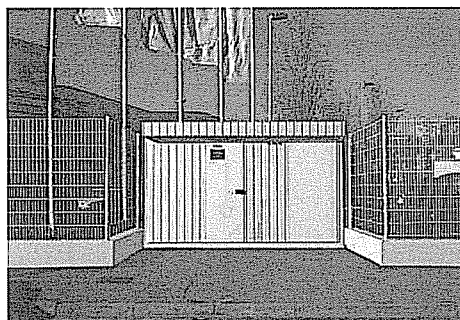
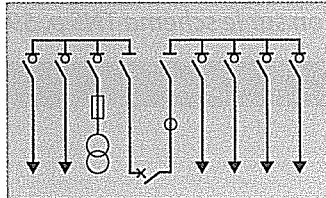
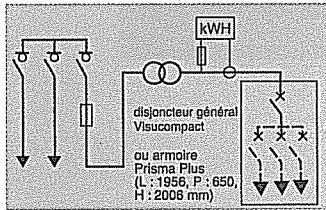
► Postes aménagés - Biosco 8 et 10



Biosco 8



Biosco 10



Biosco 10 livraison comptage HTA

Applications

Biosco 8, Biosco 10 sont des postes d'extérieur destinés à distribuer des puissances de 630 kVA / 1000 kVA / 1250 kVA. (Voir tableau)

Ils sont alimentés par un réseau HTA public spécifié par le distributeur d'énergie ou par un réseau privé.

Biosco 10 Livraison est un poste d'extérieur destiné à créer un poste de livraison à comptage HTA.

Les "plus"

- Conçus pour diminuer les risques de bruit, d'incendie et de pollution
- Manœuvre des équipements HTA et BT aisée
- Entrées de câbles protégées et dirigées
- Encastrables sur 3 faces, mise en talus (hauteur = 1,50 m)

Enveloppe

- enveloppe en béton armé vibré avec aérateurs, cuvelage enterré avec entrées de câbles
- indice de protection de l'enveloppe :
 - IP 25D (pénétration des solides et des liquides)
 - IK 10 (résistance mécanique aux chocs)
- bac de récupération du diélectrique
- dispositif coupe-feu associé au bac de rétention (en option)
- ventilation discrète ramener en face avant
- hauteur hors sol : suivant type de toiture (voir plan)
- toiture :
 - 1 pente à 30 %
 - 2 pentes à 30 %
 - 2 pentes à 100 %
 - 4 pentes à 30 %
 - 4 pentes à 100 %
- finition : crépis et habillages ; couleur suivant nuancier

Équipements HTA et BT

- tableau modulaire SM6 à 3, 4, 5 et jusqu'à 9 fonctions maxi pour le Biosco 10 livraison comptage HTA
- liaison BT en câbles unipolaires entre le transformateur et le disjoncteur général BT
- protection des travailleurs suivant le régime de neutre
- emplacement pour transformateurs de courant
- châssis du support pour coffret de comptage
- conducteur de protection : masses et neutre
- éclairage intérieur et affiches réglementaires
- accessoires de sécurité réglementaires

	enveloppe		équipements HTA		équipements BT	
	sur sol	masse approximative	tableau modulaire	liaison HTA	puissance transformateur	tableau Prisma
Biosco 8	8,2 m ²	12000 kg	SM6 / 4 fonctions	50 mm ²	1000 kVA huile	L=708, P=450, H=2006
Biosco 10	9,9 m ²	14500 kg	SM6 / 5 fonctions	50 mm ²	1250 kVA huile / 630 kVA Trihal	L=1956, P=650, H=2006
Biosco 10 livraison	9,9 m ²	12000 kg	SM6 / 9 fonctions (2 cellules IM, 1 cellule CM1, 1 cellule DM2 ou 4 cellules IM ou 2 cellules IM et 2 cellules QM ou 2 cellules DM1)			

Interfaces d'exploitation

- détecteur de défaut local ou interfacé avec ITI ou PASA
- coffret de télécommande (ITI ou PASA)
- boîtier de télécommande

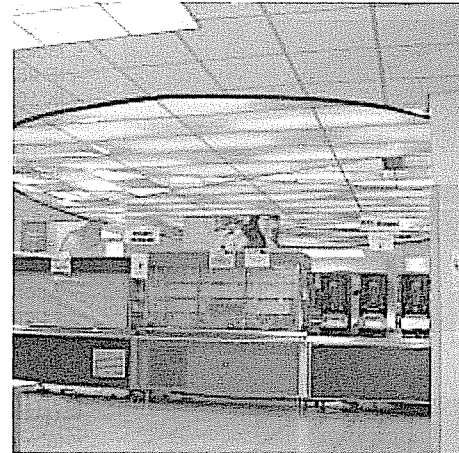
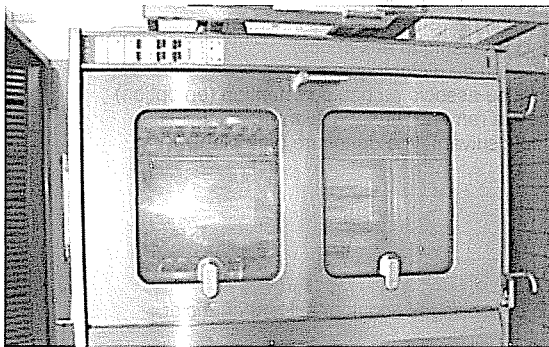
Normes

- normes NF C 13-100, NF C 13-200, NF C 15-100 et NF C 17-300.
 - spécification EDF HN 64-S-33
- Fabrication suivant un système qualité certifié par l'AFAQ selon ISO 9001-V2000.

Projet 6 Sujets d'examens sur les schémas de liaison à la terre (SLT)

[1 - Extraits du sujet Bac pro ELEEC 2009]

Centre de restauration de la base aérienne de Nîmes



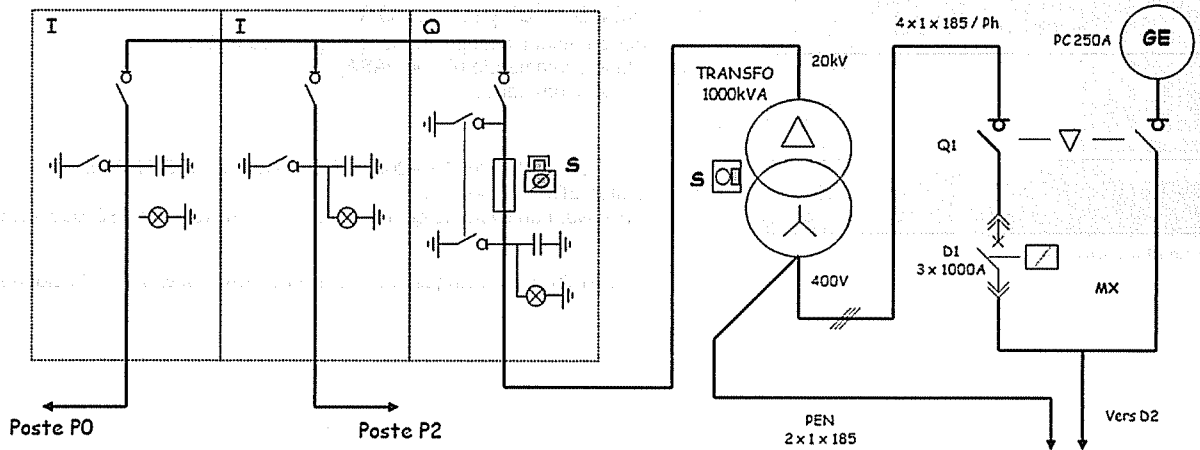
Question 6.1

Décrire le Schéma de Liaison à la Terre (SLT de type TNS) utilisé ici.
Donnez la signification des lettres attribuées : **T, N, S**.

Observer le schéma ci-dessous (au niveau du transformateur)

Voir cours 6 p. 66-67 paragraphes C2 et C.2.2. Lire également la documentation sur le schéma TNS p. 59

T	N	S



Question 6.2

La vérification du déclenchement des protections doit être effectuée (entourer) :

Lire la documentation sur le schéma TNS page 59

À l'étude de l'installation par calcul	Oui	Non
À la mise en service	Oui	Non
Périodiquement tous les ans	Oui	Non

Question 6.3

Justifiez l'intérêt de ce type de SLT dans ce contexte.

Voir cours 6 pages 66 et 67 paragraphes C2 et C.2.2

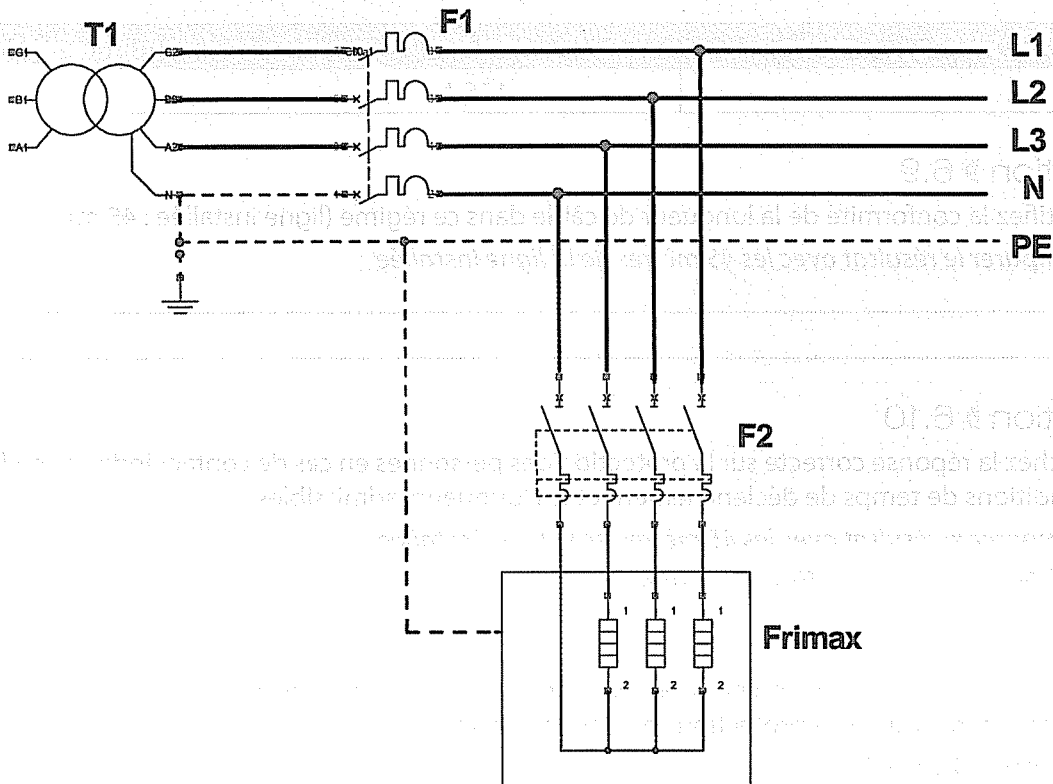
.....

.....

Question 6.4

Tracer une boucle de défaut (défaut d'isolement sur phase 1 du récepteur).

Voir étude d'un défaut cours 6 page 65 paragraphe C1



Question 6.5

En considérant que le déclenchement du disjoncteur F1 n'est pas retardé, recherchez les temps de coupure et de déclenchement maximal en schéma TN.

Voir la documentation page 60 (tableau 41A). Attention : F1 n'est pas retardé !

Tension	Régime	Temps de coupure
$U_0 = V =$		

Question 6.6

Le temps de déclenchement des protections est-il conforme aux normes en vigueur ?

Voir la documentation page 60 (tableau 41A) et comparer

.....

Question 6.7

Calculez la longueur maximale de la ligne sous F1 (sections phases et PE identiques).

Voir la documentation page 61 (exemple de calcul de Lmax)

Formule	m	Imag	SPh	ρ	V	Lmax
		1 000 A	35 mm ²	22,5 · 10 ⁻³		Lmax =

Question 6.8

Recherchez la longueur maximale autorisée par la norme (F1 : NG125N – courbe C) :

Trouver dans la documentation page 62 la longueur maximale pour le disjoncteur en question

S phase et neutre	Calibre	Longueur maximale
	125 A	

Question 6.9

Justifiez la conformité de la longueur de câble dans ce régime (ligne installée : 45 m).

Comparer le résultat avec les 45 mètres de la ligne installée

.....

Question 6.10

Cochez la réponse correcte sur la protection des personnes en cas de contact indirect, en fonction des conditions de temps de déclenchement et les longueurs admissibles.

Comparer le résultat avec les 45 mètres de la ligne installée

- Conforme Non conforme

Question 6.11

Dans le cas où la protection ne serait pas correcte : citez deux moyens pour corriger ce problème par les caractéristiques des protections ou des conducteurs :

Voir cours 6 page 70

.....

.....

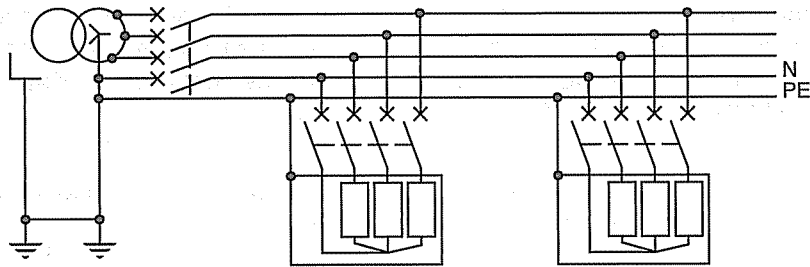
.....

.....

.....

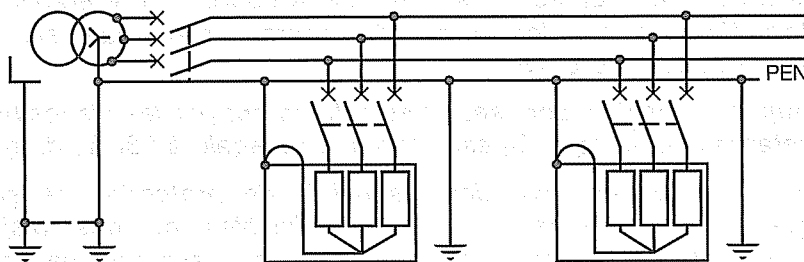
▷ Schéma de liaison à la terre

Mise au neutre TN Régime TN-S



- Point neutre du transformateur et conducteur PE reliés directement à la terre.
- Masses d'utilisation reliées au conducteur PE, lui-même relié à la terre.
- Intensité des courants de défaut d'isolement importante (perturbations et risques d'incendie accrus).
- Conducteur neutre et conducteur de protection séparés.
- Déclenchement obligatoire au premier défaut d'isolement éliminé par les dispositifs de protection contre les surintensités.
- Il est délicat de tester le bon état de fonctionnement des protections. L'utilisation des DDR pallie cette difficulté.
- L'usage des DDR est toujours recommandé pour la protection des personnes contre les contacts indirects, en particulier en distribution terminale, où l'impédance de boucle ne peut pas être maîtrisée.
- La vérification des déclenchement doit être effectuée :
 - à l'étude par le calcul
 - obligatoirement à la mise en service
 - périodiquement (tous les ans) par des mesures.
- En cas d'extension ou de rénovation ces vérifications de déclenchement sont à refaire.

Régime TN-C



- Point neutre du transformateur et conducteur PEN reliés directement à la terre.
- Masses d'utilisation reliées au conducteur PEN, lui-même relié à la terre.
- Intensité des courants de défaut d'isolement importante (perturbations et risques d'incendie accrus).
- Conducteur neutre et conducteur de protection confondus (PEN).
- La circulation des courants de neutre dans les éléments conducteurs du bâtiment et les masses, est à l'origine d'incendies et pour les matériels sensibles (médical, informatique, télécommunications) de chutes de tension perturbatrices.
- Déclenchement obligatoire au premier défaut d'isolement éliminé par les dispositifs de protection contre les surintensités.
- La vérification des déclenchement doit être effectuée :
 - à l'étude par le calcul
 - obligatoirement à la mise en service
 - périodiquement (tous les ans) par des mesures.
- En cas d'extension ou de rénovation ces vérifications de déclenchement sont à refaire.
- L'usage des DDR est toujours recommandé pour la protection des personnes contre les contacts indirects, en particulier en distribution terminale, où l'impédance de boucle ne peut pas être maîtrisée (passage en TN-S).
- Il est délicat de tester le bon état de fonctionnement des protections (l'utilisation des DDR pallie cette difficulté, mais demande d'être en TN-S).

Schneider Electric - Catalogue distribution électrique 2002

411.3.2 Coupure automatique de l'alimentation

411.3.2.1 A l'exception du cas indiqué en 411.3.2.5, un dispositif de protection doit séparer automatiquement de l'alimentation le circuit ou le matériel concerné en cas de défaut entre une partie active et une masse ou un conducteur de protection dans le circuit ou le matériel, dans un temps maximal donné en 411.3.2.2 ou 411.3.2.3.

NOTES -

- 1 - Des valeurs de temps de coupure et de tension inférieures peuvent être prescrites pour des installations ou des locaux particuliers conformément aux articles correspondants de la partie 7.
- 2 - Dans le schéma IT, la coupure automatique n'est pas prescrite en général lors d'un premier défaut (voir 411.6.1).

411.3.2.2 Selon la tension nominale entre phase et neutre U_0 , le temps de coupure maximal du tableau 41A doit être appliqué à tous les circuits terminaux.

Tableau 41A - Temps de coupure maximal (en secondes) pour les circuits terminaux

Temps de coupure (s)	50 V < U_0 ≤ 120 V		120 V < U_0 ≤ 230 V		230 V < U_0 ≤ 400 V		U_0 > 400 V	
	alternatif	continu	alternatif	continu	alternatif	continu	Alternatif	continu
Schéma TN ou IT	0,8	5	0,4	5	0,2	0,4	0,1	0,1
Schéma TT	0,3	5	0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1

NOTE - Le courant continu lisse est défini conventionnellement par un taux d'ondulation non supérieur à 10 % valeur efficace; la valeur maximale de crête n'est pas supérieure à 140 V pour une tension nominale de 120 V en courant continu lisse et 70 V pour une tension nominale de 60 V en courant continu lisse.

Ces temps dérivent d'une courbe définissant le temps de coupure du dispositif de protection en fonction de la tension de contact présumée. Cette courbe a été établie en tenant compte des études internationales sur les effets du courant électrique sur le corps humain rassemblées dans le guide UTE C 15-110.

Les temps de coupure ci-dessus sont satisfaits notamment par les dispositifs différentiels non volontairement retardés ou, lorsque U_0 est inférieure ou égale à 230 V, de type S.

En pratique, les temps de coupure des dispositifs de protection ne sont à prendre en considération que si ces dispositifs sont des fusibles ou des disjoncteurs dont le déclenchement est retardé. Lorsque la protection est assurée par d'autres types de disjoncteurs, il suffit de vérifier que le courant de défaut est au moins égal au plus petit courant assurant le fonctionnement instantané du disjoncteur.

Les temps de coupure en schéma TT sont plus faibles qu'en schéma TN ou IT, les tensions de contact présumées dans ce schéma pouvant être proches de la tension simple U_0 .

► Schéma de liaison à la terre TN

Contrôle des conditions de déclenchement

Condition préalable

Le conducteur de protection doit être à proximité immédiate des conducteurs actifs du circuit (dans le cas contraire, la vérification ne peut se faire que par des mesures effectuées une fois l'installation terminée).

Cas d'un circuit éloigné de la source (départs secondaires et terminaux)

Schéma neutre à la terre TN

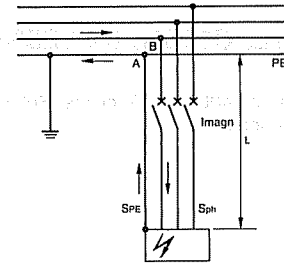
Elle consiste à appliquer la loi d'Ohm au seul départ concerné par le défaut en faisant les hypothèses suivantes :

■ la tension entre la phase en défaut et le PE (ou PEN) à l'origine du circuit est prise égale à 80 % de la tension simple nominale

■ on néglige les réactances des conducteurs devant leur résistance⁽¹⁾.

Le calcul aboutit à vérifier que la longueur du circuit est inférieure à la valeur donnée par la relation suivante :

$$L_{max} = \frac{0,8 \times V \times S_{ph}}{\rho (1 + m) I_{magn}}$$



Le guide UTE C 15-105 donne une méthode de calcul simplifiée dont les hypothèses et les résultats sont indiqués ci-contre.

Signification des symboles

L_{max} longueur maximale en mètres

V tension simple = 237 V pour réseau 237/410 V

U tension composée en volts (400 V pour réseau 237/410 V)

S_{ph} section des phases en mm²

S₁ S_{ph} si le circuit considéré ne comporte pas de neutre (IT)

S₁ S neutre si le circuit comporte le neutre (IT)

S_{PE} section du conducteur de protection en mm²

ρ résistivité à la température de fonctionnement normal = 22,5 · 10⁻³ Ω x mm²/m pour le cuivre

m $\frac{S_{ph} \text{ (ou } S_1)}{S_{PE}}$

I_{magn} courant (A) de fonctionnement du déclenchement magnétique du disjoncteur

La méthode simplifiée de calcul exposée précédemment donne dans ce cas des résultats très contraignants et très éloignés de la réalité (en particulier, les valeurs de la tension de contact obtenues interdiraient pratiquement toute possibilité de réaliser une sélectivité chronométrique). Il faut alors faire des calculs plus précis utilisant la méthode des composantes symétriques et prenant en compte en particulier les impédances internes des transformateurs.

Ces calculs montrent :

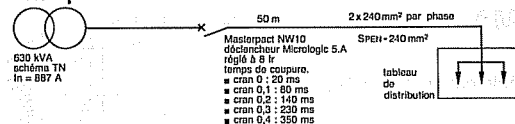
■ que la tension de contact est relativement faible dans le cas d'un défaut proche de la source

■ qu'il est donc possible de réaliser une sélectivité (on peut retarder les disjoncteurs de tête facilement jusqu'à 300 ou 500 ms et plus)

■ que les longueurs de câbles maximales sont importantes et très rarement atteintes à ce stade de la distribution.

Cas d'un circuit proche de la source

Exemple



Résultats

■ Courant de défaut :

environ 11,6 kA

Le réglage à 8000 A du magnétique convient donc.

■ Tension de contact :

environ 75 V.

Le temps de coupure maxi autorisé par la courbe de sécurité est de 600 ms, ce qui permet d'utiliser sans problème tous les crans de sélectivité du Masterpact.

Schneider Électric - Catalogue distribution électrique 2002

Longueurs maximales des canalisations

Longueurs maximales (en mètres) des canalisations en schéma TN protégées contre les contacts indirects par des disjoncteurs.

Facteurs de correction à appliquer aux longueurs données par les tableaux de 1 à 22

réseaux 400 V ⁽¹⁾ entre phases	m = $\frac{S_{\text{Phase}}}{S_{\text{PE}}}$			
	1	2	3	4
câble cuivre	1	0,67	0,50	0,40
câble alu	0,62	0,41	0,31	0,25

(1) Pour les réseaux 237 V entre phases, appliquer, en plus, le coefficient 0,57.
Pour les réseaux 237 V monophasés (entre phase et neutre), ne pas appliquer ce coefficient supplémentaire

C60N/L, C120H

Courbe B

Réseau triphasé en 400 V, câble cuivre, $S_{\text{ph}} = S_{\text{PE}}$, $U_L = 50$ V, en schéma TN.

Sphases mm ²	calibre (A)									
	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100
1,5	120	75	60	48	38	30	24	19	15	12
2,5	200	125	100	80	63	50	40	32	25	20
4	320	200	160	128	100	80	64	51	40	32
6	480	300	240	192	150	120	96	76	60	48
10	800	500	400	320	250	200	160	127	100	80
16		800	640	512	400	320	256	203	160	128
25				800	625	500	400	317	250	200
35					875	700	560	444	350	280
50							800	635	500	400

C60a/N/H/L, C120H, NG125N/L

Courbe C

Réseau triphasé en 400 V, câble cuivre, $S_{\text{ph}} = S_{\text{PE}}$, $U_L = 50$ V, en schéma TN.

Sphases mm ²	calibre (A)															
	1	2	3	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	600	300	200	150	100	60	38	30	24	19	15	12	10	8	6	5
2,5		500	333	250	167	100	63	50	40	31	25	20	16	13	10	8
4			533	400	267	160	100	80	64	50	40	32	25	20	16	13
6				600	400	240	150	120	96	75	60	48	38	30	24	19
10					667	400	250	200	160	125	100	80	63	50	40	32
16						640	400	320	256	200	160	128	102	80	64	51
25							625	500	400	313	250	200	159	125	100	80
35							875	700	560	438	350	280	222	175	140	112
50								800	625	500	400	317	250	200	160	125

C60N, C120H, NG125N/L

Courbe D C60L Courbe K

Réseau triphasé en 400 V, câble cuivre, $S_{\text{ph}} = S_{\text{PE}}$, $U_L = 50$ V, en schéma TN.

Sphases mm ²	calibre (A)															
	1	2	3	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	429	214	143	107	71	43	27	21	17	13	11	9	7	5	4	3
2,5	714	357	238	179	119	71	45	36	29	22	18	14	11	9	7	6
4		571	381	286	190	114	71	57	46	36	29	23	18	14	11	9
6		857	571	429	286	171	107	86	69	54	43	34	27	21	17	14
10			952	714	476	286	179	143	114	89	71	57	45	36	29	23
16					762	457	286	229	183	143	114	91	73	57	46	37
25						714	446	357	286	223	179	143	113	89	71	57
35							625	500	400	313	250	200	159	125	100	80
50							893	714	571	446	357	286	227	179	143	114

C60LMA, NG125LMA

Courbe MA

Réseau triphasé en 400 V, câble cuivre, $S_{\text{ph}} = S_{\text{PE}}$, $U_L = 50$ V, en schéma TN.

Sphases mm ²	calibre (A)										
	1,6	2,5	4	6,3	10	12,5	16	25	40	63	80
1,5	100	100	100	80	42	40	26	17	10	7	5
2,5	167	167	167	133	69	67	44	28	17	11	9
4	267	267	267	213	111	107	70	44	28	18	14
6		400	400	320	167	160	105	67	42	27	21
10			667	533	278	267	175	111	69	44	35
16				853	444	427	281	178	111	71	56
25						667	439	278	174	111	87
35						933	614	389	243	156	122
50							877	556	347	222	174

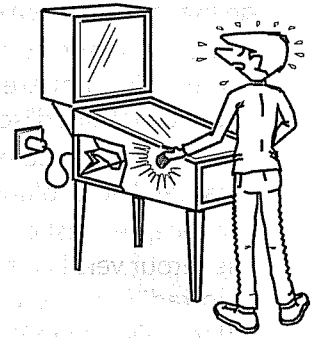
A / NÉCESSITÉ DE LA LIAISON À LA TERRE

L'énergie électrique est indispensable mais dangereuse : la plupart des accidents est due aux défauts d'isolement des récepteurs.

La masse des récepteurs doit donc être reliée à la terre pour assurer la sécurité des personnes et des animaux.

Quelle que soit la cause de ces défauts, ils présentent des risques pour :

- la vie des personnes (et des animaux),
- la conservation des biens,
- la disponibilité de l'énergie électrique.



Pour des raisons de sécurité, toute partie conductrice d'une installation est isolée par rapport aux masses. Cet isolement peut se faire par éloignement, ou par l'utilisation de matériaux isolants. Mais avec le temps, l'isolement peut se détériorer (à cause des vibrations, du vieillissement des isolants, des chocs mécaniques...) et donc mettre une masse (la carcasse métallique d'une machine ou d'un appareil) sous un potentiel dangereux.

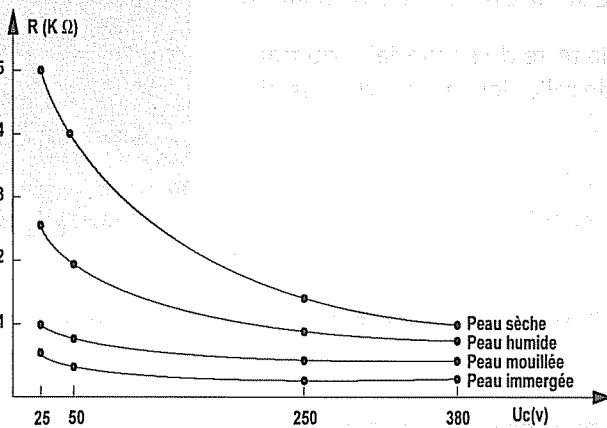
Ce défaut présente des risques pour les personnes, les biens et nuit également à la continuité de service.

B / LES CHOCS ÉLECTRIQUES (RAPPEL)

B1 - TOLÉRANCE DU CORPS HUMAIN

La résistance du corps humain varie en fonction de l'état de la peau.

Les valeurs données dans cette courbe ont été établies pour un être humain ayant une résistance électrique interne minimum. Ces données ont servi de base à l'établissement des règles de sécurité imposées par la norme NF C 15-100.



Relation entre la tension de contact présumée et le temps de coupure maximal ⁽¹⁾			
Tension de contact présumée Ut (V)	Impédance électrique du corps humain Z (Ω)	Courant passant par le corps humain I (mA)	Temps de passage maximal t (s)
≤ 50	1 725	29	∞
75	1 625	46	0,60
100	1 600	62	0,40
125	1 562	80	0,33
220	1 500	147	0,18
300	1 460	205	0,12
400	1 425	280	0,07
500	1 400	350	0,04

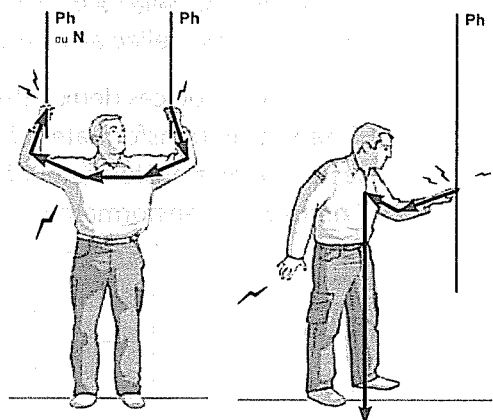
⁽¹⁾ Ces valeurs considèrent un double contact, deux mains, deux pieds UTE C 15-413

Il existe 2 cas de chocs électriques :

B2 - LE CONTACT DIRECT

Accidents souvent liés à l'imprudence ou à la maladresse

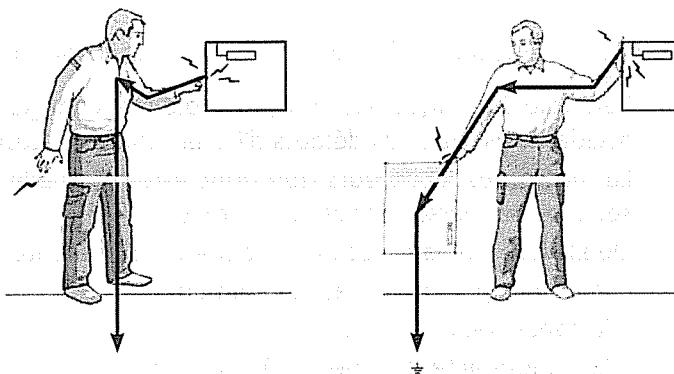
- une personne travaille sur un câble sous tension,
- utilisation de cordons d'essais,
- un enfant introduit des broches métalliques dans une prise de courant sans éclips (obturateurs),
- une personne ouvre un coffret électrique et touche un conducteur dénudé sous tension,
- une personne touche une canalisation encastrée avec l'extrémité d'un outil...



B3 - LE CONTACT INDIRECT

▯ Accidents liés à la mise accidentelle de masses sous tension

- une personne touche la masse métallique d'un appareil électrique présentant un défaut d'isolement,
- utilisation d'appareils anciens ou n'ayant pas fait l'objet d'une révision préventive,
- le récepteur est en défaut d'isolement et le retour vers la terre peut s'effectuer par un radiateur de chauffage central, par une huisserie métallique, par une autre masse reliée à la terre.



B4 - EMPLOI DE LA TENSION DE SÉCURITÉ

Dans la mesure du possible il est préférable d'employer une basse tension de sécurité.
Rappel des tensions maximales de sécurité en courant alternatif :

Milieu sec	$U < 50 \text{ V}$
Milieu humide	$U < 25 \text{ V}$
Milieu mouillé	$U < 12 \text{ V}$

Pour la liaison à la terre, plusieurs solutions de **Schémas de Liaison à la Terre (SLT)** existent.

C / LES SCHÉMAS DE LIAISON À LA TERRE (SLT)

Les schémas de liaison à la terre (SLT) autrefois appelés « régimes de neutre » sont définis par les normes CEI 60364 et NF C15-100.

Tous assurent la sécurité des personnes avec chacun des avantages et des inconvénients. Leur influence est fondamentale sur la qualité de l'installation.

Un SLT caractérise le mode de raccordement à la terre du secondaire du transformateur de distribution **HT/BT** et les façons de relier les masses des installations à la terre (conducteur jaune-vert appelé PE).

Chaque SLT est choisi en fonction des besoins de l'utilisateur.

Une analyse détaillée des besoins de l'utilisateur est indispensable.

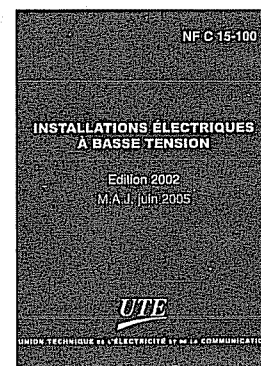
Le SLT est identifié grâce à **deux lettres** :

- La **première lettre** indique la **situation du neutre** du transformateur par rapport à la terre :
 - **T** pour **neutre** raccordé à la **terre**.
 - **I** pour **neutre isolé** de la terre.
- La **deuxième lettre** indique la **situation des masses** du récepteur :
 - **T** pour **masse** reliée à la **terre**.
 - **N** pour **masse** reliée au **neutre**.

La combinaison de ces deux lettres donne trois configurations possibles :

- **TT neutre** du transformateur à la **terre, masse** du récepteur à la **terre**,
- **TN neutre** du transformateur à la **terre, masse** du récepteur au **neutre**,
- **IT neutre** du transformateur **isolé** (ou impédant), **masse** du récepteur à la **terre**.

SLT	Neutre	Masse
TT	à la Terre	à la Terre
TN	à la Terre	au Neutre
IT	Isolé	à la Terre



C1 - LE SCHÉMA DE LIAISON À LA TERRE TT

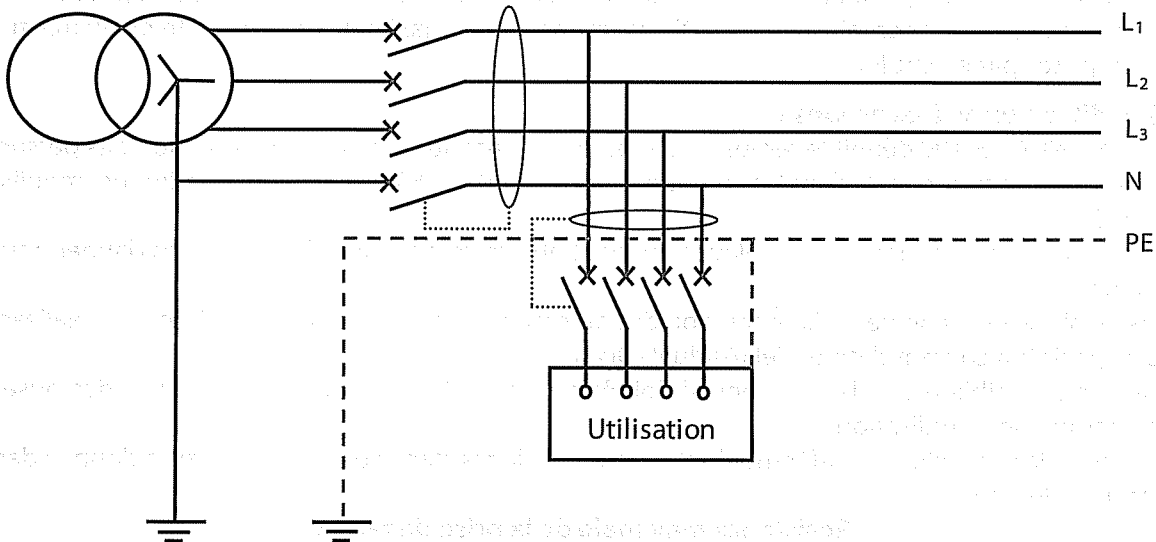
T : liaison du **neutre** à la **terre** T : liaison des **masses** à la **terre**.

Il est utilisé pour toute la distribution **BTA** publique en France.

Dans ce type de schéma, le neutre de la source est relié à une prise de terre et les masses des équipements des utilisateurs disposent de leur propre raccordement à la terre (en général distincte de celle des masses).

Toutes les masses doivent être reliées au même système de mise à la terre et protégées obligatoirement par un même dispositif de coupure à courant résiduel (DDR)(exemple : disjoncteur ou interrupteur différentiel).

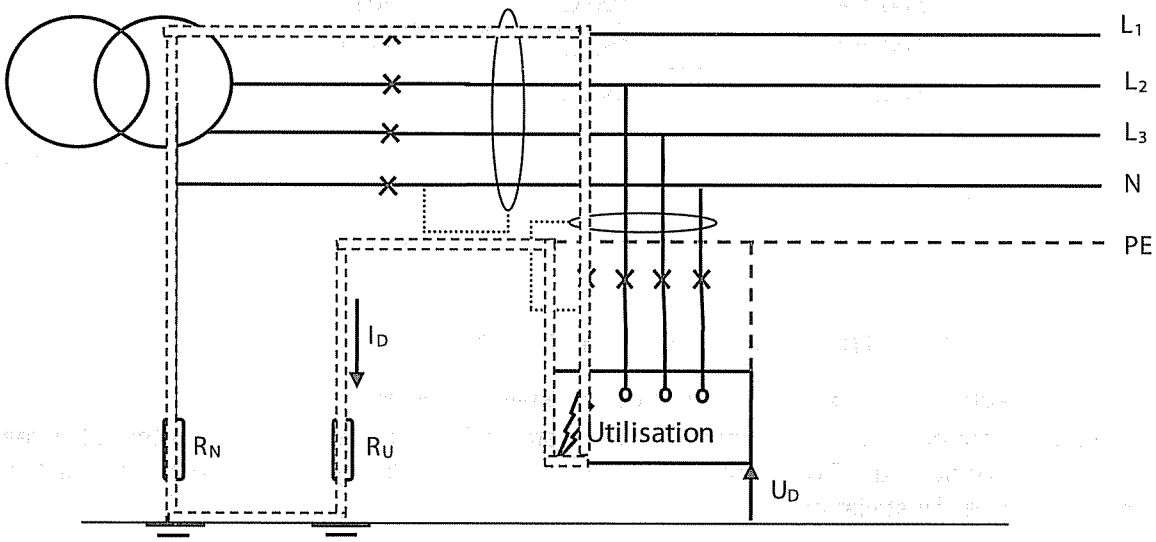
▷ Schéma de principe TT :



▷ Étude d'un défaut :

Supposons qu'un défaut franc apparaisse entre une phase et la masse métallique d'un récepteur.

Les prises de terre du neutre du transformateur et des masses d'utilisation ont une résistance électrique mesurée $R_N = 10 \Omega$ et $R_U = 20 \Omega$



▷ Calcul du courant de défaut

Pour une tension simple $V = 230 \text{ V}$, le courant de défaut I_D aura pour valeur :

$$I_D = \frac{V}{R_N + R_U} \quad I_D = \frac{230}{10 + 20} = 7,67 \text{ A} \quad (\text{c'est une intensité dangereuse})$$

► Calcul de la tension de défaut

Une personne en contact avec la masse métallique du récepteur défectueux, sera soumise à un potentiel :

$$U_D = R_U \cdot I_D \quad U_D = 20 \times 7,67 = 153,4 \text{ V} \quad (\text{c'est une tension dangereuse})$$

En cas de défaut d'isolement, la tension de défaut (ou de contact) U_D présente une valeur élevée (**153 V**) qui est très supérieure à la tension U_L de sécurité (**25 V ou 50 V**).

Il est donc indispensable de placer un disjoncteur différentiel (**DDR**) en amont.

Ce disjoncteur va détecter le courant de défaut (de fuite) I_d vers la terre et ainsi couper l'alimentation.

L'emploi d'un DDR (Dispositif Différentiel Résiduel) est obligatoire en tête d'installation pour assurer la protection des personnes (ainsi qu'un DDR ayant une valeur maximale de sensibilité de 30 mA sur les circuits prises par exemple).

► Que dit la norme à ce propos ?

La norme NF C 15-100 définit le temps de coupure maximal du dispositif de protection des personnes contre les contacts indirects dans les conditions normales ($U_L = 50 \text{ V}$) et dans les conditions «mouillées» ($U_L = 25 \text{ V}$).

U_L est la tension de contact la plus élevée qui peut être maintenue indéfiniment sans danger pour les personnes.

Dans un réseau en schéma TT, la protection des personnes contre les contacts indirects est réalisée par des dispositifs à courant différentiel résiduel (DDR).

Le seuil de sensibilité $I\Delta n$ de ce dispositif doit être tel que $I\Delta n < U_L/R_U$ (R_U : résistance des prises de terre des masses d'utilisation).

Le choix de la sensibilité du différentiel est fonction de la résistance de la prise de terre donnée dans le tableau ci-dessous.

Résistance maximale de la prise de terre R_U

$I\Delta n$	(50 V)	(25 V)
3 A	16 Ω	8 Ω
1 A	50 Ω	25 Ω
500 mA	100 Ω	50 Ω
300 mA	166 Ω	83 Ω
30 mA	1 660 Ω	833 Ω

Lorsque toutes les masses d'utilisation sont interconnectées et reliées à une seule et même prise de terre R_U , le minimum obligatoire est de placer un DDR en tête de l'installation.

Un DDR doit être installé en tête des circuits dont la masse ou le groupe de masses est relié à une prise de terre séparée.

C2 - LE SCHÉMA DE LIAISON À LA TERRE TN

T : liaison du **neutre** à la **terre** N : liaison des **masses** au **neutre**.

Le neutre du secondaire du transformateur (propriété de l'entreprise) est relié à la terre. Les masses sont reliées au conducteur PE de protection (nommé **PE**, de l'anglais : *protective earth*) mis à la terre en différents points de l'installation.

Le principe du schéma TN est de transformer tout défaut d'isolement en court-circuit, la coupure est assurée par protection magnétique contre les surintensités (disjoncteur, fusibles).

Le montage TNC permet une économie lors de l'installation (suppression d'un pôle sur l'appareillage et d'un conducteur, le conducteur de protection PE et le conducteur neutre sont confondus, ce qui donne un conducteur unique **PEN**).

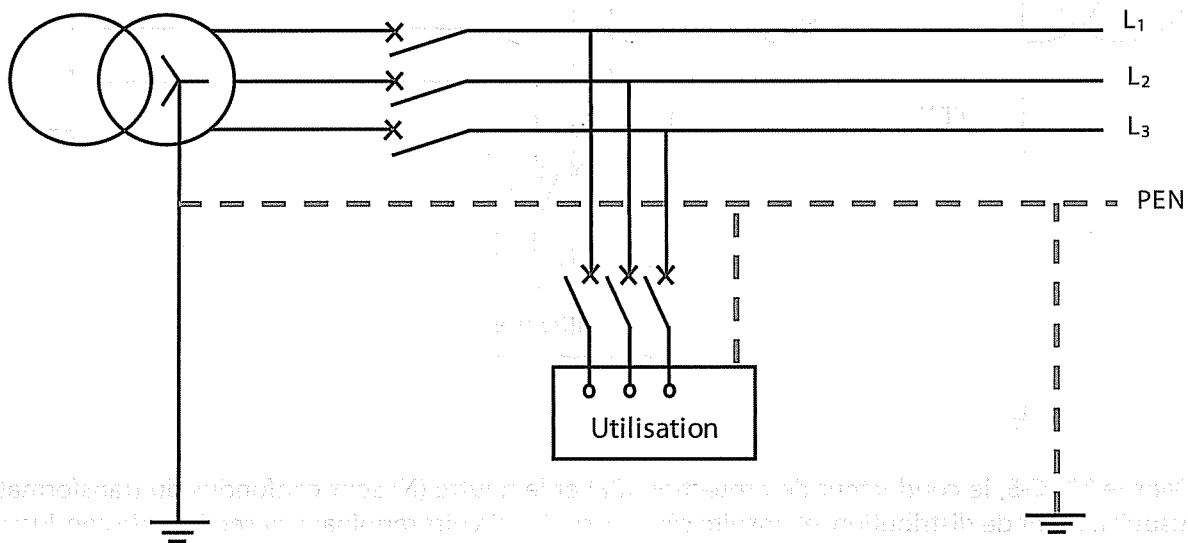
Ce régime est utilisé dans des installations à faible isolement (four...).

La présence de forts courants de défauts entraîne une augmentation des risques d'incendie.

Les normes CEI 60364 et NF C 15-100 définissent 3 sous-schémas pour le SLT TN :

TN-C, TN-S et TN-C-S.

C2.1 D Le schéma TN-C (terre et neutre commun)



Dans le **TN-C**, les conducteurs de neutre (N) et de protection (PE) sont confondus pour former le PEN. Ce SLT permet d'économiser un câble (ainsi qu'un pôle sur chacun des appareils de protection).

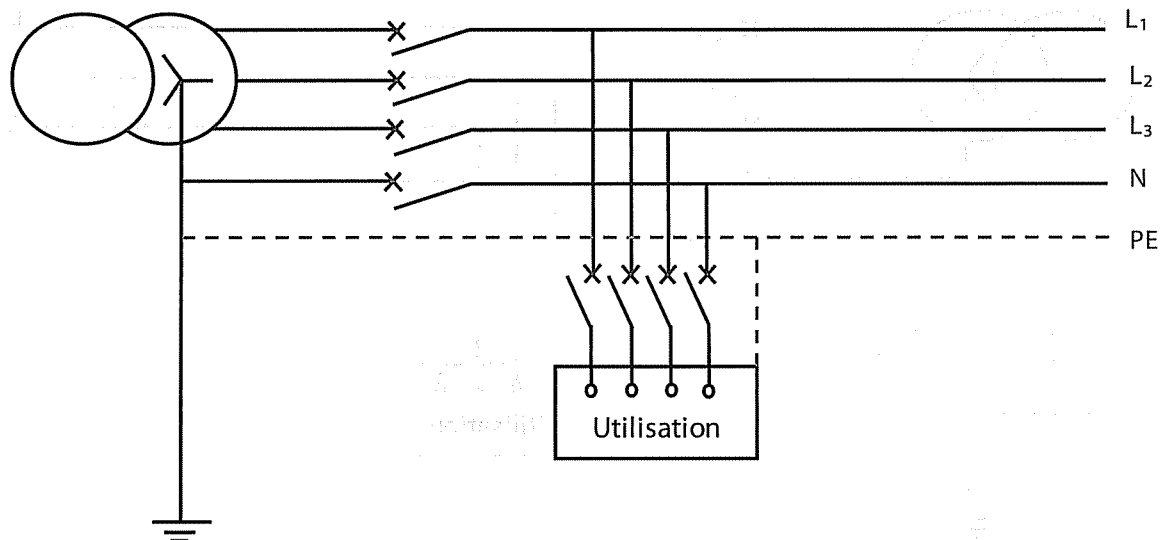
Le conducteur «PEN» ne doit pas être coupé afin d'assurer la protection des personnes.

En cas de défaut, transformé en court-circuit, l'intensité peut être très importante.

Le schéma de liaison à la terre TN-C est interdit par la norme NF C 15-100 :

- dans les locaux où il y a un risque d'incendie ou d'explosion,
- pour des sections de conducteurs (en cuivre) inférieures à 10 mm^2 (16 mm^2 en aluminium).

C2.2 D Le schéma TN-S (terre et neutre séparés)

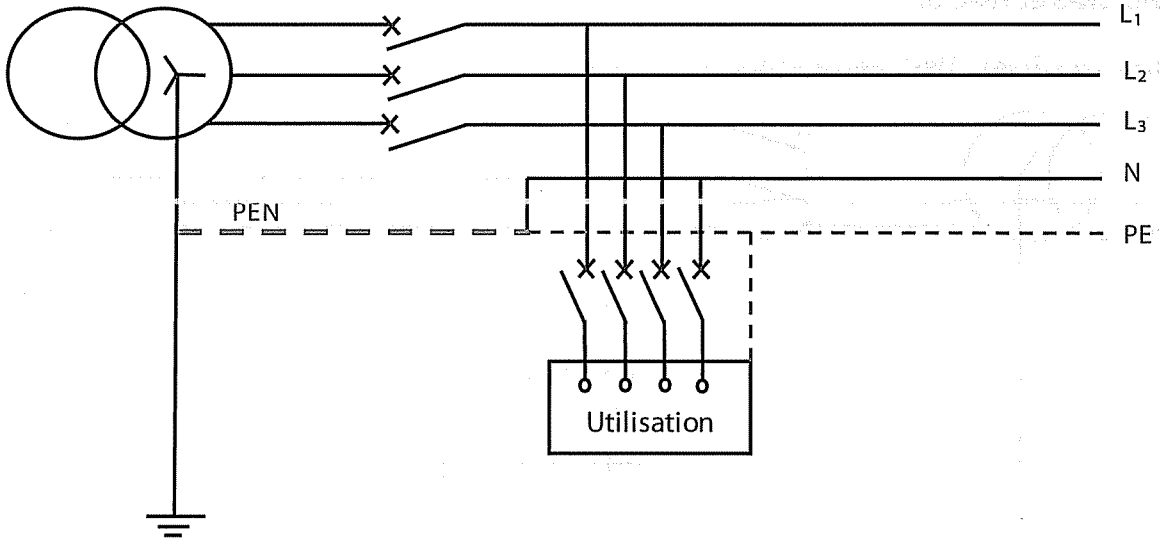


Dans le **TN-S**, le conducteur de protection et le conducteur neutre sont séparés et sont reliés uniquement au poste de distribution et à aucun autre point.

Le **TN-S** est obligatoire pour les réseaux ayant des conducteurs avec une section inférieure à 10 mm^2 en cuivre ou une section inférieure à 16 mm^2 en aluminium.

Avec ce schéma, il n'y a pas de déclenchement intempestif sur de petits courants de défaut.

C2.3 ▶ Le schéma TN-C-S (terre et neutre communs ensuite séparés)



Dans le **TN-C-S**, le conducteur de protection (PE) et le neutre (N) sont confondus du transformateur jusqu'au point de distribution, et ensuite séparés sur les circuits terminaux et sections de conducteurs inférieures à 10 mm² (cuivre).

Le schéma **TN-C-S** est employé lorsque le schéma TN-S est réalisé en aval d'un schéma TN-C.

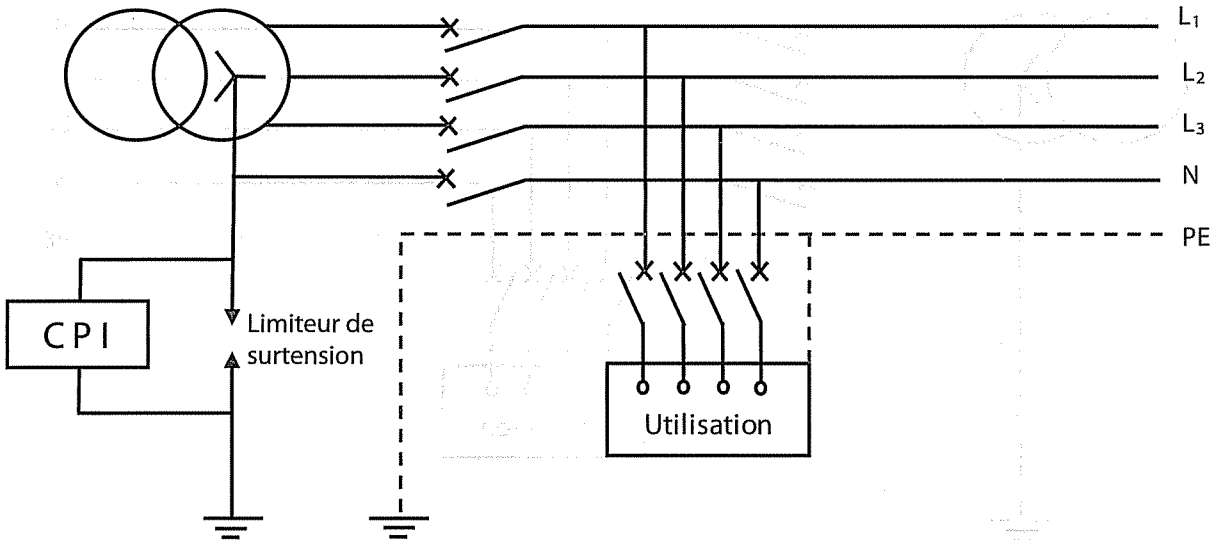
C3 - LE SCHÉMA DE LIAISON À LA TERRE IT

I : neutre isolé de la terre N : liaison des masses à la terre.

Le neutre du secondaire du transformateur (propriété de l'entreprise) est complètement isolé de la terre ou relié à la terre à travers une impédance de forte valeur ($Z_n \approx 1\ 500\ \Omega$).

Les masses des utilisations sont normalement interconnectées et reliées à la terre.

▶ Schéma de principe IT :



Un contrôleur permanent d'isolement (**CPI**) est nécessaire pour signaler tout défaut d'isolement (alarme sonore). Le défaut doit être éliminé avant l'apparition d'un second défaut, qui produirait la coupure de l'installation.

La coupure a lieu lors de deux défauts d'isolement simultanés par déclenchement des protections contre les surintensités (disjoncteurs, fusibles).

Un limiteur de surtension C est nécessaire.

C'est le régime utilisé par la plupart des grandes entreprises industrielles car il assure la meilleure continuité de service.

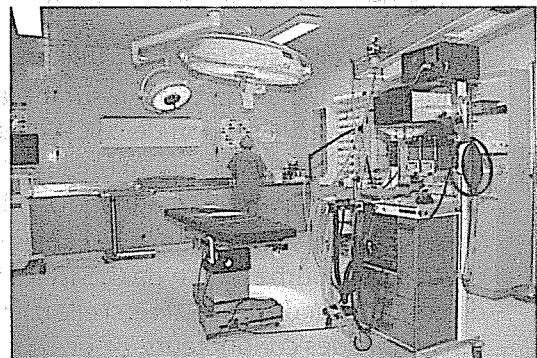
Le premier défaut peut survenir lorsqu'un appareil ou un utilisateur connecte une des trois phases à la terre (au travers du châssis métallique de l'appareil par exemple).

Le second défaut peut survenir lorsqu'un deuxième court-circuit avec la terre apparaît après un premier défaut, soit sur la même phase, soit sur une des deux autres.

► Avantages du schéma IT

Dans le cas d'un premier défaut, il n'existe en théorie aucun danger pour les personnes et les appareillages : du fait de l'isolation du transformateur en amont, le fait de mettre une phase à la terre n'induit aucun courant électrique.

Contrairement aux autres schémas, ce cas n'oblige pas la coupure de la fourniture d'électricité : ce point très important explique son utilisation dans les domaines où la fourniture d'électricité est vitale : blocs opératoires des hôpitaux, installations d'éclairage de sécurité, ainsi que les domaines industriels ou tertiaires qui ont un impératif majeur de **continuité de service**.

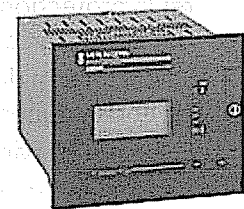


Bloc opératoire d'une clinique

► Inconvénients du schéma IT

Si le premier défaut n'est pas rapidement traité, un second défaut peut apparaître et s'avérer dangereux, voire mortel. Il est donc nécessaire d'utiliser un Contrôleur Permanent d'Isolément (**CPI**) pour signaler un premier défaut.

Ce contrôleur doit signaler le défaut à une équipe de maintenance qui doit partir à sa recherche. Les normes de sécurité imposent donc la disponibilité permanente d'un personnel de maintenance qualifié sur le site.



Contrôleur permanent d'isolement (CPI)

Pour protéger l'installation contre les surtensions (la foudre par exemple) du côté haute tension, la norme NF C 15-100 oblige à placer un limiteur de surtension entre le point neutre du transformateur et la terre.

Toutes ces contraintes expliquent que ce schéma est déconseillé, voire interdit dans les installations domestiques par exemple.

► Que dit la norme à ce propos ?

Un défaut entre phase et masse doit être éliminé dans un temps d'autant plus court que la tension de contact U_c (différence de potentiel entre 2 masses simultanément accessibles ou entre la masse et la terre) est plus élevée.

En schéma de liaison à la terre TN ou de neutre isolé IT (défaut double), la protection des personnes contre les contacts indirects se réalise par les dispositifs de protection contre les surintensités.

Le déclenchement du disjoncteur, lorsque la protection est assurée par ce dernier, doit intervenir :

- au premier défaut avec le schéma de liaison à la terre TN,
- en cas de deux défauts simultanés avec le schéma de liaison à la terre IT.

Avec une protection par disjoncteurs, il faut s'assurer que $I_m < I_d$ (**I_m : courant de réglage du déclencheur magnétique** ou court retard, **I_d : courant de défaut phase-masse**).

I_d diminue quand la longueur L des câbles installée en aval du disjoncteur augmente. La condition $I_m < I_d$ se traduit donc par $L < L_{max}$.

Pour assurer la protection des personnes, on donne pour chaque section de câble, la longueur maximale L_{max} pour chaque disjoncteur de calibre donné.

En régime IT, le courant de 1^{er} défaut engendre une tension de contact inoffensive.

Cependant la norme NF C 15-100 chapitre 413.1.5.4 impose de signaler l'apparition de ce 1^{er} défaut et de le supprimer.

Quand la condition $L < L_{max}$ n'est pas respectée, on peut :

- **choisir un disjoncteur courbe B ou type G, TM-G ou STR (électronique)**

En effet, un disjoncteur à magnétique bas permet de réaliser la protection des personnes pour des longueurs plus importantes (dans les mêmes conditions d'installation).

- **augmenter la section des câbles**

La longueur L_{max} de câble assurant la protection des personnes augmente avec la section de ce câble (si la section augmente, l'impédance diminue et I_d augmente jusqu'à $I_m < I_d$).

(I_m : courant de réglage magnétique, I_d : courant de défaut).

On peut donc, si la longueur de câbles est grande ou si l'installation d'un disjoncteur courbe B ou type G, STR est insuffisante, augmenter la section du conducteur de protection, si elle est inférieure à celle des phases, ou de l'ensemble des conducteurs.

- **utiliser un dispositif différentiel**

Dans tous les cas où les méthodes précédentes ne permettent pas d'assurer la protection des personnes, la seule solution est d'utiliser un dispositif différentiel à courant résiduel (DDR).

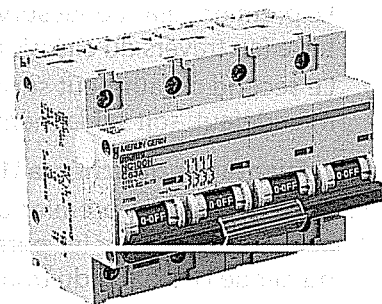
La protection différentielle est en effet le seul moyen permettant de déceler et de couper le courant de défaut.

Elle est plus particulièrement recommandée :

- sur les circuits terminaux toujours susceptibles d'être modifiés,
- sur les circuits terminaux alimentant des prises de courant sur lesquelles sont raccordés des câbles souples, de longueur et section le plus souvent inconnues.

- **réaliser une liaison équipotentielle**

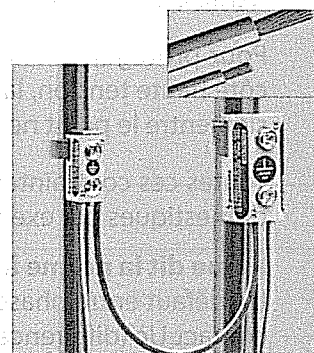
Réaliser une liaison équipotentielle entre les divers éléments métalliques simultanément accessibles permet d'abaisser la tension de contact U_c et de rendre le contact non dangereux (vérification obligatoire par des mesures).



Disjoncteur courbe B



Disjoncteur à déclencheur magnétique



Liaison équipotentielle

Projet 7 Sujets d'examens sur les protections des réseaux BT

[1 - Extraits du sujet Bac pro ELEEC 2007]

Chaîne de peinture automobile

Partie : Distribution de l'énergie électrique

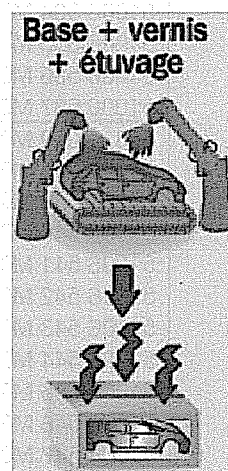
Pour remédier aux problèmes des PCB présents sur le transformateur actuel d'une part, et pour pouvoir envisager une augmentation de puissance pour une utilisation future d'autre part, un nouveau transformateur est installé.

Voici les caractéristiques du transformateur de 2 000 kVA immergé type cabine :

- Tension primaire assignée 20 kV,
- Tension secondaire à vide entre phases 410 V,
- Tension de court-circuit 6 %,
- Couplage Dyn11.

Le courant nominal I_N au primaire du nouveau transformateur est déterminé par la relation suivante :

$$I_N = \frac{S}{\sqrt{3}} = \frac{2\,000\,000}{\sqrt{3} \times 20\,000} \approx 58 \text{ A}$$



Question 7.1

Déterminez le calibre et la référence du fusible type « FUSARC » préconisé pour protéger le primaire du transformateur.

Utiliser le tableau ci-dessous en prenant la puissance apparente du transformateur ainsi que la tension au primaire. Voir cours 7 page 89 paragraphe C1.1

Calibre :	Référence :
-----------	-------------

Protection des transformateurs (source Merlin Gerin)

Type de fusible	Tension de service (kV)	Puissance du transformateur (kVA)																Tension assignée (kV)
		25	50	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	
Soléfuse (normes UTE NFC 13.100, 64.210)																		
5,5	6,3	16	31,5	31,5	63	63	63	63	63									7,2
10	6,3	6,3	16	16	31,5	31,5	31,5	63	63	63	63							
15	6,3	6,3	16	16	16	16	16	43	43	43	43	43	63					
20	6,3	6,3	6,3	6,3	16	16	16	16	16	43	43	43	43	43	63			24
Soléfuse (cas général, norme UTE NFC 13.200)																		
3,3	16	16	31,5	31,5	31,5	63	63	100	100									7,2
5,5	6,3	16	16	31,5	31,5	63	63	63	80	80	100	125						
6,6	6,3	16	16	16	31,5	31,5	43	43	63	80	100	125	125					
10	6,3	6,3	16	16	16	31,5	31,5	31,5	43	43	63	80	80	100				12
13,8	6,3	6,3	6,3	16	16	16	16	16	31,5	31,5	31,5	43	63	63	80			17,5
15	6,3	6,3	16	16	16	16	16	16	31,5	31,5	31,5	43	43	63	80			
20	6,3	6,3	6,3	6,3	16	16	16	16	16	31,5	31,5	31,5	43	43	63			24
22	6,3	6,3	6,3	6,3	16	16	16	16	16	31,5	31,5	31,5	43	63	63			
Fusarc CF (normes DIN)																		
3,3	16	25	40	50	50	80	80	100	125	125	160	200*						7,2
5,5	10	16	31,5	31,5	40	50	50	63	80	100	125	125	160	160				
6,6	10	16	25	31,5	40	50	50	63	80	80	100	125	125	160				
10	6,3	10	16	20	25	31,5	40	50	50	63	80	80	100	100	125	200*		12
13,8	6,3	10	16	16	20	25	31,5	31,5	40	50	50	63	80	80	100	125*	125*	17,5
15	6,3	10	10	16	16	20	25	31,5	40	50	50	63	80	80	100	125*	125*	
20	6,3	6,3	10	10	16	16	25	25	31,5	40	40	50	50	63	80	100	125*	24
22	6,3	6,3	10	10	10	16	20	25	25	31,5	40	40	50	50	80	80	100	

Fusible « Fusarc » : références et caractéristiques :

Référence	Tension nominale (kV)	Tension de service (kV)	Courant nominale (A)	Courant max de coupure I1 (kA)	Courant min de coupure I3 (A)	Résistance à froid (mΩ)	Puissance dissipée (W)
51006 522 MO	17,5	10/17,5	10	40	34	203	23
51006 523 MO			16		46	132	47
51006 524 MO			25		79	71	72
51006 525 MO			31,5		101	51	78
51006 526 MO			40		135	35	90
51311 006 MO			4		20	1436	34
51006 527 MO			6,3		36	402	21
51006 528 MO			10	34	203	25	
51006 529 MO			16	46	132	46	
51006 530 MO			20	55	103	52	
51006 531 MO			25	79	71	66	
51006 532 MO			31,5	101	51	74	
51006 533 MO			40	135	35	94	
51006 534 MO			50	180	22	93	
51006 535 MO			63	215	19,4	121	
51006 536 MO			80	330	13,5	145	
51006 537 MO			100	450	11	192	
51311 009 MO	24	10/24	4	40	20	1436	34
51006 538 MO			6,3		36	485	25
51006 539 MO			10		34	248	31
51006 540 MO			16		46	158	58
51006 541 MO			20		55	123	67
51006 542 MO			25	79	85	79	
51006 543 MO			31,5	101	61	96	
51006 544 MO			40	135	42	119	
51006 545 MO			50	180	31,5	136	
51006 546 MO			63	215	22,8	144	
51006 547 MO			80	300	18	200	
51006 548 MO	100	450	13,5	240			

Guide de sélection et d'utilisation des fusibles :

Un transformateur impose trois contraintes principales à un fusible. C'est pourquoi les fusibles doivent être capables de :

- Résister sans fusion intempestive à la crête de courant de démarrage qui accompagne l'enclenchement du transformateur. Le courant de fusion du fusible à 0,1 s doit être plus élevé que 12 fois l'intensité nominale du transformateur : $I_f(0,1\text{ s}) > 12 \cdot I_n$.
- Couper les courants de défaut aux bornes du secondaire du transformateur. Un fusible assigné à la protection d'un transformateur doit éviter, en coupant avant, que le court-circuit prévu pour ce transformateur (Icc) puisse endommager celui-ci. Le courant de court-circuit doit être supérieur au courant de fusion à 2 s : $I_{cc} > I_f(2\text{ s})$.
- Supporter le courant en service continu ainsi que d'éventuelles surcharges. Afin d'y parvenir, l'intensité nominale du fusible doit être supérieure à 1,4 fois l'intensité nominale du transformateur : $I_n(\text{fusible}) > 1,4 \cdot I_n(\text{transformateur})$



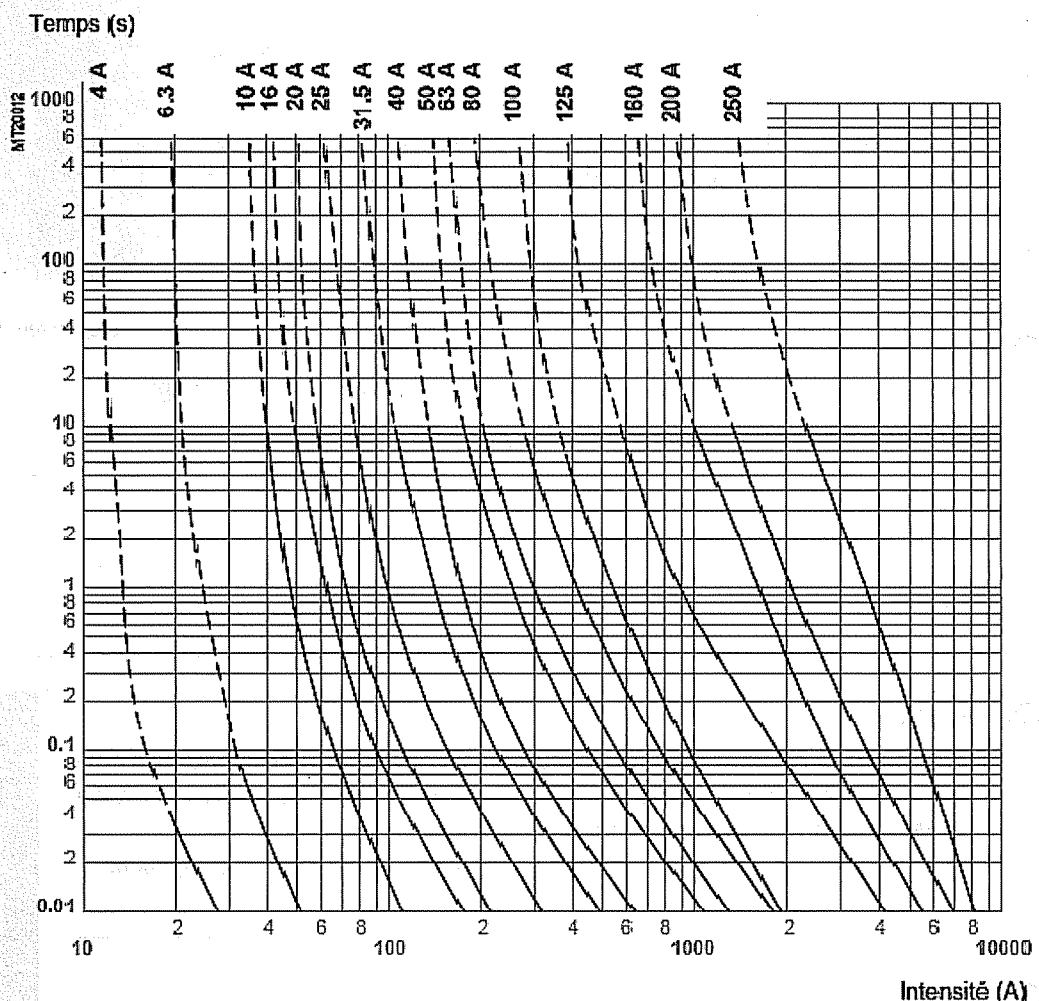
Fusibles FUSARC
Schneider Electric

Question 7.2

Déterminez, à partir de la courbe de caractéristiques (page suivante), le courant de fusion à 0,1 s puis à 2 s : exécutez les tracés sur la courbe et notez les valeurs dans le tableau.

À partir du calibre du fusible choisi, tracer les correspondances de 0,1 s et 2 s, relever les projections sur l'axe des intensités (attention l'échelle des grandeurs n'est pas linéaire)

Voir exemple de tracé cours 7 page 90



I _f (0,1 s)
I _f (2 s)

Question 7.3

Vérifiez si ce fusible assure bien une protection adéquate sachant que le courant de court-circuit (I_{cc}) au niveau du primaire est de 10 kA. Justifiez votre réponse.

Vérifier que les 3 contraintes du guide de sélection et d'utilisation des fusibles (page précédente) sont bien satisfaites. Voir cours 7 page 90

Oui
Non

Justification :

.....

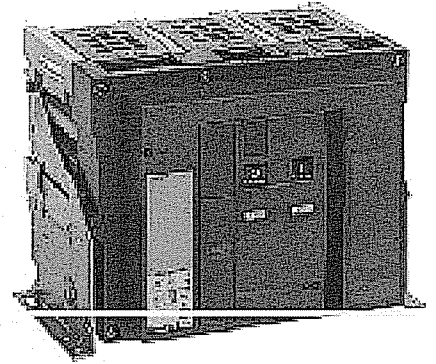
.....

.....

.....

Choix du disjoncteur principal du TGBT
 On désire choisir le nouveau disjoncteur DGBT en fonction du nouveau transformateur.
 Le courant nominal I_{2n} au secondaire du nouveau transformateur est déterminé par la relation suivante :

$$I_{2n} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{2\,000\,000}{\sqrt{3} \times 400} \approx 2\,886 \text{ A}$$



Disjoncteur Masterpact-Schneider

Question 7.4

Citez les caractéristiques nécessaires pour choisir le disjoncteur DGBT.

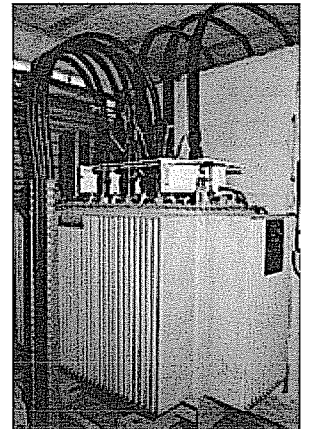
Voir cours 7 page 91 et documentation page 92

1 :	3 :
2 :	4 :

Question 7.5

Déterminez le courant de court-circuit au secondaire du nouveau transformateur sachant que le réseau amont a une puissance de court-circuit de 500 MVA (d'après la documentation ci-dessous).

Voir le paragraphe D1.2, suivre l'application 3 page 98 (réponses page 99)



Question 7.6

Le disjoncteur DGBT choisi par le service technique est un NW32H1 (caractéristiques page 100). Justifier ce choix en fonction de l'intensité au secondaire du transformateur et du courant de court-circuit.

Voir applications 5.1 et 5.2 cours 7 page 99 et documentation page 100

Justification :

.....

.....

.....

.....

Documentation : Évaluation du courant de court-circuit

Les tableaux ci-dessous donnent la valeur du courant de court-circuit triphasé aux bornes d'un transformateur HTA/BT en fonction de sa puissance, d'un réseau triphasé 400 V et d'une puissance de court-circuit du réseau haute tension de 500 MVA.

► **Transformateur immergé dans l'huile (NF C 52 112-1) :**

S (kVA)	50	100	160	200	250	400	630	1 000	1 250	1 600	2 000	2 500
I _{cc} (kA)	1,79	3,58	5,71	7,13	8,89	14,07	22,03	23,32	28,96	36,45	45,32	55,56

► **Transformateur sec (NF C 15 52 115) :**

S (kVA)	100	160	250	400	630	1 000	1 600	2 500
I _{cc} (kA)	2,39	3,82	5,95	9,48	14,77	23,11	36,45	55,71

[2 - Sujet Bac pro ELEEC juin 2008 (extraits)]

Chaîne d'embossage - La Fromagerie Le Francomtois

Distribution B.T.

La nouvelle ligne d'embossage en aval de T1, sera protégée par un disjoncteur dont vous allez devoir déterminer les principales caractéristiques.

Pour la création de cette nouvelle ligne de mise sous film (embossage), l'entreprise souhaite réutiliser un transformateur à bain d'huile existant pour venir alimenter cette chaîne.

Caractéristiques du transformateur triphasé T1 :

- Puissance apparente : 630 kVA
- Tensions nominales : 15 000 V / 410 V
- Courant nominal : 24,5 A / 887 A

Caractéristiques de la ligne en amont du transformateur :

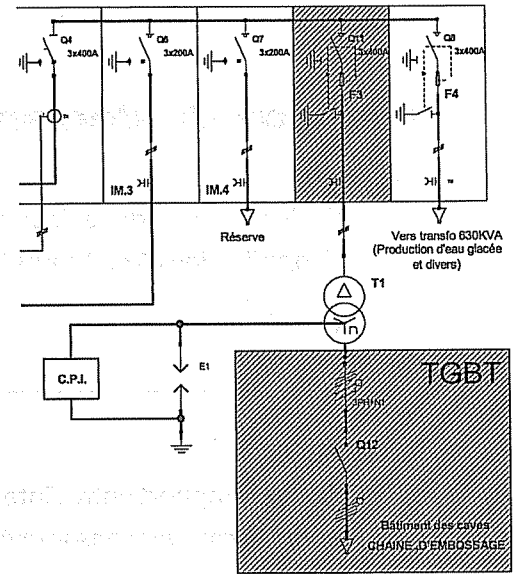
- Longueur : 82 m
- Câble : Cu
- Section : $3 \times 95 \text{ mm}^2 + \text{PE } 35 \text{ mm}^2$

Caractéristiques de la ligne en aval du transformateur :

- Longueur : 20 m
- Câble : Al
- Section : $3 \times (2 \times 300 \text{ mm}^2) + \text{N } 300 \text{ mm}^2 + \text{PE } 50 \text{ mm}^2$

La consommation totale de la chaîne du bâtiment des caves (embossage, râpé, expédition) est évaluée à $I_b = 410 \text{ A}$ en sortie du disjoncteur Q12.

L'intensité de court-circuit en ce point devra être limitée à 3 280 A par la protection court retard de Q12.



Choix du disjoncteur BT repère Q12

Question 7.7

Déterminez le courant de court-circuit que peut délivrer le transformateur T1 (doc. page 78).

Voir application 3 cours 7 page 98 ainsi que le paragraphe D1.2

Courant de court-circuit du transformateur	
--	--

Question 7.8

Déterminez le courant de court-circuit au bout de la ligne de T1, au niveau du disjoncteur Q12 (doc. page 79).

Voir application 4 cours 7 page 99 et paragraphe D1.2 page 98

Courant de court-circuit au niveau considéré	
--	--

Question 7.9

Précisez le type et la référence commerciale du disjoncteur NS630 (courant assigné : 630 A), associé au déclencheur électronique dont la protection instantanée contre les courts-circuits est à seuil fixe.

Justifier le choix du disjoncteur et du déclencheur (d'après la doc. pages 80 à 82). Voir cours 7 page 93

Type	
Référence	

Justification :

.....

.....

Réglage du déclencheur électronique

Question 7.10

Calculez la valeur de réglage de la protection retard court contre les courts-circuits.

Voir applications 1 et 2 cours 7 page 95

Formule :	Application numérique :
-----------	-------------------------

Question 7.11

Calculez le rapport entre l'intensité consommée par l'installation et l'intensité nominale du disjoncteur.

Prendre le courant consommé I_B . Voir applications 1 et 2 cours 7 page 95

Formule :	Application numérique :
-----------	-------------------------

Question 7.12

À partir de la question précédente, choisir la valeur de pré-calibrage I_0 .

Choisir le cran de réglage I_0 le plus proche de la valeur trouvée à la question précédente.

Voir applications 1 et 2 cours 7 page 95

Pré-calibrage I_0 :

Question 7.13

À partir de la valeur de pré-calibrage I_0 , déterminez par le calcul la valeur de réglage I_r .

Voir l'application 2 cours 7 page 95

Réglage fin I_r :

Question 7.14

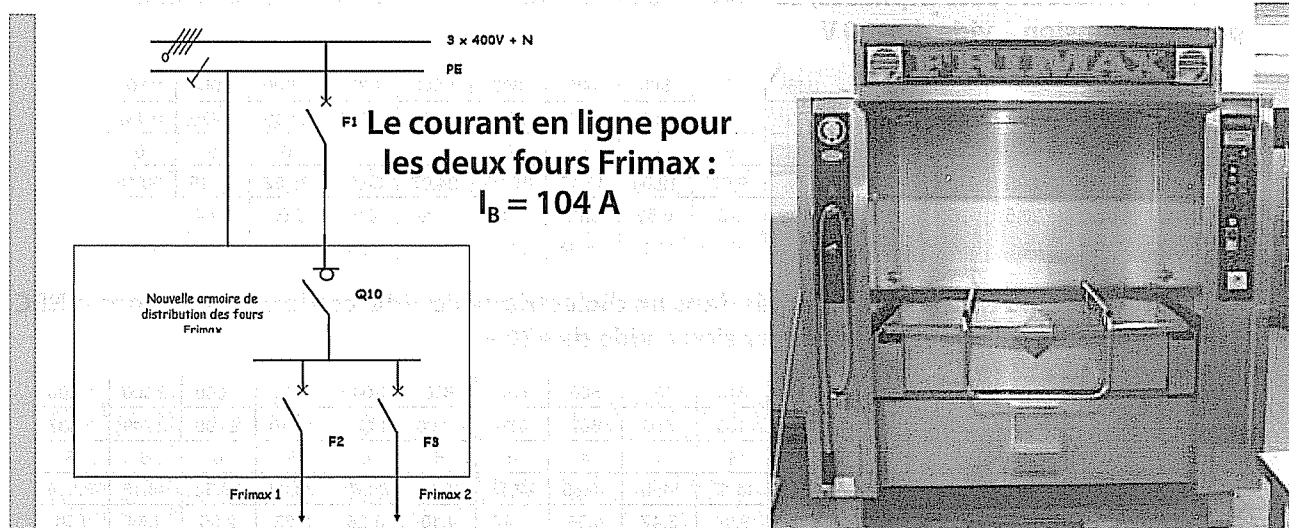
Vérifiez par le calcul que les réglages choisis protègent correctement l'installation contre les surcharges.

Voir vérification dans l'application 2 cours 7 page 95

Vérification :

[3 - Extraits du sujet Bac pro ELEEC 2009]

Centre de restauration de la base aérienne de Nîmes



Étude de la sélectivité entre les disjoncteurs F1 et F2

Question 7.15

Identifiez les caractéristiques du disjoncteur **F1 (NG125N Courbe C – documentation page 83)** :

Voir cours 7 page 91 et documentation page 92

Tension d'emploi	Temps de coupure en court-circuit	Calibre	Pouvoir de coupure sous 400 V	Courbe	Déclencheur magnétique (+/- 20 %)
	< 0,01 s				

Question 7.16

On choisit le disjoncteur F2 : C60H de 32 A, courbe C.

Énoncez les notions de sélectivité totale ou partielle appliquée sur un défaut de surcharge ou court-circuit sur le Frimax 1 (les disjoncteurs F **s'ouvrent** ou bien **restent fermés**) (doc. page 84) :

Voir les conditions de sélectivité cours 7 page 101 paragraphe E

Sélectivité verticale partielle	Sélectivité verticale totale
Au-delà d'une certaine valeur de surcharge ou de court-circuit sur le Frimax 1...	Quel que soit le type de défaut sur le Frimax 1...
F1 :	F1 :
F2 :	F2 :

Question 7.17

Énoncez les ouvertures éventuelles des disjoncteurs F1 et F2 dans ces cas de court-circuit (tableau page 84).

Voir exemples dans l'application 6 cours 7 page 102

Le Frimax 1 consomme un courant de défaut de 750 A	Le Frimax 1 consomme un courant de défaut de 3 000 A
F1 :	F1 :
F2 :	F2 :

Conclusion (entourer) :

Sélectivité partielle	Sélectivité totale
-----------------------	--------------------

Documentation : Courant de court-circuit au niveau du transformateur

► Transformateurs secs triphasés, conformes à la norme NFC 52-115 - Valeurs calculées pour une tension à vide de 420 V

S (kVA)	100	160	200	250	315	400	500	630	800	1 000	1 250	1 600	2 000	2 500
I_n (A)	137	220	244	244	400	550	687	866	1 100	1 275	1 710	2 100	2 470	3 137
Ucc (%)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
I_{cc3} (kA)	2,41	3,85	4,81	6,02	7,58	9,63	12,04	15,17	19,26	24,07	30,09	38,52	48,15	60,18
R_{TR} (mΩ)	32,8	20,5	16,4	13,1	10,42	8,2	6,56	5,21	4,10	3,28	2,63	2,05	1,64	1,31
X_{TR} (mΩ)	100	62,8	50,3	40,2	31,9	25,1	20,11	15,96	12,57	10,05	8,04	6,28	5,03	4,02

► Transformateurs triphasés immergés dans un diélectrique liquide, conformes à la norme NFC 52-112 - Valeurs calculées pour une tension à vide de 420 V

S (kVA)	50	100	160	200	250	315	400	500	630	800	1 000	1 250	1 600	2 000	2 500
I_n (A)	69	137	220	275	344	433	550	687	866	1 100	1 375	1 718	2 200	2 749	3 437
Ucc (%)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6
I_{cc3} (kA)	1,81	3,61	5,78	7,22	9,03	11,37	14,44	18,05	22,75	19,26	24,07	30,09	38,52	48,15	60,18
R_{TR} (mΩ)	43,75	21,9	13,7	10,9	8,75	6,94	5,47	4,38	3,47	4,10	3,28	2,63	2,05	1,64	1,31
X_{TR} (mΩ)	134,1	67	41,9	33,5	26,8	21,28	16,76	13,41	10,64	12,57	10,05	8,04	6,28	5,03	4,02

MODE D'EMPLOI DU TABLEAU (page suivante)

- Le tableau permet, connaissant le courant de court-circuit triphasé à l'origine du circuit (I_{cc} amont), de connaître le courant de court-circuit triphasé à l'extrémité d'une canalisation de section et de longueur données, donc de déterminer le pouvoir de coupure de l'appareil de protection placé à cet endroit.
- Lorsque la longueur du circuit L ne figure pas dans le tableau il faut prendre la valeur immédiatement inférieure $L(\text{tableau}) < L(\text{circuit})$.
- Lorsque la valeur du courant I_{cc} amont ne figure pas dans le tableau, il faut prendre la valeur immédiatement supérieure.

Câble en cuivre :

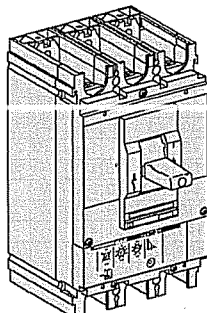
S	→	L
I_{cc} (amont)	→	I_{cc} (aval)

Câble en aluminium :

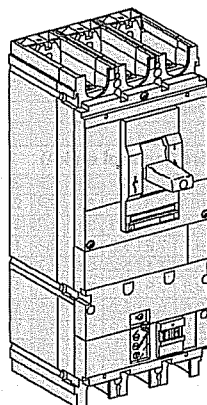
I_{cc} (amont)	→	I_{cc} (aval)
S	→	L

Caractéristiques des disjoncteurs NS 630

Appareils complets Fixes Prises Avant (FPAV)



Compact



Vigicomact

Disjoncteurs Compact NS630

Equipés d'un déclencheur électronique STR23SE

type	Icu	3P	4P 3d, 4d, 3d+Nr
Compact NS630N	50 kA (1)	32893	32894
Compact NS630H	70 kA (1)	32895	32896
Compact NS630L	150 kA (1)	32897	32898

Equipés d'un déclencheur électronique STR30UE

type	Icu	3P	4P 3d, 4d, 3d+Nr
Compact NS630N	50 kA (1)	32899	32900
Compact NS630H	70 kA (1)	32901	32902
Compact NS630L	150 kA (1)	32903	32904

Disjoncteurs différentiels Vigicomact NS630

Equipés d'un déclencheur électronique STR23SE

type	Icu	3P	4P 3d, 4d, 3d+Nr
Vigicomact NS630N	50 kA (1)	32933	32934
Vigicomact NS630H/L	l'appareil existe seulement sous forme de références séparées		

Nota : tension d'alimentation du Vigi : 200/440 V.

Equipés d'un déclencheur électronique STR53UE

Vigicomact NS630N/H/L l'appareil existe seulement sous forme de références séparées

Disjoncteurs courant continu Compact NS630

Equipés d'un déclencheur MP

type	Icu	réglages	3P
Compact NS630H	85 kA (1)	MP1 800... 1600	32942
		MP2 1250... 2500	32943
		MP3 2000... 4000	32944

Disjoncteurs moteurs Compact NS630

Equipés d'un déclencheur magnétique MAE

type	Icu	calibre	3P
Compact NS630H	70 kA (1)	500	32950 \emptyset
Compact NS630L	150 kA (1)	500	32951 \emptyset

(1) Pouvoir de coupure ultime Icu.

		type			
		N	H	L	
CA	220/240 V	85	100	150	
	50/60 Hz	380/415 V	50	70	150
		440 V	42	65	130
		500 V	30	50	70
		525 V (1)	22	35	50
CC	660/690 V (2)	10	20	35	
	250 V (1P)	-	85	-	
	500 V (2P)	-	85	-	

(1) Pour les tensions d'emploi > 525 V, les déclencheurs sont spécifiques.
(2) Pour U > 600 V, utiliser un kit d'isolement.

Disjoncteur composé de :

Bloc de coupure FPAV

	Icu	3P	4P
Compact NS630N	50 kA (1)	32803	32808
Compact NS630H	70 kA (1)	32804	32809
Compact NS630L	150 kA (1)	32805	32810

+ déclencheur électronique pour la protection des circuits

type	3P ou 4P 3d, 4d, 3d+Nr
déclencheur STR23SE	32420
déclencheur STR23SE-OSN (3 x \emptyset 400 A) protection du neutre surcalibré	32443 \emptyset (4P 4d)
déclencheur STR23SV (U > 525 V)	32432
déclencheur STR53SVF (U > 525 V)	32433
type	3P ou 4P 3d, 4d, 3d+Nr
déclencheur STR53UE F	32424
option filerie sélectivité logique ZSI	32442
type	3P ou 4P 3d, 4d, 3d+Nr
déclencheur STR53UE FI	32426
option communication COM	32441

Ou déclencheur électronique pour la protection des moteurs

type	3P
déclencheur STR13MAE 500 A	32401
type	3P
déclencheur STR43ME F 500 A	32430
option STDAM 110/240 V CA	29424
24/48 V CC	29430
type	3P
déclencheur STR43ME FI 500 A	32431
option STDAM 110/240 V CA	29424
24/48 V CC	29430
option communication COM	32441

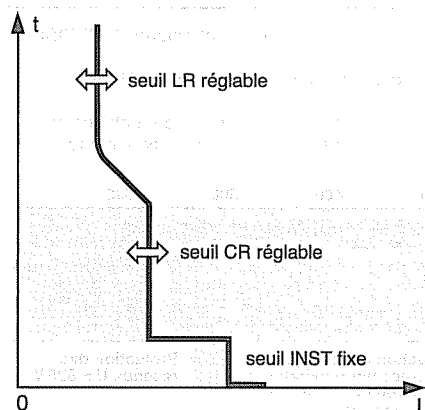
Option STDAM : module de déclenchement du contacteur sur surcharge.

Option COM : accessoires de communication présentés page B68.

+ bloc Vigi pour la protection différentielle

type MB	3P	4P
200-440 V	32455	32456
440-550 V	32453	32454

Déclencheurs électroniques Disjoncteurs Compact NS100 à NS630



Réglage des protections

STR22SE

Pour Compact NS100 à NS250

Protection long retard LR contre les surcharges à seuil I_r réglable, basée sur la valeur efficace vraie du courant selon IEC 947-2, annexe F :

- précalibrage I_0 à 6 crans
- réglage fin I_r à 8 crans.

Protection court retard CR contre les courts-circuits :

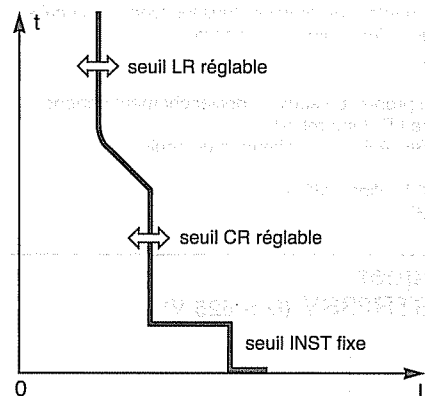
- à seuil I_m réglable
- à temporisation fixe.

Protection instantanée INST contre les courts-circuits :

- à seuil fixe.

Protection du neutre :

- sur disjoncteurs tétrapolaires, réglage par commutateur à 3 positions : 4P 3d, 4P 3d N/2, 4P 4d.



Réglage des protections

STR23SE

Pour Compact NS400 et NS630

Protection long retard LR contre les surcharges à seuil réglable, basée sur la valeur efficace vraie du courant, selon IEC 947-2 annexe F :

- précalibrage I_0 à 6 crans
- réglage fin I_r à 8 crans.

Protection court retard CR contre les courts-circuits :

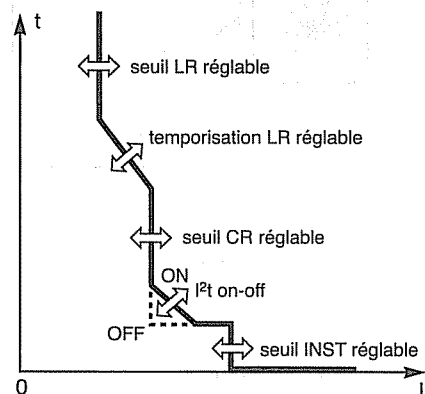
- à seuil I_m réglable.

Protection instantanée I contre les courts-circuits :

- à seuil fixe.

Protection du neutre :

- sur disjoncteurs tétrapolaires, réglage par commutateur à 3 positions : 4P 3d, 4P 3d N/2, 4P 4d.



Réglage des protections

STR53UE

Pour Compact NS400 et NS630

Protection long retard LR contre les surcharges à seuil réglable, basée sur la valeur efficace vraie du courant, selon IEC 947-2 annexe F :

- précalibrage I_0 à 6 crans
- réglage fin I_r à 8 crans
- temps de déclenchement réglable.

Protection court retard CR contre les courts-circuits :

- à seuil I_m réglable
- à temporisation réglable, avec ou sans fonction $I_2t = \text{constante}$.

Protection instantanée contre les courts-circuits :

- à seuil réglable.

Protection du neutre :

- sur disjoncteurs tétrapolaires, réglage par commutateur à 3 positions : 4P 3d, 4P 3d N/2, 4P 4d.

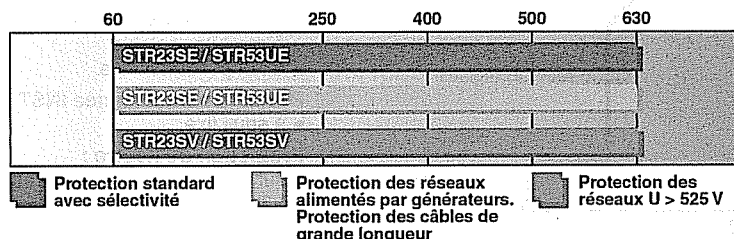
Caractéristiques des déclencheurs 2/2

Protection de la distribution Déclencheur STR23SE/SV et 53UE/SV Pour Compact NS400 à 630

Les Compact NS400 à 630 sont équipés de déclencheurs électroniques STR23SE, STR23SV, STR53UE et STR53SV.

Les mêmes déclencheurs se montent indifféremment sur les Compact NS400 et NS630, de type N, H ou L, 3 ou 4 pôles.

Les déclencheurs STR53UE/SV proposent un plus grand nombre de réglages et, pour le déclencheur STR53UE, des fonctions optionnelles de protection, mesure et communication.



Le choix du déclencheur est fonction du type de réseau protégé et de la tension d'emploi du disjoncteur.

Quatre références de déclencheur permettent de protéger tous les types de circuits, de 60 à 630 A, quelle que soit la tension d'utilisation du disjoncteur :

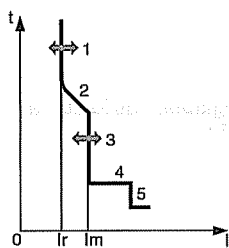
- $U \leq 525 \text{ V}$: STR23SE ou STR53UE,
- $U > 525 \text{ V}$: STR23SV ou STR53SV.

Les déclencheurs n'ont pas de calibre propre. Le seuil de déclenchement dépend seulement du disjoncteur et du réglage LR (long retard).

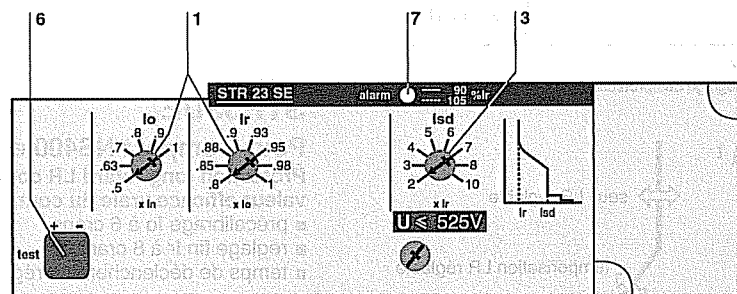
Par exemple, un déclencheur STR23SE réglé au maximum a un seuil de déclenchement de :

- 250 A, monté sur un Compact NS400 calibre 250 A,
- 630 A, monté sur un Compact NS630.

Déclencheurs électroniques STR23SE ($U \leq 525 \text{ V}$) et STR23SV ($U > 525 \text{ V}$)



- 1 seuils Long Retard (protection surcharge)
- 2 temporisation Long Retard
- 3 seuils Court Retard (protection courts-circuits)
- 4 temporisation Court Retard
- 5 seuils Instantanés (protection courts-circuits)
- 6 prise test
- 7 signalisation de charge



Protections

Les protections sont réglables par commutateurs.

- Protection contre les surcharges

Protection Long retard à seuils réglables et temporisations fixes :

- réglage par précalibrage lo à 6 crans (0,5 à 1)
- réglage fin lr à 8 crans (0,8 à 1).

- Protection contre les courts-circuits

Protection court retard et instantanée :

- protection court retard à seuils réglables et temporisations fixes.
- protection instantanée à seuils fixes.

- Protection du 4^{ème} pôle

Les disjoncteurs tétrapolaires sont équipés en standard d'un commutateur de protection du neutre à 3 positions : 4P 3d, 4P 3d + Nr, 4P 4d.

Signalisation

Indication de charge par diode électroluminescente en face avant :

- allumée : $> 90\%$ du seuil de réglage lr
- clignotante : $> 105\%$ du seuil de réglage lr .

Test

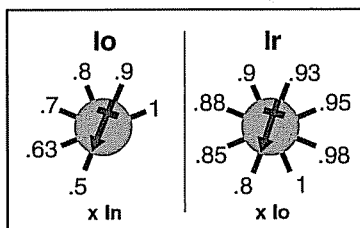
Prise de test en face avant permettant de connecter une mallette d'essai ou un boîtier de test pour vérifier le bon fonctionnement de l'appareil après mise en place du déclencheur et des accessoires.

Exemple de réglage

Quel est le seuil de protection contre les surcharges d'un Compact NS250 équipé d'un déclencheur STR22SE calibre 160 A réglé à $lo = 0,5$ et $lr = 0,8$?

Réponse :

seuil = $160 \times 0,5 \times 0,8 = 64 \text{ A}$.



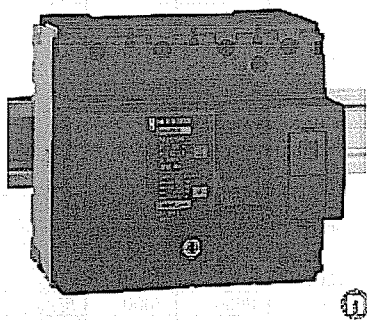
$$160 \times 0,5 \times 0,8 = 64 \text{ A}$$

Disjoncteurs NG125N

NF C 63-120 (CEI 947-2) : 25 kA

type	largeur en pas de 9 mm	calibre (A)	réf. courbes		
			C	D	
tri 1 3 5 2 4 6	9	10	18632	⊕	
		16	18633	⊕	
		20	18634	⊕	
		25	18635	⊕	
		32	18636	⊕	
		40	18637	⊕	
		50	18638	⊕	
		63	18639	⊕	
		80	18640	18669	⊕
		100	18642	18670	⊕
		125	18644	18671	⊕

tétra 1 3 5 7 2 4 6 8	12	10	18649	⊕	
		16	18650	⊕	
		20	18651	⊕	
		25	18652	⊕	
		32	18653	⊕	
		40	18654	⊕	
		50	18655	⊕	
		63	18656	⊕	
		80	18658	18672	⊕
		100	18660	18673	⊕
		125	18662	18674	⊕



Disjoncteurs NG125N

Fonction et utilisation

Les disjoncteurs NG125N sont spécialement adaptés pour les pouvoirs de coupure élevés :

- arrivée tête de coffret modulaire
- départ tableau de puissance.

Ces appareils modulaires reçoivent les mêmes fonctions auxiliaires que les interrupteurs NG125NA.

Caractéristiques :

- calibres : 10 à 125 A réglés à 40 °C
- tension d'emploi : 500 V CA
- pouvoir de coupure : selon NF C 63-120 (CEI 947-2) :

type	tension (V.CA)	PdC Icu (kA)
tri, tétra	230-240	50
	400-415	25
	440	20
	500	10

Nota : pouvoir de coupure sous 1 pôle en régime de neutre isolé IT (cas du défaut double) : 6 kA sous 415 V.

- fermeture brusque : permet de mieux tenir les courants d'appel élevés de certains récepteurs

■ sectionnement à coupure pleinement apparente : l'ouverture est signalée par une bande verte sur la manette de commande de l'appareil. Cet indicateur traduit l'ouverture de tous les pôles

- manette de commande 3 positions : ouvert-déclenché-fermé

■ dispositif de cadenassage en position ouvert intégré

- visualisation du défaut en face avant :

- par un voyant défaut
- par la position de la manette (déclenché)

■ bouton test permettant de vérifier le bon fonctionnement du mécanisme de déclenchement

- courbes de déclenchement :

courbe C : les déclencheurs magnétiques agissent à $8 I_n \pm 20\%$

courbe D : les déclencheurs magnétiques agissent à $12 I_n \pm 20\%$

Sélectivité BTA - Protection de la ligne des fours

Qu'est-ce que la sélectivité ?

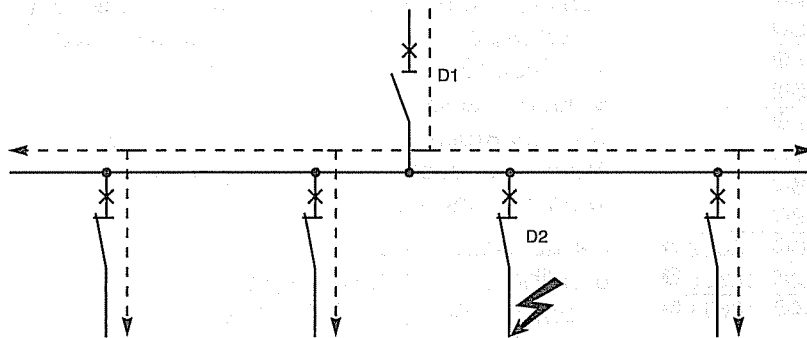
C'est la coordination des dispositifs de coupure automatique de telle sorte qu'un défaut, survenant en un point quelconque du réseau, soit éliminé par le disjoncteur placé immédiatement en amont du défaut, et par lui seul.

Sélectivité totale

Pour toutes les valeurs du défaut, depuis la surcharge jusqu'au court-circuit franc, la distribution est totalement sélective si D2 s'ouvre et si D1 reste fermé.

Sélectivité partielle

La sélectivité est partielle si la condition ci-dessus n'est pas respectée jusqu'au plein courant de court-circuit, mais seulement jusqu'à une valeur inférieure. Cette valeur est appelée limite de sélectivité. Dans l'éventualité d'un défaut les disjoncteurs D1 et D2 s'ouvrent.



Tableaux de sélectivité

Amont : NG125N/L, C120N/H courbe C

Aval : DT40, DT40N courbes B, C, D

C60N courbes B, C, D, K, Z, MA

aval	amont courbe C In (A)	NG125N/L, C120N/H										
		10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
C60N, H, courbe B, C, Z	0,5/0,75	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	1	300	500	600	1000	1400	1900	2500	T	T	T	T
	2	150	300	450	600	800	1300	1800	T	T	T	T
	3	80	200	300	450	600	1000	1600	5000	T	T	T
	4		140	220	350	500	900	1400	3600	5000	T	T
	6			170	300	400	700	1100	2500	4000	T	T
	10				210	270	500	800	1500	3000	5000	T
	16					270	400	600	1000	1400	3600	5500
	20						340	500	800	1200	3000	4000
	25							420	600	1000	2400	3100
	32								530	850	1500	2200
	40									680	1000	1600
	50										850	1300
	63											1100
C60N, courbe D, K, MA	0,5/0,75	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	1	300	450	600	1000	1400	1900	2500	T	T	T	T
	2		300	450	600	800	1300	1800	T	T	T	T
	3			300	450	600	1000	1600	5000	T	T	T
	4				350	500	900	1400	3600	5000	T	T
	6					400	700	1100	2500	4000	T	T
	10						500	800	1500	3000	5000	T
	16							600	1000	1400	3600	5500
	20								800	1200	3000	4000
	25									1000	2400	3100
	32										1500	2200
	40											1600
	50											
	63											

A / LES APPAREILS DE COUPURE ET DE SECTIONNEMENT

A1 - LE SECTIONNEUR

Le sectionneur est un appareil qui permet de **séparer** la source d'alimentation électrique de l'équipement électrique.

La fonction principale d'un sectionneur est d'assurer la sécurité des personnes lors des opérations de maintenance.

Le sectionneur ne possède pas de pouvoir de coupure*.

En conséquence, il ne doit jamais être manœuvré en charge mais toujours à vide. Si le sectionneur est manœuvré en charge, il pourrait provoquer un arc électrique.

L'ouverture et la fermeture du circuit se font de manière frontale ou latérale (par une poignée).

Le sectionneur, selon les normes en vigueur, doit pouvoir être condamné en position ouverte (à l'aide d'un cadenas).

Le sectionneur est souvent muni de fusibles (pour protéger l'équipement électrique contre les courts-circuits).

Le sectionneur porte-fusibles assure donc 2 fonctions principales :

- **Séparation** de la source d'alimentation électrique et de l'équipement.
- **Protection contre les courts-circuits et les surintensités** (grâce aux cartouches fusibles).

Certains sectionneurs comportent aussi des contacts à pré-coupure permettant de couper le circuit de commande des organes de puissance afin d'éviter une manœuvre en charge.

L'ouverture du sectionneur est obligatoire lors de toute intervention hors tension sur un équipement électrique.

Symbole du sectionneur porte-fusibles tripolaire avec un contact de pré-coupure NO (NO = normalement ouvert)

Commande par levier (ou poignée)

► Choix d'un sectionneur :

Le choix d'un sectionneur porte-fusibles dépend :

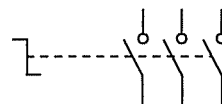
- **de la valeur du courant du circuit de puissance** : courant nominal I_n absorbé par la charge.
- **du nombre de contacts de pré-coupure** nécessaire dans la partie commande.
- **du type de raccordement** : bornes à ressort ou vis étrier.
- **du type de commande et de cadenassage** : poignées latérales, frontales.
- **du dispositif de contrôle des trois phases** : avec ou sans contrôle de la marche en monophasé.

A2 - L'INTERRUPTEUR

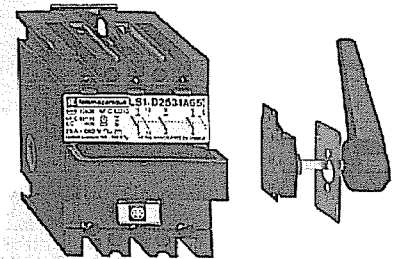
Un interrupteur est un appareil de commande qui permet d'ouvrir et de fermer un circuit alimentant un appareil électrique aux valeurs des intensités nominales. Il a donc un pouvoir de coupure.

Symbole d'un interrupteur tripolaire, commande par bouton rotatif.

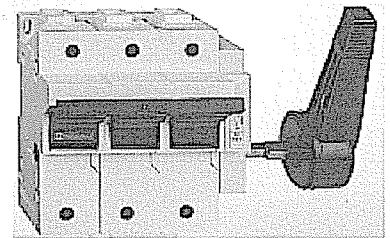
* **Pouvoir de coupure** : C'est l'intensité maximale que peut couper un appareil sans se détériorer. Après ces coupures, il pourrait fonctionner normalement (c'est la capacité que possède l'appareil pour l'extinction de l'arc électrique à l'ouverture).



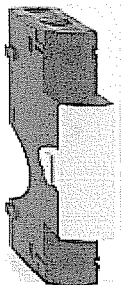
Sectionneur Schneider



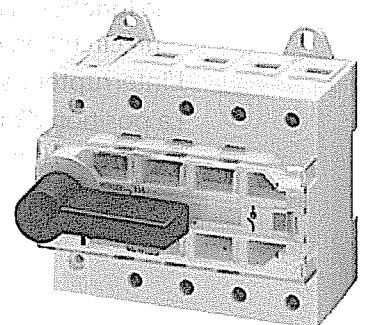
Sectionneur Schneider ancien modèle



Sectionneur Schneider



Contact de pré-coupure



Interrupteur industriel Gewiss

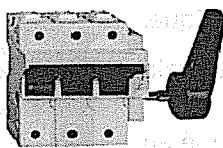
Documentation : sectionneurs à fusibles (d'après Schneider Electric)



LS1 D323



LS1 D32



GK1 FK



LS1 D32 + LA8 D324

Blocs nus tripolaires

calibre	taille des cartouches fusibles	nombre de contacts de pré coupure (1)	dispositif contre la marche en monophasé (2)	réf. (3)	
raccordement par bornes à ressort					
25 A	10 x 38	-	sans	LS1 D323	
raccordement par vis-étriers ou connecteur					
32 A	10 x 38	-	sans	LS1 D32	
50 A	14 x 51	1	sans	GK1 EK	
			avec	GK1 EV	
			sans	GK1 ES	
			avec	GK1 EW	
125 A	22 x 58	1	sans	GK1 FK	
			avec	GK1 FV	
			2	sans	GK1 FS
			2	avec	GK1 FW

Blocs nus tétrapolaires

calibre	taille des cartouches fusibles	nombre de contacts de pré coupure (1)	dispositif contre la marche en monophasé (2)	réf. (3)	
raccordement par vis-étriers ou connecteur					
32 A	10 x 38	-	sans	LS1 D32 + LA8 D324 (4)	
50 A	14 x 51	1	sans	GK1 EM	
			avec	GK1 EY	
			2	sans	GK1 ET
			2	avec	GK1 EX
125 A	22 x 58	1	sans	GK1 FM	
			avec	GK1 FY	
			2	sans	GK1 FT
			2	avec	GK1 FX

(1) Avec 1 ou 2 contacts de pré coupure à insérer dans le circuit de commande du contacteur.
 (2) Les sectionneurs avec dispositif contre la marche en monophasé sont à équiper de cartouches fusibles à perçuteur.
 (3) LS1 D : montage par encliquetage sur un profilé "L" largeur 35 mm ou par vis.
 GK1 : montage par encliquetage sur un profilé "L" largeur 35 mm ou sur platine Tefoquick.
 (4) Se monte à gauche ou à droite du bloc nu.

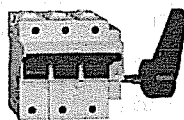
Caractéristiques

Conformité aux normes :

- NF EN 60947-3
- IEC 60947-3.

Blocs de contacts additifs

désignation	utilisation sur	montage	nombre maxi	type de contacts	quantité indivisible	réf. unitaire
contacts auxiliaires instantanés (contacts de pré coupure)	LS1 D32	frontal	1	"F + O"	10	GV AE11
	LS1 D323	frontal	1	"F + F"	10	GV AE20
				"F + O"	10	GV AE113
				"F + F"	10	GV AE203



GK1 FK + GK1 AP07

Dispositifs de commande

pour sectionneur	pour montage	réf.
calibre	nombre de pôles	
poignées latérales		
125 A	3 ou 4	droite gauche
		GK1 AP07 GK1 AP08
poignées frontales (1)		
32 - 50 - 125 A		équipé d'origine
poignées extérieures		
32 A	3 ou 4	droite gauche
		LS1 D32005 (2) LS1 D32006
50 A	3 ou 4	droite gauche
		GK1 AP05 GK1 AP06
125 A	3 ou 4	droite gauche
		GK1 AP07 GK1 AP08

A3 - L'INTERRUPTEUR SECTIONNEUR

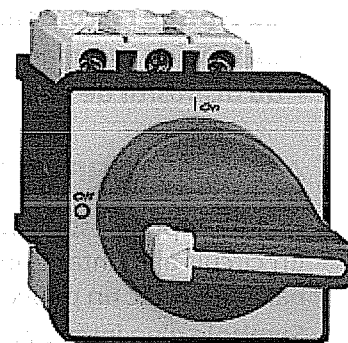
Un interrupteur **sectionneur** cumule 2 fonctions :

- la fonction d'appareil de séparation de la source d'alimentation électrique de l'équipement,
- la fonction d'appareil de commande qui permet d'ouvrir et de fermer un circuit en charge.

L'interrupteur sectionneur a donc un pouvoir de coupure.

La position d'ouverture du sectionneur doit être visible.

Symbole d'un interrupteur sectionneur tripolaire, commande : par bouton rotatif.



Interrupteur sectionneur rotatif
Schneider

B / LES APPAREILS DE COMPTAGE

Les compteurs électriques servent à mesurer la quantité d'énergie consommée. Ils sont utilisés pour la facturation de l'énergie par les fournisseurs d'électricité.

L'unité permettant de compter l'énergie est le kWh (kilo Watt heure). 1 kWh correspond à l'énergie consommée par un appareil de 1 000 W (la puissance d'un fer à repasser par exemple) pendant 1 h. Le kWh est utilisé sur les factures d'électricité pour illustrer la consommation énergétique.

Les anciens compteurs (toujours en service) étaient **électromécaniques**, ils sont peu à peu remplacés par des compteurs **électroniques**, voire des compteurs qui permettent de relever les consommations à distance.

On trouve également des compteurs **modulaires** qui servent à mesurer une partie de la puissance consommée par un circuit (le circuit chauffage par exemple).

B1 - COMPTAGE POUR ABONNÉS DOMESTIQUES, COMMERCES ET PETIT TERTIAIRE

Un nouveau compteur est en train de remplacer les compteurs classiques (jusqu'à 18 kW).

Destiné comme son prédécesseur à mesurer les consommations, il possède désormais quelques **avantages supplémentaires** :

- il vous précise le tarif choisi,
- il vous informe de la puissance disponible,
- il vous indique l'intensité maximale utilisée.

En plus, il peut vous avertir si vous dépassez la puissance disponible et mettre en marche ou arrêter certains appareils.

En outre, **il peut être « relevé » de l'extérieur sans que vous soyez dérangé.**

Grâce à une liaison spéciale par fil, appelée BUS, le releveur peut lire votre compteur à distance. Les relevés sont effectués sans déranger l'abonné, même s'il est absent lors du passage du releveur.

Le compteur d'énergie domestique mesure la tension, l'intensité et effectue le produit qui est donné par la relation suivante :

$$W = U \cdot I \cdot t$$

W en Watt heure (Wh)

U en Volt (V)

I en Ampere (A)

t en heure (h)

Les tarifs sont composés :

- d'un **abonnement** : son montant annuel dépend de la puissance choisie,
- de **consommations** : mesurées par le compteur à un montant différent selon les heures de consommation et l'option choisie (option base, option heures creuses ou EJP...).

▷ Choix d'une puissance souscrite :

C'est la somme des puissances des appareils que vous utilisez **en même temps**.

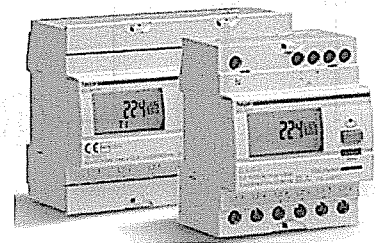
Puissance (kVA)	3	6	9	12	15	18
Intensité (A)	15	30	45	60	75	90

▷ Symbole d'un compteur d'énergie active

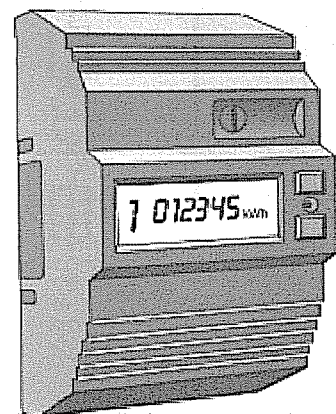
Wh



Compteur électromécanique
Landis&Gyr



Compteurs modulaires Hager



Compteur électronique Sicae

B2 - COMPTAGE INDUSTRIEL ET GRAND TERTIAIRE

Les compteurs peuvent être branchés sur le réseau basse tension (BT) ou sur le réseau HTA. Ils peuvent être triphasés ou monophasés.

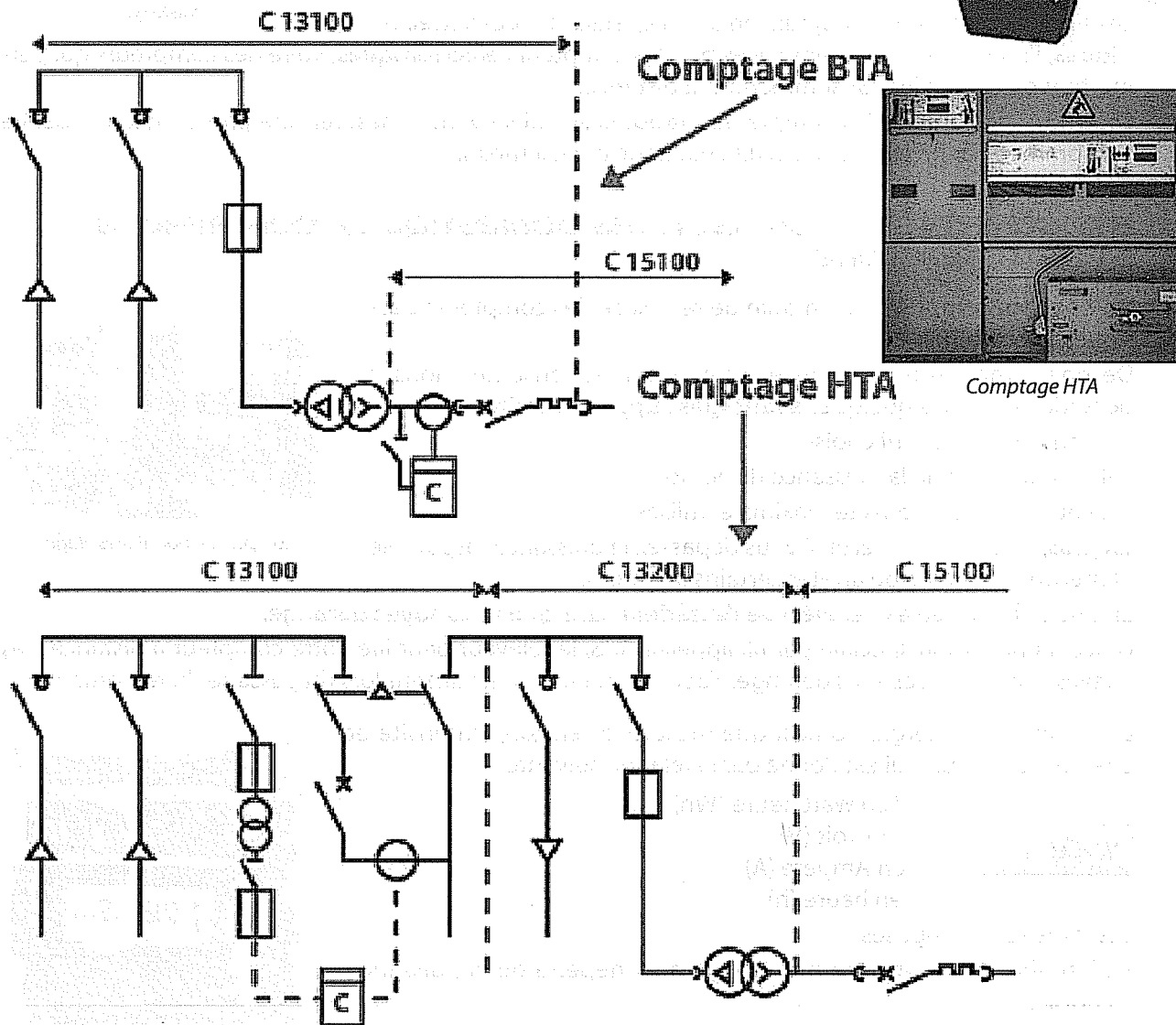
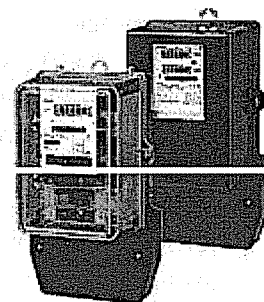
Chez l'industriel, le fournisseur d'énergie installe 2 compteurs :

- un compteur d'énergie active :

Watheuremètre qui mesure l'énergie active $W = U \cdot I \cdot t \cdot \cos \varphi$

- un compteur d'énergie réactive :

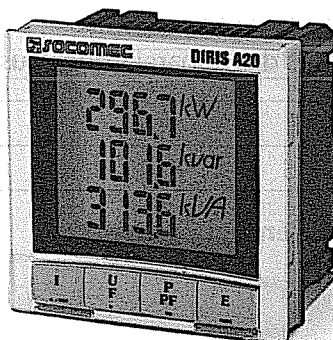
Varheuremètre qui mesure l'énergie réactive $Varh = U \cdot I \cdot t \cdot \sin \varphi$



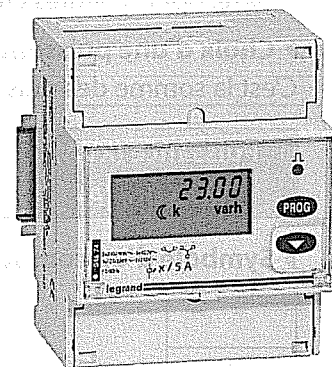
B3 - COMPTEURS DIVISIONNAIRES

Pour mesurer différents équipements d'un site ou encore pour vérifier l'efficacité énergétique de certains équipements, on installe des **sous-compteurs** (ou compteurs divisionnaires) qui peuvent mesurer :

- l'énergie active,
- l'énergie réactive,
- l'énergie apparente.



Compteur divisionnaire Socomec



Compteur divisionnaire modulaire Legrand

B4 - COMPTAGE SANS FIL ET SUPERVISION

La solution de comptage **Wi-LEM (Wireless Local Energy Meter)** est composée de boîtiers compacts qui transmettent les mesures par voie radio.

Les données peuvent être transmises à un enregistreur de données et exploitées par un logiciel de contrôle d'énergie.

Le compteur divisionnaire mesurant différents paramètres électriques est composé :

- de capteurs de courant (transformateurs d'intensité **TI**),
- d'un système de transmission de données radio (sans fil).

Il effectue les mesures de :

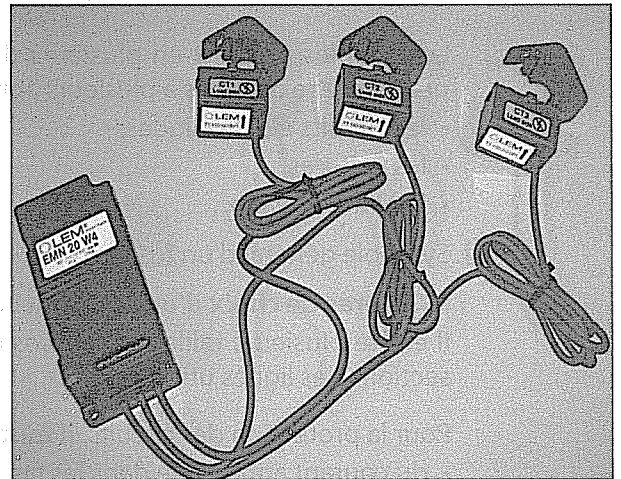
- l'énergie **active**,
- l'énergie **réactive**,
- l'énergie **apparente**,
- l'**intensité** du courant sur chaque phase,
- la **tension** du réseau,
- la **fréquence** du réseau.

► **Avantage du sans fil :**

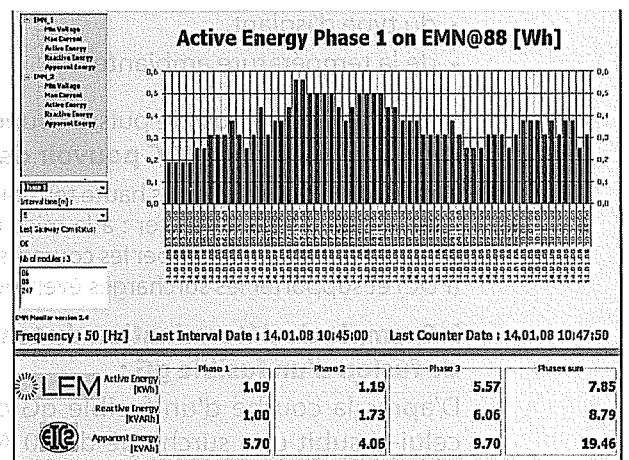
- Relever à distance les consommations électriques.
- Possibilité de répartir les factures énergétiques en installant des sous-compteurs sur différents équipements du site.
- Vérifier l'efficacité énergétique des équipements.
- Les informations de consommation sont rapatriées instantanément sur un écran d'ordinateur.

Un logiciel de supervision permet :

- de configurer les compteurs,
- d'afficher les grandeurs mesurées à intervalle de temps prédéterminé.



Compteur de courant et boîtier de transmission LEM



Supervision des mesures sur ordinateur

C / LES APPAREILS DE PROTECTION

On distingue 2 types d'appareils de protection :

- les appareils de protection des installations et des équipements (protection des biens),
- les appareils de protection des personnes.

C1 - APPAREILS DE PROTECTION DES BIENS

C1.1 ► **Les cartouches fusibles**

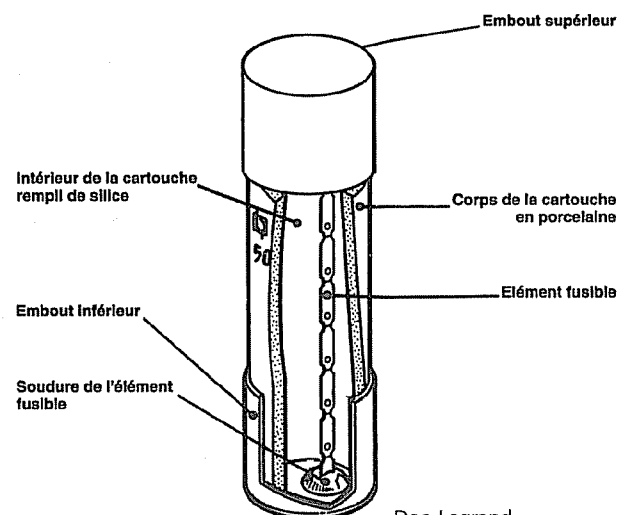
Les cartouches fusibles coupent le circuit en cas de surintensité (surcharge ou court-circuit) par fusion de l'élément fusible.

Il est constitué d'un fil de section plus faible que celle des conducteurs du circuit normal.

Il existe des fusibles à usage domestique et des fusibles à usage industriel.

► **Cartouches gG ou aM. Quelle différence ?**

- Les **cartouches gG** (usage général) protègent les circuits contre les courts-circuits et les surcharges.
- Les **cartouches aM** (accompagnement moteur) protègent contre les fortes surcharges et les courts-circuits; elles sont calculées pour résister à certaines surcharges temporaires (démarrage d'un moteur).

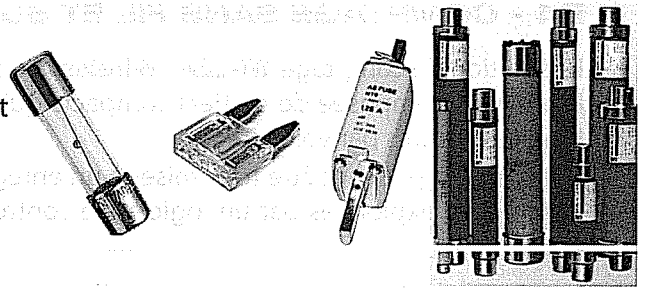


Doc. Legrand

- Les cartouches gG sont marquées en noir ;
- Les cartouches aM sont marquées en vert.

Les fusibles existent en plusieurs dimensions et peuvent être destinés à plusieurs applications :

- les circuits électroniques,
- les voitures,
- la haute tension...



Symbole général d'un fusible

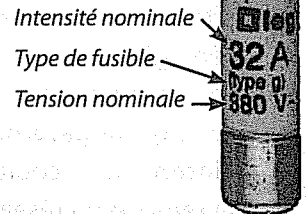


► Critères de choix d'une cartouche fusible

Il existe plusieurs tailles et calibres (en ampères) de fusibles adaptés aux sections des lignes utilisées.

Pour la protection des circuits, **il faut tenir compte :**

- du courant admissible dans les fils,
- du mode de pose,
- du type d'isolant,
- de la température ambiante.



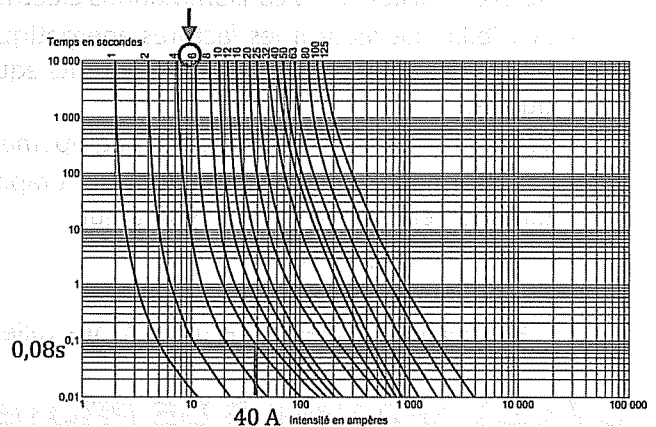
Il faut aussi que le fusible puisse couper l'arc électrique pour le **courant de court-circuit** présumé et la tension d'utilisation (**PDC pouvoir de coupure**).

Attention : Pour les fusibles haute tension certaines contraintes sont à respecter : à la mise en service (fort courant d'appel), couper les courants de défaut (PDC) et supporter les surcharges éventuelles.

► Exemple de détermination du temps de fusion d'un fusible gG :

D'après la courbe d'un fusible gG de 6 A, si celui-ci subit une surcharge de 40 A, il ne va mettre que 0,08 seconde environ pour fondre (fusion quasi-instantanée).

Attention : Un fusible fondu ou défectueux ne peut pas être réparé, il faudrait toujours le remplacer par un fusible de même type et de même calibre.



C1.2 ► Les Disjoncteurs Magnétothermiques

Ils assurent le même rôle que les fusibles avec une possibilité de les **réarmer**.

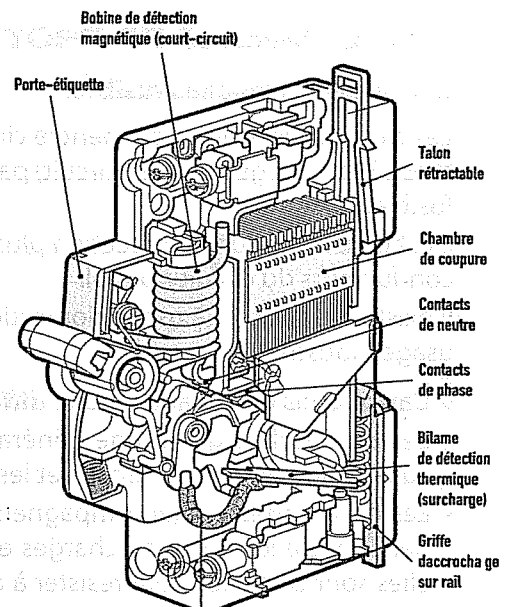
Les disjoncteurs magnétothermiques possèdent une détection contre :

- **les surcharges** : détection thermique,
- **les courts-circuits** : détection magnétique.

→ **Dispositif thermique** : protection contre les surcharges

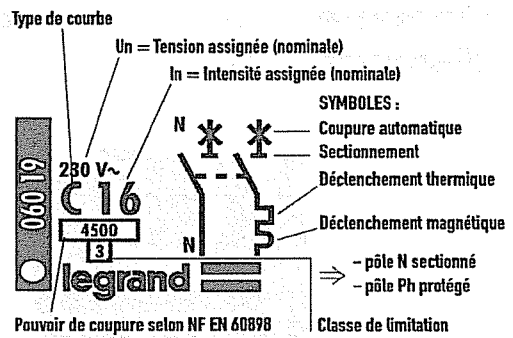
→ **Dispositif magnétique** : protection contre les courts-circuits

Un disjoncteur peut également assurer le rôle de sectionnement.



► Critères de choix d'un disjoncteur

- **Intensité assignée** : c'est la valeur de courant que le disjoncteur peut supporter indéfiniment sans se déclencher.
- **Polarité** : Uni + neutre, bipolaire, tripolaire ou tétrapolaire.
- **Type de courbe** : les normes internationales et françaises définissent différentes plages de déclenchement magnétique (courbes B, C, D...) ou réglages thermique et magnétique.
- **Pouvoir de coupure** : il est fonction de la valeur du **courant de court-circuit** présumé de l'installation à protéger.
- **Tension assignée** : tension sous laquelle le disjoncteur peut être utilisé.



Symbole général d'un disjoncteur

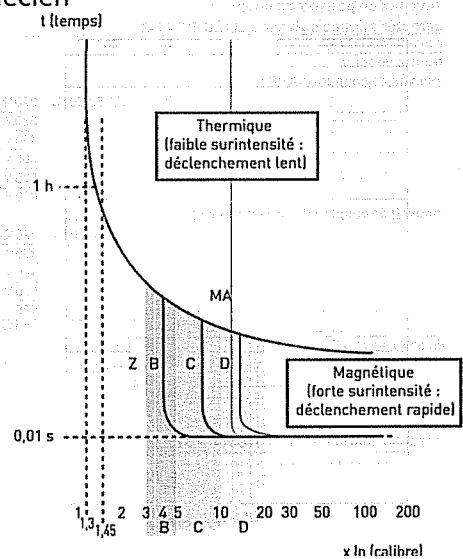
► Courbes de protection des disjoncteurs

Il existe plusieurs types de disjoncteurs magnétothermiques. Le choix d'un disjoncteur se fait par la valeur de l'intensité (le calibre) mais également en fonction du matériel électrique à protéger. Les courbes ci-contre définissent le réglage du déclencheur magnétique (les valeurs indiquées sont des multiples du courant nominal I_n).
Exemple : Un équipement à protéger consomme **5 A**, si une grande surcharge ou un court-circuit survient, le disjoncteur **courbe C** déclenchera entre **5 à 10 fois I_n** donc de **25 A à 50 A**.

Courbes	Réglage seuils magnétiques
Z	2,4 à 3,6 I_n
B	3 à 5 I_n
C	5 à 10 I_n
D	10 à 20 I_n
MA	12 à 14 I_n

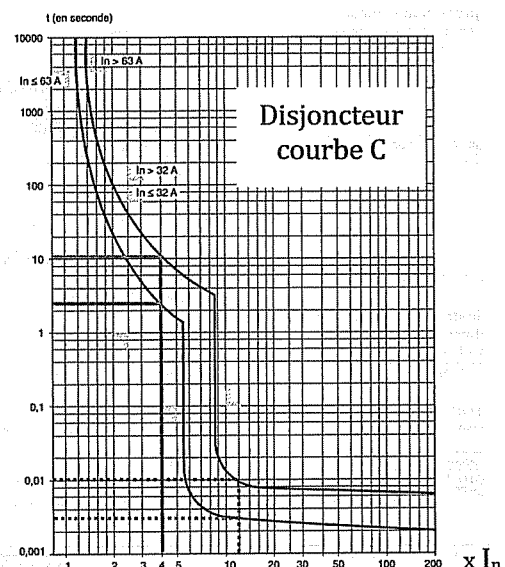
► Disjoncteurs de type B, C, D, Z ou MA

- Type B : son magnétique très bas permet **d'éliminer les courts-circuits de très faible valeur**. (Exemple : lorsque la ligne qu'il protège est très longue, limitant alors le court-circuit en bout de ligne à une valeur faible).
- Type C : c'est le plus **usuel**, celui qui correspond aux **installations normales**. Il couvre une très grande majorité des besoins.
- Type D : il est à utiliser pour la protection des circuits où il y a de très fortes **pointes de courant** à la mise sous tension. (Exemple : moteurs électriques, transformateurs dont les pointes d'intensité peuvent atteindre 20 I_n ...).
- Type Z : application spécifique sur **circuits sensibles** ayant un microprocesseur (électronique).
- Type MA : lignes dédiées aux **baies de désenfumage**. Il doit pouvoir supporter une surchauffe.

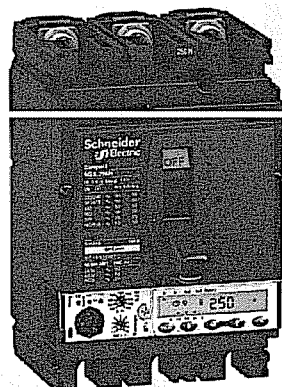


► Courbes de fonctionnement des disjoncteurs

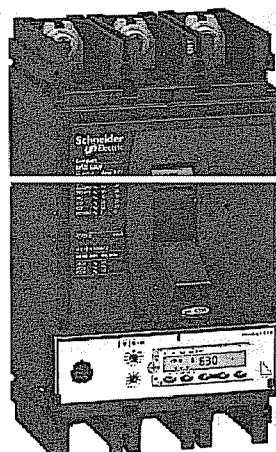
Les fabricants fournissent toujours 2 courbes qui fixent les limites de fonctionnement de l'appareil. Le seuil magnétique d'un disjoncteur est donc compris entre deux valeurs **I minimale et I maximale** (tolérance).
Exemple 1 : un équipement à protéger consomme **6 A**, si une surcharge d'une valeur de **24 A** (soit $4 \times I_n$) survient, le disjoncteur **courbe C** se déclenchera entre **2,5 et 12 secondes** environ, (déclenchement relativement lent).
Exemple 2 : un équipement à protéger consomme **6 A**, si une grande surcharge (ou un court-circuit) de **72 A** (soit $12 \times I_n$) survient, le disjoncteur **courbe C** se déclenchera entre **0,003 et 0,01 secondes** environ (déclenchement très rapide, quasi-instantané).



Documentation Schneider : Extraits caractéristiques disjoncteurs



Disjoncteurs Compact NSX100/160/250



Disjoncteurs Compact NSX400/630

Caractéristiques communes

tensions assignées			
d'isolement (V)	Ui		800
de tenue aux chocs (kV)	Uimp		8
d'utilisation (V)	Ue	CA 50/60 Hz	690
aptitude au sectionnement	IEC/EN 60947-2		oui
catégorie d'emploi			A
degré de pollution	IEC 60664-1		3

Caractéristiques communes

commande	manuelle	par maneton	<input type="checkbox"/>
		relative standard ou prolongée	<input type="checkbox"/>
versions	électrique	avec télécommande	<input type="checkbox"/>
	fixe		<input type="checkbox"/>
	débrochable	sur socle	<input type="checkbox"/>
		sur châssis	<input type="checkbox"/>

Disjoncteurs

niveaux de pouvoir de coupure

caractéristiques suivant CEI/IEC 60947-2

	In	40 °C	NSX100					NSX160					NSX250					
			F	N	H	S	L	F	N	H	S	L	F	N	H	S	L	
courant assigné (A)			100					160					250					
nombre de pôles			2 (3), 3, 4					2 (3), 3, 4					2 (3), 3, 4					
pouvoir de coupure (kA eff.)	Icu	CA 50/60 Hz	220/240 V	85	90	100	120	150	85	90	100	120	150	85	90	100	120	150
			380/415 V	36	50	70	100	150	36	50	70	100	150	36	50	70	100	150
			440 V	35	50	65	90	130	35	50	65	90	130	35	50	65	90	130
			500 V	25	36	50	65	70	30	36	50	65	70	30	36	50	65	70
			525 V	22	35	35	40	50	22	35	35	40	50	22	35	35	40	50
660/690 V	8	10	10	15	20	8	10	10	15	20	8	10	10	15	20			

pouvoir de coupure de service (kA eff.)

	Ics	CA 50/60 Hz <th colspan="5">NSX100</th> <th colspan="5">NSX160</th> <th colspan="5">NSX250</th>	NSX100					NSX160					NSX250				
			F	N	H	S	L	F	N	H	S	L	F	N	H	S	L
durabilité (cycles F-0)	mécanique	220/240 V	85	90	100	120	150	85	90	100	120	150	85	90	100	120	150
		380/415 V	36	50	70	100	150	36	50	70	100	150	36	50	70	100	150
		440 V	35	50	65	90	130	35	50	65	90	130	35	50	65	90	130
		500 V	12,5	36	50	65	70	30	36	50	65	70	30	36	50	65	70
		525 V	11	35	35	40	50	22	35	35	40	50	22	35	35	40	50
660/690 V	4	10	10	15	20	4	10	10	15	20	4	10	10	15	20		

durabilité (cycles F-0)

	mécanique	électrique	440 V	In/2	NSX100					NSX160					NSX250				
					F	N	H	S	L	F	N	H	S	L	F	N	H	S	L
caractéristiques suivant NEMA-AB1	pouvoir de coupure (kA eff.)	CA 50/60 Hz	240 V	85	90	100	120	150	85	90	100	120	150	85	90	100	120	150	
			480 V	35	50	65	90	130	35	50	65	90	130	35	50	65	90	130	
			600 V	8	20	35	40	50	20	20	35	40	50	20	20	35	40	50	
			caractéristiques suivant UL508	pouvoir de coupure (kA eff.)	CA 50/60 Hz	240 V	85	85	85	-	-	85	85	85	-	-	85	85	85
480 V	25	50	65			-	-	35	50	65	-	-	35	50	65	-	-		
600 V	10	10	10			-	-	10	10	10	-	-	15	15	15	-	-		

caractéristiques suivant NEMA-AB1

	pouvoir de coupure (kA eff.)	CA 50/60 Hz <th colspan="5">NSX100</th> <th colspan="5">NSX160</th> <th colspan="5">NSX250</th>	NSX100					NSX160					NSX250						
			F	N	H	S	L	F	N	H	S	L	F	N	H	S	L		
protection et mesure	protection contre courts-circuits	magnétique seul	<input type="checkbox"/>																
			protection contre surcharges / courts-circuits	magnéto-thermique	<input type="checkbox"/>														
					électronique	<input type="checkbox"/>													
avec protection du neutre(OIF-0,5-1-OSN) (1)	<input type="checkbox"/>																		
	avec protection de terre	<input type="checkbox"/>																	
		avec sélectivité ZSI (2)	<input type="checkbox"/>																

caractéristiques suivant UL508

	pouvoir de coupure (kA eff.)	CA 50/60 Hz <th colspan="5">NSX100</th> <th colspan="5">NSX160</th> <th colspan="5">NSX250</th>	NSX100					NSX160					NSX250						
			F	N	H	S	L	F	N	H	S	L	F	N	H	S	L		
protection et mesure	protection contre courts-circuits	magnétique seul	<input type="checkbox"/>																
			protection contre surcharges / courts-circuits	magnéto-thermique	<input type="checkbox"/>														
					électronique	<input type="checkbox"/>													
avec protection du neutre(OIF-0,5-1-OSN) (1)	<input type="checkbox"/>																		
	avec protection de terre	<input type="checkbox"/>																	
		avec sélectivité ZSI (2)	<input type="checkbox"/>																

protection et mesure

	protection contre courts-circuits	magnétique seul <td colspan="15"><input type="checkbox"/></td>	<input type="checkbox"/>														
			protection contre surcharges / courts-circuits	magnéto-thermique	<input type="checkbox"/>												
électronique	<input type="checkbox"/>																
	avec protection du neutre(OIF-0,5-1-OSN) (1)	<input type="checkbox"/>															
		avec protection de terre	<input type="checkbox"/>														
avec sélectivité ZSI (2)			<input type="checkbox"/>														

affichage / mesure I, U, f, P, E, THD / mesure du courant coupé

	options	affichage Power Meter sur porte	<input type="checkbox"/>														
			aide à l'exploitation	<input type="checkbox"/>													
compteurs	<input type="checkbox"/>																
	historiques et alarmes	<input type="checkbox"/>															
com de mesure		<input type="checkbox"/>															
	com états de l'appareil / commande	<input type="checkbox"/>															

protection différentielle

	protection différentielle	par bloc VigI	<input type="checkbox"/>														
			par relais Vigirex associé	<input type="checkbox"/>													

installation / raccordements

	dimensions (mm)	L x H x P	fixe, prises avant	NSX100					NSX160					NSX250					
				2/3P	4P	2,05	2,4	300	2,2	2,6	300	2,4	2,8	300					
masses (kg)	fixe, prises avant	2/3P	2,05	2,4	300	2,2	2,6	300	2,4	2,8	300								
			4P	2,4	300	2,6	300	2,8	300										
raccordements	plages épanouisseurs	pas polaire	sans/avec épanouisseurs		35/45 mm					35/45 mm					35/45 mm				
			câbles grosses sections Cu ou Al		section		300					300					300		

(1) OSN : "Over Sized Neutral Protection" pour neutre surchargé - cas des harmoniques H3.

(2) ZSI : "Zone Selectivity Interlocking" - sélectivité logique avec fils pilotes.

(3) Disjoncteur 2P en boîtier 3P pour type F, uniquement avec déclencheur magnétothermique.

C1.3 ▸ Les disjoncteurs avec déclencheurs

Il existe 3 familles de déclencheurs :

- magnétothermique,
- électronique,
- électronique avancée intégrant la mesure et la communication.

L'intérêt d'un déclencheur électronique est de pouvoir disposer d'une large plage de réglage de $0,4 I_n$ à I_n ($0,7 I_n$ à I_n pour les déclencheurs magnétothermiques), ainsi qu'un délai de déclenchement plus court.

Ces déclencheurs permettent de faire face à tous les cas de protection :

- **protection des câbles et des canalisations,**
- **protection des transformateurs,**
- **protection des générateurs, des personnes et des grandes longueurs de câbles (en régime TN et IT),**
- **protection des démarreurs de moteurs.**

Ils possèdent, entre autres, les avantages suivants :

- une plus grande précision des réglages,
- insensibilité à la température ambiante,
- insensibilité totale aux parasites réseaux,
- possibilité de vérifier le bon fonctionnement à l'aide d'un boîtier test autonome.

▸ Critères de choix d'un disjoncteur avec déclencheurs

Courant assigné I_n : valeur maximale du courant permanent que peut supporter le disjoncteur.

Courant de réglage I_r : intensité de réglage du déclencheur thermique.

Protection contre les surcharges (long retard) : c'est le courant maximal que peut supporter le disjoncteur, sans déclenchement.

Courant I_m : intensité de réglage du déclencheur magnétique, courant qui provoque le déclenchement pour les fortes surintensités.

Protection contre les courts-circuits (court retard ou instantané) : il peut être fixe ou réglable et peut varier entre $1,5 I_n$ et $20 I_n$.

Pouvoir de coupure I_{cu} ou I_{cn} : plus grande intensité de courant de court-circuit (présumé) qu'un disjoncteur peut interrompre sous une tension donnée. Il s'exprime en kA efficace.

I_{cu} est le pouvoir de coupure ultime des disjoncteurs à usages industriels, I_{cn} est le pouvoir de coupure assigné des disjoncteurs à usage domestique.

Pouvoir de limitation : c'est la capacité d'un disjoncteur à ne laisser passer qu'un courant inférieur au courant de court-circuit présumé.

▸ Les 4 niveaux de protection des déclencheurs électroniques :

Long retard

Pour la protection contre les surcharges, I_r réglable de $0,4$ à I_n .

Court retard

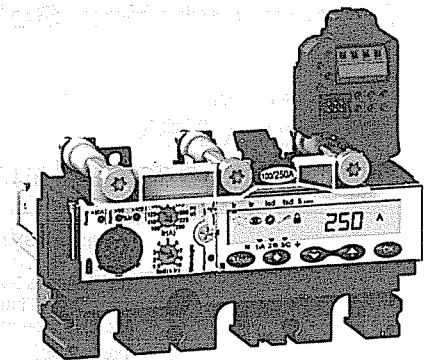
Pour la protection contre les courts-circuits, I_m réglable de $1,5$ à $10 I_r$, I_r étant l'intensité de réglage du long retard.

Instantané

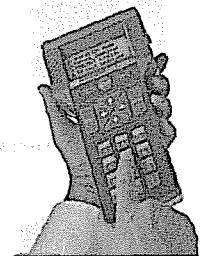
Fixe ou réglable, il est indépendant du réglage du long et du court retard.

Protection différentielle résiduelle

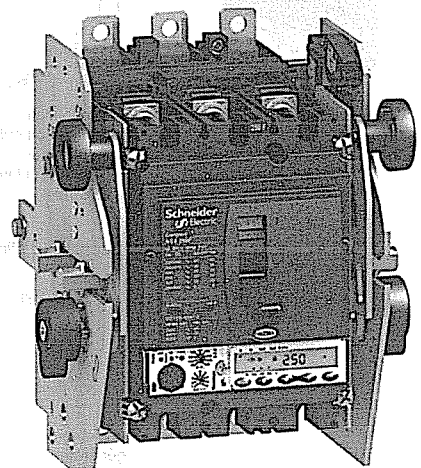
Pour la protection des personnes et des biens contre les risques d'incendie.



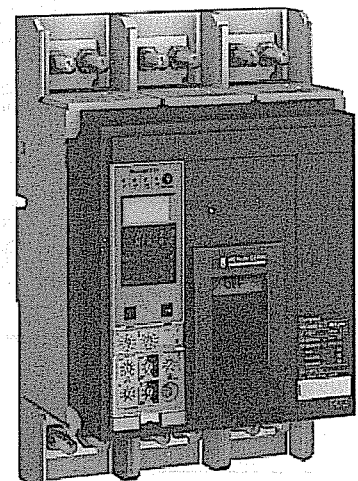
Déclencheur électronique réglable
Schneider



Boîtier de contrôle
ABB



Disjoncteur débrochable réglable
Schneider



Disjoncteur avec déclencheur
Schneider

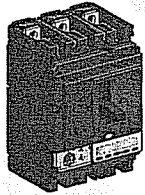
Documentation Schneider : Déclencheurs réglables

Disjoncteurs et interrupteurs jusqu'à 6300 A

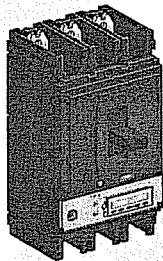
Compact NSX

Panorama des déclencheurs

Compact NSX offre un large choix de déclencheurs en boîtiers interchangeables, qu'il s'agisse d'un déclencheur magnétique, magnéto-thermique ou électronique. Les versions 5 et 6 du déclencheur électronique disposent de la mesure et de la communication. En utilisant les capteurs et l'intelligence des Micrologic, Compact NSX fournit toutes les informations utiles à l'exploitation et à l'optimisation de l'énergie.



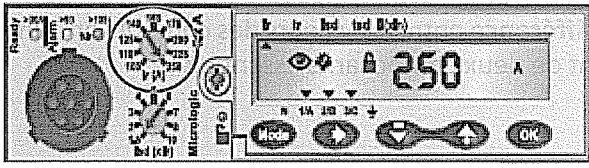
Compact NSX 100/160/250



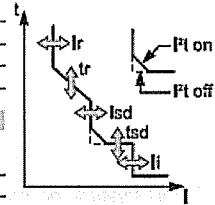
Compact NSX 400/630

Protection	Disjoncteurs et déclencheurs NSX-100/160/250	Disjoncteurs et déclencheurs NSX-400/630	Réglages, signalisation
MA: Magnétique <ul style="list-style-type: none"> ● Distribution et Moteur 	<p>MA : Distribution et Moteur</p>	<p>1.3 M : Distribution et Moteur</p>	<p>Réglages et lecture. Réglage du seuil par commutateur en ampères.</p> <p>Temporisation non réglable.</p>
TM-D Magnéto-thermique <ul style="list-style-type: none"> ● Distribution ● Générateur 	<p>TM-D : Distribution TM-G : Générateur</p>		<p>Réglage et lecture. Réglage du seuil par commutateurs en ampères.</p> <p>Temporisation non réglable.</p>
Electronique Micrologic 2 <ul style="list-style-type: none"> ● Distribution ● Distribution publique ● Générateur ● Moteur (I uniquement) ● Moteur 	<p>2.2 : Distribution 2.2-AB : Distrib. publique 2.2-G : Générateur 2.2-M : Moteur</p>	<p>2.3 : Distribution 2.3-AB : Distrib. publique 1.3-M : Moteur (I uniquement) 2.3-M : Moteur</p>	<p>Réglage et lecture. Réglage des seuils en ampères avec réglage «fin» par commutateurs.</p> <p>Temporisation non réglable.</p> <p>Signalisations de face avant</p> <p>Prise de test Auto-test</p>
Electronique Micrologic 5 / 6 A ou E 5 A ou E : <ul style="list-style-type: none"> ● Distribution et générateur 	<p>5.2 A : Distribution et générateur 5.2 E : Distribution et générateur 5.2 A-Z : Réseaux 16 Hz 2/3</p>	<p>5.3 A : Distribution et générateur 5.3 E : Distribution et générateur 5.3 A-Z : Réseaux 16 Hz 2/3</p>	<p>Réglage et lecture. Réglages des seuils en ampères.</p> <p>Temporisations réglables.</p> <p>Signalisations de face avant</p> <p>Prise de test Auto-test</p>
6 A ou E : <ul style="list-style-type: none"> ● Distribution et générateur 	<p>6.2 A : Distribution et générateur 6.2 E : Distribution et générateur</p>	<p>6.3 A : Distribution et générateur 6.3 E : Distribution et générateur</p>	<p>Réglage «fin» par clavier.</p> <p>Temporisations réglables.</p> <p>Signalisations de face avant</p> <p>Prise de test Auto-test</p>
6 E-M : <ul style="list-style-type: none"> ● Moteur 	<p>6.2 E-M : Moteur</p>	<p>6.3 E-M : Moteur</p>	<p>Connexion à un afficheur de tableau</p> <p>Communication vers Modbus</p>

Micrologic 5 / 6 A ou E



protections calibres (A)		Micrologic 5/6 A ou E										
In à 40 °C (1)		40 (2)	100	160	250	400	630					
Disjoncteur	Compact NSX100	■	■	-	-	-	-					
	Compact NSX160	■	■	-	-	-	-					
	Compact NSX250	■	■	■	■	-	-					
	Compact NSX400	-	-	-	-	■	-					
	Compact NSX630	-	-	-	-	-	■					
L Long retard												
seuil (A)	Ir = ...	par commutateur valeur selon calibre du déclencheur (In) et cran du commutateur										
déclenchement entre 1,05 et 1,20 Ir	In = 40 A	lo =	18	18	20	23	25	28	32	36	40	
	In = 100 A	lo =	40	45	50	55	63	70	80	90	100	
	In = 160 A	lo =	63	70	80	90	100	110	125	150	160	
	In = 250 A	lo =	100	110	125	140	160	175	200	225	250	
	In = 400 A	lo =	160	180	200	230	250	280	320	360	400	
In = 630 A	lo =	250	280	320	350	400	450	500	570	630		
temporisation (s) précision 0 à - 20 %	tr = ...	par clavier	réglage "fin" par pas de 1 A, avec max. fixé par la position du commutateur									
			0,5	1	2	4	8	16				
		1,5 x Ir	15	25	50	100	200	400				
		6 x Ir	0,5	1	2	4	8	16				
	7,2 x Ir	0,35	0,7	1,4	2,8	5,5	11					
mémoire thermique		20 minutes avant et après déclenchement										
S Court retard à temporisation réglable												
seuil (A)	I _{sd} = Ir x ...	par commutateur pour Micrologic 5										
précision ±10 %			1,5	2	3	4	5	6	7	8	10	
			par clavier pour Micrologic 6									
temporisation (s)	tsd = ...	par clavier	réglage "fin" par pas de 0,5 x In dans la plage des 1,5 x In à : 15 x In (40 à 160 A), 12 x In (250 à 400 A), 11 x In (630 A)									
			Off	0	0,1	0,2	0,3	0,4				
		On	-	0,1	0,2	0,3	0,4					
		temps de non déclenchement (ms)	20	80	140	230	350					
	temps maximal de coupure (ms)	80	140	200	320	500						
I Instantanée												
seuil (A)	I _l = In x	par clavier										
précision ±15 %			réglage par pas de 0,5 x In dans la plage de 1,5 x In à : 15 x In (NSX100/160), 12 x In (NSX250/400), 11 x In (NSX630)									
		temps de non déclenchement	10 ms									
	temps maximum de coupure	50 ms pour I > I _l										



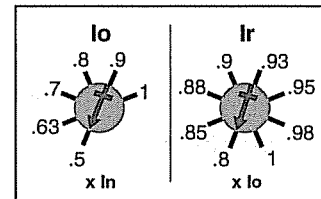
[Applications]

1.1. Déterminez la référence du disjoncteur (documentation page 92) assurant la protection d'une installation, alimentée sous une tension de 400 V :

- courant de ligne permanent : 212 A,
- courant de court-circuit : 22 kA.

1.2. Déterminez le réglage du déclencheur Micrologic 5A associé à ce disjoncteur assurant la protection à la valeur la plus proche du courant d'emploi.

2. Déterminez les seuils de réglages de I₀ et I_r, d'un déclencheur STR23 associé à un disjoncteur de calibre 100 A (I_n = 100 A) pour un courant d'emploi réel de l'installation I_B = 57 A.



Crans de déclencheur STR23 Schneider

Réponses

1.1. Disjoncteur NSX 160 F – courant assigné 160 A – PDC pouvoir de coupure : F (36 kA)

1.2. Le réglage se fait d'abord par le cran 225 A (cran supérieur à 212 A), ensuite le réglage fin se fait sur le clavier du déclencheur en indiquant précisément la valeur du réglage final 212 A.

2. Réglage de I₀ : $I_0 : I_n = \frac{I_B}{I_n} = \frac{57}{100} = 0,57$ (cran : 0,63)

Réglage de Ir : $\frac{0,57}{0,63} = 0,90$ (cran : 0,9)

Vérification : $100 \times 0,63 \times 0,9 = 56,7$ A

(c'est un réglage correct sachant que le seuil de déclenchement minimum est de 1,05 x I₀).

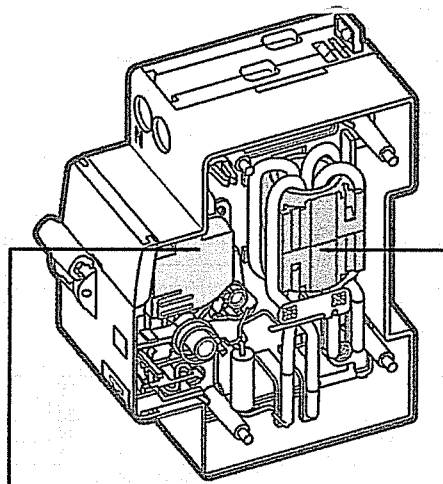
C2 - APPAREILS DE PROTECTION DES PERSONNES

▸ Les dispositifs différentiels à courant résiduel (DDR)

Un dispositif différentiel mesure à tout moment la **différence** entre les valeurs des courants entrant et sortant dans le circuit. il est constitué principalement de deux composants essentiels :

- un tore magnétique,
- un relais sensible.

Relais sensible permet de commander l'ouverture du disjoncteur ou de l'interrupteur auquel il est associé



Tore magnétique permet de mesurer la différence entre le courant entrant et le courant sortant

Source Legrand

Les interrupteurs et les disjoncteurs différentiels

▸ Les interrupteurs différentiels

Ils assurent le rôle de protection de la **personne**, mais pas des biens, c'est-à-dire qu'ils ne peuvent pas se déclencher en cas de surcharge ou de court-circuit, mais seulement en cas de **défaut d'isolement**.

Les interrupteurs différentiels peuvent servir également d'interrupteur-sectionneur pour séparer une partie de l'équipement de l'installation électrique.

Symbole

▸ Les disjoncteurs différentiels

Ils assurent le rôle de protection de la **personne**, mais aussi **des biens**, c'est-à-dire qu'ils se déclencheront en cas de **surcharge** ou de **court-circuit** mais également en cas de **défaut d'isolement**.

Les disjoncteurs différentiels peuvent servir éventuellement à séparer une partie de l'équipement de l'installation électrique.

Symbole

▸ Sensibilité d'un dispositif différentiel

C'est la valeur du courant résiduel de défaut pour lequel le dispositif déclenchera.

Il existe plusieurs **valeurs normalisées** : 10 mA – 30 mA – 300 mA – 500 mA...

Le choix de la sensibilité dépend de la valeur de la **résistance de la prise de terre** et de la **tension limite de sécurité**. On applique la **loi d'Ohm** :

$$I_{\Delta n} = \frac{U_L}{R_T}$$

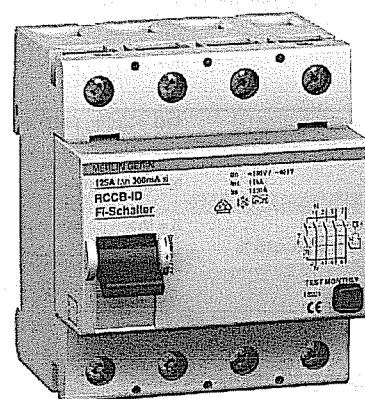
$I_{\Delta n}$: sensibilité du DDR (mA)
 U_L : tension limite de sécurité (V)
 R_T : Résistance de la prise de terre (Ω)

▸ Exemple de choix de la sensibilité :

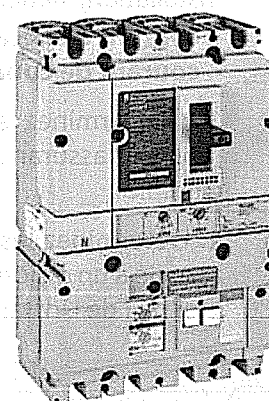
$$U_L = 25 \text{ V}, R_T = 500 \Omega$$

$$I_{\Delta n} = \frac{U_L}{R_T} = \frac{25}{500} = 0,05 \text{ A} = 50 \text{ mA}$$

(on prendra un disjoncteur différentiel de sensibilité : **30 mA**)



Interrupteur différentiel tétrapolaire 125 A – Merlin Gerin



Disjoncteur différentiel tétrapolaire 160 A Schneider



Différentiel 125 A sensibilité : 300 mA Merlin Gerin

▷ Types de disjoncteurs différentiels

• Disjoncteur sélectif type G

Disjoncteur à usage **général** à déclenchement **instantané**.

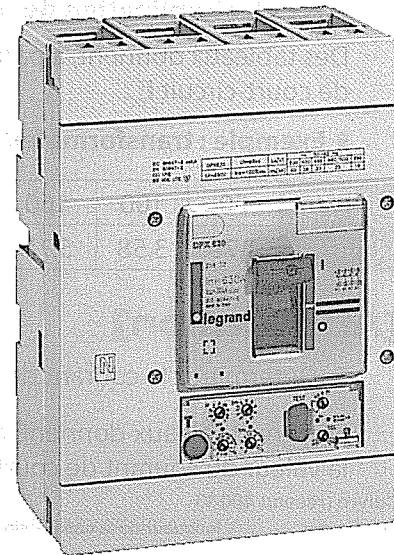
• Disjoncteur sélectif type S

Disjoncteur de branchement (ou disjoncteur de tête), **sélectif retardé** de 40 millisecondes environ, permettant d'assurer la sélectivité avec des dispositifs différentiels haute sensibilité 30 mA placés en aval.

La mise en place d'un disjoncteur différentiel type S comme appareil général de commande et de protection trouve donc sa justification technique si l'installation comporte :

- un ou des dispositif(s) différentiel(s) haute sensibilité (30 mA)
- et/ou des parafoudres en tête d'installation intérieure.

Le disjoncteur différentiel de type G reste la bonne solution technique pour les autres cas.



Disjoncteur différentiel à déclenchement retardé Legrand

D / COURANTS DE COURT-CIRCUIT

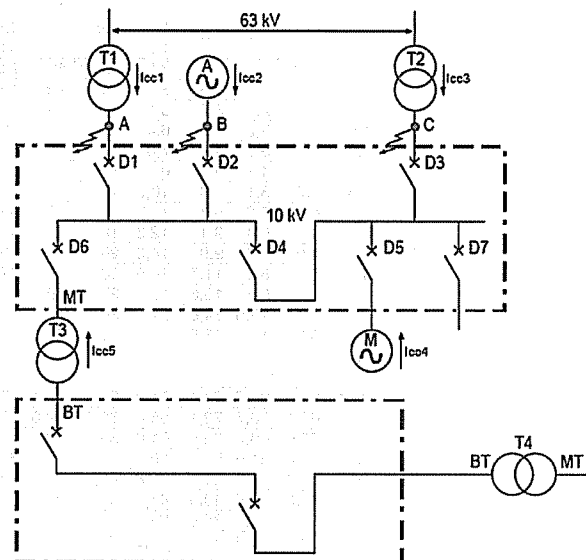
La détermination du courant de court-circuit I_{cc} est nécessaire pour le dimensionnement des organes de sécurité, pour la protection des personnes et des biens.

Il est nécessaire de connaître la valeur du courant de court-circuit à tous les endroits d'une installation, où il est prévu d'installer un dispositif de protection (fusible ou disjoncteur) qui ont pour rôle d'interrompre le court-circuit présumé.

Les valeurs du courant de court-circuit sont très importantes, elles sont généralement exprimées en **kA**.

La valeur maximale du **courant de court-circuit** détermine le **pouvoir de coupure** nécessaire du fusible ou du disjoncteur chargé de la protection à cet endroit.

Il faut **vérifier** que le **pouvoir de coupure** du fusible ou du disjoncteur est **supérieur** au **courant de court-circuit** présumé à cet endroit.



D1 - MÉTHODES DE DÉTERMINATION DES COURANTS DE COURT-CIRCUIT

D1.1 ▷ Détermination des courants de court-circuit par les calculs

On commence par recenser toutes les impédances se trouvant sur le parcours du courant de court-circuit, ensuite on applique la loi d'Ohm :

$$I_{cc} = \frac{U}{Z_{cc}}$$

I_{cc} : courant de court-circuit (A)
 U : tension simple entre phase et neutre (V)
 Z_{cc} : impédance de la boucle de défaut (Ω)

$$Z_{cc} = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2}$$

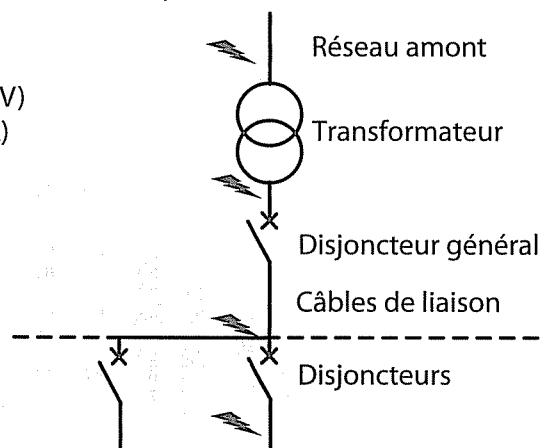
ΣR : somme des résistances (Ω)
 ΣX : somme des réactances (Ω)

▷ Méthode simplifiée :

Au niveau du réseau amont et du transformateur, l'impédance est assimilée à une réactance pure.

Au niveau des câbles de liaison, l'impédance est assimilée à une résistance pure.

Au niveau des disjoncteurs, l'impédance est négligeable.



D1.2 ▸ Détermination des courants de court-circuit par l'utilisation de tableaux

Des tableaux donnent, à partir de la puissance apparente (S) des transformateurs, la valeur du courant de court-circuit I_{cc} .

▸ Exemple : transformateur immergé dans l'huile (NF C 52 112-1) :

S (kVA)	50	100	160	200	250	400	630	1 000	1 250	1 600	2 000	2 500
I_{cc} (kA)	1,79	3,58	5,71	7,13	8,89	14,07	22,03	23,32	28,96	36,45	45,32	55,56

[Application]

Solution page 99

3. Déterminez le courant de court-circuit à l'aval d'un transformateur immergé de 1 250 kVA.

D'autres tableaux donnent, à partir de la longueur d'un câble, de sa section, de la nature de son âme, la valeur du courant de court-circuit présumé à un point précis de l'installation.

Cuivre (réseau 400 V)

section des conducteurs de phase (mm ²)	longueur de la canalisation (en m)																										
	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	2 x 120	2 x 150	2 x 185	3 x 120	3 x 150	3 x 185					
1,5																											
2,5										1,1	1,5	2,1	3,0	4,3	6,1	8,6	12	17	24	34							
4										1,7	1,9	2,6	3,7	5,3	7,4	10,5	15	21	30	42							
6										1,4	2,0	2,8	4,0	5,6	7,9	11,2	16	22	32	45	63						
10										2,1	3,0	4,3	6,1	8,6	12,1	17	24	34	48	68	97	137					
16										1,7	2,4	3,4	4,8	6,8	9,7	14	19	27	39	55	77	110	155	219			
25										1,3	1,9	2,7	3,8	5,4	7,6	10,7	15	21	30	43	61	86	121	171	242	342	
35										1,9	2,6	3,7	5,3	7,5	10,6	15	21	30	42	60	85	120	170	240	339	479	
50										1,8	2,5	3,6	5,1	7,2	10,2	14	20	29	41	58	81	115	163	230	325	460	
70										2,6	3,7	5,3	7,5	10,6	15	21	30	42	60	85	120	170	240	339			
95										2,5	3,6	5,1	7,2	10,2	14	20	29	41	58	81	115	163	230	325	460		
120										1,6	2,3	3,2	4,5	6,4	9,1	13	18	26	36	51	73	103	145	205	291	311	
150										1,2	1,7	2,5	3,5	4,9	7,0	9,9	14	20	28	39	56	79	112	158	223	316	447
185										1,5	2,1	2,9	4,1	5,8	8,2	11,7	16	23	33	47	66	93	132	187	264	373	528
240										1,8	2,6	3,6	5,1	7,3	10,3	15	21	29	41	58	82	116	164	232	329	465	658
300										2,2	3,1	4,4	6,2	8,7	12,3	17	25	35	49	70	99	140	198	279	395	559	
2 x 120										2,3	3,2	4,5	6,4	9,1	12,8	18	26	36	51	73	103	145	205	291	411	581	
2 x 150										2,5	3,5	4,9	7,0	9,9	14,0	20	28	39	56	79	112	158	223	316	447	632	
2 x 185										2,9	4,1	5,8	8,2	11,7	16,5	23	33	47	66	93	132	187	264	373	528	747	
3 x 120										3,4	4,8	6,8	9,6	13,6	19	27	39	54	77	109	154	218	308	436	616		
3 x 150										3,7	5,2	7,4	10,5	14,8	21	30	42	59	84	118	168	237	335	474	670		
3 x 185										4,4	6,2	8,8	12,4	17,5	25	35	49	70	99	140	198	280	396	560			
I _{cc} amont (en kA)																											
I _{cc} aval																											
100	93,5	91,1	87,9	83,7	78,4	71,9	64,4	56,1	47,5	39,0	31,2	24,2	18,5	13,8	10,2	7,4	5,4	3,8	2,8	2,0	1,4	1,0					
90	82,7	82,7	80,1	76,5	72,1	66,6	60,1	52,8	45,1	37,4	30,1	23,6	18,1	13,6	10,1	7,3	5,3	3,8	2,7	2,0	1,4	1,0					
80	74,2	74,2	72,0	69,2	65,5	61,0	55,5	49,2	42,5	35,6	28,9	22,9	17,6	13,3	9,9	7,3	5,3	3,8	2,7	2,0	1,4	1,0					
70	65,5	65,5	63,8	61,6	58,7	55,0	50,5	45,3	39,5	33,4	27,5	22,0	17,1	13,0	9,7	7,2	5,2	3,8	2,7	1,9	1,4	1,0					
60	56,7	56,7	55,4	53,7	51,5	48,6	45,1	40,9	36,1	31,0	25,8	20,9	16,4	12,6	9,5	7,1	5,2	3,8	2,7	1,9	1,4	1,0					
50	47,7	47,7	46,8	45,6	43,9	41,8	39,2	36,0	32,2	28,1	23,8	19,5	15,6	12,1	9,2	6,9	5,1	3,7	2,7	1,9	1,4	1,0					
40	38,5	38,5	37,9	37,1	36,0	34,6	32,8	30,5	27,7	24,6	21,2	17,8	14,5	11,4	8,8	6,7	5,0	3,6	2,6	1,9	1,4	1,0					
35	33,8	33,8	33,4	32,8	31,9	30,8	29,3	27,5	25,2	22,6	19,7	16,7	13,7	11,0	8,5	6,5	4,9	3,6	2,6	1,9	1,4	1,0					
30	29,1	29,1	28,8	28,3	27,7	26,9	25,7	24,3	22,5	20,4	18,0	15,5	12,9	10,4	8,2	6,3	4,8	3,5	2,6	1,9	1,4	1,0					
25	24,4	24,4	24,2	23,8	23,4	22,8	22,0	20,9	19,6	18,0	16,1	14,0	11,9	9,8	7,8	6,1	4,6	3,4	2,5	1,9	1,3	1,0					
20	19,6	19,6	19,5	19,2	19,0	18,6	18,0	17,3	16,4	15,2	13,9	12,3	10,6	8,9	7,2	5,7	4,4	3,3	2,5	1,8	1,3	1,0					
15	14,8	14,8	14,7	14,6	14,4	14,2	13,9	13,4	12,9	12,2	11,3	10,2	9,0	7,7	6,4	5,2	4,1	3,2	2,4	1,8	1,3	0,9					
10	9,9	9,9	9,9	9,8	9,7	9,6	9,5	9,3	9,0	8,6	8,2	7,6	6,9	6,2	5,3	4,4	3,6	2,9	2,2	1,7	1,2	0,9					
7	7,0	7,0	6,9	6,9	6,9	6,8	6,7	6,6	6,5	6,3	6,1	5,7	5,3	4,9	4,3	3,7	3,1	2,5	2,0	1,6	1,2	0,9					
5	5,0	5,0	5,0	5,0	4,9	4,9	4,9	4,8	4,7	4,6	4,5	4,3	4,1	3,8	3,5	3,1	2,7	2,2	1,8	1,4	1,1	0,8					
4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,9	3,9	3,9	3,8	3,8	3,7	3,6	3,4	3,2	3,0	2,7	2,3	2,0	1,7	1,3	1,0	0,8					
3	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,2	2,0	1,7	1,5	1,2	1,0	0,8					
2	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2	1,0	0,8	0,7					
1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5					

Alu (réseau 400 V)

section des conducteurs de phase (mm ²)	longueur de la canalisation (en m)																								
	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	2 x 120	2 x 150	2 x 185	2 x 240						
2,5																									
4																									
6																									
10																									
16																									
25																									
35																									
50																									
70																									
95																									
120																									
150																									
185																									
240																									
300																									
2 x 120																									
2 x 150																									
2 x 185																									
2 x 240																									

► Mode d'emploi du tableau page précédente :

Connaissant le courant de court-circuit triphasé à l'origine du circuit **lcc amont** du disjoncteur (ou aval du transformateur) le tableau de la page précédente permet de connaître le **courant de court-circuit** triphasé à l'extrémité d'une canalisation de **section et de longueur données**, donc de déterminer le **pouvoir de coupure** de l'appareil de protection placé à cet endroit.

Attention :

- Lorsque la longueur du circuit **L** ne figure pas dans le tableau il faut prendre la valeur immédiatement **inférieure** $L(\text{tableau}) < L(\text{circuit})$.
- Lorsque la valeur du courant **lcc amont** ne figure pas dans le tableau, il faut prendre la valeur immédiatement **supérieure**.

Câble en cuivre :

S	→	L
lcc (amont)	→	lcc (aval)

Câble en aluminium :

lcc (amont)	→	lcc (aval)
S	→	L

[Application]

4. Après avoir déterminé le courant de court-circuit I_{CC} à l'aval d'un transformateur immergé de 1 250 kVA ($I_{CC} = 28,96 \text{ kA}$), déterminez le courant de court-circuit présumé que devra interrompre un disjoncteur pour une ligne en cuivre de : **section 50 mm², longueur 20 m** (la tension du réseau est : 230/400 V).

D1.3 ► Détermination des courants de court-circuit par l'utilisation de logiciels

De nombreux **logiciels** ont été développés pour calculer les courants de court-circuit, il suffit de rentrer les données de l'installation et le logiciel effectuera les calculs avec précision.

Voici quelques fournisseurs de logiciels :

ECODIAL (Schneider), **TR-CIEL** (Apave), **PROCERA** (General Electric)....

[Applications]

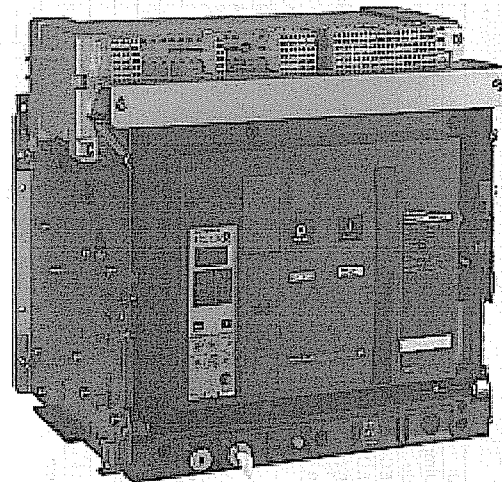
5.1. Un logiciel de calcul a été utilisé par un bureau d'études pour déterminer la section du câble d'alimentation ainsi que le courant de court-circuit. Ce logiciel a donné les résultats suivants :

- **courant de ligne permanent : 690 A**
- **courant de court-circuit : 15 kA**

Déterminez la référence du disjoncteur (documentation page suivante) assurant la protection de cette installation, sachant que la tension du réseau est : 230/400 V.

5.2. Déterminez la référence du disjoncteur assurant la protection d'une installation alimentée sous une tension de 230/400 V :

- **courant de ligne permanent : 1 400 A**
- **courant de court-circuit : 72 kA**



Disjoncteur Masterpact (doc. Schneider)

Réponses

3. 28,96 kA.

4. 15,5 kA (voir le tracé des valeurs sur le tableau page précédente).

5.1. NW08 N1

Le courant assigné est de **800 A**. Le pouvoir de coupure : **42 kA**.

5.2. NW16 H2

Le courant assigné est de **1 600 A**. Le pouvoir de coupure : **100 kA**.

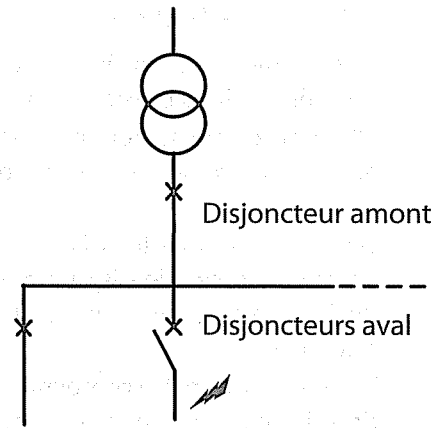
caractéristiques communes		caractéristiques des disjoncteurs suivant IEC 60947-2 et EN 60947-2											
nombre de pôles	3 / 4	NW08	NW10	NW12	NW16	NW20	NW25	NW32	NW40	NW40b	NW50	NW63	
tension assignée d'isolement (V)	1000/1250	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000	4000	5000	6300	
tension de tenue aux chocs (kV)	12	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000	4000	5000	6300	
tension assignée d'emploi (V AC 50/60 Hz)	Uimp	400	400	630	800	1000	1250	1600	2000	2000	2500	3200	
aptitude au sectionnement	IEC 60947-2	à 800	à 1000	à 1250	à 1600	à 2000	à 2500	à 3200	à 4000	à 4000	à 5000	à 6300	
dégré de pollution	4	N1	H1	H2	L1*	H1	H1	H2	H3	H1	H2	H1	
caractéristiques des disjoncteurs	Uj	42	65	100	150	65	65	100	150	65	100	150	
courant assigné (A)	Uimp	42	65	100	150	65	65	100	150	65	100	150	
calibre du 4 ^{ème} pôle (A)	Ue	42	65	85	130	65	65	85	130	65	85	130	
calibre des capteurs (A)	IEC 60664-1	42	65	85	100	65	65	85	100	65	85	100	
type de disjoncteur	à 40 °C	100 %	-	-	50	100A %	100 %	-	-	100 %	-	-	
pouvoir de coupure ultime (kA eff)	les	42	65	85	30	65	65	85	30	65	85	30	
V AC 50/60 Hz	lew	22	36	50	30	36	75	65	30	50	65	75	
tenue électrodynamique (kA crête)	les	88	143	187	90	143	187	190	90	105	143	187	
protection instantanée intégrée (kA crête ± 10 %)	icm	sans	sans	190	80	sans	sans	190	150	80	sans	sans	
pouvoir assigné de fermeture (kA crête)	icm	88	143	220	330	143	220	330	330	-	143	220	
V AC 50/60 Hz	icm	88	143	220	330	143	220	330	330	-	143	220	
	icm	88	143	187	266	143	187	286	286	-	143	187	
	icm	88	143	187	266	143	187	286	286	-	143	187	
	icm	88	143	187	266	143	187	220	220	-	143	187	
	icm	88	143	187	266	143	187	220	220	-	143	187	
	icm	88	143	187	266	143	187	220	220	-	143	187	
temps de coupure (ms)	icm	25	25	25	10	25	25	25	25	10	25	25	
temps de fermeture (ms)	icm	< 70	< 70	< 70	< 70	< 70	< 70	< 70	< 70	< 70	< 70	< 70	

E / SÉLECTIVITÉ DES PROTECTIONS

QU'EST-CE QUE LA SÉLECTIVITÉ ?

C'est la **coordination** des dispositifs de protection de telle sorte que, lorsqu'un défaut survient dans une partie de l'installation, celui-ci soit éliminé par le disjoncteur placé immédiatement en amont du défaut, **et par lui seul**.

La sélectivité permet de favoriser la **continuité de service** dans les **autres circuits** de l'installation. Cette continuité de l'alimentation électrique contribue à la **sécurité des installations**, celle-ci est imposée par la réglementation pour les installations de sécurité des établissements recevant du public.



▷ Sélectivité totale

Pour tous types de défaut (surcharge ou court-circuit), la **sélectivité est totale** si le disjoncteur aval s'ouvre et si le disjoncteur amont reste fermé.

▷ Sélectivité partielle

On parle de **sélectivité partielle** lorsque l'on n'est pas assuré que le disjoncteur amont reste fermé quand le disjoncteur aval s'ouvre.

Le seuil (ou limite) de sélectivité est une valeur inférieure au courant de court-circuit (dans le circuit du disjoncteur aval).

▷ Sélectivité ampèremétrique

protection contre les surcharges

On place un disjoncteur de plus gros calibre en amont, on obtient une meilleure sélectivité lorsque les calibres des appareils de protection sont éloignés. La protection est considérée **sélective** si le rapport entre les seuils de réglage est supérieur à 1,6.

▷ Sélectivité chronométrique

protection contre les faibles courts-circuits :

Le déclenchement de l'appareil amont est **temporisé** ; celui de l'appareil aval est plus rapide. La protection est considérée sélective si le rapport entre les seuils de protection contre les courts-circuits est supérieur ou égal à 1,5.

▷ Sélectivité énergétique

protection contre les courts-circuits élevés.

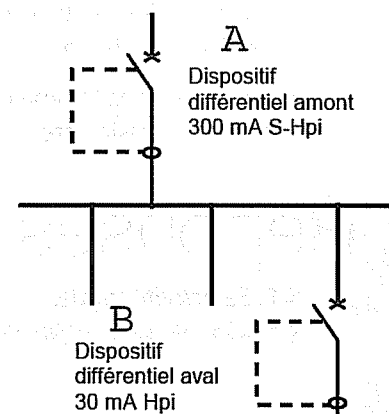
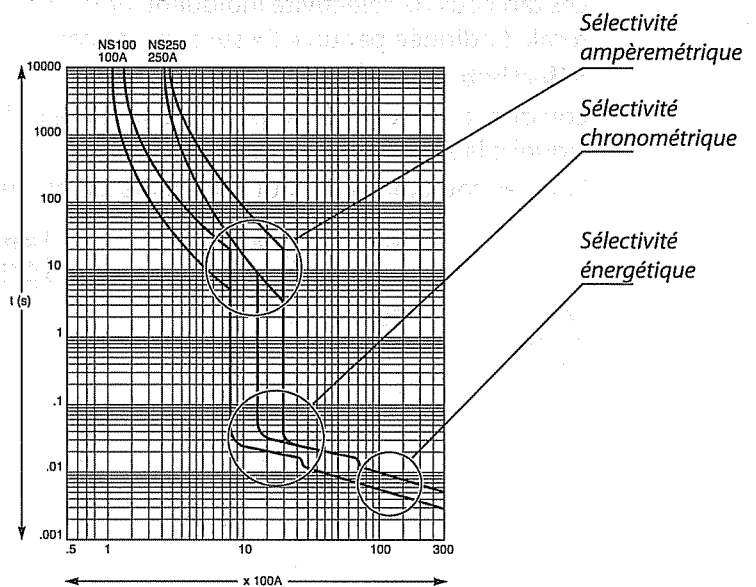
Pour que la sélectivité énergétique soit assurée, quel que soit le courant de défaut présumé, il suffit d'avoir des disjoncteurs, amont et aval de tailles différentes (rapport \geq à 2,5) avec des calibres dans un rapport \geq à 1,6.

▷ Sélectivité différentielle :

Plusieurs types de sélectivités peuvent être mis en œuvre séparément ou conjointement.

On combine les effets de la sélectivité ampèremétrique et chronométrique en choisissant des DDR amont tels que :

- leur sensibilité soit au moins le double de l'appareil aval :
 $I_{\Delta n \text{ amont}} \geq 2 \cdot I_{\Delta n \text{ aval}}$
- leur temps de retard au déclenchement soit supérieur au temps total de coupure du dispositif aval ; ceci est possible si le DDR comporte des crans de **temporisation gradués** (en ms) ou encore s'il est de type **sélectif S**.



Exemple de sélectivité à 2 niveaux (doc. Legrand)

► Sélectivité logique

La sélectivité dite **logique** est une solution innovante pour assurer une sélectivité à plusieurs niveaux.

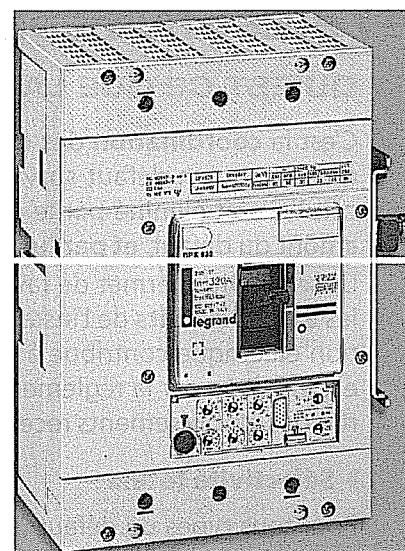
Elle assure une sélectivité totale mais nécessite une liaison filaire entre les cartes électroniques des différents disjoncteurs de l'installation.

Dans ce cas, tous les disjoncteurs lors du défaut communiquent entre eux et seul le disjoncteur le plus proche en amont du défaut déclenche, quelle que soit la valeur indiquée dans le tableau de sélectivité.

En effet, la première protection détectant un défaut envoie un ordre de « blocage » aux autres protections, les empêchant ainsi de déclencher.

Enfin, quand il n'est pas possible d'obtenir une sélectivité et que celle-ci est indispensable au bon fonctionnement de l'installation, on doit envisager la mise en place d'alimentations sans interruption (ASI).

On utilisera alors des groupes électrogènes, onduleurs,



Disjoncteur DPX – électronique
(doc. Legrand)

► Utilisation des tableaux de sélectivité

Sélectivité totale (T) :

Les tableaux de sélectivité indiquent, pour chaque association de deux disjoncteurs, si la sélectivité est totale (indiquée par un « T » sur zone de couleur).

Sélectivité partielle :

Lorsque la sélectivité est partielle, la table indique la valeur maximum du courant de défaut pour laquelle la sélectivité est assurée.

Pour les courants de défaut supérieurs à cette valeur, les deux appareils déclenchent simultanément.

Aval	Amont	NSA160N					NS100N/H/L décl. TM-D				NS160N/H/L décl. TM-D				NS250N/H/L décl. TM-D						
		Calibre (A)	63	80	100	125	160	16	25	40	63	80	100	80	100	125	160	125	160	200	250
NS125E décl. TM-D	Réglage Ir																				
	16												1	2	2	2	2	T	T	T	
	25												1	2	2	2	2	T	T	T	
	40													2	2	2	2	T	T	T	
	63													2	2	2	2	T	T	T	
	80														1,25	1,25	1,25	T	T	T	
NSA160N	100														1,25		T	T	T		
	125																		4	5	
	63			1,25	1,25	1,25							2	2	2	2	T	T	T		
	80				1,25	1,25									1,25	1,25	1,25	T	T	T	
	100															1,25	1,25	T	T	T	
	125																		T	T	
	160																			T	

Extrait tableaux sélectivité – Doc. Schneider

[Application]

6.1. Déterminez le type de sélectivité (totale ou partielle) entre un disjoncteur référence NS125E, réglé à 100 A et un disjoncteur référence NS250H, équipé d'un déclencheur TM-D réglé à 200 A.

6.2. Déterminez le type de sélectivité (totale ou partielle) entre un disjoncteur référence NS160N, réglé à 80 A et un disjoncteur référence NS160N, équipé d'un déclencheur TM-D réglé à 125 A.

Réponses

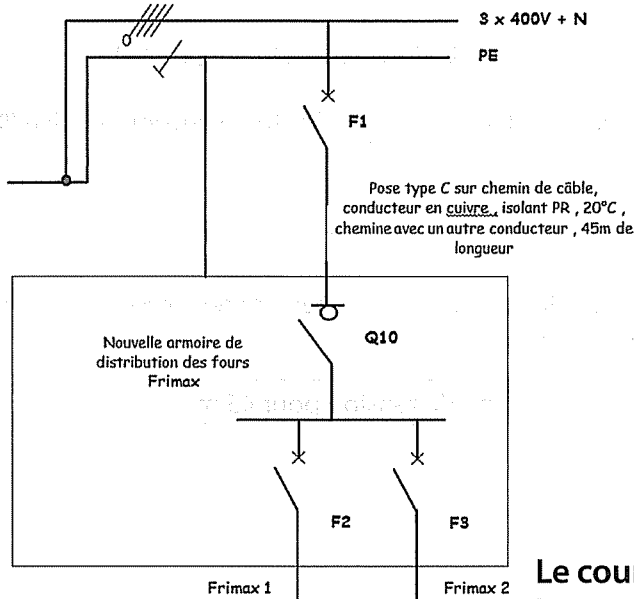
6.1. Sélectivité totale.

6.2. Sélectivité partielle (limitée à 1,25).

Projet 8 / Sujets d'examens sur les câbles et canalisations - Dimensionnement d'une installation

[1 - Extraits du sujet Bac pro ELEEC 2009]

Centre de restauration de la base aérienne de Nîmes



Le courant en ligne pour les deux fours Frimax : $I_B = 104 \text{ A}$

Calcul de la section du câble

Question 8.1

Identifiez les coefficients K et déterminer l'z (documentation p. 105) :

Voir cours 8 pages 117 à 119 (suivre également les exemples)

K1	K2	K3	K	l'z

Question 8.2

En déduire la section nécessaire (documentation p. 106) :

Suivre exemple page 120

Lettre de sélection	
l'Z	
Isolant et nombre de conducteurs chargés	
Section	

Question 8.3

Identifiez les caractéristiques du câble (documentation p. 107) :

Relever sur le tableau de la documentation page 107 les valeurs demandées

Type câble	Référence (conducteurs/section)	Résistance linéique	Chute de tension

Question 8.4

Vérifiez la chute de tension, par calcul, en négligeant la réactance et avec $\cos \varphi = 1$ (documentation p. 108) :

Voir exemple page 125 (appliquer la formule en triphasé de la documentation page 108)

Formule	Chute de tension absolue (V)	Chute de tension relative (%)

par tableau :

Relever sur le tableau de la documentation page 108 la valeur de la chute de tension pour 100 m, en déduire par calcul la valeur de la chute de tension pour 45 m

Chute de tension pour 100 m	Chute de tension pour 45 m

Question 8.5

Les résultats sont-ils conformes aux spécifications de la norme en vigueur ? (entourer) :

Voir exemple page 125 et la documentation page 108 (les normes des chutes de tension)

Oui	Non
-----	-----

Justifiez cette conformité :

.....

.....

Détermination des sections de câbles 1/3

Les tableaux ci-contre permettent de déterminer la section des conducteurs de phase d'un circuit.

Ils ne sont utilisables que pour des canalisations non enterrées et protégées par disjoncteur.

Pour obtenir la section des conducteurs de phase, il faut :

- déterminer une lettre de sélection qui dépend du conducteur utilisé et de son mode de pose
- déterminer un coefficient K qui caractérise l'influence des différentes conditions d'installation.

Ce coefficient K s'obtient en multipliant les facteurs de correction, K1, K2, K3, Kn et Ks :

- le facteur de correction K1 prend en compte le mode de pose
- le facteur de correction K2 prend en compte l'influence mutuelle des circuits placés côte à côte
- le facteur de correction K3 prend en compte la température ambiante et la nature de l'isolant
- le facteur de correction du neutre chargé Kn
- le facteur de correction dit de symétrie Ks.

Lettre de sélection

type d'éléments conducteurs	mode de pose	lettre de sélection
conducteurs et câbles multiconducteurs	<ul style="list-style-type: none"> ■ sous conduit, profilé ou goulotte, en apparent ou encastré ■ sous vide de construction, faux plafond ■ sous caniveau, moulures, plinthes, chambranles 	B
	<ul style="list-style-type: none"> ■ en apparent contre mur ou plafond ■ sur chemin de câbles ou tablettes non perforées 	C
câbles multiconducteurs	<ul style="list-style-type: none"> ■ sur échelles, corbeaux, chemin de câbles perforé ■ fixés en apparent, espacés de la paroi ■ câbles suspendus 	E
	<ul style="list-style-type: none"> ■ sur échelles, corbeaux, chemin de câbles perforé ■ fixés en apparent, espacés de la paroi ■ câbles suspendus 	F

Facteur de correction K1

lettre de sélection	cas d'installation	K1
B	■ câbles dans des produits encastrés directement dans des matériaux thermiquement isolants	0,70
	■ conduits encastrés dans des matériaux thermiquement isolants	0,77
	■ câbles multiconducteurs	0,90
	■ vides de construction et caniveaux	0,95
C	■ pose sous plafond	0,95
B, C, E, F	■ autres cas	1

Facteur de correction K2

lettre de sélection	disposition des câbles jointifs	facteur de correction K2											
		nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
B, C	encastrés ou noyés dans les parois	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38
C	simple couche sur les murs ou les planchers ou tablettes non perforées	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	0,70		
	simple couche au plafond	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61		
E, F	simple couche sur des tablettes horizontales perforées ou sur tablettes verticales	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72	0,72		
	simple couche sur des échelles à câbles, corbeaux, etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78	0,78		

Lorsque les câbles sont disposés en plusieurs couches, appliquer en plus un facteur de correction de :

- 0,80 pour deux couches
- 0,73 pour trois couches
- 0,70 pour quatre ou cinq couches.

Facteur de correction K3

températures ambiantes (°C)	isolation		
	élastomère (caoutchouc)	polychlorure de vinyle (PVC)	polyéthylène réticulé (PR) butyle, éthylène, propylène (EPR)
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
20	1,15	1,12	1,08
25	1,07	1,07	1,04
30	1,00	1,00	1,00
35	0,93	0,93	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55	—	0,61	0,76
60	—	0,50	0,71

Facteur de correction Kn

(selon la norme NF C15-100 § 523.5.2)

- Kn = 0,84

Facteur de correction dit de symétrie Ks

(selon la norme NF C15-105 § B.5.2)

- Ks = 1 pour 2 et 4 câbles par phase avec le respect de la symétrie
- Ks = 0,8 pour 2, 3 et 4 câbles par phase si non respect de la symétrie.

Schneider Electric - Catalogue distribution électrique 2002

Détermination des sections de câbles 2/3

Exemple d'un circuit à calculer

selon la méthode NF C15-100 § 523.7

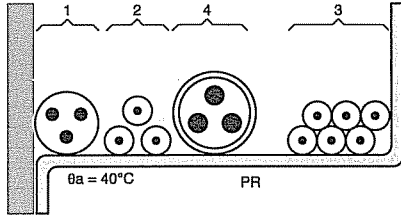
Un câble polyéthylène réticulé (PR) triphasé + neutre (4^e circuit à calculer)

est tiré sur un chemin de câbles foré, conjointement avec 3 autres circuits constitués :

- d'un câble triphasé (1^{er} circuit)
- de 3 câbles unipolaires (2^e circuit)
- de 6 câbles unipolaires (3^e circuit) : ce circuit est constitué de 2 conducteurs par phase.

La température ambiante est de 40 °C et le câble véhicule 58 ampères par phase.

On considère que le neutre du circuit 4 est chargé.



La lettre de sélection donnée par le tableau correspondant est E.

Les facteurs de correction K1, K2, K3 donnés par les tableaux correspondants sont respectivement :

- K1 = 1
- K2 = 0,77
- K3 = 0,91.

Le facteur de correction neutre chargé est :

- Kn = 0,84.

Le coefficient total $K = K1 \times K2 \times K3 \times Kn$ est donc $1 \times 0,77 \times 0,91 \times 0,84$ soit :

- $k = 0,59$.

Détermination de la section

On choisira une valeur normalisée de In juste supérieure à 58 A, soit In = 63 A.

Le courant admissible dans la canalisation est Iz = 63 A.

L'intensité fictive I'z prenant en compte le coefficient K est I'z = 63/0,59 = 106,8 A.

En se plaçant sur la ligne correspondant à la lettre de sélection E, dans la colonne PR3, on choisit la valeur immédiatement supérieure à 106,8 A, soit, ici :

- pour une section cuivre 127 A, ce qui correspond à une section de 25 mm²,
- pour une section aluminium 122 A, ce qui correspond à une section de 35 mm².

Détermination de la section minimale

Connaissant I'z et K (I'z est le courant équivalent au courant véhiculé par la canalisation : I'z = Iz/K), le tableau ci-après indique la section à retenir.

lettre de sélection	isolant et nombre de conducteurs chargés (3 ou 2)								
	caoutchouc ou PVC			butyle ou PR ou éthylène PR					
	B	PVC3	PVC2	PR3	PVC2	PR3	PR2	PR2	PR2
section cuivre (mm ²)	C	PVC3		PVC2	PR3	PR2			
	E		PVC3	PVC2	PR3	PR2	PR2		
	F			PVC3		PVC2	PR3	PR2	
1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26	
2,5	21	24	25	27	30	31	33	36	
4	28	32	34	36	40	42	45	49	
6	36	41	43	48	51	54	58	63	
10	50	57	60	63	70	75	80	86	
16	68	76	80	85	94	100	107	115	
25	89	96	101	112	119	127	138	149	161
35	110	119	126	138	147	158	169	185	200
50	134	144	153	168	179	192	207	225	242
70	171	184	196	213	229	246	268	289	310
95	207	223	238	258	278	298	328	352	377
120	239	259	276	299	322	346	382	410	437
150		299	319	344	371	395	441	473	504
185		341	364	392	424	450	506	542	575
240		403	430	461	500	538	599	641	679
300		464	497	530	576	621	693	741	783
400					656	754	825		940
500					749	868	946		1 083
630					855	1 005	1 088		1 254
section aluminium (mm ²)	2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	25	26	28
4	22	25	26	28	31	33	35	38	
6	28	32	33	36	39	43	45	49	
10	39	44	46	49	54	59	62	67	
16	53	59	61	66	73	79	84	91	
25	70	73	78	83	90	98	101	108	121
35	86	90	96	103	112	122	126	135	150
50	104	110	117	125	136	149	154	164	184
70	133	140	150	160	174	192	198	211	237
95	161	170	183	195	211	235	241	257	289
120	186	197	212	226	245	273	280	300	337
150		227	245	261	283	316	324	346	389
185		259	280	298	323	363	371	397	447
240		305	330	352	382	430	439	470	530
300		351	381	406	440	497	508	543	613
400					526	600	663		740
500					610	694	770		856
630					711	808	899		996

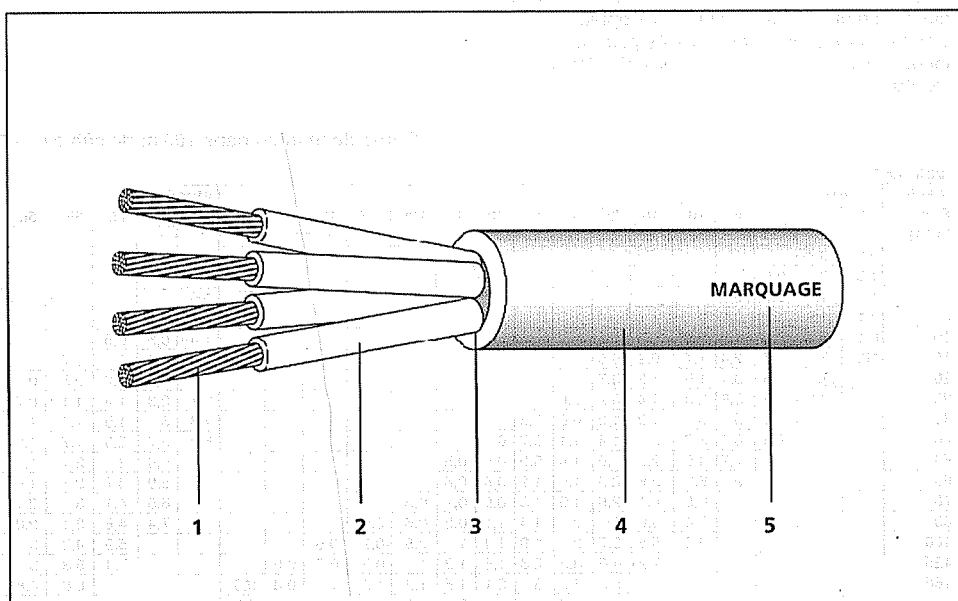
Détermination des sections de câbles (et de la chute de tension) 3/3

NF C32-321 - séries U 1000 R2V et U 1000 AR2V

CORONEX®

4 CONDUCTEURS CUIVRE ET ALU

1. **AME**
en cuivre recuit
 - circulaire massive
sections 1,5 à 4 mm²
 - circulaire câblée
à partir de la section 6 mm² ou
en aluminium recuit (classe 2)
2. **ISOLATION**
PR
3. **ASSEMBLAGE**
conducteurs assemblés
avec bourrage
4. **GAINÉ**
PVC couleur noire
5. **MARQUAGE**
nombre de conducteurs et
section, U 1000 (A)R2V NF USE
identification du fabricant
S.Y.+ Sans Pb



CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

section de l'âme en mm ² Nb de conducteurs x section	Diamètre approximatif		Masse approximative du câble kg/km	Rayon de courbure minimal mm	Résistance linéique maximale de l'âme à 20°C Ω/km	Intensité en régime permanent Ampères**		Chute de tension entre phases V/A x km**
	sur âme mm	sur gaine externe mm				Câble enterré	Câble à l'air libre	
CUIVRE								
4 G 1,5 *	1,37	12,00	150	60,60	12,10	29	22	21,40
4 G 2,5 *	1,76	13,00	210	66,60	7,41	40	30	13,20
4 G 4 *	2,23	14,50	290	72,60	4,61	51	40	8,20
4 G 6 *	2,90	16,00	390	82,80	3,08	64	52	5,50
4 G 10 *	3,70	18,50	570	94,80	1,83	88	71	3,30
4 G 16 *	4,80	21,00	830	109,20	1,15	111	56	2,10
4 G 25 *	5,90	23,60	1 320	145	0,7270	144	127	1,37
4 G 35 *	6,95	26,00	1 770	160	0,5240	174	158	1,00
4 x 50	8,10	29,30	2 335	175	0,3870	206	192	0,76
4 x 70	9,80	34,50	3 350	210	0,2680	254	246	0,55
4 x 95	11,30	38,20	4 345	230	0,1930	301	298	0,42
4 x 120	12,70	42,80	5 595	260	0,1530	343	346	0,35
4 x 150	14,10	46,20	6 660	280	0,1240	387	395	0,30
4 x 185	15,70	51,60	8 360	310	0,0991	434	450	0,25
4 x 240	18,10	59,90	10 780	360	0,0754	501	538	0,21
4 x 300	20,30	65,00	13 610	390	0,0601	565	621	0,19
ALUMINIUM								
4 x 25	5,95	23,60	720	145	1,200	111	97	2,21
4 G 35	7,00	26,10	915	160	0,868	134	120	1,62
4 x 50	8,10	29,30	1 185	175	0,641	160	146	1,22
4 x 70	9,80	34,50	1 625	210	0,443	197	187	0,86
4 x 95	11,20	38,20	2 130	230	0,320	234	227	0,64
4 x 120	12,60	42,80	2 555	260	0,253	266	263	0,53
4 x 150	14,00	46,20	3 100	280	0,206	300	304	0,44
4 x 185	15,70	51,60	3 875	310	0,164	337	347	0,37
4 x 240	18,00	59,90	4 925	360	0,125	388	409	0,30
4 x 300	20,10	65,00	6 270	390	0,100	440	471	0,25

* Existe également en 4 conducteurs sans vert-jaune (4 x). Caractéristiques identiques.

Détermination des chutes de tension admissibles

La chute de tension en ligne en régime permanent est à prendre en compte pour l'utilisation du récepteur dans des conditions normales (limites fixées par les constructeurs des récepteurs).

Le tableau ci-contre donne les formules usuelles pour le calcul de la chute de tension.

Plus simplement, les tableaux ci-dessous donnent la chute de tension en % dans 100 m de câble, en 400 V/50 Hz triphasé, en fonction de la section du câble et du courant véhiculé (In du récepteur). Ces valeurs sont données pour un $\cos \varphi$ de 0,85 dans le cas d'un moteur et de 1 pour un récepteur non inductif. Ces tableaux peuvent être utilisés pour des longueurs de câble $L \neq 100$ m : il suffit d'appliquer au résultat le coefficient $L/100$.

Calcul de la chute de tension en ligne en régime permanent

Formules de calcul de chute de tension

alimentation	chute de tension (V CA)	en %
monophasé : deux phases	$\Delta U = 2 I_B L (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$	$100 \Delta U / U_n$
monophasé : phase et neutre	$\Delta U = 2 I_B L (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$	$100 \Delta U / U_n$
triphasé : trois phases (avec ou sans neutre)	$\Delta U = \sqrt{3} I_B L (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$	$100 \Delta U / U_n$

Un : tension nominale entre phases.
Vn : tension nominale entre phase et neutre.

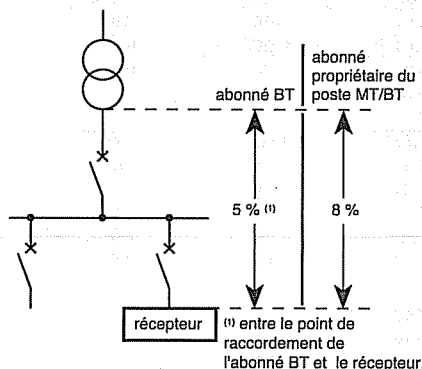
Chute de tension dans 100 m de câble en 400 V/50 Hz triphasé (%)

câble		aluminium																										
S (mm ²)	cuivre																											
	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
In (A)																												
1	0,6	0,4																										
2	1,3	0,7	0,5																									
3	1,9	1,1	0,7	0,5													0,5											
5	3,1	1,9	1,2	0,8	0,5												0,7	0,5										
10	6,1	3,7	2,3	1,5	0,9	0,5											1,4	0,9	0,6									
16	10,7	5,9	3,7	2,4	1,4	0,9	0,6										2,3	1,4	1	0,7								
20		7,4	4,6	3,1	1,9	1,2	0,7										3	1,9	1,2	0,8	0,6							
25			9,3	5,8	3,9	2,3	1,4	0,9	0,6								3,7	2,3	1,4	1,1	0,7	0,5						
32				7,4	5	3	1,9	1,2	0,8	0,6							4,8	3	1,9	1,4	1	0,7	0,5					
40					9,3	6,1	3,7	2,3	1,4	1,1	0,7	0,5					5,9	3,7	2,3	1,7	1,2	0,8	0,6	0,5				
50						7,7	4,6	2,9	1,9	1,4	0,9	0,6	0,5				7,4	4,6	3	2,1	1,4	1,1	0,8	0,6	0,5			
63							9,7	5,9	3,6	2,3	1,6	1,2	0,8	0,6			9	5,9	3,7	2,7	1,9	1,4	1	0,8	0,7	0,6		
70								6,5	4,1	2,6	1,9	1,3	0,9	0,7	0,5			6,5	4,1	3	2,1	1,4	1,1	0,9	0,8	0,7		
80									7,4	4,6	3	2,1	1,4	1,1	0,8	0,6	0,5		7,4	4,8	3,4	2,3	1,7	1,3	1	0,9	0,8	0,6
100										9,3	5,8	3,7	2,6	1,9	1,4	1	0,8	0,7	0,6									
125											7,2	4,6	3,3	2,3	1,6	1,2	1	0,9	0,7	0,6								
160												5,9	4,2	3	2,1	1,5	1,3	1,2	1	0,8	0,6							
200													7,4	5,3	3,7	2,6	2	1,5	1,4	1,3	1	0,8						
250														6,7	4,6	3,3	2,4	1,9	1,7	1,4	1,2	0,9						
320															5,9	4,2	3,2	2,4	2,3	1,9	1,5	1,2						
400																7,4	5,3	3,9	3,1	2,8	2,3	1,9	1,4					
500																	6,7	4,9	3,9	3,5	3	2,5	1,9					

Pour un réseau triphasé 230 V, multiplier ces valeurs par $\sqrt{3} = 1,73$.
Pour un réseau monophasé 230 V, multiplier ces valeurs par 2.

Les normes limitent les chutes de tension en ligne

La norme NF C 15-100 impose que la chute de tension entre l'origine de l'installation BT et tout point d'utilisation n'exécède pas les valeurs du tableau ci-contre. D'autre part la norme NF C 15-100 § 552-2 limite la puissance totale des moteurs installés chez l'abonné BT tarif bleu. Pour des puissances supérieures aux valeurs indiquées dans le tableau ci-dessous, l'accord du distributeur d'énergie est nécessaire.



Chute de tension maximale entre l'origine de l'installation BT et l'utilisation

	éclairage	autres usages (force motrice)
abonné alimenté par le réseau BT de distribution publique	3 %	5 %
abonné propriétaire de son poste HT-A/BT	6 %	8 % (1)

(1) Entre le point de raccordement de l'abonné BT et le moteur.

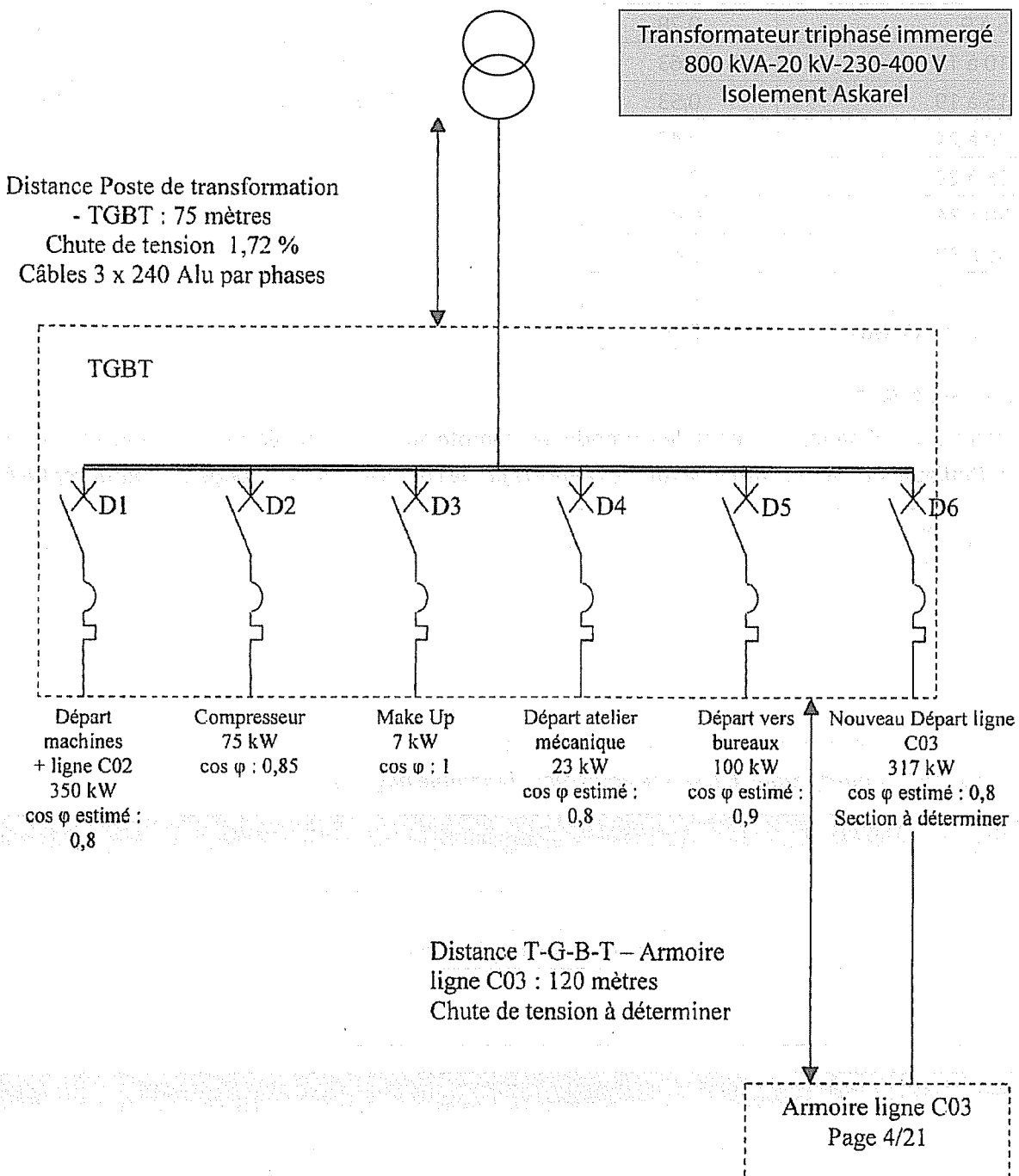
[2 - Extraits du sujet Bac pro EIE 2004]

Fabrication d'emballages métalliques d'aliments pour animaux domestiques (chiens et chats)

Partie B - Distribution BTA

Le nouveau départ « ligne C03 » alimente une machine de puissance de 317 kW (sous une tension triphasée 400 V). Celle-ci est installée à 120 mètres du TGBT et on ne dispose que de peu de données précises concernant le $\cos \varphi$ ou le rendement des moteurs de la ligne C03 elle-même.

Étant données les conditions, on se propose de dimensionner les sections des conducteurs d'alimentation de cette machine, en appliquant la norme C15-104 relative au dimensionnement des installations.



Question 8.6

En utilisant le document issu de la norme NFC 14-100, déterminez et justifiez le coefficient de simultanéité à prendre en compte en raison du nombre de circuits au niveau du TGBT si on installe cette nouvelle ligne C03.

Calculer le nombre de départs à partir du schéma page 109, utiliser ensuite le tableau ci-dessous

Coefficient choisi	
Justification	

Ce coefficient s'applique à des groupements de récepteurs au niveau du tableau terminal, du tableau divisionnaire ou de l'armoire de distribution.

Immeuble d'habitation

Nombre d'abonnés situés en aval	Facteur de simultanéité KS
2 à 4	1
5 à 9	0,78
10 à 14	0,63
15 à 19	0,53
20 à 24	0,49
25 à 29	0,46
30 à 34	0,44
35 à 39	0,42
40 à 49	0,41
50 et au dessus	0,40

Armoire de distribution

Nombre d'abonnés situés en aval	Facteur de simultanéité KS
2 à 3	0,9
4 à 5	0,8
6 à 9	0,7
10 et plus	0,6

Question 8.7

Calculez la puissance active totale à prendre en compte au TGBT si on ajoute cette nouvelle ligne C03.

Multipliez la puissance totale de tous les départs par le coefficient K_g . Voir page 117 paragraphe A

Formule	
Application	
Résultat	

Question 8.8

Déterminez le courant d'emploi I_B de la nouvelle machine en complétant les valeurs manquantes ci-dessous. Justifiez vos réponses (d'après la documentation pages 112 et 113).

Voir page 121 paragraphe B2, suivre également l'exemple page 122

Coefficient	Valeur	Justification
a		
b		
c	1	Absence de données plus précises
d		
e		

Formule	Application	Résultat
		$I_B =$

Question 8.9

Le courant I_B calculé précédemment correspond au courant de réglage du disjoncteur D6.
 En utilisant le document page 115, donnez la section des conducteurs de phase et de protection électrique si l'on désire utiliser de l'aluminium.

Suivre l'exemple page 122 - cours 8

Section des conducteurs de phase S_{Ph}	Section des conducteurs de protection S_{Pe}	Justification

Question 8.10

En utilisant le document pages 109, 114 et 116, donnez la valeur de la chute de tension entre le TGBT et cette nouvelle ligne.

Relever la valeur correspondante du tableau page 116, la multiplier ensuite par la longueur du câble

	Coefficient à utiliser	Chute de tension en %
Câble de liaison TGBT – ligne C03 2 x 185 mm ² aluminium par phase		

Question 8.11

Déterminez entre le poste de transformation et l'armoire ligne C03 les différentes chutes de tension. En déduire la chute de tension totale en pourcentage et en volts :

Observer sur le schéma page 109 la valeur de chute de tension indiquée (au niveau du transformateur)

Voir cours 8 page 123 paragraphe C2 et exemple page 124

Liaison	Chute de tension en %
Câble de liaison Transformateur TGBT 3 x 240 mm ² aluminium par phase	
Câble de liaison TGBT – ligne C03 2 x 185 mm ² aluminium par phase	
Chute de tension totale en %	
Chute de tension totale en volts	

Question 8.12

Cette valeur est-elle acceptable ? Pourquoi ?

Voir sur la documentation page 114 (3) la valeur admissible, suivre exemple page 124 du cours 8

.....

Question 8.13

En utilisant le document page 114 donnez la valeur de court-circuit au secondaire du transformateur.

Voir le tableau page 114 (4)

.....

Méthode simplifiée pour la détermination des sections des conducteurs et le choix des dispositifs de protection d'après la norme UTE C 15-104

1. Déterminer pour chaque circuit, le courant maximal d'emploi.
2. Lire dans le tableau 2A ou 2B, en fonction du courant maximal d'emploi :
 - le plus grand courant nominal (ou de réglage) du dispositif assurant la protection contre les surcharges;
 - la section des conducteurs de phase, neutre et de protection correspondants.
3. Calculer la chute de tension totale entre l'origine de l'installation et l'extrémité de tout circuit terminal, en utilisant le tableau 3A ou 3B.
4. Déterminer le pouvoir de coupure des dispositifs de protection en fonction des indications du tableau 4A ou 4B.

Les valeurs sont données pour des installations alimentées en monophasé sous la tension de 230 V ou en triphasé sous la tension de 230/400 V.

1 / DÉTERMINATION DU COURANT MAXIMAL D'EMPLOI

Le courant maximal d'emploi I_b est déterminé en multipliant la puissance nominale P_n de chaque appareil d'utilisation ou groupe d'appareils par les cinq facteurs ci-après :

$$I_b = P_n \times a \times b \times c \times d \times e$$

A - FACTEUR TENANT COMPTE DU FACTEUR DE PUISSANCE ET DU RENDEMENT

$$a = 1 / (\text{rendement} \times \cos \varphi)$$

En l'absence de données plus précises, on peut utiliser les valeurs suivantes :

Récepteurs	a
Moteurs $P < 3 \text{ kW}$	2
Moteurs $3 \text{ kW} < P < 40 \text{ kW}$	1,5
Moteurs $P > 40 \text{ kW}$	1,2
Chauffage par résistances	1
Éclairage par incandescence	1
Autres éclairages	de 1,2 à 1,8

B - FACTEUR D'UTILISATION DES APPAREILS

Dans une installation industrielle, le facteur b peut varier entre 0,3 et 0,9.

En l'absence d'indications plus précises, on choisira la valeur de 0,75.

Pour l'éclairage et le chauffage, b est toujours égal à 1.

C - FACTEUR DE SIMULTANÉITÉ

En l'absence d'indications plus précises, on prendra la valeur de c dans le tableau suivant :

Utilisation	Facteur de simultanéité
Éclairage	1
Chauffage et conditionnement d'air	1
Prises de courant	0,1 à 0,2
Ascenseurs et monte-charge :	
• moteur le plus puissant	1
• moteur suivant	0,75
• les autres	0,6

D - FACTEUR TENANT COMPTE DES PRÉVISIONS D'EXTENSION

La valeur du facteur d doit être estimée suivant les conditions prévisibles d'évolution de l'installation ; il est au moins égal à 1 et, pour les installations industrielles, une valeur d'au moins 1,2 est recommandée.

E - FACTEUR DE CONVERSION DES PUISSANCES EN INTENSITÉ

Le facteur de conversion de la puissance, **exprimée en kW**, en intensité exprimée en ampères est égal à :

- en monophasé 230 V, $e = 4,35$,
- en triphasé 400 V, $e = 1,40$.

2 / SECTION DES CONDUCTEURS ET DISPOSITIF DE PROTECTION CONTRE LES SURCHARGES

On a fait les hypothèses suivantes :

- la température ambiante n'est pas supérieure à 30 °C, mais peut atteindre occasionnellement 40 °C ;
- le nombre de conducteurs jointifs n'est pas supérieur à celui du tableau suivant :

Mode de pose	Isolation des conducteurs		Remarques
	Polychlorure de vinyl (*)	Polyéthylène réticulé	
Conduits, moulures, plinthes, goulottes, gaines, vides de construction, alvéoles, caniveaux	2 circuits jointifs au plus	3 circuits jointifs au plus	Des circuits sont considérés jointifs lorsque la section du conduit est inférieure à 3 fois la somme des sections des câbles.
Fixation aux parois, fixation aux plafonds, chemins de câbles, gouttières	Cibles jointifs en une seule couche	Cibles jointifs en deux couches	Ces câbles sont considérés jointifs si la distance moyenne les séparant est inférieure à 2 fois le diamètre du plus gros câble.

(*) Câbles ne dépassant pas une section de 35 mm².

Les dispositifs de protection indiqués dans les tableaux 2A et 2B assurent la protection contre les surcharges. Ils sont placés à l'origine des circuits qu'ils protègent. Pour des sections supérieures à 240 mm², il est fait usage de câbles monoconducteurs.

SECTION DU CONDUCTEUR NEUTRE

Les valeurs de la section réduite du neutre des tableaux 2A et 2B sont valables si :

- la puissance est en majeure partie absorbée par des appareils alimentés entre phases;
- le courant maximal circulant dans le neutre est inférieur au courant admissible dans la section réduite.

Cela est vrai si la somme des puissances alimentées entre phase et neutre est inférieure à 10 % de la puissance totale.

Dans le cas contraire, la section du neutre doit être la même que la section des phases.

3 / VÉRIFICATION DES CHUTES DE TENSION

Les tableaux 3A et 3B donnent les longueurs de canalisations correspondant à une chute de tension de 6 %. Ces longueurs sont calculées d'après le courant des tableaux 2A et 2B. Pour chaque canalisation, la chute de tension (en pour cent) est donnée par la relation :

$$u = 6 \times (L / L_{\max})$$

La somme de ces valeurs de l'origine à l'extrémité la plus éloignée ne doit pas dépasser 6 %.

4 / DÉTERMINATION DU POUVOIR DE COUPURE DES DISPOSITIFS DE PROTECTION

Si l'on connaît le courant de court-circuit I_{cc} à l'origine de l'installation, les tableaux 4A et 4B permettent de connaître le courant de court-circuit à l'extrémité d'une canalisation de section et de longueur données. On pourra prendre les valeurs de I_{cc} dans le tableau suivant :

S (kVA)	50	100	160	200	250	315	400	500	630	800	1 000	1 250	1 600	2 000
I_{cc} (kA)	1,7	3,4	5,5	6,9	8,6	11	13,8	17	22	24	27	31	37	42

Si l'installation est alimentée par plusieurs transformateurs fonctionnant en parallèle, le courant de court-circuit est pris égal à la somme des courants de court-circuit de chaque transformateur.

Sections des conducteurs et choix des dispositifs de protection contre les surcharges en fonction du courant d'emploi

TABLEAUX 2A ET 2B

COURANT MAXIMAL D'EMPLOI IB OU PLUS GRAND COURANT NOMINAL OU DE REGLAGE DU DISPOSITIF DE PROTECTION			SECTION MINIMALE DES CONDUCTEURS (mm ²)		
Fusibles gI- gG	Petits disjoncteurs	Disjoncteurs (*) d'usage général	Phase	Neutre	Protection ou PEN
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
2A CONDUCTEURS EN CUIVRE					
10	16	15	1.5	1.5	1.5
16	20	20	2.5	2.5	2.5
20	25	25	4	4	4
32	32	35	6	6	6
40	47	50	10	10	10
50	60	65	16	16	16
80	75	90	25	25	25
100	95	110	35	25(**)	25
125		160	50	25	25
160		210	70	35	35
200		250	95	50	50
250		300	120	70	70
315		340	150	70	70
315		390	185	70	70
400		480	240	95	95
400		530	300	150	150
400		520	2x120	120	120
500		600	2x150	150	150
630		690	2x185	150	150
630		730	3x120	185	185
630		840	3x150	185	185
800		960	3x185	240	240
2B CONDUCTEURS EN ALUMINIUM					
10	16	15	2.5	2.5	2.5
16	20	20	4	4	4
20	25	25	6	6	6
32	38	40	10	10	10
40	47	50	16	16	16
63	60	70	25	25	25
80	75	85	35	35	35
100		125	50	35(**)	35(**)
125		160	70	35	35
160		190	95	50	50
200		220	120	70	70
200		260	150	70	70
250		290	185	70	70
315		350	240	95	95
315		400	300	150	150
315		400	2x120	120	120
400		460	2x150	150	150
400		520	2x185	150	150
500		550	3x120	185	185
500		640	3x150	185	185
630		730	3x185	240	240
800		860	3x240	240	240

(*) Les valeurs du courant de réglage sont arrondies en tenant compte de la précision de réglage des disjoncteurs.

(**) Pour la section du conducteur neutre inférieure à celle des conducteurs de phase, voir paragraphe 2.

Longueurs maximales de canalisations (en mètres) correspondant à une chute de tension de 6 %

TABLEAUX 3A ET 3B

Section des conducteurs (mm ²)	MONOPHASE		TRIPHASE	
	230 V		400 V	
	L max	6/lmax	L max	6/lmax
3A CONDUCTEURS EN CUIVRE				
1.5	32	0.18	65	0.092
2.5	40	0.15	80	0.075
4	50	0.12	100	0.060
6	55	0.11	110	0.054
10	65	0.092	130	0.046
16	80	0.075	160	0.037
25	90	0.065	180	0.033
35	100	0.060	200	0.030
50	100	0.060	200	0.030
70	100	0.060	210	0.028
95	120	0.050	240	0.025
120	120	0.050	250	0.024
150	120	0.050	240	0.025
185	120	0.050	250	0.024
240	130	0.046	260	0.023
300	130	0.046	270	0.022
2 x 120			290	0.021
2 x 150			270	0.022
2 x 185			280	0.021
3 x 120			310	0.019
3 x 150			290	0.021
3 x 185			300	0.020
3B CONDUCTEURS EN ALUMINIUM				
2.5	32	0.18	65	0.092
4	40	0.15	80	0.075
6	45	0.13	90	0.066
10	50	0.12	95	0.063
16	60	0.10	120	0.050
25	70	0.085	140	0.043
35	80	0.075	160	0.037
50	75	0.080	150	0.040
70	85	0.070	170	0.035
95	95	0.063	190	0.031
120	100	0.060	210	0.028
150	95	0.063	190	0.031
185	100	0.060	200	0.030
240	100	0.060	210	0.028
300	110	0.054	220	0.027
2 x 120			230	0.026
2 x 150			220	0.027
2 x 185			230	0.026
3 x 120			250	0.024
3 x 150			230	0.026
3 x 185			240	0.025
3 x 240			260	0.023

Lorsque la longueur calculée est supérieure à la valeur correspondante au tableau 3A ou 3B, il y a lieu de choisir une section de conducteurs immédiatement supérieure sans modifier le courant nominal (ou de réglage) du dispositif de protection. La longueur maximale correspondant alors à une chute de tension de 6 % est égale à la longueur correspondant à la section initialement choisie multipliée par le rapport de la nouvelle section à la section initialement choisie.

Câbles et canalisations

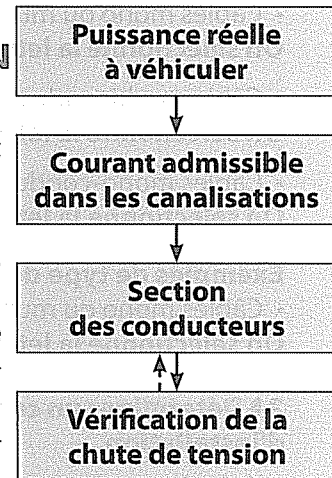
Dimensionnement d'une installation

A / DIMENSIONNEMENT D'UNE INSTALLATION

Le dimensionnement d'une installation consiste à faire **le choix optimal** des sections de câbles et des protections pour garantir un fonctionnement normal des équipements.

La démarche est la suivante :

- noter les puissances des récepteurs, les longueurs de câbles et leurs modes de poses,
- choisir la puissance de la source (transformateur...) à partir du **bilan de puissance** de l'installation (en tenant compte des coefficients d'utilisation et de correction),
- déterminer le courant d'emploi I_B pour dimensionner les câbles; le courant I_B est relatif à la puissance **réellement** véhiculée par le câble,
- déterminer le courant assigné I_n (normalisé) des dispositifs de protection; procéder éventuellement au réglage des protections (I_p) en fonction de la valeur du courant d'emploi I_B ,
- déterminer le courant I_z (courant admissible dans la canalisation), calculer ensuite le courant I'_z (intensité fictive tenant compte du mode de pose et des influences externes) pour dimensionner les sections des câbles,
- vérifier la chute de tension ainsi que les longueurs maximales des câbles (réajuster si nécessaire).



B / DÉTERMINATION DES SECTIONS DE CÂBLES

B1 - MÉTHODE CONVENTIONNELLE (d'après Schneider Electric)

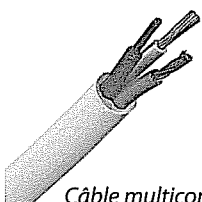
Les tableaux suivants permettent de déterminer la section des conducteurs de phase d'un circuit. Ils ne sont utilisables que pour des canalisations **non enterrées** et protégées par disjoncteur.

Pour obtenir la section des conducteurs de phase, il faut :

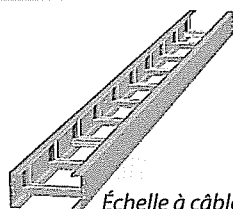
1) Déterminer une lettre de sélection qui dépend du conducteur utilisé et de son mode de pose

▷ Lettres de sélection

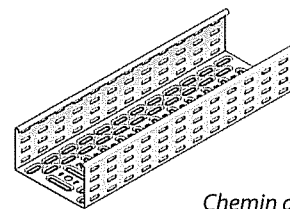
Type de conducteurs	Mode de pose	Lettre
Conducteurs et câbles multiconducteurs	sous conduit, profilé ou goulotte, en apparent ou encastré	B
	sous vide de construction, faux plafond	
	sous caniveau, moulures, plinthes, chambranles	
	en apparent contre mur ou plafond	C
sur chemin de câbles ou tablettes non perforées		
Câbles multiconducteurs	sur échelles, corbeaux, chemin de câbles perforé	E
	fixés en apparent, espacés de la paroi	
	câbles suspendus	
Câbles mono-conducteurs	sur échelles, corbeaux, chemin de câbles perforé	F
	fixés en apparent, espacés de la paroi	
	câbles suspendus	



Câble multiconducteur



Échelle à câbles



Chemin de câble perforé

Exemples de type de pose pour canalisations non enterrées :

- Câbles mono ou multiconducteurs dans des goulottes (moulures) fixées aux parois :

On sélectionne la lettre B

- Câbles mono ou multiconducteurs fixés aux murs :

On sélectionne la lettre C

- Câbles multiconducteurs sur des chemins de câbles (ou tablettes) perforés :

On sélectionne la lettre E

- Câbles mono-conducteurs sur des corbeaux :

On sélectionne la lettre F

Exemples de type de pose pour canalisations enterrées :

- Câbles mono ou multiconducteurs enterrés (sans protection ni fourreau) :

On sélectionne la lettre D

2) Déterminer un coefficient K qui caractérise l'influence des différentes conditions d'installation.

Ce coefficient **K** s'obtient en multipliant les facteurs de correction, **K1**, **K2**, **K3**, **Kn** et **Ks** :

- le facteur de correction **K1** prend en compte le mode de pose,
- le facteur de correction **K2** prend en compte l'influence mutuelle des circuits placés côte à côte,
- le facteur de correction **K3** prend en compte la température ambiante et la nature de l'isolant,
- le facteur de correction du neutre chargé **Kn**,
- le facteur de correction dit de symétrie **Ks**.

Pour simplifier nous ne tiendrons pas compte des facteurs **Kn** et **Ks**, nous prendrons :

$$K = K1 \times K2 \times K3$$

▷ Facteur de correction K1

Lettre	Cas d'installation	K1
B, C	Câbles dans profilés encastrés directement dans matériaux thermiquement isolants	0,70
	Conduits encastrés dans des matériaux thermiquement isolants	0,77
	Câbles multiconducteurs	0,90
	Vides de construction et caniveaux	0,95
C	Pose sous plafond	0,95
B, C, E, F	Autres cas	1,00

Exemples de détermination du facteur K1 :

- pour les câbles installés dans les vides de construction :

Le tableau ci-dessus donne : **K1 = 0,95**

- pour les câbles installés dans des faux-plafonds :

K1 = 0,95

- pour les câbles installés sur des corbeaux :

K1 = 1 (autres cas)

▷ Remarque :

Pour les lettres de sélection E et F, quels que soient les cas d'installation, K1 = 1

▷ Facteur de correction K2

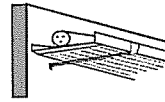
Lettre	Disposition des câbles jointifs	Nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
B, C	encastrés ou noyés dans les parois	1	0,8	0,7	0,65	0,6	0,57	0,54	0,52	0,5	0,45	0,41	0,38
C	simple couche sur murs ou planchers ou tablettes non perforées	1	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,7	0,7		
	simple couche au plafond	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61		
E, F	simple couche sur tablettes horizontales perforées ou tablettes verticales	1	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72	0,72		
	simple couche sur échelles ou corbeaux	1	0,87	0,82	0,8	0,8	0,79	0,79	0,78	0,78	0,78		

Exemples de détermination du facteur K2 :

- pour 1 câble multiconducteur posé sur une tablette perforée (1 seul circuit)

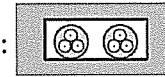
(et pour une lettre de sélection C par exemple) :

Le tableau ci-dessus donne : **K2 = 1**



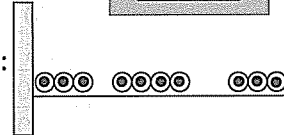
- pour 2 câbles noyés dans la construction (et pour une lettre de sélection C) :

K2 = 0,8



- pour 3 circuits de câbles monoconducteurs posés sur des corbeaux : (lettre de sélection F)

K2 = 0,82



▷ Facteur de correction K3

Température ambiante (°C)	Isolation		
	Élastomère (caoutchouc)	Polychlorure de vinyle (PVC)	Polyéthylène réticulé (PR) butyle, éthylène, propylène (EPR)
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
20	1,15	1,12	1,08
25	1,07	1,07	1,04
30	1,00	1,00	1,00
35	0,93	0,93	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55		0,61	0,76
60		0,50	0,71

Exemples de détermination du facteur K3 :

- pour un câble en PVC sous une température de 20°, le tableau ci-dessus donne :

K3 = 1,12

- pour un câble en polyéthylène réticulé (PR) soumis à une température de 40°

K3 = 0,91

- pour un câble en caoutchouc (PR) soumis à une température de 30°

K3 = 1

On détermine le facteur de correction global **K** en multipliant les facteurs de correction.

$$K = K1 \times K2 \times K3$$

3 D Déterminer la section de phase en fonction de l'intensité fictive I'_z

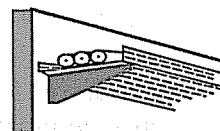
À partir du courant d'emploi I_B , nous pouvons déterminer la section du câble en choisissant le courant I_z (courant admissible dans la canalisation) mais nous devons tenir compte des influences externes (par l'intermédiaire du coefficient K) ; nous devons donc appliquer la relation suivante : $I'_z = \frac{I_z}{K}$
 I'_z : intensité fictive tenant compte du mode de pose et des influences externes.

		Isolant et nombre de conducteurs chargés (3 ou 2)								
I'_z		Caoutchouc ou PVC			Butyle ou PR ou éthylène PR					
Lettre de sélection	B	PVC3	PVC2		PR3		PR2			
	C		PVC3		PVC2	PR3		PR2		
	E			PVC3		PVC2	PR3		PR2	
	F				PVC3		PVC2	PR3		PR2
Section cuivre (mm ²)	1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26	
	2,5	21	24	25	27	30	31	33	36	
	4	28	32	34	36	40	42	45	49	
	6	36	41	43	48	51	54	58	63	
	10	50	57	60	63	70	75	80	86	
	16	68	76	80	85	94	100	107	115	
	25	89	96	101	112	119	127	138	149	161
	35	110	119	126	138	147	158	169	185	200
	50	134	144	153	168	179	192	207	225	242
	70	171	184	196	213	229	246	268	289	310
	95	207	223	238	258	278	298	328	352	377
	120	239	259	276	299	322	346	382	410	437
	150		299	319	344	371	395	441	473	504
	185		341	364	392	424	450	506	542	575
	240		403	430	461	500	538	599	641	679
	300		464	497	530	576	621	693	741	783
	400					656	754	825		940
500					749	868	946		1 083	
630					855	1 005	1 088		1 254	
Section aluminium (mm ²)	2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	25	26	28	
	4	22	25	26	28	31	33	35	38	
	6	28	32	33	36	39	43	45	49	
	10	39	44	46	49	54	59	62	67	
	16	53	59	61	66	73	79	84	91	
	25	70	73	78	83	90	98	101	108	121
	35	86	90	96	103	112	122	126	135	150
	50	104	110	117	125	136	149	154	164	184
	70	133	140	150	160	174	192	198	211	237
	95	161	170	183	195	211	235	241	257	289
	120	186	197	212	226	245	273	280	300	337
	150		227	245	261	283	316	324	346	389
	185		259	280	298	323	363	371	397	447
	240		305	330	352	382	430	439	470	530
	300		351	381	406	440	497	508	543	613
400					526	600	663		740	
500					610	694	770		856	
630					711	808	899		996	

Exemples de détermination de la section d'un câble :

Déterminons la section de 3 câbles unipolaires en cuivre d'une alimentation triphasée.
 Les câbles sont posés seuls, en simple couche, sur des chemins de câbles perforés.
 L'isolant est le polyéthylène réticulé et la température est de 40°.

Le courant d'emploi est de 370 A, nous prenons un courant I_z dans la canalisation ($I_z = I_N$) de 400 A.



► **Solution :**

Lettre sélection	K1	K2	K3	$K = K1 \times K2 \times K3$	$I_z = \frac{I_z}{K} = \frac{400}{0,91}$	Isolant et nombre de conducteurs	Section d'un câble
F	1	1	0,91	0,91	440 A	Colonne PR3 (3 : triphasé)	150 mm ²

► **Normes concernant le conducteur de protection :**

La norme impose la même section entre le conducteur de phase et le conducteur de neutre (ou PE) pour les sections ≤ 16 mm² en cuivre et ≤ 25 mm² en aluminium.

Pour les sections supérieures à 35 mm², la section du neutre peut être **la moitié** de la section de phase. Au-delà, le tableau ci-dessous donne les sections minimales à respecter.

Section du conducteur de protection en triphasé (cuivre)	
Section du conducteur de phase S_{PH}	Section du conducteur de protection S_{PE}
$S_{PH} \leq 16$ mm ²	$S_{PE} = S_{PH}$
$16 < S_{PH} \leq 35$ mm ²	$S_{PE} = 16$ mm ²
$S_{PH} > 35$ mm ²	$S_{PE} = \frac{S_{PH}}{2}$

B2 - DÉTERMINATION DE LA SECTION PAR LA MÉTHODE SIMPLIFIÉE (D'APRÈS LA NORME UTE C 15-104)

Pour déterminer la section des conducteurs de phase d'un circuit par la méthode simplifiée :

- déterminer le courant d'emploi I_B ,
- déterminer les sections d'après les tableaux en prenant le courant d'emploi I_B ou le courant de réglage I_r du dispositif de protection s'il est supérieur à I_B .

1) Détermination du courant d'emploi I_B

Le courant I_B correspond à la plus grande puissance transportée par le circuit en service normal.

Ce courant dépend directement de la puissance des appareils alimentés par le circuit, il est déterminé à partir du courant absorbé et corrigé selon plusieurs facteurs.

Le courant d'emploi I_B est calculé à partir de la relation suivante :

$$I_B = P_n \times a \times b \times c \times d \times e$$

P_n : puissance nominale de l'installation

a : facteur tenant compte du facteur de puissance et du rendement des récepteurs.

b : facteur d'utilisation des appareils.

c : facteur de simultanéité.

d : facteur tenant compte des prévisions d'extension.

e : facteur de conversion des puissances en intensités.

► **Le facteur a :**

Ce facteur tient compte du facteur de puissance et du rendement des récepteurs :

$$a = \frac{1}{\eta \cdot \cos \varphi}$$

En l'absence d'indications précises, le tableau suivant donne les valeurs moyennes de a .

(*) a est déterminé suivant les données (η et $\cos \varphi$) des constructeurs.

Récepteurs	a
Éclairage	1,2 à 1,8
Chauffage par résistance	1
Moteurs :	1,2 à 2 (*)
• $P < 3$ kW	2
• 3 kW $< P < 40$ kW	1,5
• $P > 40$ kW	1,2

▷ **Le facteur b :**

Le facteur d'utilisation **b** concerne surtout les installations industrielles et plus particulièrement les moteurs qui fonctionnent en régime variable, la puissance absorbée peut varier de **0,3 à 0,9** de la puissance nominale.

En l'absence d'indications plus précises on adopte la valeur de **0,75**.

Pour les appareils d'éclairage et de chauffage le facteur d'utilisation est toujours égal à **1**.

▷ **Le facteur c :**

La détermination du facteur de simultanéité **c** nécessite la connaissance détaillée de l'installation et de ses conditions d'exploitation, en particulier pour les prises de courant et les moteurs.

En l'absence de données précises les facteurs **c** peuvent être pris dans le tableau suivant :

Utilisation	Facteur de simultanéité c
Éclairage	1
Chauffage et conditionnement d'air	1
Prises de courant	0,1 à 0,2
Ascenseurs et monte-charge :	
• moteur le plus puissant	1
• moteur suivant	0,75
• les autres moteurs	0,6

▷ **Le facteur d :**

La valeur du facteur d'extension **d** doit être estimée suivant les extensions possibles ; il est au moins égal à 1. La valeur recommandée pour les installations industrielles est **d = 1,2**.

▷ **Le facteur e :**

Le facteur de conversion de la puissance exprimé en kW ou en kVA, en intensité exprimée en ampères est fonction de la tension et du type de réseau :

- en **monophasé 240 V, e = 4,16,**
- en **triphasé 400 V, e = 1,4.**

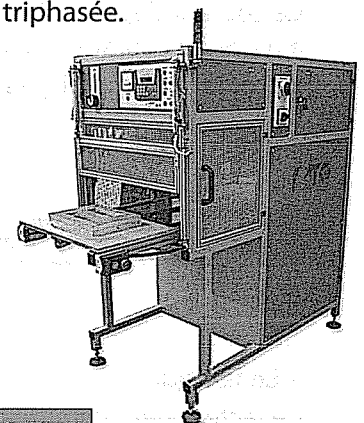
Exemple de détermination de la section d'un câble par la méthode simplifiée :

Déterminons les sections (en cuivre) de phase et de protection électrique d'une machine d'emballage :

- le moteur triphasé de la machine a une puissance de 20 kW avec un $\cos \varphi = 0,86$.
- la protection est assurée par un disjoncteur, l'alimentation est en 400 V triphasé.

▷ **Solution :**

Coefficient	Valeur	Justification
a	1,5	La puissance du moteur est de 20 kW
b	0,75	Absence de données plus précises
c	1	1 seul moteur
d	1,2	Valeur recommandée
e	1,4	Réseau triphasé



Formule	Application	Résultat
$I_B = P_n \cdot a \cdot b \cdot c \cdot d \cdot e$	$I_B = 20 \times 1,5 \times 0,75 \times 1 \times 1,2 \times 1,4$	$I_B = 37,9 \text{ A}$

Section des conducteurs de phase S_{ph}	Section des conducteurs de protection S_{pe}	Justification
10	10	Valeur supérieure à I_B

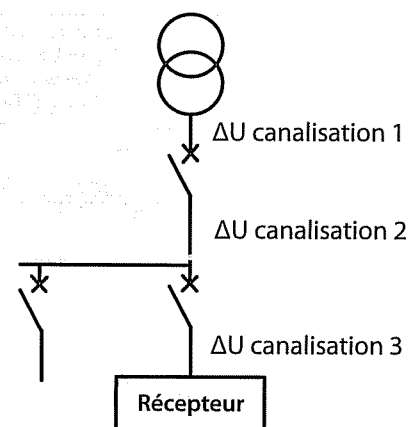
► Important :

Les chutes de tension doivent **s'additionner** en partant de la source jusqu'au récepteur terminal.

Dans le schéma ci-contre, nous devons additionner les 3 chutes de tensions pour déterminer la chute de tension au niveau du récepteur : **$\Delta U_{\text{total}} = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3$**

Il faut toujours vérifier que la chute de tension ne dépasse pas les valeurs normalisées.

Lorsque la chute de tension dépasse les valeurs admissibles, il convient de prendre la section immédiatement supérieure et de vérifier à nouveau.



Exemple de détermination de la chute de tension par tableau :

Dans une installation industrielle, un four électrique à résistances alimenté sous 400 V triphasé, de puissance 38 kW ($I_n = 55$ A), est alimenté par 110 m de câble cuivre triphasé de section 16 mm².

La chute de tension entre l'origine de l'installation et le four est évaluée à 1,3 %.

La chute de tension totale en régime permanent dans la ligne est-elle admissible ?

► Solution :

Pour $L = 100$ m, le tableau page précédente donne : $\Delta U = 3,6$ %

Pour $L = 110$ m, on a donc : $\Delta U_{\text{canalisation}} = 3,6 \times (110/100) = 4$ %

La chute de tension entre l'origine de l'installation et le four vaut donc :

$$\Delta U_{\text{total}} = \Delta U_{\text{ligne}} + \Delta U_{\text{canalisation}}$$

$$\Delta U_{\text{total}} = 1,3 \text{ \%} + 4 \text{ \%} = 5,3 \text{ \%}$$

La chute de tension normalisée des fours (8 %) est respectée.

La tension de fonctionnement des fours est admissible.

C3 - FORMULES DE CALCUL DE LA CHUTE DE TENSION

C3.1 ► Formule (d'après la norme NFC 15 100)

Les chutes de tension sont déterminées à partir du courant d'emploi et des paramètres suivants :

$$\Delta u = b \left(\rho_1 \frac{L}{S} \cos \varphi + \lambda L \sin \varphi \right) I_B$$

Δu : chute de tension (V)

b : coefficient dont la valeur est de : **1** en triphasé, **2** en monophasé et en continu

ρ_1 : résistivité (pour le cuivre **0,023 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$** , pour l'aluminium **0,037 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$**)

L : longueur de la canalisation (m)

S : section des conducteurs (mm²)

λ : réactance linéique des conducteurs (**$\Omega\cdot\text{m}$**) (la valeur moyenne est généralement égale à **0,08 m $\Omega\cdot\text{m}$**)

I_B : courant d'emploi (A)

Exemple de détermination de la chute de tension par calcul :

Vérifier que la chute de tension ne dépasse pas 2 % sur une portion de ligne alimentée par un câble en cuivre de section 70 mm², le courant d'emploi I_B est de 200 A (sous une tension de triphasée 400 V), la longueur L est de 140 m et le $\cos \varphi$ est de 0,8.

► Solution :

$$\Delta U = b \left(\rho \frac{L}{S} \cos \varphi + \lambda L \sin \varphi \right) I_B$$

$$\Delta u = 1 \left(0,023 \times \frac{140}{70} \times 0,8 + 0,08 \cdot 10^{-3} \times 140 \times 0,6 \right) \times 200$$

$$\Delta u = (0,0368 + 0,0067) \times 120$$

$$\Delta u = \mathbf{5,22 \text{ V}}$$

En pourcentage :

$$\Delta U \% = 100 \frac{\Delta U}{U} = 100 \frac{5,22}{400} = \mathbf{1,3 \text{ \%}}$$

La chute de tension **1,3 %** est correcte car elle ne dépasse pas la valeur admissible de **2 %** sur la portion du circuit.

C3.2 ▸ Autre formule de calcul de la chute de tension

Nous pouvons appliquer cette formule (pour le triphasé)

$$\Delta u = \sqrt{3} I_B L (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

Δu : chute de tension (V)

I_B : courant d'emploi (A)

L : longueur de la canalisation (km)

R : résistance linéique des conducteurs (Ω/km)

X : réactance des conducteurs (Ω) (elle est négligeable pour des sections inférieures à 50 mm²).

En l'absence d'autre indication, on prend **0,08 m Ω /km**

Exemple de détermination de la chute de tension par calcul :

Calculons la chute de tension d'un câble en cuivre de section 150 mm² alimentant des moteurs d'un site industriel :

le courant d'emploi I_B est de 420 A (sous une tension de triphasée 400 V), la longueur L est de 100 m, la résistance linéique R du câble (U1000R2V 4 × 150 mm²) relevée sur tableau est de 0,124 Ω/km et le $\cos \varphi$ est de 0,8.

▸ Solution :

$$\Delta u = \sqrt{3} I_B L (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

$$\Delta u = \sqrt{3} \times 420 \times 0,1 (0,124 \times 0,8 + 0,08 \times 0,6)$$

$$\Delta u = \mathbf{10,71 \text{ V}}$$

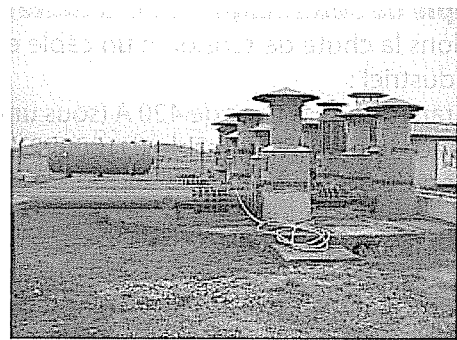
En pourcentage :

$$\Delta U \% = 100 \frac{\Delta U}{U} = 100 \frac{10,71}{400} = \mathbf{2,68 \%}$$

La chute de tension **2,68 %** est inférieure à la valeur admissible normalisée de **8 %**.

Projet 9 Projets d'études sur la gestion de l'énergie électrique et la tarification

L'étude concerne une station de pompage agricole



► Vous disposez d'une facture sur relevé relative à la station d'irrigation (page 130)

Question ► 9.1

Quel est le type de tarification concernant la station ?

Voir exemple de lecture d'une facture cours 9 pages 141 et 142

Question ► 9.2

Justifiez la politique tarifaire du fournisseur d'énergie (EDF).

Voir cours 9 page 134 paragraphe A1

Question ► 9.3

Précisez la signification des abréviations figurant sur la facture (page 130).

Voir cours 9 page 137 paragraphe B1

HPE	
HCE	
HP	
P	

Question ► 9.4

Relevez la valeur de l'énergie réactive mesurée en P + HP. Précisez les unités.

Voir exemple de lecture d'une facture cours 9 pages 141 et 142

Valeur énergie réactive	Unité

Question 9.5

Qu'engendre la limitation de l'énergie réactive vis-à-vis du fournisseur et du réseau ?

Voir cours 9 page 136 paragraphe A3.2

.....

.....

.....

.....

.....

Question 9.6

Citez un moyen permettant la limitation de l'énergie réactive.

Voir cours 9 page 140 (Remarque), lire également le rappel pages 135 et 136

.....

Question 9.7

Vérifiez par le calcul la valeur de la tangente φ au secondaire du transformateur (facture page 130).

Voir exemple de lecture d'une facture cours 9 pages 141 et 142

tan φ =	Vérification

Question 9.8

Choisir la puissance des condensateurs de compensation permettant de relever la tan φ à la valeur 0,4 (tableau page 131).

Voir exemple de détermination de la valeur de la puissance des condensateurs cours 9 page 141

.....

Question 9.9

Citez quelques moyens permettant la limitation de l'énergie active pendant les périodes de pointe.

Indiquer les moyens : cours 9 pages 134 et 135 paragraphe A2

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

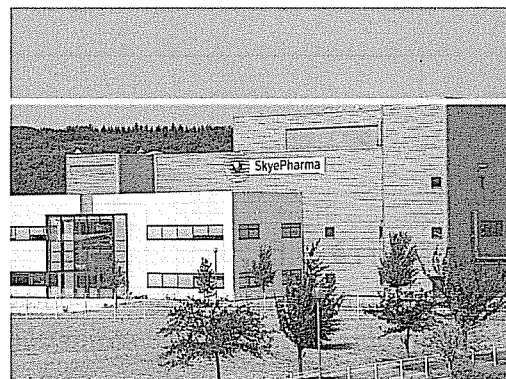
[1 - Extraits du sujet zéro Bac pro ELEEC]

Usine pharmaceutique

Partie A1 – Gestion de l'énergie :

Une analyse de la consommation d'énergie électrique a permis de constater que l'énergie réactive facturée est importante malgré la présence d'une compensation au niveau de chacun des trois transformateurs de distribution de l'énergie.

On vous propose d'étudier la possibilité de réduire la facture en ajoutant des batteries de condensateurs à celles existantes.



► Détermination de la puissance réactive totale à fournir par les batteries de condensateurs

Question ► 9.10

Calculez à partir des énergies actives et réactives mesurées au mois de février (documents pages 132) la tangente φ correspondante.

Additionner les relevés en pointe et heures pleines de l'énergie active.

Voir exemple de lecture d'une facture cours 9 pages 141 et 142

	Application numérique	Résultat
Énergie active (W_a) mesurée en P + HPH		

Additionner les relevés en pointe et heures pleines de l'énergie réactive

	Application numérique	Résultat
Énergie réactive (W_r) mesurée en P + HPH		

Voir exemple de lecture d'une facture cours 9 pages 141 et 142

	Formule	Application numérique	Résultat
Tangente φ correspondante			

Question 9.11

Calculez à partir de l'énergie active mesurée au mois de février, l'énergie réactive en franchise (pour $\tan \varphi = 0,4$). En déduire l'énergie réactive à compenser.

Voir le calcul dans l'exemple de lecture d'une facture cours 9 pages 141 et 142

	Application numérique	Résultat
Énergie réactive en franchise (W_{rf})		

Voir le calcul dans l'exemple de lecture d'une facture cours 9 pages 141 et 142

	Application numérique	Résultat
Énergie réactive à compenser (W_{rc})		

Question 9.12

Calculez le temps à prendre en compte sachant que le mois de février est pris comme référence pour le calcul et comporte 28 jours dont 4 dimanches (considérez que pour les autres jours du mois l'usine fonctionne 24 h /24 et 6 jours sur 7).

Effectuer les calculs en utilisant les valeurs données dans l'énoncé (pas de travail le dimanche et seules les heures pleines de 6 h à 22 h doivent être prises en compte d'après la documentation Tarif vert page 133)

Nombre de jours travaillés dans le mois	Nombre d'heures à prendre en compte dans la journée	Temps à prendre en compte	
		Application numérique	Nombre total d'heures travaillées $t =$

Question 9.13

Déterminez la puissance réactive totale (Q_{rc}) à fournir par les batteries de condensateurs afin d'éviter la facturation d'énergie réactive.

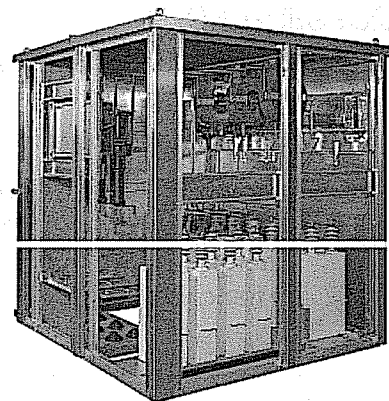
Effectuer le calcul en appliquant la relation : $Q_{rc} = \frac{W_{rc}}{t}$

	Formule	Application numérique	Résultat
Puissance réactive totale (Q_{rc}) :			

Question 9.14

Déterminez la puissance réactive totale à fournir.

Relever sur le tableau de la documentation page 133 la valeur de la puissance des condensateurs la plus proche possible de la valeur calculée précédemment



Puissance réactive	
---------------------------	--

Documentation : extrait de la facture sur relevé

TARIF VERT A5 COURTES UTILISATIONS							
PRIMES FIXES, REDEVANCE ET FRAIS DIVERS							
PRIME FIXE AOUT (MINOREE DE 4,0% POUR CONTRAT DE 6 ANS) • REDEVANCE DE PETIT ENTRETIEN DU COMPTAGE							
ENERGIE ACTIVE							
Période tarifaire	Consommation enregistrée	Consommation accessoire	Pertes fer	Pertes Joule	Consommation en décompte	Consommation à facturer	Prix unitaire en centimes
HPE	5966		429	59		6454	21,05
HCE	9864		318	98		10280	13,05
TOTAL	15830		747	157		16734	
ENERGIE REACTIVE (en kvarh) FACTUREE SUR LA BASE TANGENTE PHI = 0,40							
Energie réactive mesurée en P + HP	Energie active mesurée en P + HP	Tangente PHI secondaire primaire		Kvarh consommés	Kvarh en franchise	Kvarh à facturer	Prix unitaire en centimes
3300	5966	0,553	0,643	4149	2581	1568	

► Tableau de conversion

Ce tableau permet, à partir de la puissance d'un récepteur en kW, de calculer la puissance des condensateurs pour passer d'un facteur de puissance initial à un facteur de puissance désiré. Il donne également la correspondance entre $\cos \varphi$ et $\tan \varphi$.

Facteur de puissance initial		Puissance condensateur en kvar à installer par kW de charge pour relever le facteur de puissance à :										
$\cos \varphi$	$\tan \varphi$	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1
0,40	2,29	1,805	1,832	1,861	1,895	1,924	1,959	1,998	2,037	2,085	2,146	2,288
0,41	2,22	1,742	1,769	1,798	1,831	1,840	1,896	1,935	1,973	2,021	2,082	2,225
0,42	2,16	1,681	1,709	1,738	1,771	1,800	1,836	1,874	1,913	1,961	2,002	2,164
0,43	2,10	1,624	1,651	1,680	1,713	1,742	1,778	1,816	1,855	1,903	1,964	2,107
0,44	2,04	1,558	1,585	1,614	1,647	1,677	1,712	1,751	1,790	1,837	1,899	2,041
0,45	1,98	1,501	1,532	1,561	1,592	1,626	1,659	1,695	1,737	1,784	1,846	1,988
0,46	1,93	1,446	1,473	1,502	1,533	1,567	1,600	1,636	1,677	1,725	1,786	1,929
0,47	1,88	1,397	1,425	1,454	1,485	1,519	1,532	1,588	1,629	1,677	1,758	1,881
0,48	1,83	1,343	1,370	1,400	1,430	1,464	1,467	1,534	1,575	1,623	1,684	1,826
0,49	1,78	1,297	1,326	1,355	1,386	1,420	1,453	1,489	1,530	1,578	1,639	1,782
0,50	1,73	1,248	1,276	1,303	1,337	1,369	1,403	1,441	1,481	1,529	1,590	1,732
0,51	1,69	1,202	1,230	1,257	1,291	1,323	1,357	1,395	1,435	1,483	1,544	1,686
0,52	1,64	1,160	1,188	1,215	1,249	1,281	1,315	1,353	1,393	1,441	1,502	1,644
0,53	1,60	1,116	1,144	1,171	1,205	1,237	1,271	1,309	1,349	1,397	1,458	1,600
0,54	1,56	1,075	1,103	1,130	1,164	1,196	1,230	1,268	1,308	1,356	1,417	1,559
0,55	1,52	1,035	1,063	1,090	1,124	1,156	1,190	1,228	1,268	1,316	1,377	1,519
0,56	1,48	0,996	1,024	1,051	1,085	1,117	1,151	1,189	1,229	1,277	1,338	1,480
0,57	1,44	0,958	0,986	1,013	1,047	1,079	1,113	1,151	1,191	1,239	1,300	1,442
0,58	1,40	0,921	0,949	0,976	1,010	1,042	1,073	1,114	1,154	1,202	1,263	1,405
0,59	1,37	0,884	0,912	0,939	0,973	1,005	1,039	1,077	1,117	1,165	1,226	1,368
0,60	1,33	0,849	0,878	0,905	0,939	0,971	1,005	1,043	1,083	1,131	1,192	1,334
0,61	1,30	0,815	0,843	0,870	0,904	0,936	0,970	1,008	1,048	1,096	1,157	1,299
0,62	1,27	0,781	0,809	0,836	0,870	0,902	0,936	0,974	1,014	1,062	1,123	1,265
0,63	1,23	0,749	0,777	0,804	0,838	0,870	0,904	0,942	0,982	1,030	1,091	1,233
0,64	1,20	0,716	0,744	0,771	0,805	0,837	0,871	0,909	0,949	0,997	1,058	1,200
0,65	1,17	0,685	0,713	0,740	0,774	0,806	0,840	0,878	0,918	0,966	1,007	1,169
0,66	1,14	0,654	0,682	0,709	0,743	0,775	0,809	0,847	0,887	0,935	0,996	1,138
0,67	1,11	0,624	0,652	0,679	0,713	0,745	0,779	0,817	0,857	0,905	0,966	1,108
0,68	1,08	0,595	0,623	0,650	0,684	0,716	0,750	0,788	0,828	0,876	0,937	1,079
0,69	1,05	0,565	0,593	0,620	0,654	0,686	0,720	0,758	0,798	0,840	0,907	1,049
0,70	1,02	0,536	0,564	0,591	0,625	0,657	0,691	0,729	0,796	0,811	0,878	1,020
0,71	0,99	0,508	0,536	0,563	0,597	0,629	0,663	0,701	0,741	0,783	0,850	0,992
0,72	0,96	0,479	0,507	0,534	0,568	0,600	0,634	0,672	0,721	0,754	0,821	0,963
0,73	0,94	0,452	0,480	0,507	0,541	0,573	0,607	0,645	0,685	0,727	0,794	0,936
0,74	0,91	0,425	0,453	0,480	0,514	0,546	0,580	0,618	0,658	0,700	0,767	0,909
0,75	0,88	0,398	0,426	0,453	0,487	0,519	0,553	0,591	0,631	0,673	0,740	0,882
0,76	0,86	0,371	0,399	0,426	0,460	0,492	0,526	0,564	0,604	0,652	0,713	0,855
0,77	0,83	0,345	0,373	0,400	0,434	0,466	0,500	0,538	0,578	0,620	0,687	0,829
0,78	0,80	0,319	0,347	0,374	0,408	0,440	0,474	0,512	0,552	0,594	0,661	0,803
0,79	0,78	0,292	0,320	0,347	0,381	0,413	0,447	0,485	0,525	0,567	0,634	0,776
0,80	0,75	0,266	0,294	0,321	0,355	0,387	0,421	0,459	0,499	0,541	0,608	0,750
0,81	0,72	0,240	0,268	0,295	0,329	0,361	0,395	0,433	0,473	0,515	0,582	0,724
0,82	0,70	0,214	0,242	0,269	0,303	0,335	0,369	0,407	0,447	0,489	0,556	0,698
0,83	0,67	0,188	0,216	0,243	0,277	0,309	0,343	0,381	0,421	0,463	0,530	0,672
0,84	0,65	0,162	0,190	0,217	0,251	0,283	0,317	0,355	0,395	0,437	0,504	0,645
0,85	0,62	0,136	0,164	0,191	0,225	0,257	0,291	0,329	0,369	0,417	0,478	0,602
0,86	0,59	0,109	0,140	0,167	0,198	0,230	0,264	0,301	0,343	0,390	0,450	0,593
0,87	0,57	0,083	0,114	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,317	0,364	0,424	0,567
0,88	0,54	0,054	0,085	0,112	0,143	0,175	0,209	0,246	0,288	0,335	0,395	0,538
0,89	0,51	0,028	0,059	0,086	0,117	0,149	0,183	0,230	0,262	0,309	0,369	0,512
0,90	0,48		0,031	0,058	0,089	0,121	0,155	0,192	0,234	0,281	0,341	0,484

Electricité de France

FACTURE N° 03335 00151 57 DU 02/03/03						
RELEVÉ DE VOS CONSOMMATIONS DU 01/02/03 AU 01/03/03						
PUISSANCE CONTRÔLÉE PAR COMPTEUR ÉLECTRONIQUE						
Poste horaire	Valeur relevée	Coefficient de facture	Valeur mesurée	Forfait + ou -	Valeur retenue	
P	965,00	1,0000	965,00		965,00	
HP	1100,00	1,0000	1100,00		1100,00	
HC	870,00	1,0000	870,00		870,00	
Période tarifaire	Puissance souscrite	Puissance en kW				Dépassement QUATRA
		Retenues	Pertes	Décompte	Atteinte	
P	960	965,00		0	965	965
HPH	960	1100,00		0	1100	1172
HCH	960	870,00		0	870	
HPE	960					
HCE	960					

PUISSANCE RÉDUITE SOUSCRITE (PR) : 960,0 kW

ENERGIE ACTIVE		kWh		
COMPTEURS MONOPHASES	Nouvel Index			
	Ancien Index			
	Coefficient			
1^{er} compteur	Correction-Forfait			
	Sous total			
2^{ème} compteur	Nouvel Index			
	Ancien Index			
	Coefficient			
	Correction-Forfait			
	Sous total			
3^{ème} compteur	Nouvel Index			
	Ancien Index			
	Coefficient			
	Correction-Forfait			
	Sous total			
TOTAL				
COMPTEURS TRIPHASES	Nouvel Index	1086290		
	Ancien Index	1002370		
	Coefficient	1,0000		
Pointe	Correction-Forfait			
	Sous total	83920		
Heures Pleines	Nouvel Index	16013847		
	Ancien Index	15761661		
	Coefficient	1,0000		
	Correction-Forfait			
	Sous total	252186		
Heures creuses	Nouvel Index	9459947		
	Ancien Index	9246703		
	Coefficient	1,0000		
	Correction-Forfait			
	Sous total	213244		
TOTAL		549350		
ENERGIE REACTIVE		P	HP	
Pointe +	Nouvel Index	489209	7296467	
	Ancien Index	438766	7145023	
	Coefficient	1,0000	1,0000	
Heures pleines	Correction-Forfait			
TOTAL kVARh		50443	151444	

Le Tarif Vert « A₅ »

Option Base

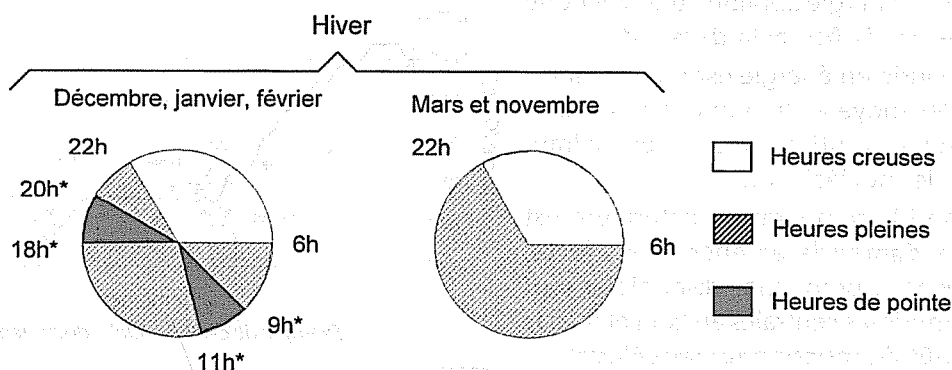
Deux saisons :

- hiver : de novembre à mars inclus
- été : d'avril à octobre inclus

Chaque jour :

- des heures pleines de 6h à 22h
- des heures creuses de 22h à 6h

En plus, en décembre, janvier et février, tous les jours sauf le dimanche, il existe une période tarifaire supplémentaire dite période de pointe pendant deux heures le matin et deux heures le soir.



Energie réactive

Facturation en pointe (fixe ou mobile), et pendant les heures pleines d'hiver de l'énergie réactive excédant 40 % de l'énergie active consommée pendant les mêmes périodes.

Facturation des dépassements

Chaque mois et pour chaque période tarifaire.

557 Condensateurs de puissance

557.2 Points à considérer pour le choix des condensateurs

557.2.6 Surintensités

Les condensateurs sont prévus normalement pour pouvoir fonctionner de manière permanente sous un courant permanent égal à 1,3 fois le courant engendré par la tension sinusoïdale assignée sous la fréquence assignée, transitoires exclues. Ils doivent être protégés pour toute surintensité de valeur supérieure.

Tension Réseau (V)	Puissance Nominale (kVAR à 400 V)	Tension dimensionnement (V)	Puissance dimensionnement (kVAR) à 440 V	Référence	Régulation (kVAR)
400 / 425 V 50 Hz	50	440 / 470 V 50 Hz	60	MS 6044	2 x 25
	75		90	MS 9044	3 x 25
	100		120	MS 12044	4 x 25
	125		150	MS 15044	5 x 25
	150		180	MS 18044	6 x 25
	175		210	MS 21044	7 x 25
	200		240	MS 24044	4 x 50
	250		300	MS30044	5 x 50
	300		360	MS 36044	6 x 50
	350		420	MS 42044	7 x 50
	400		480	MS 48044	8 x 50

A / LA GESTION DE L'ÉNERGIE

La gestion de l'énergie consiste à réduire au maximum la consommation de l'énergie électrique sans nuire à la production nécessaire, au confort...

Gérer c'est également adapter les consommations aux plages tarifaires du fournisseur de l'énergie.

A1 - GESTION DE LA PRODUCTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Le stockage de l'électricité étant impossible, il faut gérer la production en fonction de la demande.

Le fournisseur d'énergie applique une politique tarifaire basée sur l'offre et la demande.

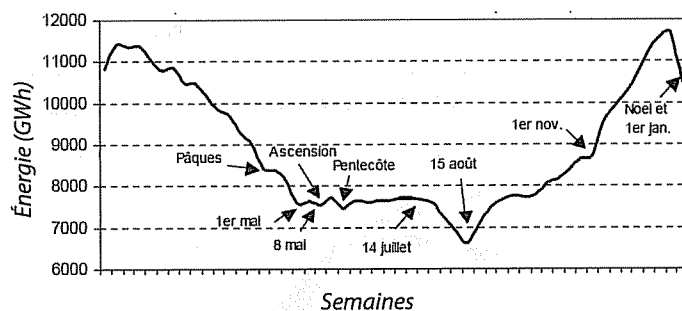
L'été, la demande en énergie est moins importante, seuls les moyens de production les plus **économiques** sont utilisés (centrales hydrauliques, centrales nucléaires...).

L'hiver, quand la température extérieure est très basse, la **demande** en énergie est **forte**, tous les moyens de production disponibles sont utilisés (y compris les centrales au fioul et au gaz qui ont un **coût de fonctionnement élevé**).

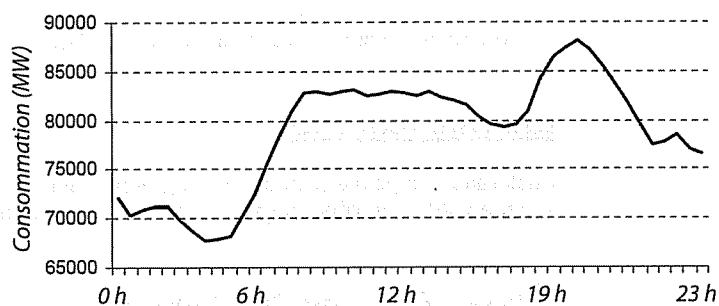
La courbe de la consommation sur une journée est caractérisée par 4 points :

- le creux de nuit, qui correspond au minimum de la consommation,
- la pointe du matin,
- le creux d'après-midi,
- la pointe du soir.

Le maximum de consommation est atteint à la pointe du soir vers 19 h 00 en hiver.



Exemple de cycle annuel – document RTE



Exemple de cycle journalier en hiver – document RTE

A2 - MOYENS DE GESTION DE L'ÉNERGIE

Pour réaliser des économies d'énergie et réduire les consommations durant les plages tarifaires au coût de l'énergie élevé, nous devons adapter les consommations aux plages tarifaires.

Nous pouvons utiliser différents moyens pour réduire la consommation :

A2.1 ▶ Délestage

Le délestage de charges non prioritaires permet de réduire la puissance souscrite.

On installe des relais de délestage qui éliminent automatiquement une partie des charges.

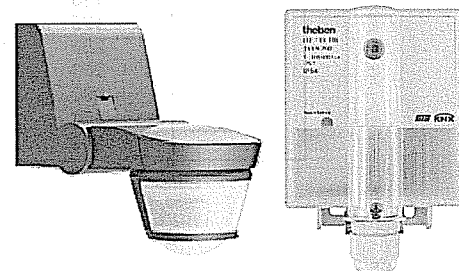
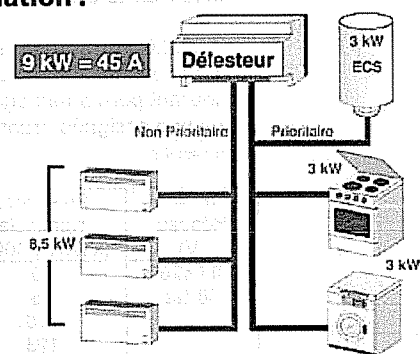
A2.2 ▶ Détecteurs de présence

Ces dispositifs équipés d'une cellule infrarouge autorisent la marche d'une installation après avoir détecté automatiquement une présence dans un local.

Une temporisation réglable est associée au détecteur.

Les détecteurs de présence doivent être envisagés pour la commande du chauffage dans les locaux dont l'usage est irrégulier (salles de réunions, de classes...).

La détection de présence peut également s'effectuer à partir d'une cellule photoélectrique pour la commande automatique de l'éclairage. Ce type de détecteurs doit être prévu dans les lieux de passages comme les couloirs, les toilettes...



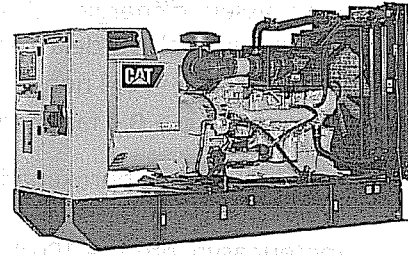
Détecteur de mouvement et sonde de luminosité Hager

A2.3 Utilisation d'une alimentation de secours

Pendant les heures de pointe (où les tarifs sont les plus chers), on peut utiliser une alimentation de secours pour fournir l'énergie à toute ou à une partie de l'installation (**écrêtage**).

L'alimentation de secours est une autre source d'énergie qui peut être :

- un groupe électrogène,
- un onduleur associé à des batteries d'accumulateurs...

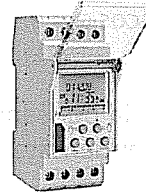


Groupe électrogène Caterpillar

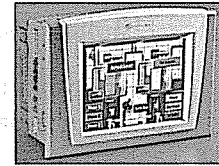
A2.4 Utilisation de programmeurs :

L'utilisation de programmeurs (interrupteurs horaires, automates programmables...) permet d'adapter le fonctionnement de certains récepteurs en fonction du temps :

- les jours travaillés et les jours chômés,
- les horaires de travail et de repos...



Inter horaire Hager



Automate écran tactile
PL Systèmes

A2.5 Utilisation d'un système de Gestion technique du bâtiment (GTB) :

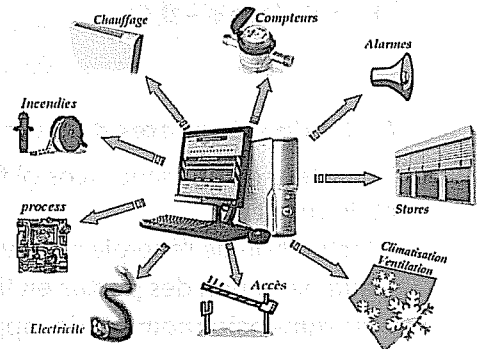
Un système de GTB permet d'enregistrer toutes les informations désirées (le cumul des index délivrés par les compteurs divisionnaires par exemple) pour ensuite les traiter par des logiciels de supervision spécifiques.

La **Gestion technique du bâtiment** c'est plusieurs fonctions :

- **Compter** (calcul de l'énergie consommée, choisir les meilleures offres tarifaires).
- **Réduire les consommations** (en utilisant différents moyens de réduction de l'énergie).
- **Adapter la consommation** aux plages tarifaires (délestage...).
- **Réduire les puissances souscrites** auprès du fournisseur.

La **Gestion technique centralisée (GTC)** permet de gérer plusieurs sources (éclairage, alarme, chauffage, contrôle d'accès...).

Elle permet l'optimisation des dépenses énergétiques par la maîtrise des coûts.



Solution GTB - GTC

A3 - COMPENSATION D'UNE INSTALLATION

A3.1 Rappel

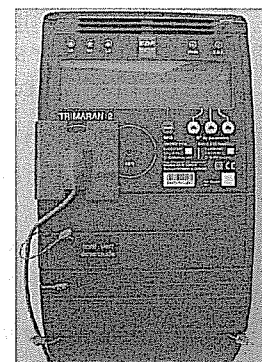
La **puissance active** est la puissance utile qui est à l'origine de l'énergie fournie au récepteur.

L'**énergie active**, généralement exprimée en kWh, est celle indiquée par le wattheuremètre.

La **puissance réactive** est la puissance consommée par les inductances (effets magnétiques) et fournie par les condensateurs.

L'**énergie réactive**, généralement exprimée en kvarh, est celle indiquée par le varheuremètre.

Le **facteur de puissance** est le rapport de la puissance active sur la puissance apparente.



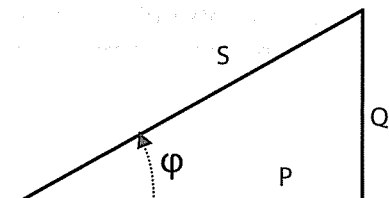
Compteur énergie réactive EDF

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

La **tangente phi (tan φ)** se détermine par le rapport de la puissance réactive sur la puissance active (ou le même rapport des énergies) :

$$\tan \varphi = \frac{Q}{P} = \frac{W_{réactive}}{W_{active}}$$



Triangle des puissances

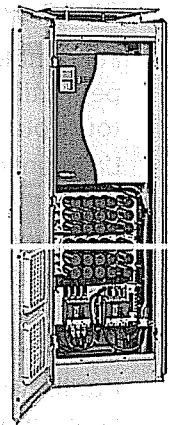
Le fournisseur d'énergie (EDF) indique une valeur de **$\tan \varphi = 0,4$** maximum (**$\cos \varphi = 0,928$** minimum) ; au-delà il applique des pénalités.

- lorsque **$\tan \varphi \leq 0,4$** non facturation de l'énergie réactive consommée (franchise)
- lorsque **$\tan \varphi > 0,4$** facturation de l'énergie réactive excédentaire.

Citons les valeurs approximatives de $\cos \varphi$ des principaux consommateurs d'énergie réactive :

- moteur asynchrone à 100 % de charge : $\cos \varphi = 0,85$
- moteur asynchrone à 50 % de charge : $\cos \varphi = 0,73$
- lampes à fluorescence : $\cos \varphi = 0,5$
- chauffage par induction : $\cos \varphi = 0,5$

Il faut établir un bilan de la puissance réactive de l'installation pour déterminer la valeur de la batterie de condensateurs à installer pour améliorer le facteur de puissance.



Compensation Schneider

On choisit la valeur de la batterie de condensateurs généralement à l'aide de tableaux de constructeurs. Ou bien on calcule la valeur de la puissance réactive des condensateurs par la relation :

$$Q_c = P \cdot (\tan \varphi - 0,4)$$

Q_c : puissance réactive en var
 P : puissance consommée en watts
 $\tan \varphi$: valeur avant compensation
 $0,4$: valeur max donnée par le fournisseur d'énergie

A3.2 Conséquences d'un mauvais facteur de puissance

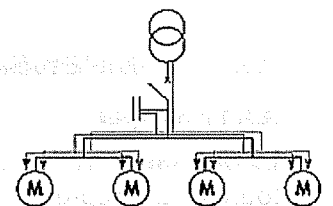
Un facteur de puissance ($\cos \varphi$) faible engendre **une intensité plus importante** dans une installation et de ce fait :

- facturation de l'énergie réactive par le fournisseur d'énergie (sous forme de **pénalités**),
- augmentation des **pertes en lignes**,
- **surdimensionnement** des appareils (transformateurs, disjoncteurs, appareils de commande...),
- **augmentation des sections** des conducteurs et câbles (sections proportionnelles à la valeur de l'intensité du courant).

A3.3 Modes de compensation

Compensation globale

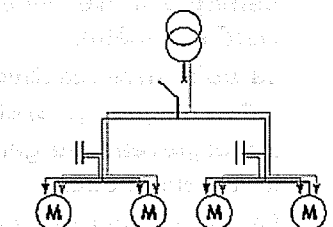
Les condensateurs sont raccordés en tête de l'installation : la batterie de condensateurs est en général implantée dans le poste de distribution BT. Ce mode de compensation, lorsqu'il est variable (cas le plus fréquent), permet de régler simultanément la puissance réactive afin de la maintenir à un niveau acceptable.



Compensation par secteur

Le raccordement des condensateurs s'effectue pour chaque secteur d'un bâtiment.

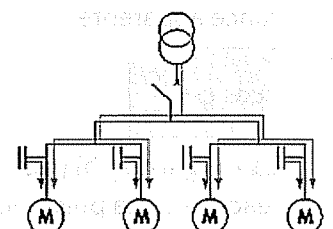
Ce mode de compensation est utilisé pour des installations réparties sur plusieurs bâtiments.



Compensation individuelle

Les condensateurs sont directement raccordés à chaque récepteur.

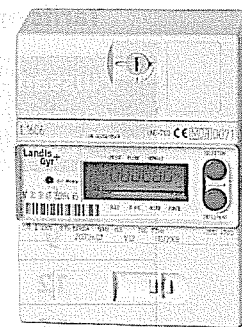
Ce mode de compensation est utilisé lorsque le $\cos \varphi$ des appareils est très faible, comme par exemple des éclairages comportant des tubes fluorescents qui sont généralement commercialisés avec un condensateur (réglettes compensées).



B / LA TARIFICATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

La tarification de l'énergie électrique dépend du fournisseur.

En France, le marché, longtemps dominé par l'opérateur historique **EDF**, est désormais ouvert à la **concurrence**.



B1 - PRINCIPE DE LA TARIFICATION

La tarification comprend :

- **la prime fixe** : location du compteur, mise à disposition de l'énergie.
- **le prix au kWh** : basé sur la consommation suivant l'option tarifaire.

▷ Abréviations utilisées

HP	HC	HPE	HCE	HPH	HCH	P	EJP
Heures Pleines	Heures Creuses	Heures Pleines Été	Heures Creuses Été	Heures Pleines Hiver	Heures Creuses Hiver	Pointe	Effacement Jour de Pointe

B2 - DIFFÉRENTS TARIFS EN VIGUEUR

Selon EDF, il existe 3 types de tarifs basés sur le niveau de la puissance :

- **tarif Bleu** : utilisation domestique, **livraison en BT**, puissance de **6 à 36 kVA**,
- **tarif Jaune** : utilisation industrielle ou tertiaire, **livraison en BT**, puissance de **42 à 250 kVA**,
- **tarif Vert** : utilisation industrielle ou tertiaire, **livraison en HTA**, puissance supérieure à **250 kVA**.

Tarif	Bleu	Jaune	Vert
Puissance	de 3 à 36 kVA	de 42 à 250 kVA	Sup. à 250 kVA
Livraison	Basse tension Mono ou triphasé	Basse tension Triphasé	Haute tension Triphasé

B2.1 ▷ Les tarifs basse tension jusqu'à 36 kVA

▷ Option de base

Elle concerne les abonnés qui disposent de peu d'appareils électriques.

L'option de base propose un seul prix du kWh quels que soient l'heure et le jour de consommation.

Tarifs de base EDF (au 15/08/2010)

Puissance souscrite (kVA)	Réglage disjoncteur (A)	Abonnement annuel TTC (euros)	Prix du kWh TTC (euros)
3	15	69,73	0,1093
6	30	83,12	0,1100
9	45	96,93	0,1125
12	60	153,00	0,1125
15	75	176,47	0,1125
18	90	235,19	0,1125
24	40	402,86	0,1125
30	50	546,28	0,1125
36	60	689,71	0,1125

▷ Option heures creuses

Elle propose un abonnement dont le prix est plus élevé que dans l'option de base à puissance souscrite égale, et deux prix du kWh en fonction de l'heure de consommation :

- pendant la journée, **heures pleines**, prix identique à l'option de base,
- pendant les huit heures de nuit, **heures creuses**, le prix est réduit d'environ 35 %.



Tarifs option heures pleines/ heures creuses EDF (au 15/08/2010)

Puissance souscrite (kVA)	Réglage disjoncteur (A)	Abonnement annuel TTC (euros)	Heures Pleines TTC pour 1 kWh (euros)	Heures Creuses TTC pour 1 kWh (euros)
6	30	100,00	0,1235	0,0784
9	45	119,96	0,1235	0,0784
12	60	202,89	0,1235	0,0784
15	75	238,80	0,1235	0,0784
18	90	272,22	0,1235	0,0784
24	40	568,53	0,1235	0,0784
30	50	700,16	0,1235	0,0784
36	60	809,31	0,1235	0,0784

Tarifs réglementés de Poweo

Grille tarifaire CLIENTS PARTICULIERS

POWEO

Opérateur d'électricité et de gaz

Valable du 15 septembre 2010 au 15 janvier 2011

Valable en France métropolitaine hors Corse, et pour les Sites dont l'électricité est distribuée par ERDF et/ou le gaz est distribué par GRDF
Les offres, ci-dessous, sont offertes à tous les nouveaux clients dans le cadre d'une première souscription auprès de POWEO.

Offre électricité POWEO Planet Elec

100% d'Electricité Verte ⁽¹⁾, 2€ par MWh (1.000 kWh) consommés sont réinvestis par POWEO dans le développement de centrales de production d'électricité à partir de sources d'énergies renouvelables.

Offre indexée sur les Tarifs Réglementés : abonnement et prix du kWh identiques aux Tarifs Réglementés HT.

Puissance souscrite	Option tarifaire Base			
	Abonnement mensuel		Prix du kWh	
	(€) HT	(€) TTC	(€/kWh) HT	(€/kWh) TTC
3 kVA	4,46	5,87	0,0793	0,10933
6 kVA	5,27	6,99	0,0798	0,10999
9 kVA	6,11	8,18	0,0817	0,11248
12 kVA	9,49	12,91		
15 kVA	10,90	14,90		
18 kVA	14,85	19,82		
24 kVA	24,06	34,11		
30 kVA	33,27	46,20		
36 kVA	42,48	58,27		

Puissance souscrite	Option tarifaire HP/HC*					
	Abonnement mensuel		Prix du kWh HP		Prix du kWh HC	
	(€) HT	(€) TTC	(€/kWh) HT	(€/kWh) TTC	(€/kWh) HT	(€/kWh) TTC
6 kVA	6,36	8,42	0,0901	0,12349	0,0557	0,07839
9 kVA	7,58	10,12				
12 kVA	12,58	17,12				
15 kVA	14,76	20,17				
18 kVA	16,76	23,00				
24 kVA	36,00	51,37				
30 kVA	44,36	63,31				
36 kVA	51,10	73,40				

* HP : Heures pleines HC : Heures creuses

► Option tempo

Elle propose un abonnement à un prix voisin de l'option heures creuses et trois prix du kWh pour trois périodes :

- période bleue : **300 jours** à un tarif très avantageux,
- période blanche : **43 jours** avec une tarification voisine de celle des heures creuses,
- période rouge : **22 jours** (entre le 01/11 et 31/03) à un tarif très onéreux.

Tarifs option tempo – EDF (au 15/08/2010)

Puissance souscrite (kVA)	Abonnement annuel TTC (€)	Bleu HC	Bleu HP	Blanc HC	Blanc HP	Rouge HC	Rouge HP
		pour 1 kWh (€TTC)					
9	117,04	0,0572	0,0722	0,0901	0,1109	0,1848	0,5175
12	218,02	0,0572	0,0722	0,0901	0,1109	0,1848	0,5175
15	223,68	0,0572	0,0722	0,0901	0,1109	0,1848	0,5175
18	229,34	0,0572	0,0722	0,0901	0,1109	0,1848	0,5175
30	487,45	0,0572	0,0722	0,0901	0,1109	0,1848	0,5175
36	605,07	0,0572	0,0722	0,0901	0,1109	0,1848	0,5175

Spécimen facture tarif bleu

Référence du compteur électrique
et nom du client

Consommation en kWh selon période
tarifaire (HC, HP)

Période facturée (1 an)

Montant à payer

Référence du point de livraison	Tarif	Puiss. / Débit kVA/m3	Conso. kWh	Evolution	Durée util.puiss. sousc. Heures	Prix HT moyen recalculé EUR/kWh	Date ancien index	Date / dernier index	Nb jours conso	Montant facturé TTC Euros	Prix moyen TTC EUR/kWh
Code : 000020381E CPTR : 405 Réf. 657 320 165 137 Créé le 01/01/1974 TERRAIN DE BASKET RUE DES TENNIS 11360 VILLESEQUE DES CORBIERES Imputation:	0772	36	4340	-1.7%	121	0.24	13/11/2007	14/11/2008	367	1222.62	0.28
Année précédente	0771		4378		177		14/11/2006	13/11/2007	364	866.92	0.20
Code : 000020372E CPTR : 475 Réf. 657 315 065 160 Créé le 01/02/1972 STATION D EPURATION LES CAYROUS 11360 VILLESEQUE DES CORBIERES Imputation:	0780		4548		758	0.05					
	0790		9054		1509	0.08					
Total		6	13602	2.2%	2267	0.07	12/11/2007	14/11/2008	368	1246.35	0.09
Année précédente	0780	6	13161		2194	0.07	13/11/2006	12/11/2007	364	1191.14	0.09
Code : 000020374E CPTR : 054 Réf. 657 320 575 184 Créé le 01/01/1971 STATION POMPAGE PTE BONNAFOIS 11360 VILLESEQUE DES CORBIERES Imputation:	0981		1242		69	0.45					
	0991		25963		1442	0.06					
Total		18	27205	4.5%	1511	0.08	13/11/2007	14/11/2008	367	2628.87	0.10
Année précédente	0981	18	25397		1411	0.08	20/11/2006	13/11/2007	358	2429.62	0.10

Page 3/7

EDF Société Anonyme* au capital de 911 085 545 EUR, siège social 22-30 av de Wagram Paris 8ème, RCS Paris n° 552 081 317.

B2.2 Les tarifs basse tension (entreprises) de 42 à 250 kVA

Prix hors taxes (a) au : 15/08/2010

TARIF JAUNE - OPTION BASE en métropole continentale

Version	Prime fixe annuelle €/kVA	Prix de l'énergie (c€/kWh)					
		Pointe	Hiver HPH	HCH	HPE	Eté HCE	
JAUNE	41,28	8,706	8,706	6,216	4,046	2,867	
OPTION BASE	29,16	10,098		7,063	4,082	2,908	
Coefficients de puissance réduite		1,00	0,77	0,77	0,77	0,77	
ou UL		1,00	1,00	0,39	0,39	0,39	
ou UL		1,00	1,00	1,00	0,28	0,28	
UM		1,00		1,00	1,00	1,00	
Calcul des dépassements				12,80	€/ HEURE (b)		
Hiver	: de novembre à mars inclus						
Eté	: d'avril à octobre inclus						
Pointe en UL	: 2h le matin et 2h le soir de décembre à février inclus						
Heures Creuses	: 8h par jour tous les jours						

* UL : un seul dénivelé possible

TARIF JAUNE - OPTION EJP en métropole continentale

Version	Prime fixe annuelle €/kVA	Prix de l'énergie (c€/kWh)			
		Hiver		Eté	
JAUNE OPTION EJP	39,60	PM	HH	HPE	HCE
		25,372	6,753	3,799	2,749
Coefficients de puissance réduite		1,00	0,58	0,58	0,58
ou UL		1,00	1,00	0,24	0,24
Calcul des dépassements			12,80	€/HEURE (b)	
Hiver	: de novembre à mars inclus				
Eté	: d'avril à octobre inclus				
Pointe Mobile	: 22 périodes de 15h de novembre à mars inclus				
Heures Creuses	: 8h par jour tous les jours de l'été				

* Un seul dénivelé possible

(a) Ces prix sont à majorer de la T.V.A, de la contribution au service public de l'électricité (CSPE) et de la contribution tarifaire acheminement (CTA).

(b) Dans le cas de comptage équipé de contrôleur électronique

Spécimen facture tarif jaune

Consommation en kWh selon
période tarifaire (HC, HP)

Période facturée (1 an)

Montant à payer

Electricité de France **DOCUMENT NON-CONTRACTUEL** *Feuillet de Gestion* V2.2

EDF Nom et adresse du lieu de consommation : LE 09/01/2009 Situation à fin : DECEMBRE 2008
 ECOLES DES PLATANES
 RUE DES PLATANES
 66300 TROUILLAS
 Code client : 34999247700040 A.D.E. : 751A
 Notre référence : 242 00538 00560 00
 Nom et adresse du destinataire :
 COMMUNE DE TROUILLAS
 AVENUE DES ALBERES
 66300 TROUILLAS

Votre service local :
 ELECTRICITE DE FRANCE
 EDF DIR COM COLL MEDI
 40 Bd DE LA JUNETTE DE 34103
 13587 MARSEILLE CEDEX 2
 Tél renseignements : 04 28 70 00 78
 Tél dépannage : 0810 333 086
 CD : 242 Service :

Tarif 4010 JAUNE UTILISATIONS MOYENNES
 PRELEVEMENT A 15 JOURS

SYNTHÈSE DES RESULTATS DEPUIS LE 1ER JANVIER 2008

PUISS. SOUSCRITES (kVA)	(A)	1ER JANVIER 2008						TOTAL	EN. ACTIVE EHT	TOTAL FAC EHT	P.O. kWh CT HT
		HPH	HCH	HCH	HCH	HCH	HCH				
43		3 627	1 265				4 892	510	628	12,837	
43		1 404	1 554				5 958	628	744	12,487	
28		2 980	1 059				4 019	423	522	13,207	
19		777	247				3 257	160	274	8,413	
16				1 687			1 513	32	143	9,065	
16				1 315			258	32	274	8,413	
6				999			188	10	116	15,104	
6				501			177	21	116	15,104	
18				492			198	10	116	17,359	
23				537			1 135	33	153	11,718	
38		2 555	812	1 336			1 556	45	147	9,393	
41		4 704	1 629	70			3 472	382	467	14,142	
		19 027	6 566	7 436			1 619	703	851	13,050	
							34 848	3 010	4 282	12,288	

ELEMENTS ISSUS DES FACTURES DE JANVIER 2008 A DECEMBRE 2008

P. ATTEINTES KVA	HPH	CONSOM. ENERGIE ACTIVE kWh				TOTAL	EN. ACTIVE EHT	TOTAL FAC EHT	P.O. kWh CT HT
		HCH	HCH	HCH	HCH				
43	3 627	1 265			4 892	510	628	12,837	
37	1 404	1 554			5 958	628	744	12,487	
37	2 980	1 059			4 019	423	522	13,207	
28	777	247			3 257	160	274	8,413	
19			1 687		1 513	32	143	9,065	
16			1 315		258	32	274	8,413	
6			999		188	10	116	15,104	
6			501		177	21	116	15,104	
18			492		198	10	116	17,359	
23			537		1 135	33	153	11,718	
38	2 555	812	1 336		1 556	45	147	9,393	
41	4 704	1 629	70		3 472	382	467	14,142	
	19 027	6 566	7 436		1 619	703	851	13,050	
					34 848	3 010	4 282	12,288	

TOTAL DES FACTURES DE JANVIER 2008 A DECEMBRE 2008

CHIFFRE D'AFFAIRES	EN. ACTIVE EHT	EN. REACTIVE EHT	EN. DIVERS EHT	SOUV. FIN. EHT	TOTAL FAC EHT	TVA	CHIFFRE D'AFFAIRES	EN. ACTIVE EHT	EN. REACTIVE EHT	EN. DIVERS EHT	SOUV. FIN. EHT	TOTAL FAC EHT	TVA
702	3 010			576	-14		4 282	060			134	4 282	060

OBSERVATIONS DIVERSES

Option effacement jours de pointe EJP :

Cette option propose un abonnement à prix réduit et deux prix du kWh :

- pendant 95 % du temps, **heures normales**, un prix très modéré sensiblement égal au prix heures creuses,
- pendant 5 % du temps, **heures de pointes mobiles**, un prix beaucoup plus élevé, environ dix fois plus cher. Ces 5 % du temps correspondent à 22 jours dits de pointes mobiles, situés par EDF entre le **1^{er} novembre** et le **31 mars**, à raison de 18 h par jour de 7 h à 1 h du matin. L'abonné est informé une demi-heure à l'avance, par un signal de préavis de l'application du tarif élevé.

Remarque :

Pour les abonnés aux tarifs bleu et jaune il n'y a pas d'obligation de comptage donc de facturation de l'énergie réactive.

En installant des condensateurs, il est possible de produire l'énergie réactive nécessaire et de réduire de façon importante le coût de la facture d'énergie électrique.

Une batterie de condensateurs est un investissement amorti en quelques mois principalement :

- par l'annulation des kvarh facturés (abonnés tarif vert),
- par la diminution de la puissance souscrite kVA (abonnés tarif jaune).

B2.3 Les tarifs haute tension (entreprises) > 250 kVA

Prix hors taxes (a) au : 15/08/2010

TARIF VERT A5 - OPTION BASE							
Version	Prime fixe annuelle €/kV	Prix de l'énergie (c€/kWh)					
		PTE	Hiver HPH	HCH	HPE	Eté HCE	
A5	95,64	6,201	5,391	4,105	3,827	2,375	
OPTION BASE	66,48	10,346	6,207	4,250	3,918	2,450	
	46,68	14,416	7,324	4,627	4,035	2,516	
	24,12	22,274	9,625	5,107	4,177	2,534	
Energie réactive (c€/kvarh)		1,770					
Coefficients de puissance réduite	TLU	1,00	0,71	0,31	0,27	0,25	
	LU	1,00	0,75	0,37	0,33	0,19	
	MU	1,00	0,67	0,24	0,17	0,16	
	CU	1,00	0,69	0,32	0,23	0,17	
Calcul des dépassements	Complage (k, K, ki)	Electronique 4,17 €/kW	KN (P+MAX-P) 1,39 €/kW		K (P+MAX-P) 34,76 €/kW		
	Coefficients par poste	1,00	0,71	0,31	0,27	0,25	
Hiver	: de novembre à mars inclus						
Eté	: d'avril à octobre inclus						
Pointe	: 2h le matin et 2h le soir de décembre à février inclus						
Heures Creuses	: 8h par jour et dimanche toute la journée						

TARIF VERT A5 - OPTION EIP							
Version	Prime fixe annuelle €/kV	Prix de l'énergie (c€/kWh)					
		PM	HH	HPE	Eté HCE		
A5	83,88	8,821	4,463	3,537	2,174		
OPTION EIP	38,04	23,756	5,773	3,822	2,373		
Energie réactive (c€/kvarh)		1,770					
Coefficients de puissance réduite	TLU	1,00	0,49	0,16	0,06		
	MU	1,00	0,50	0,16	0,05		
Calcul des dépassements	Energie €/kWh	Electronique 3,96 €/kW	KN (P+MAX-P) en €/kW 1,32		K (P+MAX-P) en €/kW 33		
	Coefficients par poste	1,00	0,49	0,16	0,06		
Hiver	: de novembre à mars inclus						
Eté	: d'avril à octobre inclus						
Pointe Mobile	: 22 périodes de 18h de novembre à mars inclus						
Heures Creuses	: 8h par jour et dimanche toute la journée						

(a) Ces prix sont à majorer de la T.V.A. de la contribution au service public de l'électricité (CSPE) et de la contribution tarifaire acheminement (CTA).

Remarque :

Pour le tarif vert, EDF facture directement l'énergie réactive pour la période du 1^{er} novembre au 31 mars inclus **pendant les heures pleines et de pointe**.

Cette facturation s'applique à tous les abonnés dont la $\tan \phi$ au primaire est supérieure à 0,4 (ou $\cos \phi$ au primaire inférieur à 0,928)

[Exemple de lecture d'une facture tarif vert]

Dans la facture de la page suivante, nous pouvons lire :

- le contrat est de type : **vert A5 courtes utilisations**,
- l'énergie active mesurée en Pointe (5 940 kWh) et Heure de Pointe (17 400 kWh) donne une énergie active en (P + HP) égale à **23 340 kWh**,
- l'énergie réactive mesurée en Pointe + Heure de Pointe (P + HP) est égale à **8 300 kvarh** (le fournisseur ne facture l'énergie réactive qu'en période P et HP),
- la franchise (non facturation) de l'énergie réactive correspondant à une $\tan \phi$ de 0,4 est de **9 546 kvarh**,
 - on peut calculer la franchise par la formule : $W_{\text{Réactive en franchise}} = W_{\text{active en P+HP}} \times 0,4$
 - et déduire l'énergie à compenser en appliquant : $W_{\text{Réactive à compenser}} = W_{\text{Réactive en P+HP}} - W_{\text{Réactive en franchise}}$
- la valeur de la tangente phi (ϕ) au secondaire (0,355) peut se calculer selon la formule (page 135)

$$\text{(soit : } \tan \phi = \frac{8\,300 \text{ kvarh}}{23\,340 \text{ kWh}} = 0,355\text{)}$$

[Exemple de détermination de la valeur de la puissance des condensateurs de compensation]

Déterminons la valeur de la puissance des condensateurs de compensation (compensation globale) pour une installation équipée principalement de machines ayant une puissance totale de **400 kW**.

$\cos \phi$ global avant compensation : **0,80 (tan ϕ : 0,75)**

$\cos \phi$ désiré : **0,95 (tan ϕ : 0,33)**

Solution

D'après le **tableau page 131**, en partant du **cos ϕ initial de 0,80** équivalent à **tan ϕ de 0,75** (colonne de gauche), nous devons faire coïncider cette valeur avec le **cos ϕ désiré de 0,95** équivalent à **tan ϕ de 0,33** (colonnes de droite).

Nous obtenons une valeur de **0,421 kvar pour 1 kW**,

soit pour cette installation une puissance de condensateur de $0,421 \times 100 = 169,4$ kvar.

D Spécimen facture tarif vert

Siege social : 22-30, avenue de Wagram, 75008 PARIS - EDF, SA au capital de 911 085 545 euros - R.C.S. Paris B 532 081 317 - N.I.T.V.A. FR05552 001 317

FACTURE

STURE SUR RELEVÉ
08077 00030 22 DU 18/03/08

Notre service local:
DCECL MEDITERRANEE
10 PL DE LA JOLIETTE BP 34103
13567 MARSEILLE CEDEX 2

Tél. renseignements : 04 26 70 00 74
Tél. dépannage : 0810 333 066
(MARIN/PASCAL)
MONTANT PRELEVE LE

Nom et adresse du lieu de consommation :
PARC DES SPORTS
66700 ARGELES SUR MER

Nom et adresse du destinataire de la facture : 242 43
COMMUNE D ARGELES SUR MER

MAIRIE
66700 ARGELES SUR MER

4 534,37E 02/04/08

Notre référence: 242 00018 01925 00 95

Type de contrat

TARIF VERT A5 COURTES UTILISATIONS
CONTRAT SEULES STANDARD

PRIMES FIXES, REDEVANCES ET FRAIS DIVERS	MONTANTS
PRIME FIXE AVRIL (MINORÉE DE 4.0% POUR CONTRAT DE 6 ANS)	304,13
* REDEV COMPRAGE (CONTROLE, RELEVÉ, PROFIL)	13,64
* CCSPE 32861*0,450C/KWH	147,96

Consommation énergie active selon période tarifaire

ENERGIE ACTIVE (6*1-2*3+4-5)								MONTANTS
Période tarifaire	Consommation agréglée: 1	Consommation accessible: 2	Perte: kWh: 3	Pertes Joules: 4	Consommation en décimales: 5	Consommation à facturer: 6	Pro. unitaire en centimes: 7	
P	5940		50	59	0	6049	20,380	1232,79
HPH	17400		244	174	0	17818	9,081	1618,05
HCH	8705		222	87	0	9014	5,182	467,11
TOTAL	32045		516	320		32881		

Consommation énergie réactive

ENERGIE REACTIVE (en kvarh) FACTURÉE SUR LA BASE TANGENTE PHI = 0,40								MONTANTS
Energie réactive en kWh: 1	Energie active en kWh: 2	Tangente PHI: 3	Kvarh en kWh: 4	Kvarh en kWh: 5	Kvarh à facturer: 6	Etar unitaire en centimes: 7		
8300	23340	0,355	0,445	10620	9546	1074	1,770	19,01

Consommation énergie active en Période P + HP

EDF GDF
EDFPRELEVE 00000 00000 0000000000 00
FD60612 2511 412 Bord. 52 Pièce 1086

Franchise d'énergie réactive (non facturée)

18 AVR. 2008

MINORATION (0,30%)	-11,41
TOTAL GENERAL HORS TAXES	3791,28
CALCUL DES TAXES	
VTA PAYEE SUR LES DEBITS : 19,60% SUR	743,09
MONTANT PRELEVE EN EUROS	4534,37

AUCUN ESCOMPTE N'EST ACCORDE POUR PAIEMENT ANTICIPE

(1)Y.C. COUT ACHÈMINEMENT POUR 36% (% MOYEN VERT HTA HORS CSPE)

Les rubriques précédées d'un * ne sont pas soumises aux taxes locales, celles précédées de ** ne sont pas taxables.

COUPON A CONSERVER

Notre référence: 242 00018 01925 00 95
Numéro de facture: 08077 00030 22
Date de facture: 18/03/08 ENERGIE : E
PARC DES SPORTS
MONTANT TTC PRELEVE 4534,37E
LE 02/04/08

TRESORERIE ARGELES-SUR-MER

NO DE COMPTE: 001 008
TITULAIRE DU COMPTE:
COMM

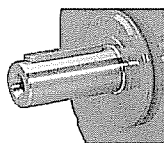
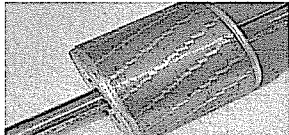
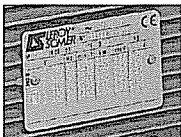
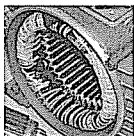
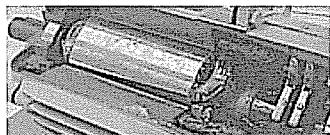
Projet 10 Projets d'études sur les moteurs asynchrones triphasés

[Projet A - Connaissances générales sur le moteur asynchrone triphasé]

Question 10.1

Complétez le tableau ci-dessous.

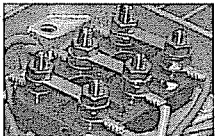
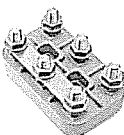
Voir paragraphe A2 cours 10 pages 156 et 157

Illustration	Désignation	Fonction
	Arbre moteur	Transmettre le couple
		
		
		
		Organe (bobiné) en rotation lorsqu'il reçoit le flux magnétique

Question 10.2

Indiquez les couplages réalisés dans les plaques à bornes d'un moteur asynchrone triphasé **230/400V**, les tensions d'alimentations correspondantes. Dessinez les symboles des couplages.

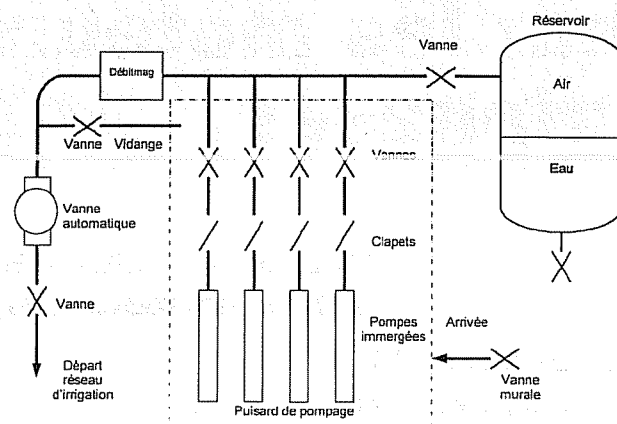
Voir paragraphe A7 cours 10 page 159

Illustration	Couplage	Tension réseau	Symbole
			
			

[Projet B - Extraits Bac pro EIE]

L'étude concerne une station de pompage agricole, située à Saint-Sernin en Ardèche.

Cette station est utilisée à la fois pour l'irrigation des terrains en période de végétation et pour la lutte contre le gel au printemps (on lutte contre le gel en aspergeant de l'eau sur les branches et les bourgeons lorsque la température descend au-dessous de 0 °C).



► Caractéristiques de la station

Débit de pointe appelé pour l'irrigation	120 L/s
Débit de pointe appelé pour la lutte antigel	150 L/s
Hauteur manométrique maximum de la station	120 m
Nombre de motopompes	4
Tension d'alimentation des pompes	3 × 400 V
Vitesse nominale du moteur	2 900 tr/min
I démarrage / I nominal	6

Dans le but de choisir les groupes motopompes (moteur + pompe), nous devons mettre en adéquation les caractéristiques de la station et des groupes motopompes *Pleuger*.

Question ► 10.3

Convertir le débit maximum demandé par la station d'irrigation en **m³/h**.

Convertir la valeur maximale en litre/seconde en m³/heure (rappel : 1 m³ = 1 000 L)

Question ► 10.4

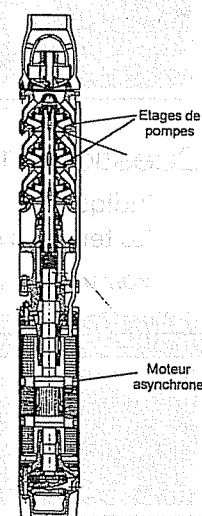
En déduire le débit par groupe motopompe.

Diviser la valeur trouvée par le nombre de motopompes

Question ► 10.5

Sachant que la hauteur manométrique totale de cette station est de 120 mètres, déterminez la référence des groupes motopompes que l'on doit utiliser (document page 149).

Suivre l'exemple donné au document page 149, prendre la courbe immédiatement supérieure aux données (hauteur et débit en m³/h d'une motopompe)



Question 10.6

À partir du dossier technique page 149, donnez pour chaque moteur la puissance absorbée sachant que le $\cos \varphi$ d'un groupe à pleine charge est de 0,86.

Relever le courant I sur le tableau page 149. Utiliser la formule cours 10 page 157 paragraphe A4.1

Formule littérale avec unités	Calcul numérique

Question 10.7

Calculez le couple nominal du moteur de pompe.

Relever la vitesse donnée. Utiliser la formule cours 10 page 158 paragraphe A4.2

Formule littérale avec unités	Calcul numérique

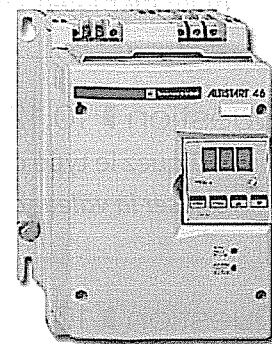
Question 10.8

Calculez le rendement nominal du moteur.

Relever la puissance utile P sur le tableau page 149. Utiliser la formule cours 10 page 159 paragraphe A6

Formule littérale avec unités	Calcul numérique

Les groupes motopompes utilisés sont de référence PN 102-4. Pour éviter les appels importants de courant au démarrage des motopompes, les moteurs sont commandés par des démarreurs progressifs de type ALTISTART « Schneider ». Nous devons vérifier le choix de ces démarreurs.



Question 10.9

À partir du document technique page 149, calculez pour un moteur, l'intensité du courant de démarrage direct.

Effectuer le calcul à partir de la valeur du rapport I_d/I_n sur le tableau page 149

Formule littérale avec unités	Calcul numérique

Question 10.10

Donnez la référence du démarreur progressif à utiliser (document page 150), prendre le régime standard.

Choisir le démarreur d'après la tension du réseau et la puissance utile P (tableau page 149).

Suivre l'exemple d'application cours 10 page 165

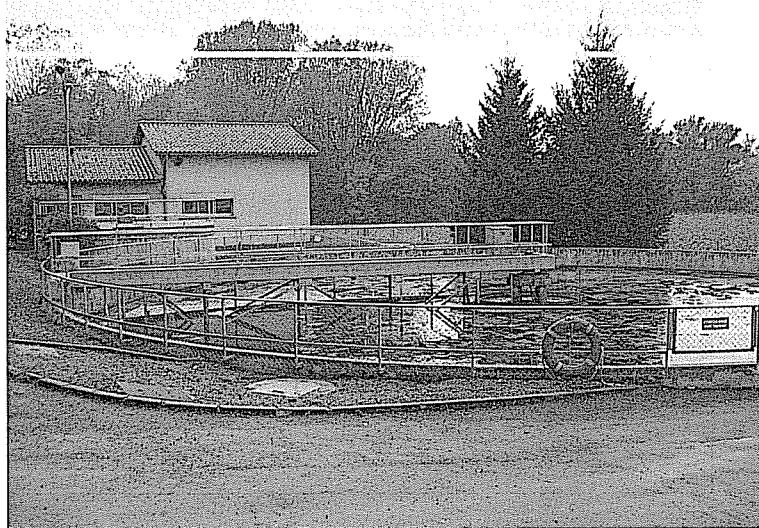
[Projet C - Extraits Bac pro ELEEC septembre 2010]

Station de dépollution des eaux usées de Jassans-Riottier

L'augmentation de la population environnante oblige une extension de la station de dépollution des eaux usées. Et pour cela un nouveau bassin de traitement biologique sera construit sur le site.

L'objectif est de déterminer la référence de la motopompe du nouveau bassin de traitement biologique. Appelé « pompe recirculation des boues N° 2 ».

Cette motopompe devra avoir un débit moyen de pompage des boues de $140 \text{ m}^3/\text{h}$. La hauteur manométrique de la station est de 45 mètres. Le moteur de la motopompe n° 2 aura une puissance utile de 30 kW.



Question 10.11

Indiquez la référence de la motopompe (document page 151).

Pour déterminer la référence, il faut prendre les valeurs les plus proches des données (débit et hauteur manométrique). Donner la référence complète

Question 10.12

Indiquez le type du moteur de la motopompe n° 2 (document page 152).

Utiliser la valeur de la puissance utile donnée dans l'énoncé.

Question 10.13

Indiquez le mode de fixation et de position, sachant que le moteur sera horizontal et à pattes de fixation.

Relever dans le document page 154 le code de la position de montage

Question 10.14

Indiquez la référence du moteur et son code.

Donner la référence complète page 153 (voir la désignation page 154 et suivre l'exemple de sélection page 153 en bas à gauche de la page)

Question D 10.15

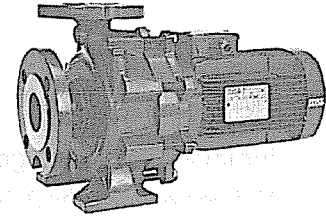
Pourquoi utiliser un moteur pompe IP 55 ?

Expliquer, en vous aidant du document page 155, le choix de cet indice de protection

Question D 10.16

Indiquez la vitesse de synchronisme de ce moteur.

Relever l'indication de la vitesse page 153.



Question D 10.17

Calculez son nombre de paires de pôles.

Utiliser la formule cours 10 page 158 paragraphe A4.2

Application numérique:	Résultat:

Question D 10.18

Calculez son intensité de démarrage nominale.

Relever sur le tableau page 152 la valeur du courant I_n du moteur ainsi que la valeur du quotient I_d/I_n ; calculer ensuite I_d

Application numérique:	Résultat:

Question D 10.19

Calculez la puissance absorbée par le moteur en fonctionnement nominal.

Utiliser la formule page 157 paragraphe A4.1 (à partir du courant I_n relevé sur le tableau page 152)

Application numérique:	Résultat:

Question D 10.20

Calculez ses pertes nominales.

Calculez la somme des pertes en utilisant la relation paragraphe A5 - pages 158 et 159

Application numérique:	Résultat:

Question 10.21

Vérifiez par le calcul la valeur du rendement.

Calculez le rendement en utilisant la relation paragraphe A6 - page 159 et le comparer avec la valeur donnée au tableau page 152

Application numérique:	Résultat:

Question 10.22

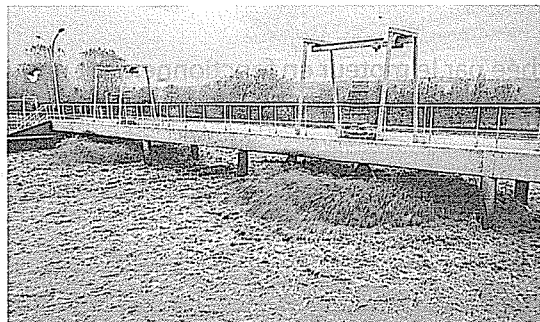
Indiquez son couplage, justifiez.

Voir le paragraphe A7 - page 159 (exemple de couplages et exercice)

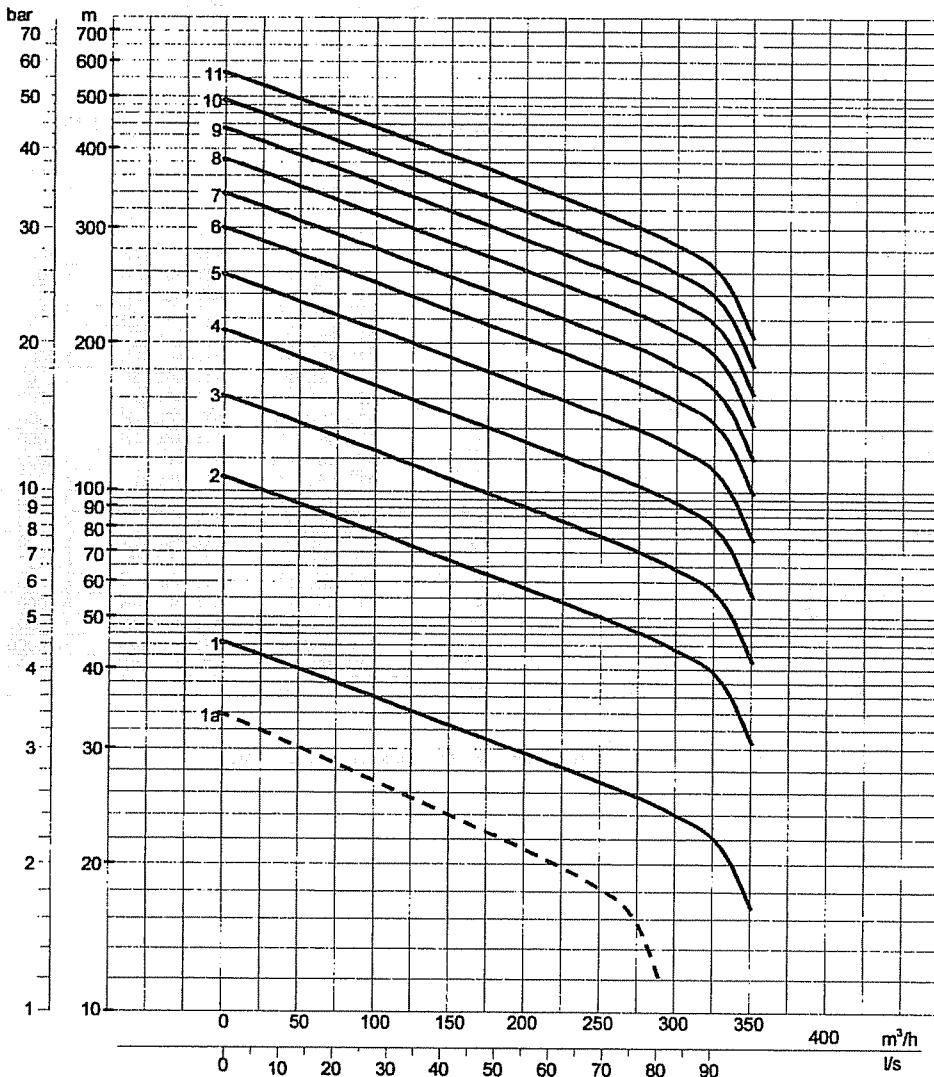
Question 10.23

Représentez la plaque à bornes, les enroulements, l'alimentation et le couplage du moteur.

Voir le paragraphe A7 - page 159



Ingersoll-Dresser Pumps	Unterwasserpumpe Submersible Pump	3-Drehstrom 3- Phase AC	QN102
			2900 tr/mn 50 Hz



Exemple de choix d'un groupe électropompe

Soit une station devant fournir un débit de 75 m³/h sous une hauteur manométrique totale (HMT) de 65 m. Nous trouvons sur le graphique qu'il nous faut une pompe PN102 de type 2.

Sur le tableau du bas un moteur M8-41-2.

L'ensemble donne comme référence électropompe : P102-2 + M8-41-2

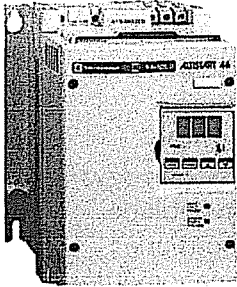
N°	Pumpe + Motor	Motor Y Δ - star - delta	Motor 400 V			Aggregat / Unit - max ϕ				
			P kW	HP*	I A	Dir mm	Y Δ mm	a mm	b mm	Wei kg
1	PN102-1- M6-400-2	M6-400-2	18,5	25	39	243	242	1 195	795	108
2	PN102-2- M8-41-2	M8-41-2	40	55	79	248	244	1 635	1 080	190
3	PN102-3 + M8-58-2	M8-58-2	55	75	105	250	249	1 960	1 250	244
4	PN102-4 + M8-82-2	M8-82-2	75	100	138	249	252	2 355	1 490	310
5	PN102-5 + M8-99-2	M8-99-2	90	125	172	252	252	2 680	1 660	364
6	PN102-6 + M10-74-2	M10-74-2	110	150	210	252	271	2 775	1 600	466
7	PN102-7 + M10-89-2	M10-89-2	127	173	235	271	271	3 075	1 745	527
8	PN102-8 + MI10-110-2	MI10-110-2	190	260	365	277	260	3 445	1 960	631
9	PN102-9 + MI10-110-2	MI10-110-2	190	260	365	277	260	3 600	1 960	652
10	PN102-10 + MI10-110-2	MI10-110-2	190	260	365	277	260	3 755	1 960	672

* HP : Horse Power (équivalent à CV : Cheval Vapeur)

Vitesse nominale du moteur	2 900 tr/ min
I démarrage / I nominal	6

Démarrateurs-ralentisseurs progressifs Altistart 46

Applications en service standard et sévère



ATS-46C79N

Puissance indiquée sur la plaque moteur en kW

moteur				démarrateur		référence service standard	référence service sévère	masse (1) kg
230 V	400 V	440 V	500 V	courant pré-réglage usine A	calibre (IcL) A			
3	5,5	5,5	7,5	11	12		ATS-46D17N	4,100
4	7,5	7,5	9	15,2	17	ATS-46D17N	ATS-46D22N	4,100
5,5	11	11	11	21	22	ATS-46D22N	ATS-46D32N	4,400
7,5	15	15	18,5	28	32	ATS-46D32N	ATS-46D39N	4,400
9	18,5	18,5	22	34	38	ATS-46D38N	ATS-46D47N	6,900
11	22	22	30	42	47	ATS-46D47N	ATS-46D62N	6,900
15	30	30	37	54	62	ATS-46D62N	ATS-46D75N	10,700
18,5	37	37	45	68	75	ATS-46D75N	ATS-46D89N	10,700
22	45	45	55	80	88	ATS-46D88N	ATS-46C11N	11,900
30	55	55	75	98	110	ATS-46C11N	ATS-46C14N	16,000
37	75	75	90	128	140	ATS-46C14N	ATS-46C17N	44,000
45	90	90	110	160	170	ATS-46C17N	ATS-46C21N	44,000
55	110	110	132	190	210	ATS-46C21N	ATS-46C25N	44,000
75	132	132	160	236	250	ATS-46C25N	ATS-46C32N	45,000
90	160	160	220	290	320	ATS-46C32N	ATS-46C41N	56,000
110	220	220	250	367	410	ATS-46C41N	ATS-46C48N	62,000
132	250	250	315	430	480	ATS-46C48N	ATS-46C59N	62,000
160	315	355	400	547	590	ATS-46C59N	ATS-46C66N	62,000
	355	400		610	660	ATS-46C66N	ATS-46C79N	112,000
220	400	500	500	725	790	ATS-46C79N	ATS-46M10N	124,000
250	500	630	630	880	1000	ATS-46M10N	ATS-46M12N	124,000
355	630	710	800	1130	1200	ATS-46M12N		

(1) Masse des démarrateurs en service sévère.

Nota :

- la Visu est livrée d'origine
- choix de self supplémentaire éventuelle, voir CD-Rom ou catalogue spécialisé.

Pompes LS

Sélection

3 000
min⁻¹

Débit nominal : 45 à 70 m³/h

Type	Code produit	Débit en m ³ /h	Débit													kW			
			24	30	36	39	42	45	48	51	55	60	70	80	90	100	Utile	Intensité en A	
LS 65 - 50 - 125 / 3 - 2	T 085 PC 01	HMT en MCE ¹	21,2	20,5	19,5	19	18,5	18	17,2	16,8	15,5	-	-	-	-	-	3	-	6,3
LS 65 - 50 - 125 / 4,6 - 2	T 085 PC 02		25	24,5	23,8	23,5	23	22,7	22	21,8	20,8	19,5	16	-	-	-	4,6	-	9,3
LS 65 - 50 - 160 / 4,6 - 2	T 085 PC 03		30	29,5	28,5	27,8	27	26,2	25,2	24,2	22,5	-	-	-	-	-	4,6	-	9,3
LS 65 - 50 - 160 / 6,5 - 2	T 085 PC 04		39	38,4	37,9	37,6	37	36,5	35,7	35	34	32,5	-	-	-	-	6,5	-	12,5
LS 65 - 50 - 200L / 18,5 - 2	T 085 PC 05		-	-	-	-	-	63	62,5	62	61	60	56	50	38	-	18,5	-	35
LS 65 - 50 - 200L / 22 - 2	T 085 PC 06		-	-	-	-	-	-	-	72	71	70	66	61	54	40	22	-	43,5
LS 65 - 50 - 250L / 30 - 2	T 085 PC 07		-	-	-	-	-	-	-	85	84	83	81	80	76	70	30	-	55,5

1. Hauteur manométrique totale (HMT) en mètres de colonne d'eau (MCE).

3 000
min⁻¹

Débit nominal : 70 à 140 m³/h

Type	Code produit	Débit en m ³ /h	Débit													kW			
			45	48	51	55	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200	Utile	Intensité A	
LS 80 - 65 - 125 / 3 - 2	T 086 PC 01	HMT en MCE ¹	13	12,8	12,5	12,2	11,7	10,8	9,8	-	-	-	-	-	-	-	3	-	6,3
LS 80 - 65 - 125 / 4,6 - 2	T 086 PC 02		-	-	17,5	17	16,8	16	14,7	13,2	12	-	-	-	-	-	4,6	-	9,3
LS 80 - 65 - 125 / 6,5 - 2	T 086 PC 03		-	-	23,7	23,5	23,2	22,5	21,5	20	18,8	15,7	-	-	-	-	6,5	-	12,5
LS 80 - 65 - 160 / 13 - 2	T 086 PC 04		-	-	38	37,7	37,5	36,5	35,5	34	32	28	22	-	-	-	13	-	24
LS 80 - 65 - 160 / 16 - 2	T 086 PC 05		-	-	41	40,7	40,5	40	39,5	38	37	34	29,5	22,5	-	-	16	-	30,1
LS 80 - 65 - 200L / 22 - 2	T 086 PC 06		-	-	-	-	-	-	51	50	49	45	40	33	-	-	22	-	43,5
LS 80 - 65 - 200L / 30 - 2	T 086 PC 15		-	-	-	-	-	-	-	57	55	53	47	41	32	-	30	-	55,5
LS 80 - 65 - 200L / 37 - 2	T 086 PC 07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	63	60	55,5	50	43	35	37	-	67

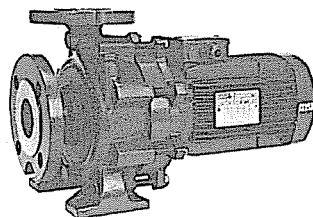
1. Hauteur manométrique totale (HMT) en mètres de colonne d'eau (MCE).

3 000
min⁻¹

Débit nominal : 140 à 180 m³/h

Type	Code produit	Débit en m ³ /h	Débit										kW					
			70	80	90	100	120	140	160	180	200	220	250	Utile	Intensité en A			
LS 100 - 80 - 160 / 13 - 2	T 087 PC 01	HMT en MCE ¹	30	29,8	29,2	28,5	27,5	24,5	21,5	18	-	-	-	-	-	13	-	24
LS 100 - 80 - 160 / 16 - 2	T 087 PC 02		-	-	-	35,5	34	32	29	26	20	-	-	-	-	16	-	30,1
LS 100 - 80 - 200L / 22 - 2	T 087 PC 03		-	-	-	44	42	40	36	33	27	23	-	-	-	22	-	43,5
LS 100 - 80 - 200L / 30 - 2	T 087 PC 11		-	-	-	-	52	50	47	43	39,5	34	-	-	-	30	-	55,5
LS 100 - 80 - 200L / 37 - 2	T 087 PC 04		-	-	-	-	58,5	57	55	53	48	43	35	-	-	37	-	67

1. Hauteur manométrique totale (HMT) en mètres de colonne d'eau (MCE).



<http://www.leroy-somer.com/>

Moteurs asynchrones triphasés fermés LS

Sélection

IP 55 - 50 Hz - Classe F - Δ T 80 K - 230 V Δ / 400 V Y - S1

2
pôles
3000 min⁻¹

Type	Puissance nominale à 50 Hz	Vitesse nominale	Moment nominal	Intensité nominale	Facteur de puissance	Rendement	Courant démarrage / Courant nominal	Masse
	P_N kW	N_N min ⁻¹	M_N N.m	I_N (400V) A	$\cos \varphi$ 100%	η 100%	I_D / I_N	IM B3 kg
LS 56 M	0,09	2860	0,3	0,44	0,55	54	4,9	3,8
LS 56 M	0,12	2820	0,4	0,5	0,6	58	4,6	3,8
LS 63 M	0,18	2790	0,6	0,52	0,75	67	5	4,8
LS 63 M ^f	0,18	2790	0,6	0,52	0,75	67	5	4,8
LS 63 M	0,25	2800	0,8	0,71	0,75	68	5,4	6
LS 63 M ^f	0,25	2800	0,8	0,71	0,75	68	5,4	6
LS 71 L	0,37	2800	1,3	0,98	0,8	68	5,2	6,4
LS 71 L	0,55	2800	1,9	1,32	0,8	75	6	7,3
LS 71 L	0,75	2780	2,5	1,7	0,85	75	6	8,3
LS 80 L	0,75	2840	2,5	1,64	0,87	76	5,9	8,2
LS 80 L	1,1	2837	3,7	2,4	0,84	78	5,8	9,7
LS 80 L	1,5	2859	5	3,2	0,83	80,3	7	11,3
LS 90 S	1,5	2870	5	3,4	0,81	79,6	8	12
LS 90 L	1,8	2865	6	3,6	0,86	83,1	8	14
LS 90 L	2,2	2862	7,4	4,3	0,88	83,6	7,7	16
LS 100 L	3	2868	10	6,3	0,81	83,9	7,5	20
LS 100 L	3,7	2850	12,5	8	0,85	81	8,6	21
LS 112 M	4	2877	13,5	7,8	0,85	86	7,8	24,4
LS 112 MG	5,5	2916	18,1	10,5	0,88	86,6	9	33
LS 132 S	5,5	2916	18,1	10,5	0,88	86,6	9	34,4
LS 132 S	7,5	2905	24,5	14,7	0,85	86,5	8,7	39
LS 132 M	9	2910	29,6	17,3	0,85	88,1	8,6	49
LS 132 M	11	2944	36	20,7	0,86	89,4	7,5	54
LS 160 MP	11	2944	36	20,7	0,86	89,4	7,5	62
LS 160 MP	15	2935	48,8	28,4	0,85	90	8,1	72
LS 160 L	18,5	2934	60,2	33,7	0,87	91	8	88
LS 180 MT	22	2938	71,5	39,9	0,87	91,5	8,1	99
LS 200 LT	30	2946	97,2	52,1	0,9	92,4	8,6	154
LS 200 L	37	2950	120	64,6	0,89	92,9	7,4	180
LS 225 MT	45	2950	146	77,4	0,9	93,3	7,5	200
LS 250 MZ	55	2956	178	95,2	0,89	93,7	8,3	235
LS 280 SC	75	2968	241	127	0,9	94,4	8,5	330
LS 280 MC	90	2968	290	152	0,9	94,7	8,4	375
LS 315 SP	110	2976	353	190	0,88	94,8	7,8	645
LS 315 MP	132	2976	424	225	0,89	95	7,6	715
LS 315 MR	160	2976	513	270	0,9	95,1	7,6	820
LS 315 MR ²	200	2982	640	349	0,87	95	9,3	845

1. Moteurs à pattes ou bride (ou pattes et bride) avec bout d'arbre différent de la norme (D : 14 j6 - E : 30 mm).
2. Echauffement classe F.

<http://www.leroy-somer.com/>

Moteurs asynchrones triphasés fermés LS

Sélection

IP 55 - 50 Hz - Classe F - ΔT 80 K - 230 V Δ / 400 V Y - S1

2
pôles
3000 min⁻¹

Type	Puissance nominale à 50 Hz P_N kW	IM 1001 (IM B3)		IM 3001 (IM B5)		IM 2001 (IM B35)		IM 3601 (IM B14)		IM 2101 (IM B34)	
		Code	Qté	Code	Qté	Code	Qté	Code	Qté	Code	Qté
LS 56 M	0,09	MA2 09 107	10	MA2 09 109	10	MA2 09 1C9	5	MA2 09 111	10	MA2 09 1D1	5
LS 56 M	0,12	MA2 12 107	10	MA2 12 109	5	MA2 12 1C9	5	MA2 12 111	5	MA2 12 1D1	5
LS 63 M	0,18	MA2 18 113	10	MA2 18 115	10	MA2 18 1C5	5	MA2 18 117	5	MA2 18 1D7	5
LS 63 M ¹	0,18	MA2 18 BA1	10	MA2 18 BA2	5	MA2 18 BA4	5	MA2 18 BA3	5	MA2 18 BA5	5
LS 63 M	0,25	MA2 25 125	10	MA2 25 127	10	MA2 25 1C7	5	MA2 25 129	10	MA2 25 1D9	5
LS 63 M ¹	0,25	MA2 25 BA1	10	MA2 25 BA2	5	MA2 25 BA4	5	MA2 25 BA3	10	MA2 25 BA5	5
LS 71 L	0,37	MA2 37 119	10	MA2 37 121	10	MA2 37 1C1	5	MA2 37 123	10	MA2 37 1D3	5
LS 71 L	0,55	MA2 55 119	10	MA2 55 121	10	MA2 55 1C1	5	MA2 55 123	10	MA2 55 1D3	5
LS 71 L	0,75	MA2 75 138	10	MA2 75 139	5	MA2 75 1C9	5	MA2 75 140	10	MA2 75 1D0	5
LS 80 L	0,75	MA2 75 133	25	MA2 75 135 ³	20	MA2 75 1C5	5	MA2 75 137 ⁴	10	MA2 75 1D7	5
LS 80 L	1,1	EA2 11 233	25	EA2 11 235 ³	20	EA2 11 2C5	5	EA2 11 237 ⁴	5	EA2 11 2D7	5
LS 80 L	1,5	EA0 00 001	5	EA0 00 002	5	EA0 00 003	5	EA0 00 004	5	EA0 00 005	5
LS 90 S	1,5	EA2 15 233	25	EA2 15 235 ³	20	EA2 15 2C5	5	EA2 15 237 ⁴	5	EA2 15 2D7	5
LS 90 L	1,8	EA2 18 213	10	EA2 18 215 ³	5	EA2 18 2C5	5	EA2 18 217 ⁴	5	EA2 18 2D7	5
LS 90 L	2,2	EA2 22 219	25	EA2 22 221 ³	20	EA2 22 2C1	5	EA2 22 223 ⁴	5	EA2 22 2D3	5
LS 100 L	3	EA2 30 201	25	EA2 30 203 ³	20	EA2 30 2C3	5	EA2 30 205 ⁴	5	EA2 30 2D5	5
LS 100 L	3,7	MA2 37 201	10	MA2 37 203 ³	5	-	-	MA2 37 205	5	-	-
LS 112 M	4	EA2 40 201	25	EA2 40 203 ³	10	EA2 40 2C3	5	EA2 40 205	5	EA2 40 2D5	5
LS 112 MG	5,5	EA2 55 201	25	EA2 55 203 ³	10	EA2 55 2C3	5	EA2 55 205	5	EA2 55 2D5	5
LS 132 S	5,5	EA2 55 207	10	EA2 55 209 ³	5	EA2 55 2C9	5	EA2 55 211	5	EA2 55 2D1	5
LS 132 S	7,5	EA2 75 201	10	EA2 75 203 ³	10	EA2 75 2C3	5	EA2 75 205	5	EA2 75 2D5	5
LS 132 M	9	EA2 90 201	10	EA2 90 203 ³	5	EA2 90 2C3	5	EA2 90 205	5	EA2 90 2D5	5
LS 132 M	11	EA2 11 340	5	EA2 11 342 ³	5	EA2 11 3C2	5	-	-	EA2 11 3D3	5
LS 160 MP	11	EA2 11 301	5	EA2 11 303 ³	2	EA2 11 3C3	5	-	-	-	-
LS 160 MP	15	EA2 15 301	5	EA2 15 303 ³	2	EA2 15 3C3	5	-	-	-	-
LS 160 L	18,5	EA2 18 301	3	EA2 18 303	1	EA2 18 3C3	3	-	-	-	-
LS 180 MT	22	EA2 22 301	3	EA2 22 303	1	EA2 22 3C3	3	-	-	-	-
LS 200 LT	30	EA2 30 301	1	EA2 30 303	1	EA2 30 3C3	1	-	-	-	-
LS 200 L	37	EA2 37 301	3	EA2 37 303	2	EA2 37 3C3	3	-	-	-	-
LS 225 MT	45	EA2 45 301	1	EA2 45 303	1	EA2 45 3C3	1	-	-	-	-
LS 250 MZ	55	EA2 55 301	2	-	-	EA2 55 3C3	2	-	-	-	-
LS 280 SC	75	EA2 75 301	1	-	-	EA2 75 3C3	1	-	-	-	-
LS 280 MC	90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LS 315 SP	110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LS 315 MP	132	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LS 315 MR	160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LS 315 MR ²	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1. Moteurs à pattes ou bride (ou pattes et bride) avec bout d'arbre différent de la norme (D : 14 j6 - E : 30 mm).

2. Echauffement classe F.

3. Moteurs IM B5 / IM V1.

4. Moteurs IM B14 / IM V18.

Exemple de sélection :

Vitesse :	3000 min ⁻¹ - 2 pôles
Puissance :	2,2 kW
Fixation et position :	IM 1001 (IM B3)
Tension d'alimentation :	230/400 V

Désignation :

2P LS 90 L 2,2 kW IM 1001 (IM B3)
230/400 V

Code : EA2 22 219

<http://www.leroy-somer.com/>

Désignation / Codification

4P 1500 min ⁻¹	LS	180	MT	18,5 kW	IM 1001 (IM B3)	400 V Δ	50 Hz	IP 55
Polarité vitesse	Type moteur	Hauteur d'axe CEI 60072-1	Désignation du carter et indice constructeur	Puissance nominale	Position de montage CEI 60034-7	Tension réseau	Fréquence réseau	Protection CEI60034-5

☞ Exemple de codification :

Moteur asynchrone triphasé LS, 1500 min⁻¹,
18,5 kW IM 1001 (IM B3), 400 VΔ

Désignation

4P LS 180 MT 18,5 kW
IM 1001 (IM B3) 400 VΔ

Code

EA4 18 302

☞ Exemple de codification :

Addition d'un capot de tôle parapluie

Désignation

• capot tôle parapluie

Code

MATP 1024

Le tableau ci-dessus est un exemple.

Il permet de construire la désignation du produit souhaité.

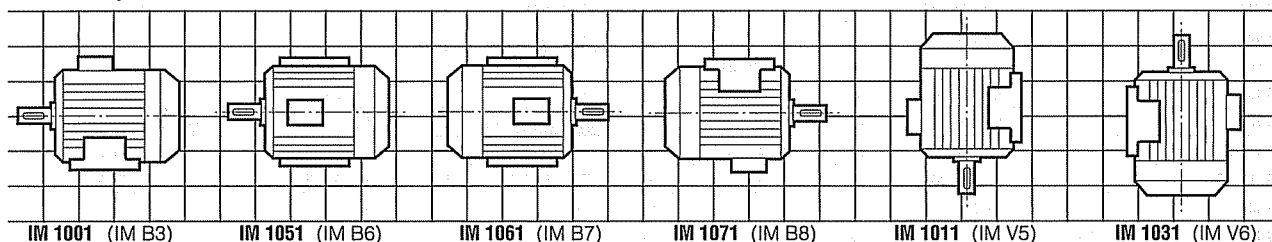
Cette désignation correspond à un code produit.

Les codes produits qui sont présents dans les grilles de sélection sont utilisables directement. Ils facilitent la passation de commande.

Le tableau de codification est intégré au tarif avec le rappel des désignations.

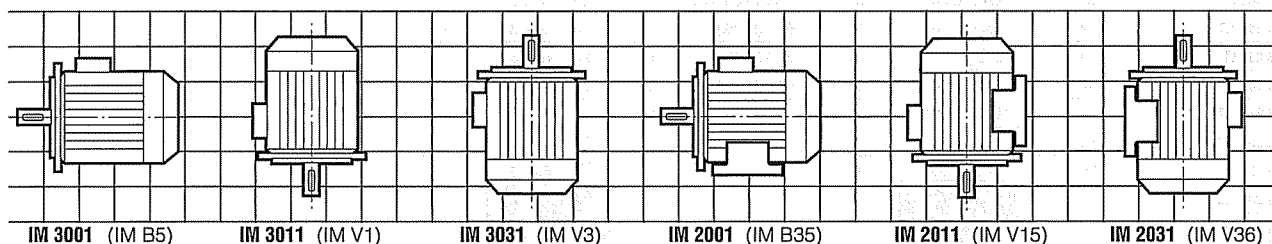
Positions de montage

Moteurs à pattes de fixation



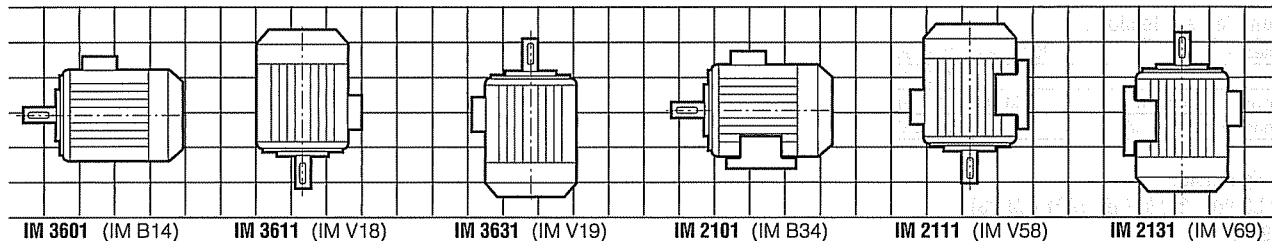
Moteurs à bride (FF) de fixation à trous lisses

• Position IM 3001 (IM B5) réalisable jusqu'au 225 de hauteur d'axe inclus



Moteurs à bride (FT) de fixation à trous taraudés

• Positions réalisables jusqu'au 132 de hauteur d'axe inclus





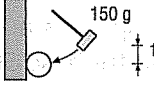
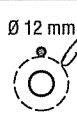
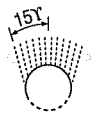
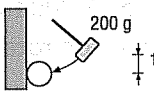

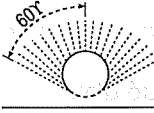
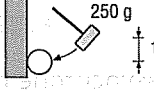


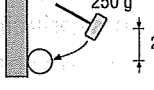
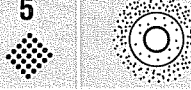

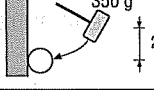

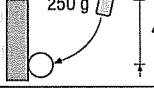

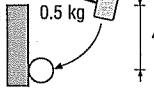
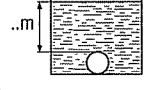


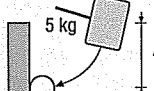
<http://www.leroy-somer.com/>

Moteurs asynchrones

Définition des indices de protection (IP)

Indices de protection des enveloppes des matériels électriques
Selon norme CEI 34-5 - EN 60034-5 (IP) - EN 50102 (IK)

Les moteurs LS sont en configuration standard IP 55 / IK 08

1 ^{er} chiffre : protection contre les corps solides			2 ^e chiffre : protection contre les liquides			protection mécanique		
IP	Tests	Définition	IP	Tests	Définition	IK	Tests	Définition
0		Pas de protection	0		Pas de protection	00		Pas de protection
1		Protégé contre les corps solides supérieurs à 50 mm (exemple : contacts involontaires de la main)	1		Protégé contre les chutes verticales de gouttes d'eau (condensation)	01		Energie de choc : 0.15 J
2		Protégé contre les corps solides supérieurs à 12 mm (exemple : doigt de la main)	2		Protégé contre les chutes de gouttes d'eau jusqu'à 15° de la verticale	02		Energie de choc : 0.20 J
3		Protégé contre les corps solides supérieurs à 2.5 mm (exemples : outils, fils)	3		Protégé contre l'eau en pluie jusqu'à 60° de la verticale	03		Energie de choc : 0.37 J
4		Protégé contre les corps solides supérieurs à 1 mm (exemples : outils fin, petits fils)	4		Protégé contre les projections d'eau de toutes directions	04		Energie de choc : 0.50 J
5		Protégé contre les poussières (pas de dépôt nuisible)	5		Protégé contre les jets d'eau de toutes directions à la lance	05		Energie de choc : 0.70 J
			6		Protégé contre les projections d'eau assimilables aux paquets de mer	06		Energie de choc : 1 J
			7		Protégé contre les effets de l'immersion entre 0.15 et 1 m	07		Energie de choc : 2 J
			8		Protégé contre les effets prolongés de l'immersion sous pression	08		Energie de choc : 5 J
						09		Energie de choc : 10 J
						10		Energie de choc : 20 J

Exemple :

Cas d'une machine IP 55

IP : Indice de protection

5 : Machine protégée contre la poussière et contre les contacts accidentels.
Sanction de l'essai : pas d'entrée de poussière en quantité nuisible, aucun contact direct avec des pièces en rotation. L'essai aura une durée de 2 heures (sanction de l'essai : pas d'entrée de talc pouvant nuire au bon fonctionnement de la machine).

5 : Machine protégée contre les projections d'eau dans toutes les directions provenant d'une lance de débit 12,5 l/min sous 0,3 bar à une distance de 3 m de la machine. L'essai aura une durée de 3 minutes (sanction de l'essai : pas d'effet nuisible de l'eau projetée sur la machine).

<http://www.leroy-somer.com/>

Moteur asynchrone triphasé

Démarrage des moteurs

Les machines électriques tournantes sont réversibles :

- **les moteurs** sont des machines **électromagnétiques** permettant la conversion de l'énergie **électrique** en énergie **mécanique**. La plupart des machines électriques fonctionnent grâce au magnétisme (circuit magnétique avec bobinage ou aimant permanent),
- **les alternateurs, générateurs et dynamos** produisent une énergie **électrique** à partir d'une énergie **mécanique**.

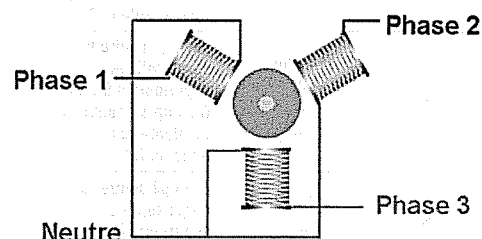
A / LE MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASÉ

C'est le moteur le plus répandu, de conception simple et robuste, il est reconnaissable, bien souvent, grâce à ses ailettes de dissipation de la chaleur.

A1 - PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

3 bobines disposées à 120° les unes des autres, alimentées par le réseau triphasé 50 Hz, créent un champ magnétique tournant de fréquence de rotation de 50 tours par seconde (tr/s ou s^{-1}), soit 3 000 tr/min .

Cette fréquence de rotation est appelée vitesse de synchronisme.

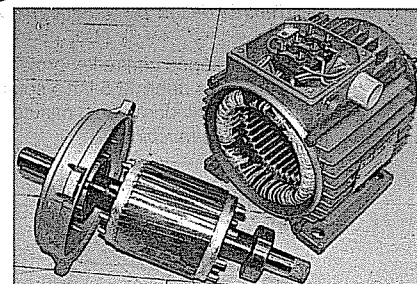
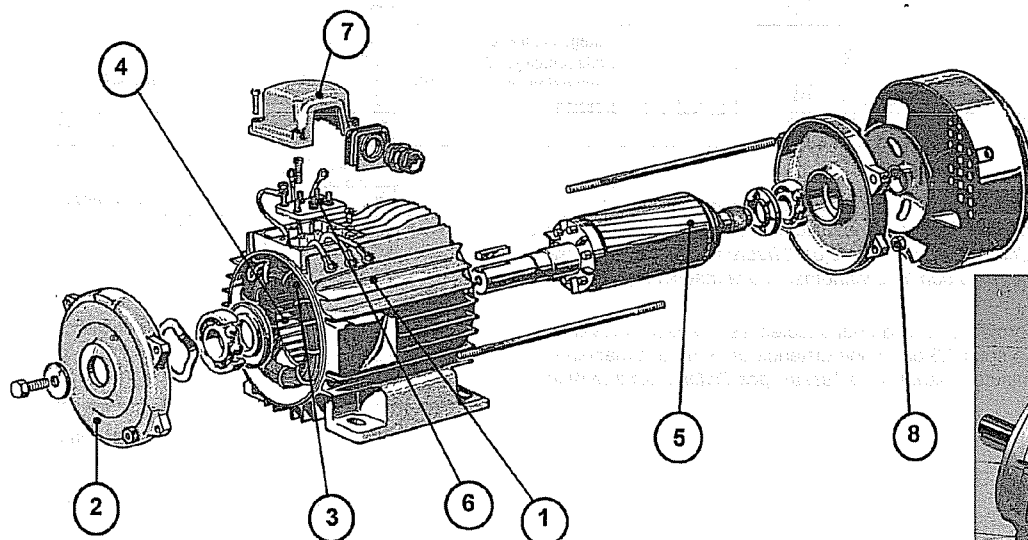
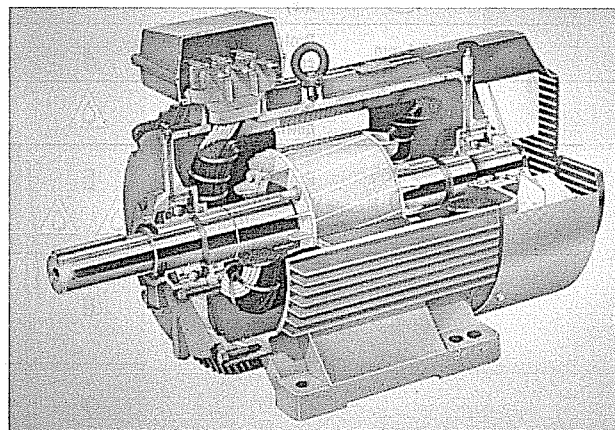


A2 - CONSTITUTION DU MOTEUR ASYNCHRONE

Le moteur asynchrone triphasé est constitué d'éléments fixes, (principalement le **stator**) et d'éléments tournants (principalement le **rotor**).

Le stator produit un champ magnétique tournant ; on réalise les enroulements (ou bobinages) statoriques que l'on relie au réseau par l'intermédiaire de la plaque à bornes.

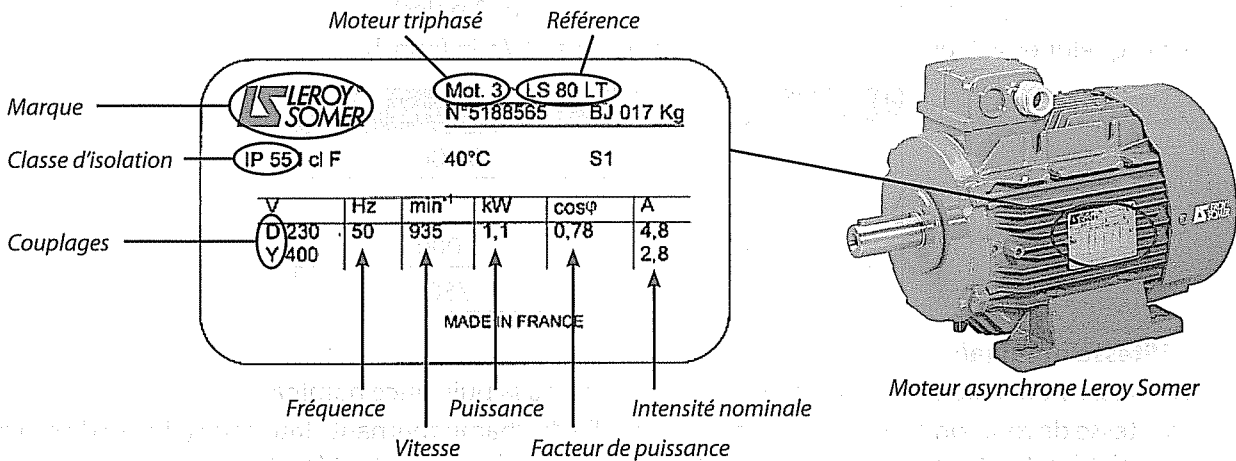
Le rotor reçoit le champ magnétique tournant fourni par le stator qui devient un champ magnétique induit tournant à une vitesse légèrement inférieure à celle du stator (**vitesse de synchronisme**). Le rotor est en général en court-circuit (**cage d'écu-reuil**), il existe aussi des rotors bobinés.



Repère	Désignation	Fonction
1	Carcasse à ailettes	Canaliser le flux et supporter les enroulements statoriques
2	Flasques avant (et arrière)	Maintenir le rotor et assurer (par les roulements à billes) le guidage en rotation
3	Enroulements statoriques	Créer le flux magnétique (champ tournant)
4	Encoches statoriques	Recevoir les bobinages
5	Rotor	Organe en rotation grâce au flux magnétique
6	Plaque à bornes	Permettre le raccordement au réseau et le couplage des enroulements
7	Couvercle de la plaque à bornes	Protéger le circuit électrique de la plaque à bornes
8	Ventilateur	Refroidir les enroulements statoriques

A3 - PLAQUE SIGNALÉTIQUE DU MOTEUR ASYNCHRONE

La plaque signalétique est en quelque sorte la carte d'identité du moteur.



A4 - CARACTÉRISTIQUES ÉLECTROMÉCANIQUES

Le moteur absorbe une énergie électrique et restitue une énergie mécanique.

A4.1 ▸ Grandeurs électriques

▸ Puissance absorbée :

La puissance électrique absorbée par un moteur asynchrone triphasé est donnée par la relation :

$$P = \sqrt{3} U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

P : puissance absorbée en watts (W)

U : tension entre phases en volts (V)

I : intensité absorbée en ampères (A)

cos φ : facteur de puissance du récepteur

▸ Tension

Les moteurs triphasés sont **bitensions**, ce qui leur permet de s'adapter à la tension du réseau.

La tension électrique indiquée est la **tension composée** (entre phases), elle dépend du **couplage** des enroulements.

▸ Intensité

L'intensité absorbée par le moteur, indiquée sur la plaque signalétique, correspond à l'intensité **nomi-**
nale du moteur **fonctionnant à pleine charge**.

▸ Facteur de puissance

Le facteur de puissance indiqué sur la plaque signalétique, correspond au **fonctionnement à pleine charge**.

A4.2 ▸ Grandeurs mécaniques

▸ Puissance nominale (ou puissance utile) et Couple nominal (ou couple utile)

La **puissance nominale** est la puissance **mécanique** disponible sur l'arbre moteur à sa vitesse **nominale**.

Le **couple moteur**, qui traduit la force que le moteur donne dans son mouvement, est lié à la puissance mécanique, il est donné par la relation :

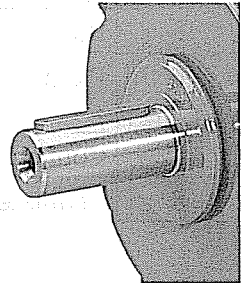
$$T_u = \frac{P_u}{\Omega}$$

T_u = couple utile en newtons-mètres (Nm)

P_u = Puissance utile en watts (W)

Ω = vitesse angulaire en radians par seconde ($\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$)

avec $\Omega = 2\pi n$ (n en tours par seconde [s^{-1}])



Arbre transmettant les grandeurs mécaniques

▸ Vitesse de synchronisme

La vitesse de rotation du champ tournant statorique (**vitesse de synchronisme**) dépend de la fréquence du réseau (en Hz) et du nombre de paires de pôles du stator.

$$n = \frac{f}{p}$$

n = vitesse de synchronisme en tours par seconde (s^{-1})

f = fréquence du réseau en hertz (Hz)

p = nombre de paires de pôles ($p = 1$ pour 2 pôles)

Voici quelques valeurs de vitesse de synchronisme en tr/min (min^{-1})

Nombre de pôles	n à 50 Hz
2	3 000
4	1 500
6	1 000
8	750

▸ Vitesse nominale

La vitesse nominale est la vitesse de l'arbre (du rotor) à la puissance nominale.

La vitesse de rotation du rotor est **inférieure** à celle du champ tournant statorique (vitesse de synchronisme), l'écart entre ces deux vitesses est caractérisé par le **glissement** (pertes).

La dénomination **Asynchrone** provient du fait que la vitesse de rotation de l'arbre n'est pas synchronisée avec la vitesse du champ magnétique tournant.

Le glissement est donné par la relation suivante :

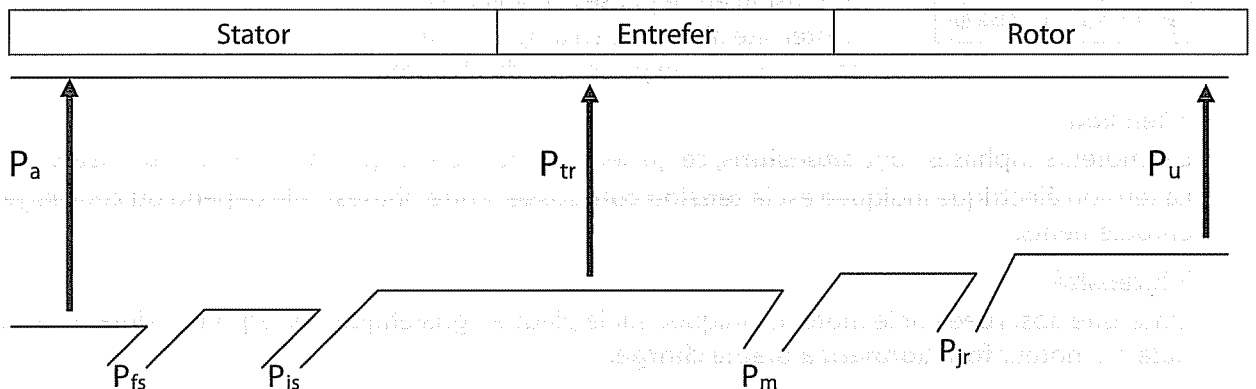
$$g = \frac{n - n_r}{n}$$

g = glissement

n = vitesse de synchronisme

n_r = vitesse du rotor

A5 - BILAN DES PUISSANCES



P_a : Puissance absorbée ; $P_a = \sqrt{3} UI \cos \varphi$

P_{fs} : Puissance perdue dans le fer (pertes fer) : pertes magnétiques dues aux phénomènes d'hystérésis et aux courants de Foucault.

P_{js} : **Puissance perdue par effet Joule au stator** due à la résistance des enroulements statoriques parcourus par l'intensité du courant absorbé.

P_{tr} : **Puissance transmise au rotor**; $P_{tr} = P_a - (P_{fs} + P_{js})$

P_m : **Puissance mécanique perdue** : pertes mécaniques dues aux frottements mécaniques et à la ventilation.

P_{jr} : **Puissance perdue par effet Joule dans le rotor** due à une perte de vitesse (glissement)
 $P_{jr} = g \cdot P_{tr}$

P_u : **Puissance utile** : puissance mécanique disponible sur l'arbre du moteur.
 $P_u = P_a - \Sigma_{pertes}$; $P_u = T_u \Omega$

Σ_{pertes} : **la somme des pertes** est égale à la Puissance absorbée - Puissance utile. $\Sigma_{pertes} = P_a - P_u$

A6 - RENDEMENT

Le **rendement** du moteur est égal au rapport de la puissance utile sur la puissance absorbée.

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{P_a - \Sigma_{pertes}}{P_a}$$

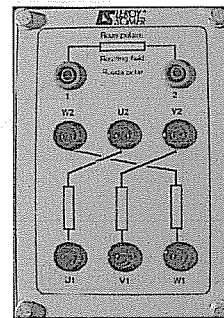
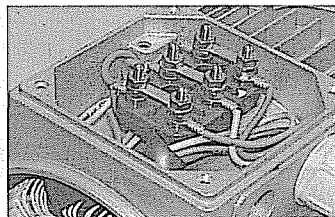
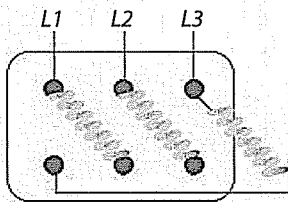
η = rendement (exprimé en % en général)

P_u = puissance utile en watts (W)

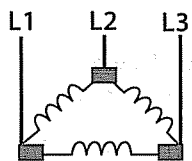
P_a = puissance absorbée en watts (W)

A7 - COUPLAGE DES ENROULEMENTS

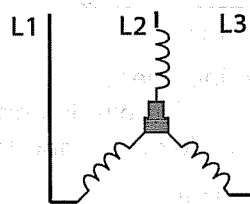
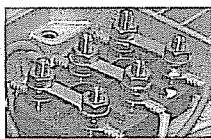
Les 3 **enroulements internes** du moteur arrivent dans la plaque à borne de la façon suivante :



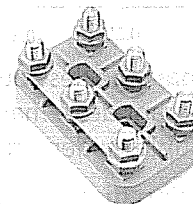
Il faut réaliser le couplage des moteurs triphasés bitensions en fonction de la tension du réseau :



Branchement en triangle (Δ)



Branchement en étoile (Y)



[Exemple de couplages (pour le moteur 230 V/400 V, le plus diffusé)]

- Pour un moteur triphasé et un réseau triphasé **230 V** nous devons coupler les enroulements en **triangle** (Δ).
- Pour un moteur triphasé **230 V/400 V** et un réseau triphasé **400 V** nous devons coupler les enroulements en **étoile** (Y).

Exercice :

Complétons le tableau de couplage : (proposons : Y ou Δ ou couplage impossible)

	Réseau triphasé 230 V	Réseau triphasé 400 V	Réseau triphasé 660 V
Moteur 230 V/400 V	Δ	Y	couplage impossible
Moteur 400 V/660 V	couplage impossible	Δ	Y

B / DÉMARRAGE DES MOTEURS ASYNCHRONES

Le moteur asynchrone consomme **au démarrage 4 à 8 fois** son intensité nominale, il est donc nécessaire de prévoir un mode de démarrage qui **limite le courant d'appel** pendant cette période (surtout pour les moteurs de forte puissance).

Nous allons étudier les démarreurs électromécaniques à contacteurs et les démarreurs électroniques qui tendent à s'imposer comme une solution souple et économique.

B1 - DÉMARRAGE DIRECT

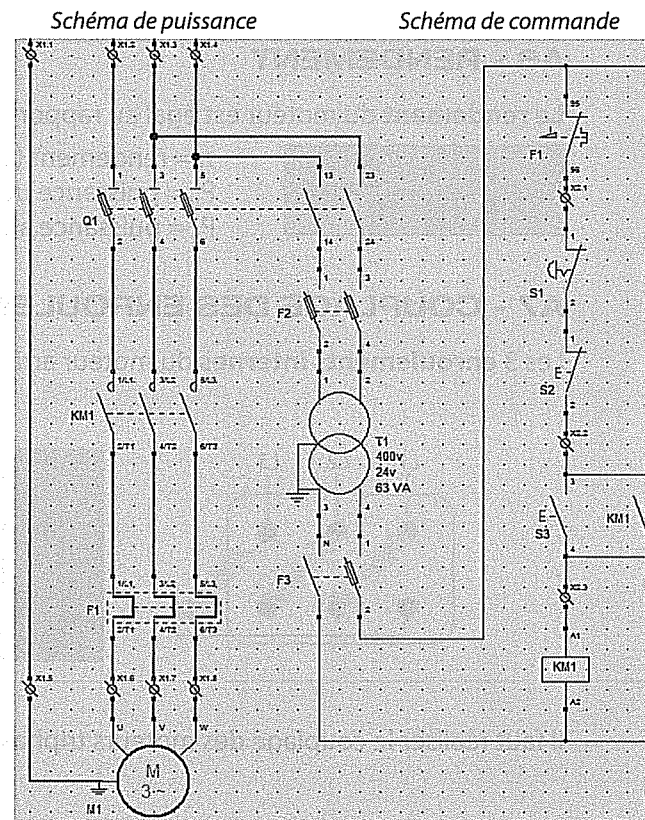
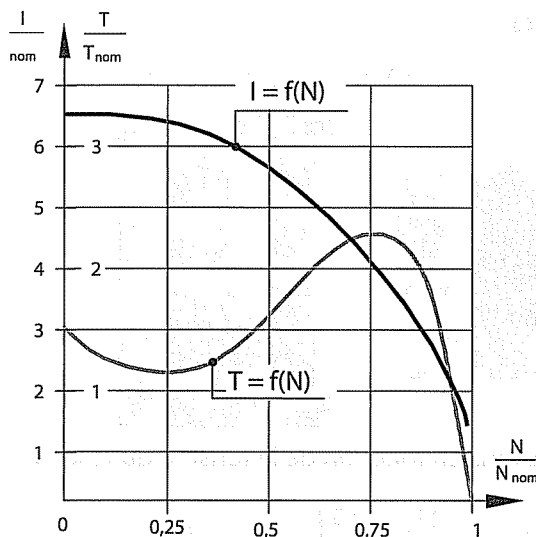
Les enroulements statoriques sont reliés directement au réseau.

Le démarrage se fait par contacteur.

Le démarrage direct présente plusieurs avantages :

- **coût réduit,**
- **simplicité d'installation,**
- **couple de démarrage élevé.**

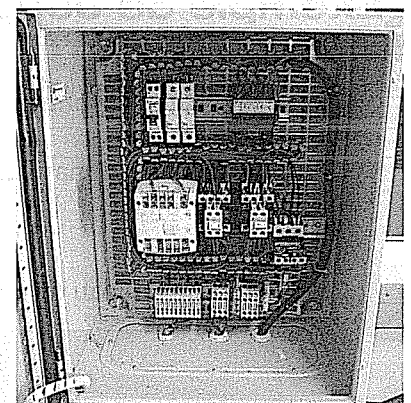
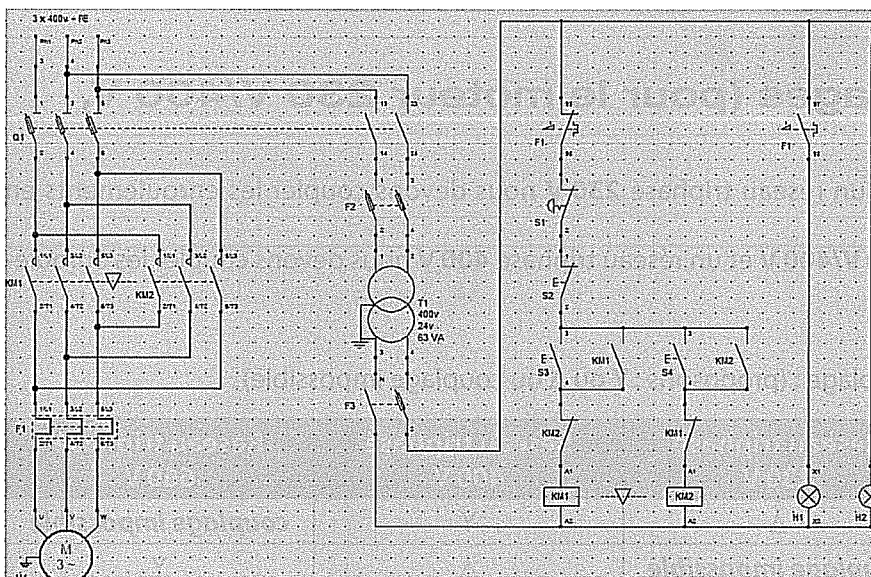
Ce type de démarrage ne peut convenir que pour des **puissances faibles**.



Au démarrage, les courbes indiquent :

- un courant de démarrage 6,5 fois plus important que le courant nominal (**$I_d/I_n = 6,5$**),
- un couple au démarrage 1,5 fois plus important que le couple nominal (**$T_d/T_n = 1,5$**).

▮ **Inversion du sens de rotation :** pour obtenir l'inversion du sens de rotation il suffit **d'inverser 2 phases sur les 3**.



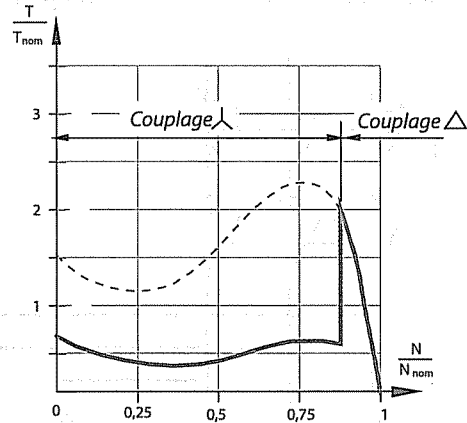
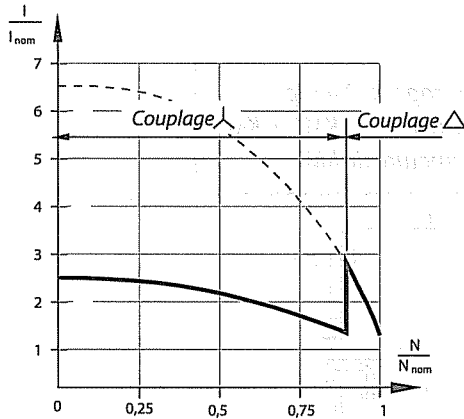
Platine de démarrage direct 2 sens de rotation

B2 - DÉMARRAGE ÉTOILE-TRIANGLE

Ce mode de démarrage ne s'applique qu'aux moteurs dont la tension inférieure correspond à celle du réseau (exemple : pour un moteur 230/400 V, il faut un réseau 230 V triphasé)

Le démarrage s'effectue en deux temps :

- 1^{er} temps : couplage des enroulements en étoile, le moteur **sous-alimenté** démarre à une tension réduite $\frac{U}{\sqrt{3}}$,
- 2^e temps : suppression du montage étoile et couplage **triangle**, le moteur est alimenté à sa tension nominale.



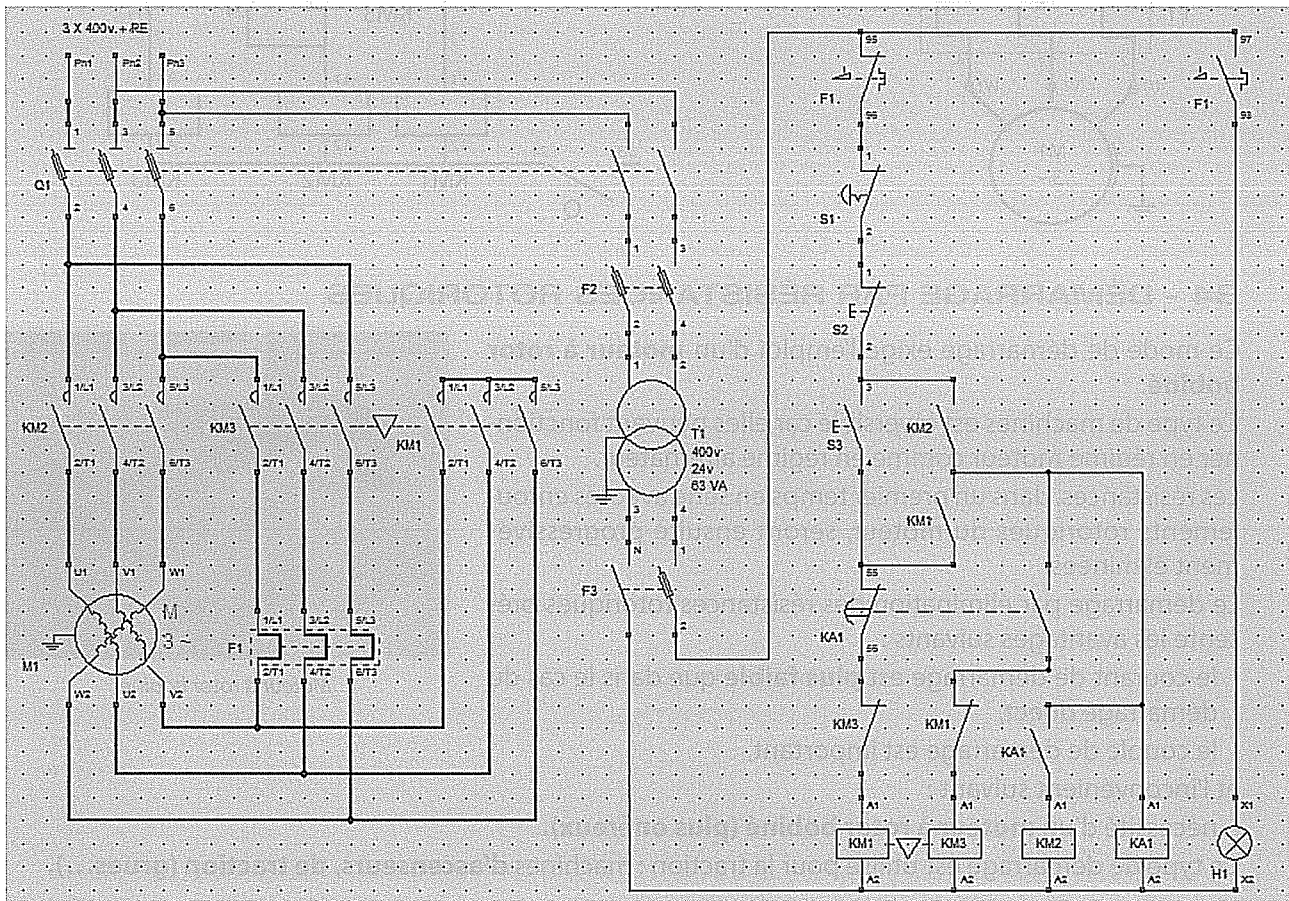
Le démarrage étoile-triangle présente les avantages suivants :

- le courant de démarrage est de **2 à 3 fois plus faible** que dans le cas du démarrage direct,
- économique.

Ce mode de démarrage présente deux inconvénients :

- le couple **plus faible** au démarrage,
- la **coupure d'alimentation** au moment du passage d'étoile en triangle.

Ce type de démarrage est réservé pour les machines démarrant à vide : **ventilateurs, machines à bois...**



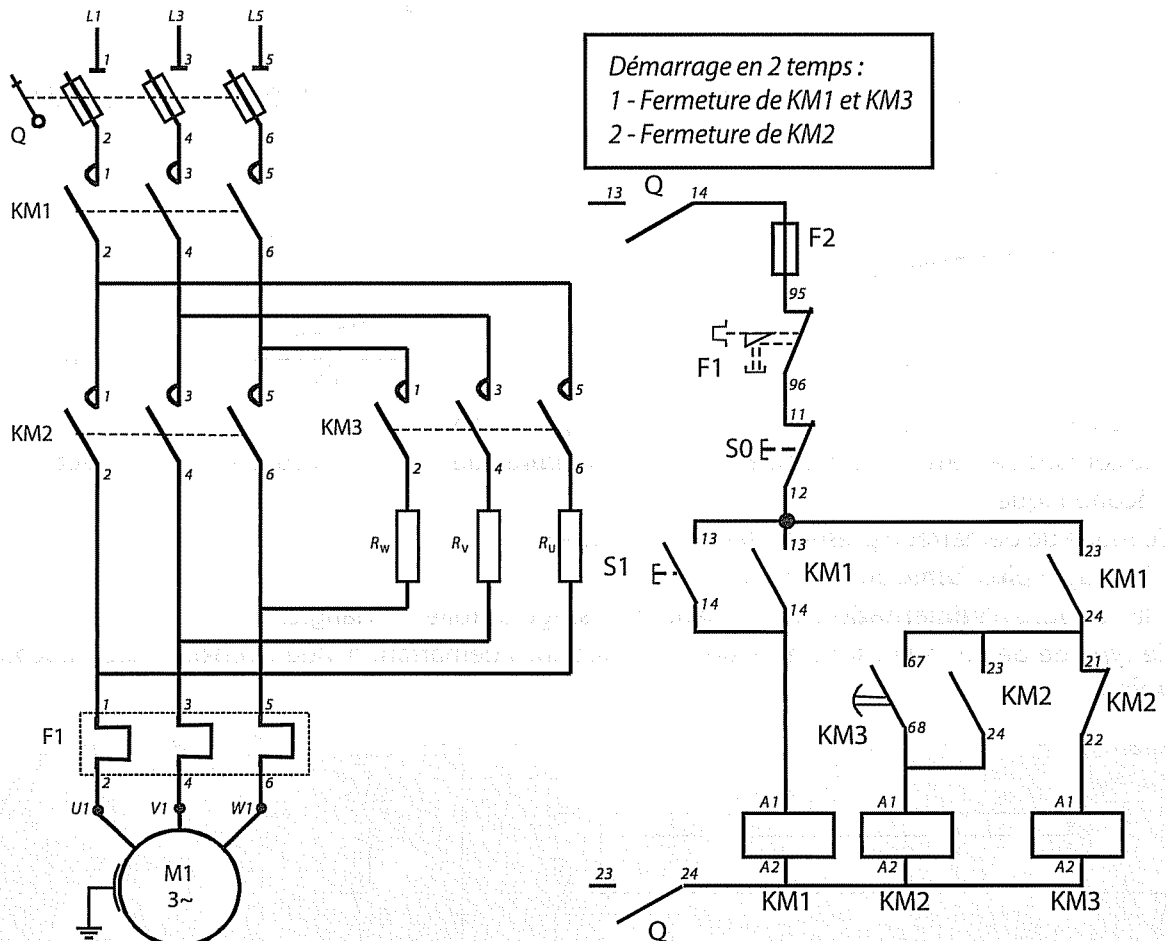
B3 - DÉMARRAGE PAR RÉSISTANCES STATORIQUES

Les résistances, dans un premier temps en série avec les enroulements statoriques du moteur, seront ensuite éliminées (court-circuitées).

Le démarrage par élimination des résistances statoriques présente l'avantage d'avoir un courant de démarrage **2 fois plus faible** que dans le cas du démarrage direct, mais les inconvénients suivants :

- le couple est à peu près 2 fois **plus faible** qu'en démarrage direct,
- il y a nécessité de **maintenance** (présence de résistances).

Ce type de démarrage permet essentiellement de **régler le couple** durant le démarrage à une valeur donnée en utilisant plusieurs jeux de résistances.



B4 - DÉMARRAGE PAR RÉSISTANCES ROTORIQUES

Ce mode de démarrage exige l'emploi d'un **moteur à rotor bobiné**.

Ce type de machines est réversible car elles peuvent fonctionner en régime moteur comme en régime alternateur.

Les résistances, dans un premier temps en série avec les enroulements rotoriques du moteur, seront ensuite progressivement éliminées.

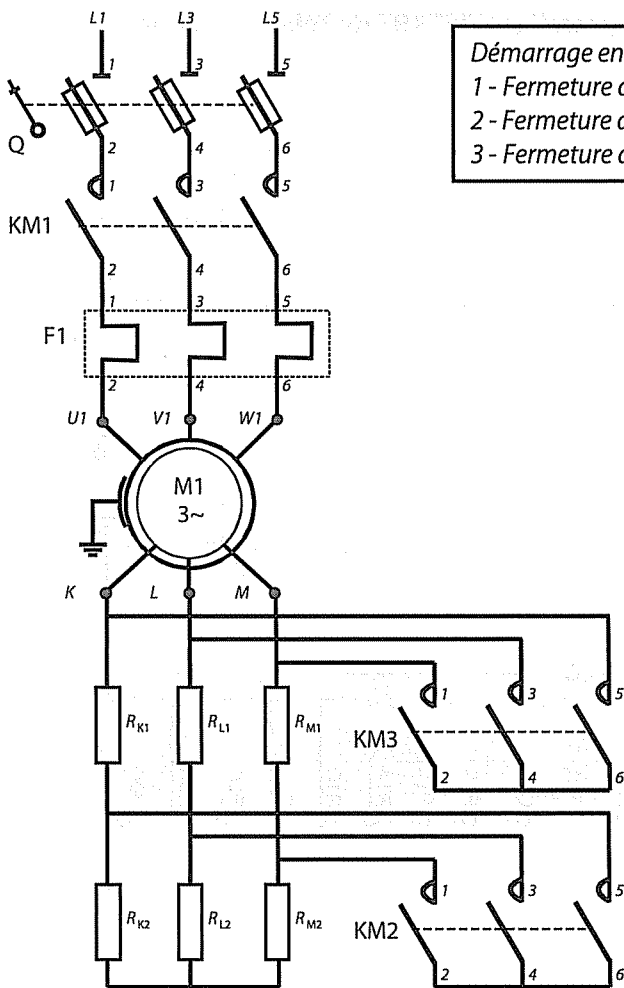
Le démarrage par élimination des résistances rotoriques présente les avantages suivants :

- le courant de démarrage est **plus faible** que dans le cas du démarrage direct,
 - le couple de démarrage est important,
- et l'inconvénient suivant :
- nécessité d'un **moteur à rotor bobiné (plus onéreux)**.

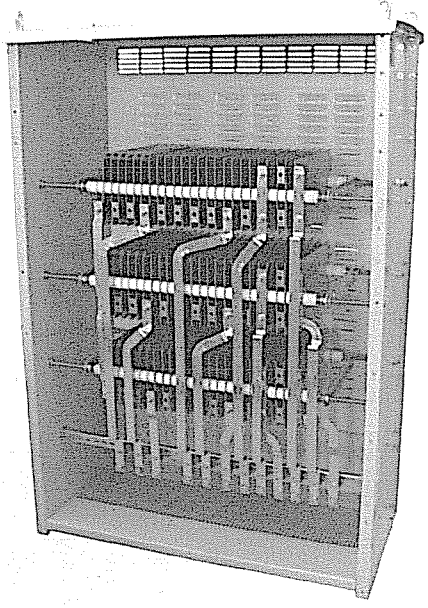
Ce type de démarrage est utilisé pour la traction : machines **d'ascenseurs, de traction (grues...)**.



Moteur à rotor bobiné



Démarrage en 3 temps :
 1 - Fermeture de KM1
 2 - Fermeture de KM2 (élimination de la première série de résistances)
 3 - Fermeture de KM3 (élimination de la deuxième série de résistances)



Résistances statoriques

B5 - DÉMARRAGE PAR DÉMARREURS ÉLECTRONIQUES

Les démarreurs progressifs permettent une montée du couple **sans à-coups** et une **réduction contrôlée du courant** lors de la phase de démarrage.

Le démarreur progressif délivre au démarrage **une tension réduite** et la montée progressive de celle-ci se fait jusqu'à sa valeur nominale.

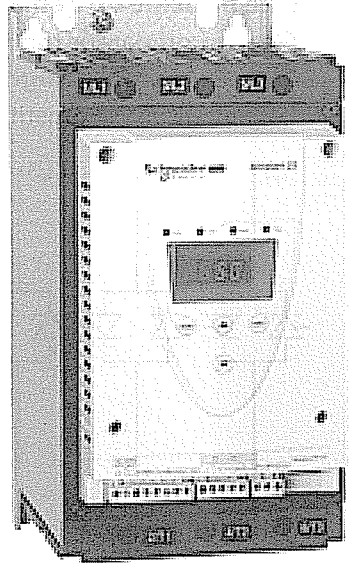
Le moteur triphasé est automatiquement adapté au comportement en charge de la machine et peut accélérer sans dommages. Les à-coups mécaniques sont ainsi évités, les pointes de courant réduites.

Les démarreurs progressifs représentent une alternative électronique aux démarreurs étoile-triangle classiques.

Les démarreurs progressifs sont particulièrement adaptés pour les convoyeurs, tapis transporteurs, portes automatiques, téléskis, les portiques pour le lavage des voitures et plus généralement toutes les machines équipées de courroies.

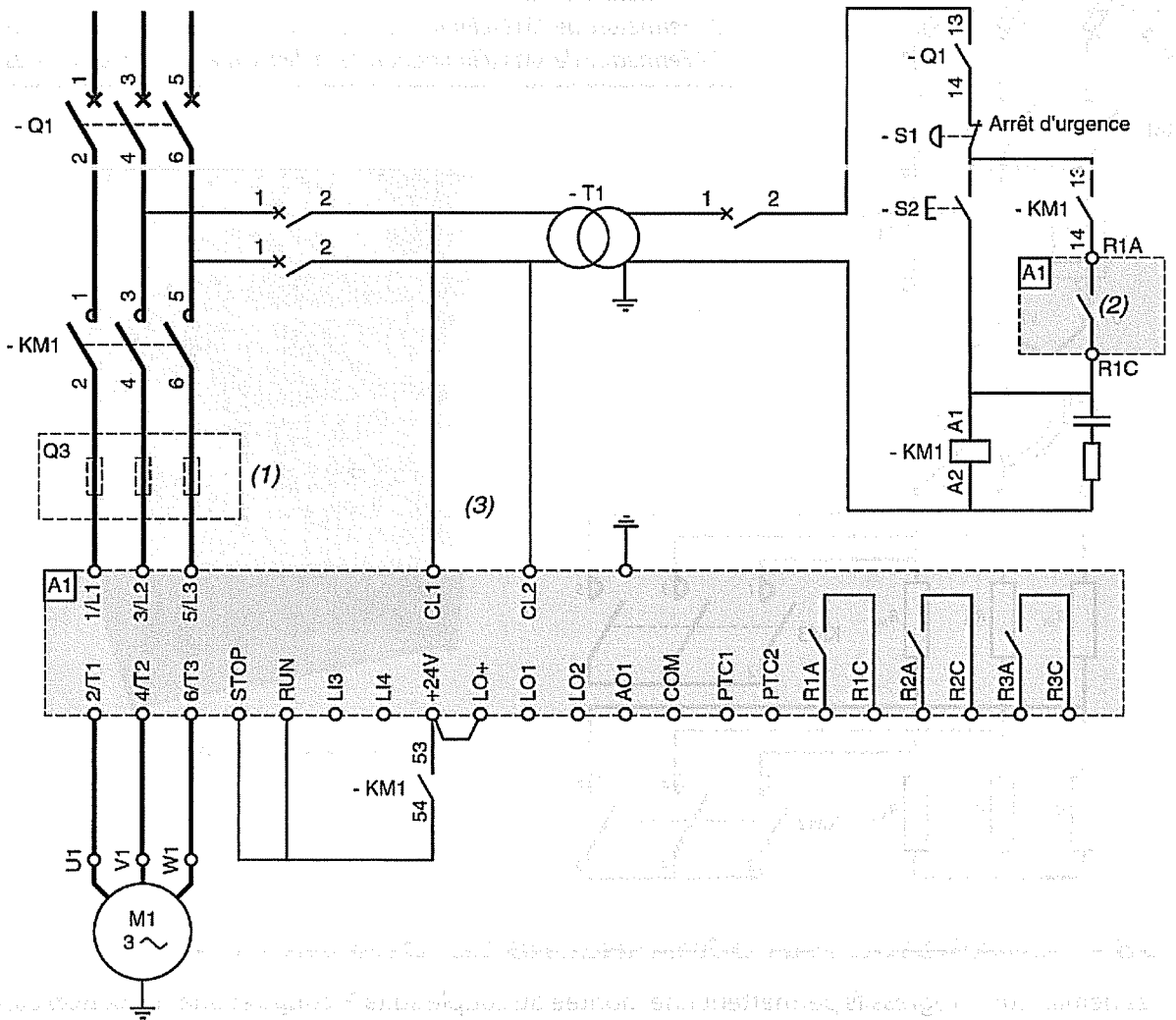
On peut également utiliser un **démarreur-ralentisseur** progressif qui permet un ralentissement en douceur.

Les démarreurs-ralentisseurs progressifs sont utilisés pour les ventilateurs, pompes, compresseurs et toutes les machines à fortes inerties (qui ont un démarrage particulièrement long).



Démarreur Schneider Altistart

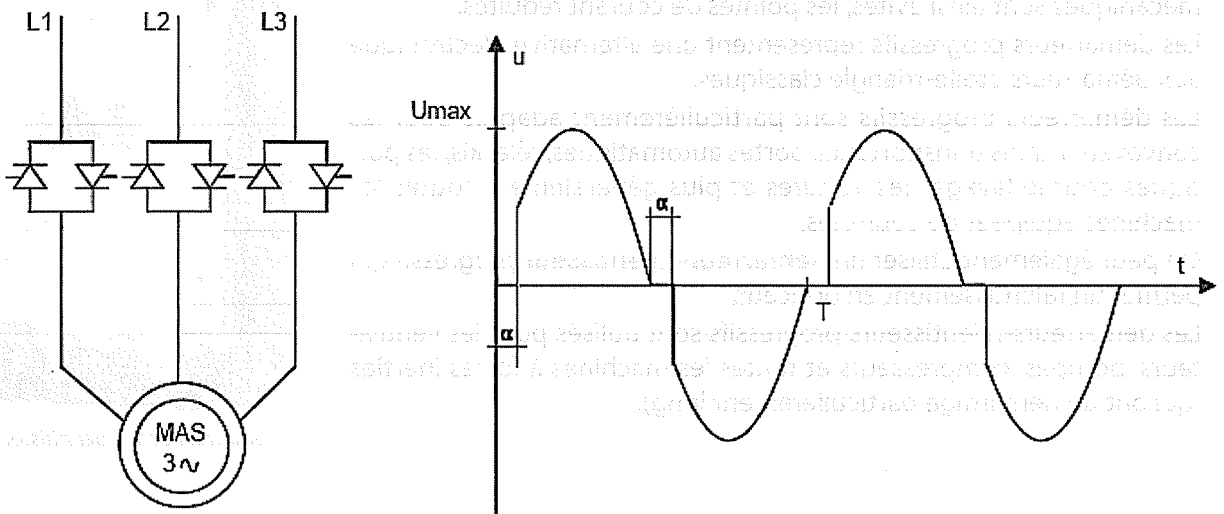
► Schéma de raccordement du démarreur progressif (ALTISTART de Télémécanique – Schneider) :



► Le principe du démarreur :

C'est un gradateur triphasé à angle de phase dédié au démarrage des machines asynchrones triphasées par **montée progressive de la tension** d'alimentation aux bornes du moteur.

Le gradateur est constitué de **six thyristors, montés tête-bêche** sur les trois phases du réseau.



En faisant varier l'angle d'amorçage (α) des thyristors, on peut supprimer la pointe d'intensité et limiter l'intensité au démarrage.

[Application]


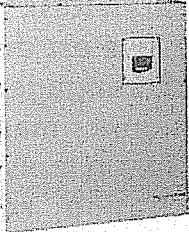
Nous voulons limiter le courant de démarrage d'un moteur asynchrone triphasé d'une puissante pompe d'extraction à forte inertie. Pour cela nous avons choisi de l'équiper d'un démarreur progressif. Le moteur triphasé, alimenté sous une tension de 400 volts, a une puissance de 160 kW.

Solution

Nous choisirons un démarreur régime **sévère** à cause de la forte inertie (le temps de démarrage dépasse les 30 secondes). Référence **ATS48C41Q**

Démarrateurs-ralentisseurs progressifs Altistart 48 Alimentation 230...415 V

Démarrateurs de 3 à 630 kW (230...415 V) ▶60520◀

encadrements (L x H x P en mm)			
ATS48D17Q...D47Q	160 x 275 x 190		
ATS48D62Q...C11Q	190 x 290 x 235		
ATS48C14Q...C17Q	200 x 340 x 265		
ATS48C21Q...C32Q	320 x 380 x 265		
ATS48C41Q...C66Q	400 x 670 x 300		
ATS48C79Q...M12Q	770 x 890 x 315		
tension d'alimentation	triphasé 230...415 V CA (1)		
types d'applications	standard sévères (2)		
tension d'alimentation du contrôle du démarreur	220...415 V CA		
protections	degré de protection	IP 20 : démarreurs ATS48D17● à ATS48C11● IP 00 : démarreurs ATS48C14● à ATS48M12●	
	protection thermique du moteur	classe 10	classe 20
CEM	classe A	sur tous les démarreurs	
	classe B	sur tous les démarreurs jusqu'à 170 A	
mode de démarrage	contrôle de couple (système breveté TCS : Torque Control System)		
entrées / sorties	entrées analogiques	1 sonde PTC	
	entrées logiques	4 entrées logiques dont 2 configurables	
	sorties logiques	2 sorties logiques configurables	
	sorties analogiques	1 sortie analogique	
	sorties à relais	3 sorties relais dont 2 configurables	
dialogue	terminal intégré, déporté ou atelier logiciel PowerSuite (3)		
communication	intégrée	Modbus	
	en option	DeviceNet, Ethernet TCP/IP, Fibro, Profibus DP	
puissance moteur			
230 V (kW)	400 V (kW)	courant nominal (IcL)	
3	5,5	12 A	-
4	7,5	17 A	ATS48D17Q
5,5	11	22 A	ATS48D22Q
7,5	15	32 A	ATS48D32Q
9	18,5	38 A	ATS48D38Q
11	22	47 A	ATS48D47Q
15	30	62 A	ATS48D62Q
18,5	37	75 A	ATS48D75Q
22	45	88 A	ATS48D88Q
30	55	110 A	ATS48C11Q
37	75	140 A	ATS48C14Q
45	90	170 A	ATS48C17Q
55	110	210 A	ATS48C21Q
75	132	250 A	ATS48C25Q
90	160	320 A	ATS48C32Q
110	220	410 A	ATS48C41Q
132	250	480 A	ATS48C48Q
160	315	590 A	ATS48C59Q
-	355	660 A	ATS48C66Q
220	400	790 A	ATS48C79Q
250	500	1000 A	ATS48M10Q
355	630	1200 A	ATS48M12Q

(1) Possibilité de connexion du démarreur dans le couplage triangle du moteur.

(2) Temps de démarrage supérieur à 30 secondes (ventilateurs, machines à forte inertie et compresseurs).

(3) Logiciel PowerSuite et protocoles de communication, voir pages E262 et 263.

Schneider
Electric

Projet 11 Projets d'études sur les moteurs à courant continu et les variateurs de vitesse

[Extraits Bac pro ELEEC 2010]

Centre hospitalier de Béziers

Étude de la sècheuse repasseuse

Cette machine est intégrée dans une chaîne de production, permettant de repasser, sécher et plier le linge hospitalier (draps, serviettes).

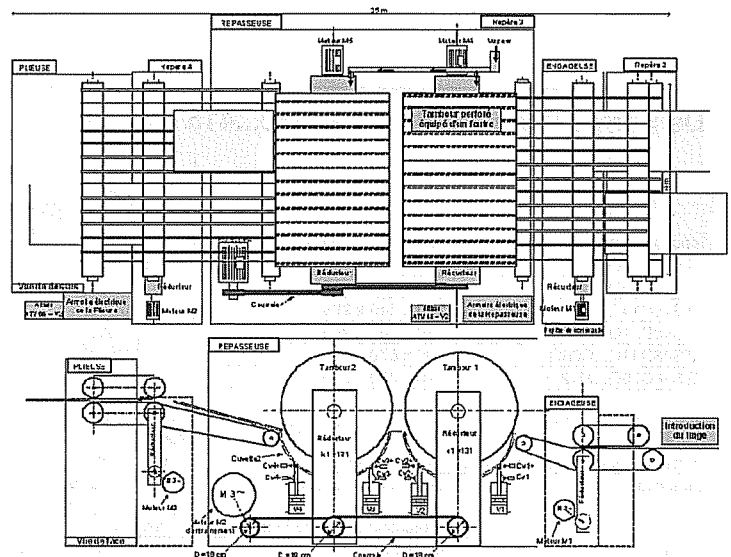
Le linge lavé est distribué par un robot. L'engageuse permet de positionner manuellement le linge sur un tapis roulant.

La sècheuse repasseuse permet de sécher et repasser automatiquement le linge.

La plieuse permet de plier automatiquement les différents types de linge.

Le moteur M2 d'entraînement des rouleaux est équipé d'un variateur de vitesse ALTIVAR45. Ce variateur permet de faire varier la vitesse de défilement du linge en fonction de son épaisseur (7 vitesses différentes).

Suite à une défaillance sur ce variateur et à la difficulté de trouver des pièces de rechange, le service maintenance décide de changer ce dernier par un équipement plus récent, toujours chez Schneider dans la gamme ATV 66.



Question 11.1

Le moteur M2 entraînant les tambours est un Leroy Somer et porte pour référence **LSMV 180M**. À partir du tableau des caractéristiques des moteurs asynchrones triphasés, **page 172** complétez le tableau ci-dessous.

Relever les valeurs demandées en indiquant les unités

Vitesse nominale		Puissance nominale		Intensité nominale		Cos φ	
Valeur	Unité	Valeur	Unité	Valeur	Unité	Valeur	Unité

Question 11.2

À partir des caractéristiques du moteur M2, choisissez le nouveau variateur **ATV 66** de remplacement. Choisir le variateur en fonction de la puissance nominale et de la tension d'alimentation du moteur, **page 173**

On se propose de vérifier s'il est possible, en fonction des vitesses souhaitées, d'associer le nouveau ATV 66 choisi ci-dessus, au moteur existant.



Question 11.3

Mettez une croix sur le type de ventilation du moteur d'entraînement M2.

Relever l'information inscrite page 172

Auto ventilé	Moto ventilé
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Question 11.4

Calculez les fréquences maxi et mini (dépend du linge à repasser), et tracez sur le graphique ci-dessous, les traits verticaux correspondant aux 2 fréquences calculées.

Donnée : Pour 50 Hz, la vitesse de déplacement du linge est de 39 m/min.

Appliquer la règle de trois (règle de proportionnalité), exemple : si pour 50 Hz, la vitesse est 39 m/min ; pour la moitié de la fréquence $\frac{50}{2}$ (25 Hz), la vitesse sera de $\frac{39}{2}$, soit 19,5 m/min

Type de linge	Vitesse m/min	Fréquence Hz
Drap	36	
Serviette	10	

Question 11.5

Calculez le couple nominal Tn du moteur pour la fréquence nominale 50 Hz.

Utiliser la relation page 183 paragraphe A5. Prendre la vitesse nominale du moteur et les bonnes unités

Formule de base	Application numérique	Résultat (indiquez l'unité)

Question 11.6

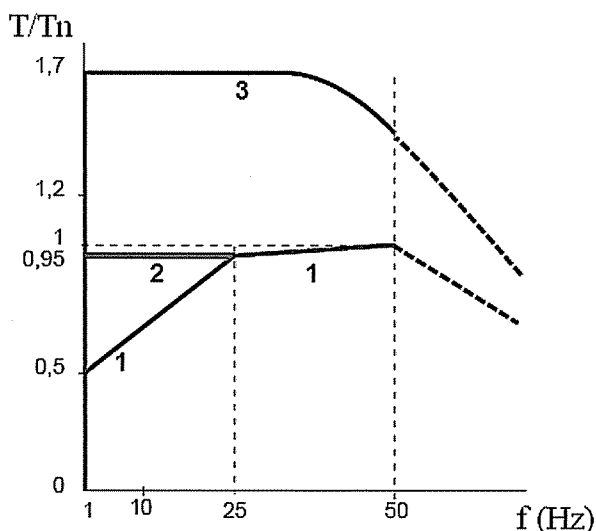
Calculez le rapport T/Tn (couple résistant constant ramené sur M2 : T = 100 N.m).

Tracez sur le graphique ci-dessous, le trait horizontal correspondant au rapport T/Tn.

Effectuer le calcul en utilisant la valeur T donnée et Tn trouvée précédemment.

Utiliser cette valeur pour tracer une droite horizontale sur le graphique

Applications à couple constant ATV 66 – caractéristiques de couple



1 - Couple utile permanent : moteur auto-ventilé
 2 - Couple utile permanent : moteur moto-ventilé
 3 - Surcouple transitoire : courbe typique à + 10%.
 Valeur 1,7 Tn pendant 60 s.

Question 11.7

D'après le graphique ci-dessus, le variateur ATV 66 choisi peut-il piloter le moteur d'entraînement rou-
leaux **M2** dans la gamme de vitesse imposée ?
Justifiez la réponse.

Si la droite tracée se trouve en dessous de la courbe 2, le variateur aurait un couple suffisant et il serait adapté

.....

.....

Pour procéder au remplacement du variateur, vous devez établir le nouveau schéma de puissance avec l'ATV 66 (le schéma de commande ne sera pas étudié dans cette question).

À partir du schéma de raccordement existant, et de l'exemple de schéma pour l'ATV 66 :

Question 11.8

Repérez les bornes du variateur ATV 66 **page 171** (Exemple bornes L1, L2, L3).

Tenir compte des affectations (borniers de puissance et de contrôle) de l'ATV 66.

- **A01** → fréquence de sortie (plieuse);
- **A02** → fréquence de sortie (engageuse);
- **LI4** → freinage par injection de courant continu.

Le freinage sera commandé par un contact auxiliaire KA10, présent dans le circuit de commande.

Utiliser la documentation du constructeur page 175 en s'inspirant du schéma de l'ancien variateur (page 174)

Question 11.9

Complétez les liaisons du nouveau schéma (puissance et commande) **page 171**.

Pour un même type de linge, les vitesses sont différentes pour les trois machines.

Ces vitesses permettront au linge d'être tendu quelle que soit sa position sur la ligne de production.

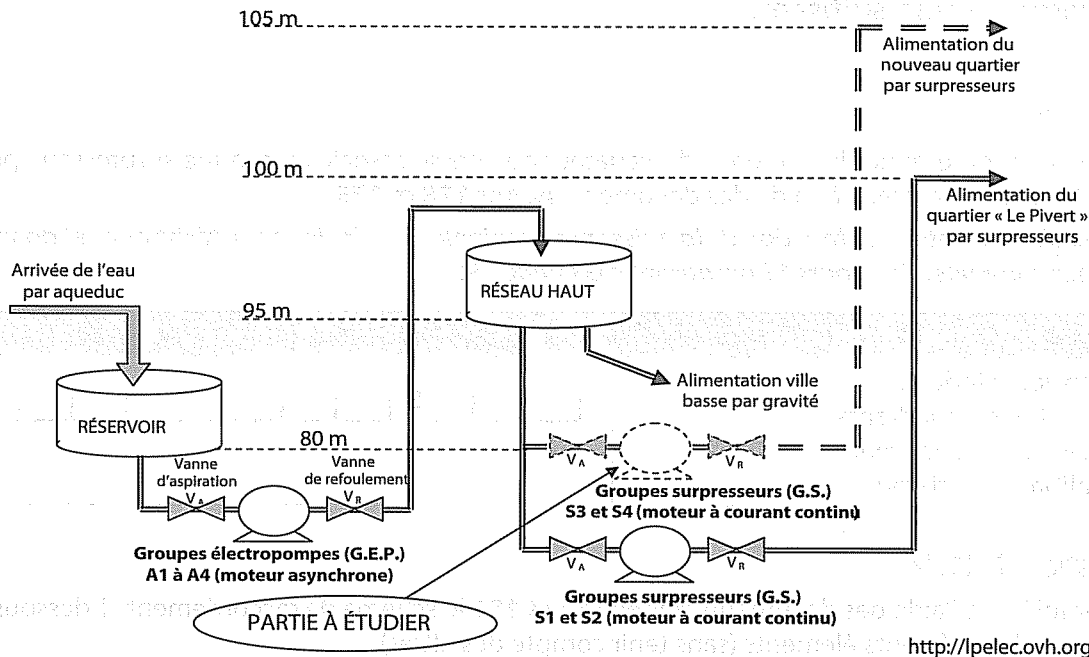
Les sorties analogiques 1 et 2, sont des sorties paramétrables. Ces deux sorties piloteront les consignes vitesses des variateurs de l'engageuse et de la plieuse.

Utiliser la documentation du constructeur page 175, ne pas oublier les indications de liaisons à réaliser

[Extraits Bac pro ELEEC 2007]

Usine de distribution d'eau potable

Schéma de principe de distribution de l'eau de l'usine



Les prévisions d'occupation d'un nouveau quartier obligent la ville à créer un nouveau réseau d'acheminement d'eau potable. Dans cette étude, nous nous proposons de dimensionner les groupes surpresseurs S3 et S4 qui vont permettre d'alimenter le nouveau quartier.

Question 11.10

Calculez la puissance maximale utile hydraulique P_u hydraulique. Utiliser la formule donnée page 177. Prendre la hauteur (= à la différence entre 105 et 80 m), convertir les m^3/h en m^3/s

Formule	Application numérique	Résultat

Question 11.11

Déterminez en tenant compte du rendement de la pompe page 177, la puissance utile du moteur (P_u moteur).

Voir cours 11 paragraphe A5 pages 183 et 184

Formule	Application numérique	Résultat

Question 11.12

Choisir la référence du moteur à courant continu (page 176) permettant d'assurer l'entraînement de la pompe en considérant la tension d'induit nominale de 400 V et une vitesse nominale d'environ 800 tr/min. Relever les valeurs les plus proches de la puissance trouvée et de la vitesse demandée. Inscire la référence complète

Caractéristiques	Référence
Puissance utile : $P_u =$ Vitesse nominale : $n =$ Courant : $I =$	

De manière à maintenir un débit constant de l'alimentation en eau, les groupes surpresseurs seront pilotés par des variateurs de vitesse.

Sachant que le moteur et la pompe qui équipent le groupe surpresseur ne peuvent fonctionner que dans un seul sens, un variateur de vitesse unidirectionnel deux quadrants sera suffisant.

Question 11.13

Choisir et déterminer la référence du variateur de vitesse associé au groupe surpresseur, permettant d'alimenter le moteur, à l'aide des documents pages 178 et 179.

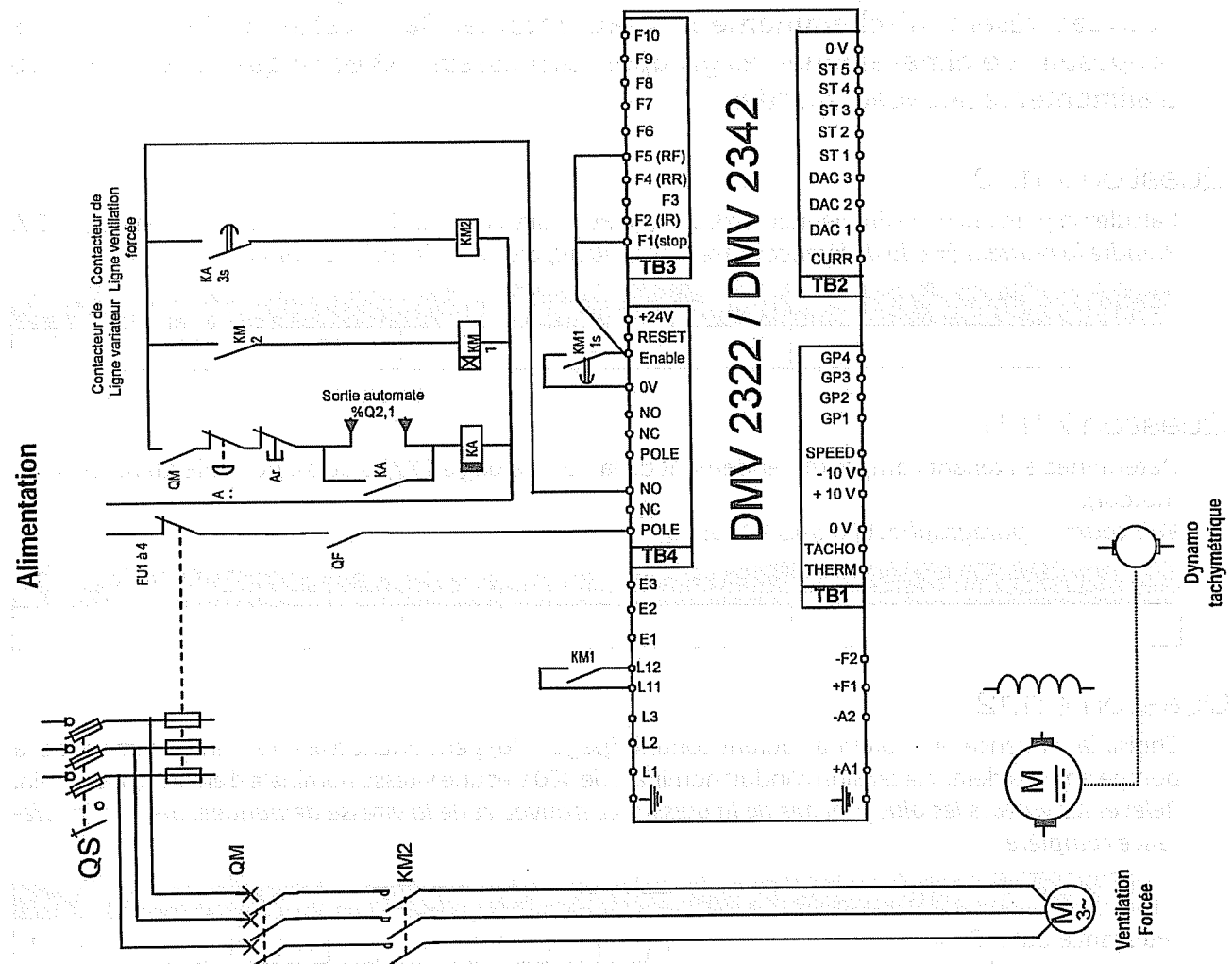
Choisir le variateur en fonction de la puissance nominale, inscrire les caractéristiques et donner la référence complète. Voir cours 11 paragraphe G3 page 189

Caractéristiques	Référence
Tension d'induit :	_____
Nombre de quadrants :	_____
Puissance du moteur :	_____
Calibre du variateur :	_____

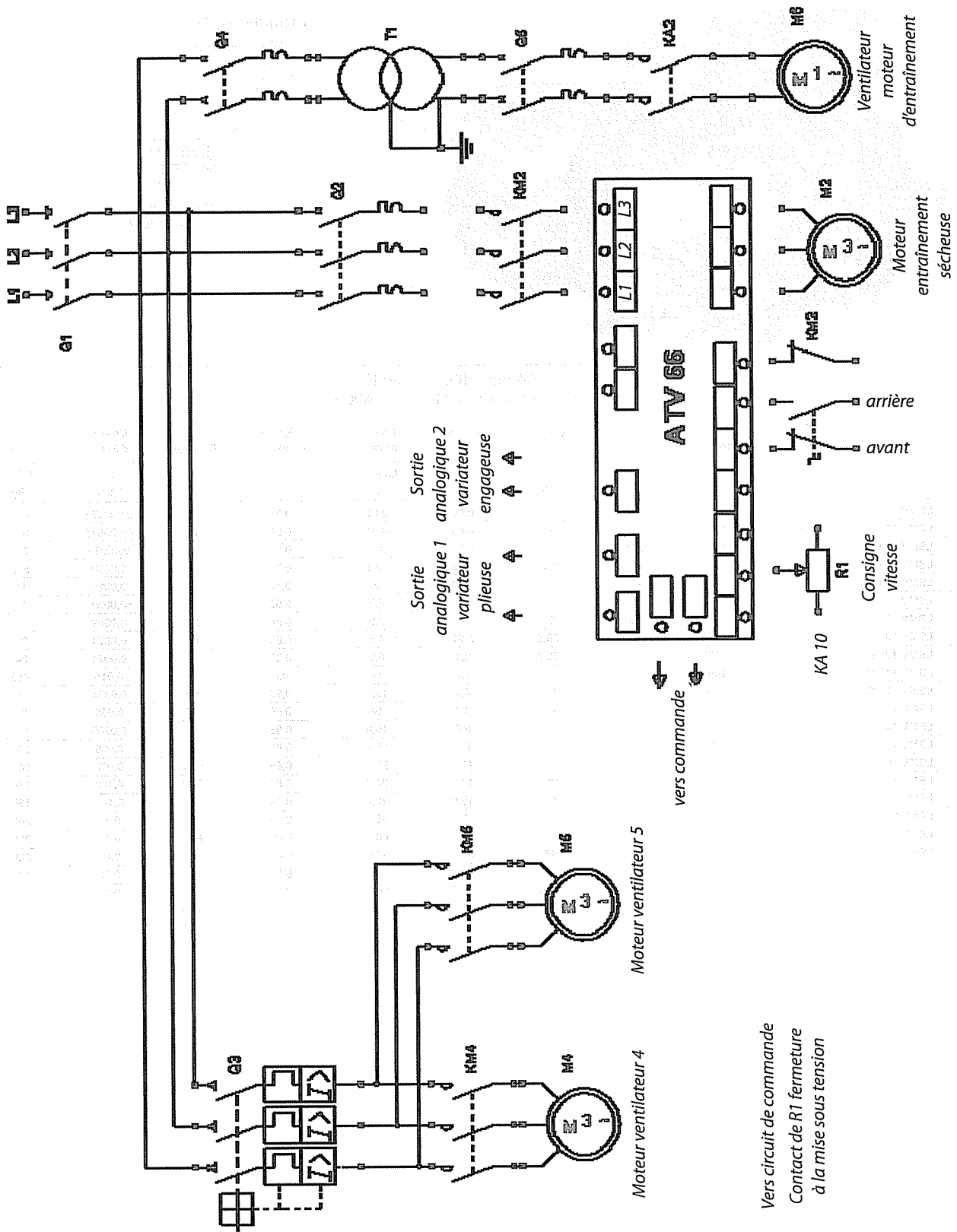
Question 11.14

Complétez à l'aide des documents pages 180 et 181 le schéma de raccordement ci-dessous du variateur et des différents éléments (sans tenir compte des filtres).

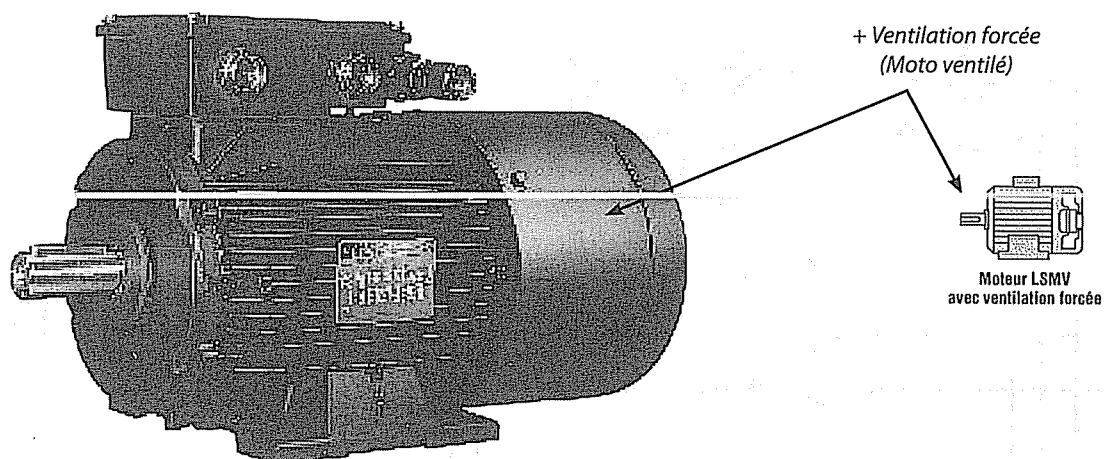
Raccorder l'alimentation L1 L2 L3, E1 E2 E3, l'induit, l'inducteur et la dynamo tachymétrique



D Schéma ATV 66 à compléter



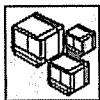
► Caractéristiques moteurs asynchrones triphasés à cage Leroy Somer LSMV



4 Pôles

Réseau 400 V - 50 Hz
Couplage du moteur : Y 400 V

Type	Puissance nominale à 50 Hz P_n kW	Vitesse nominale N_n min ⁻¹	Couple nominal M_n Nm	Couple maximal M_m Nm	Courant à vide I_o A	Intensité nominale $I_n(400V)$ A	Facteur de puissance $\cos \varphi$	Rendement η %	Moment d'inertie J kg.m ²	Masse IM B3 kg
LSMV 71 L	0,18	1455	1,19	4,8	0,65	0,67	0,57	69	0,000675	6,4
LSMV 71 L	0,25	1450	1,68	5,9	0,85	0,91	0,58	70	0,000675	6,4
LSMV 71 L	0,37	1452	2,44	7,7	0,95	1,3	0,58	71	0,00085	7,3
LSMV 80 L	0,55	1420	3,7	8,2	1,25	1,65	0,71	68	0,0013	8,2
LSMV 80 L	0,75	1435	4,9	15	1,43	2	0,71	77	0,0024	11
LSMV 90 SL	1,1	1445	7,2	17	1,33	2,5	0,82	79	0,0039	17
LSMV 90 L	1,5	1435	9,9	23	1,54	3,2	0,84	80	0,0049	17
LSMV 100 L	2,2	1440	14,6	39,2	2,27	4,7	0,83	81	0,0071	24
LSMV 100 L	3	1430	19,4	56,4	3,1	6,3	0,82	81	0,0071	24
LSMV 112 MG	4	1460	26	84	4,6	8,4	0,8	85	0,015	33,3
LSMV 132 SM	5,5	1460	37	121	4,4	10,4	0,87	86	0,0334	55
LSMV 132 M	7,5	1455	49,4	139	4,7	14	0,89	87	0,035	55
LSMV 132 M	9	1460	58,8	185	6,5	16,8	0,88	88	0,0385	65
LSMV 160 MR	11	1460	71,7	233	6,6	20,2	0,88	89	0,069	100
LSMV 160 LU	15	1465	97,8	371	11,7	28,3	0,85	90,7	0,096	109
LSMV 180 M	18,5	1468	120	360	14,1	34,4	0,84	92,4	0,123	136
LSMV 180 LU	22	1468	143	459	16,9	40,7	0,84	92,8	0,145	155
LSMV 200 L	30	1476	194	591	22,9	55,8	0,83	93	0,24	200
LSMV 225 SR	37	1475	240	704	28,9	68,9	0,82	93,9	0,29	235
LSMV 225 MG	45	1483	290	937	34,9	82,9	0,83	94,2	0,63	320
LSMV 250 ME	55	1481	354	1020	38,5	100	0,84	94,4	0,73	340
LSMV 280 SD	75	1482	483	1562	55,1	137,1	0,83	94,9	0,96	430
LSMV 280 MK	90	1488	577	1912	68,2	165	0,83	94,9	2,32	655
LSMV 315 SP	110	1489	706	2563	81,7	200	0,83	94,9	2,79	750
LSMV 315 MR	132	1488	847	2771	77	230	0,88	94,3	3,27	860



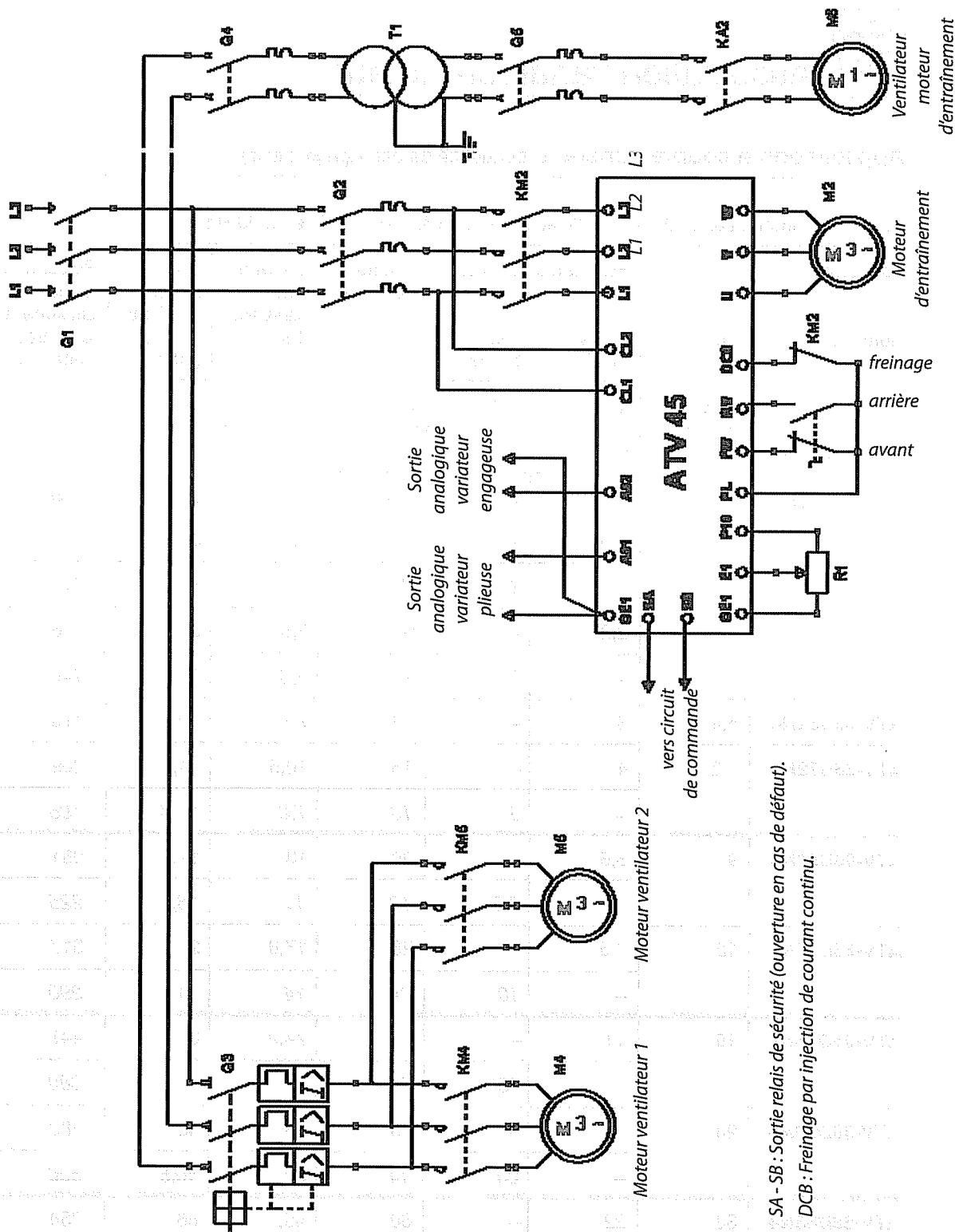
Association variateur-moteur

Applications à couple constant (fréquence de découpage 4 kHz)

Tension d'alimentation : 400 V ± 15 % et 460 V ± 15 %, 50 Hz ± 5 % ou 60 Hz ± 5 %

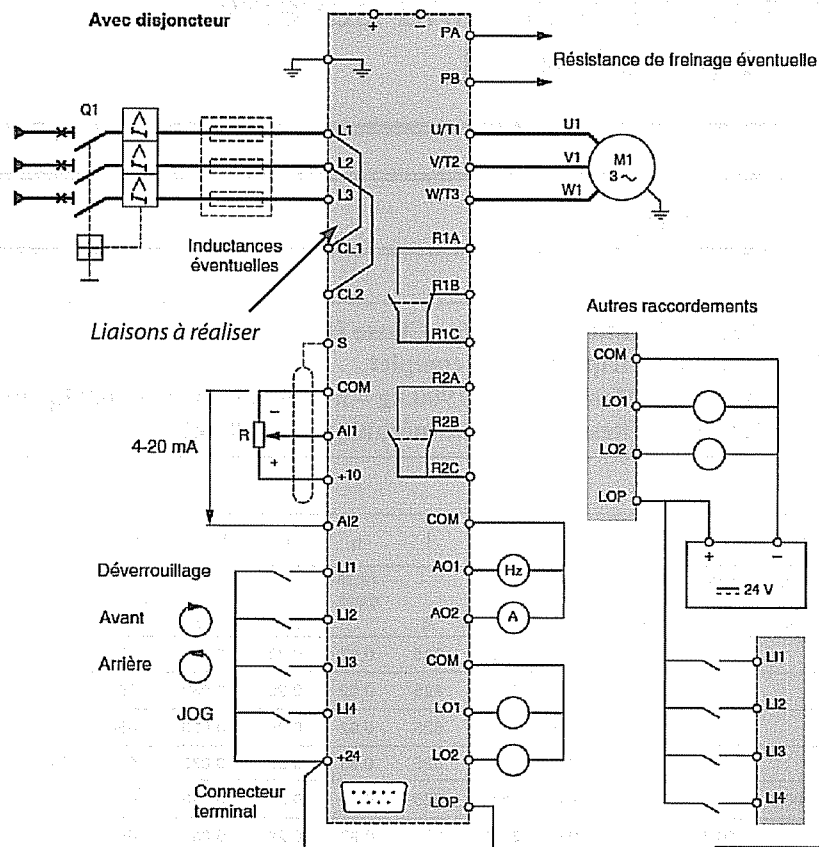
Variateur		Puissance du moteur		Courant de ligne	Courant nominal variateur (Inv)	Courant transitoire maximal variateur (60 s)	Puissance totale dissipée à la charge nominale
Référence	Puissance	400 V 50 Hz	460 V 60 Hz				
	kVA	kW	HP	A	A	A	W
ATV-66U41N4 (voir page 3)	4,1	0,75	–	4	2,3	3,2	100
		–	1	3,5	1,8	2,7	95
		1,5	–	6,5	4,1	5,6	123
		–	2	6	3,4	5,1	117
		2,2	–	9	5,8	8	146
		–	3	9	4,8	7,2	140
ATV-66U54N4	5,4	3	–	12	7,8	10,7	173
ATV-66U72N4	7,2	4	–	15	10,5	14,2	209
		–	5	13	7,6	11,4	195
ATV-66U90N4	9	5,5	–	20	13	17,7	251
		–	7,5	18	11	16,5	225
ATV-66D12N4	12	7,5	–	26	17,6	24	317
		–	10	24	14	21	290
ATV-66D16N4	16	11	–	35	24,2	33	447
		–	15	34	21	31,5	380
ATV-66D23N4	23	15	–	45	33	45	580
		–	20	44	27	40,5	530
ATV-66D33N4	33	22	–	60	48,4	66	754
		–	30	59	40	60	655
ATV-66D46N4	46	30	–	78	66	90	1060
		–	40	75	52	78	880

► Schéma de câblage existant avec l'ATV 45



SA - SB : Sortie relais de sécurité (ouverture en cas de défaut).
 DCB : Freinage par injection de courant continu.

Exemple de schéma de raccordement ATV 66 : 2 sens de marche



Affectation borniers contrôle

Affectation borniers puissance

Bornes	Fonction
L1 L2 L3	Alimentation puissance
+ -	Sorties du bus continu
U / T1 V / T2 W / T3	Sorties vers le moteur
CL1 CL2	Alimentation contrôle et ventilation
PA PB	Sorties vers la résistance de freinage
CL21 CL22	Bornes pour alimentation commune puissance / contrôle CL21 = L1 CL22 = L2
⊥	Prise de terre reliée à la masse de l'Altivar

J13-J12 Bornes	Fonction
COM	Commun des entrées analogiques
AI1	Consigne de vitesse en tension
+10	Alimentation du potentiomètre de consigne de vitesse R
AI2	Consigne de vitesse en courant
AO1 AO2	Fréquence de sortie Fréquence de sortie
COM	Commun des sorties analogiques
LI1 LI2 LI3 LI4	Déverrouillage du variateur Commande du sens avant Commande du sens arrière Fonction pas à pas (JOG) } Paramétrables
+24	Alimentation des entrées logiques
LOP	Alimentation des sorties logiques } Paramétrable
LO1 LO2	Vitesse atteinte Limitation de courant atteinte
COM	Commun des sorties logiques
J1-Bornes	
R1A R1B R1C	Contact "OF" du relais R1 : enclenchement à la mise sous tension, déclenchement sur défaut
R2A R2B R2C	Contact "OF" du relais R2 : enclenchement pour variateur en fonctionnement (détection de courant dans le moteur)

Moteurs à courant continu ouverts LSK 2804C L

Sélection

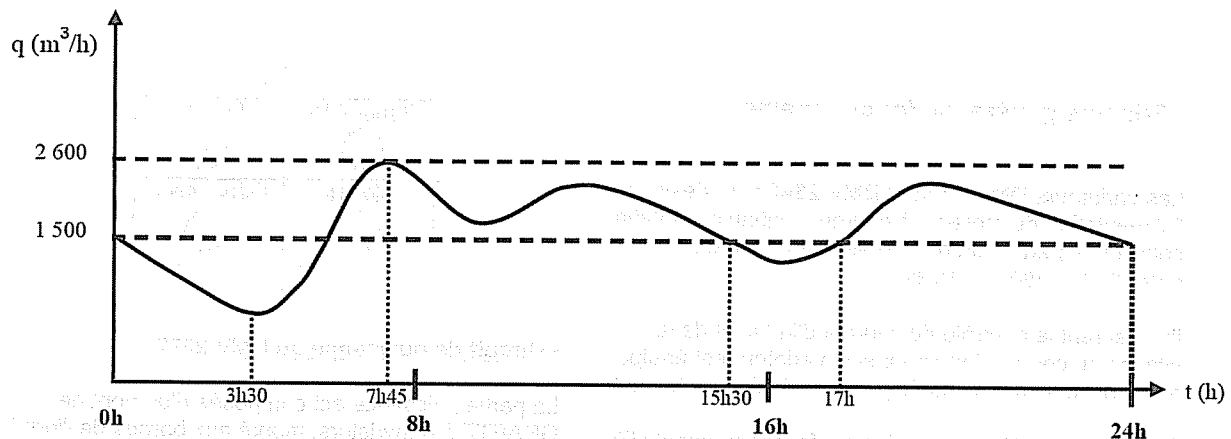
Moteur IP 23 S – Ventilation IC 06 – Classe H
Alimentation en triphasé pont complet
Service S1 – Température ambiante $\leq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ – Masse totale : 1900 kg – Moment d’inertie : 6,9 kg.m²
Puissance d’excitation : 5,5 kW – Vitesse maximale mécanique : 2 000 min⁻¹

P KW	Vitesse de rotation n pour tension d’induit U							n_{\max} Elec ¹ min ⁻¹	M N.m.	I A	η Hors excit.	L mH	R _{115°C} Ω	U _{max} V	Indice	Délai
	260V min ⁻¹	400V min ⁻¹	420V min ⁻¹	440V min ⁻¹	460V min ⁻¹	500V min ⁻¹	600V min ⁻¹									
199	540							760	3519	825	0.92	0.28	0.033	650		
300		830						1170	3509	825	0.92	0.28	0.033	650		
321			875					1220	3503	825	0.92	0.28	0.033	650		
340				920				1280	3529	825	0.93	0.28	0.033	650	04	
355					960			1340	3532	825	0.93	0.28	0.033	650		
386						1040		1460	3545	825	0.93	0.28	0.033	650		
468							1250	1750	3576	830	0.94	0.28	0.033	650		
235	675							875	3325	970	0.93	0.19	0.022	550		
361		1040						1350	3315	970	0.93	0.19	0.022	550		
379			1090					1420	3321	970	0.93	0.19	0.022	550		
397				1150				1490	3297	970	0.93	0.19	0.022	550	05	
419					1200			1560	3335	970	0.94	0.19	0.022	550		
456						1300		1700	3350	970	0.94	0.19	0.022	550		
269	770							1040	3336	1100	0.94	0.15	0.015	500		
414		1180						1600	3351	1100	0.94	0.15	0.015	500		
434			1240					1680	3343	1100	0.94	0.15	0.015	500		
455				1300				1760	3343	1100	0.94	0.15	0.015	500	06	1
476					1360			1840	3343	1100	0.94	0.15	0.015	500		
517						1480		2000	3336	1100	0.94	0.15	0.015	500		
318	910							1080	3337	1300	0.94	0.155	0.0099	460		
489		1400						1670	3336	1300	0.94	0.155	0.0099	460		
513			1470					1750	3333	1300	0.94	0.155	0.0099	460	07	
538				1540				1830	3336	1300	0.94	0.155	0.0099	460		
562					1610			1920	3334	1300	0.94	0.155	0.0099	460		

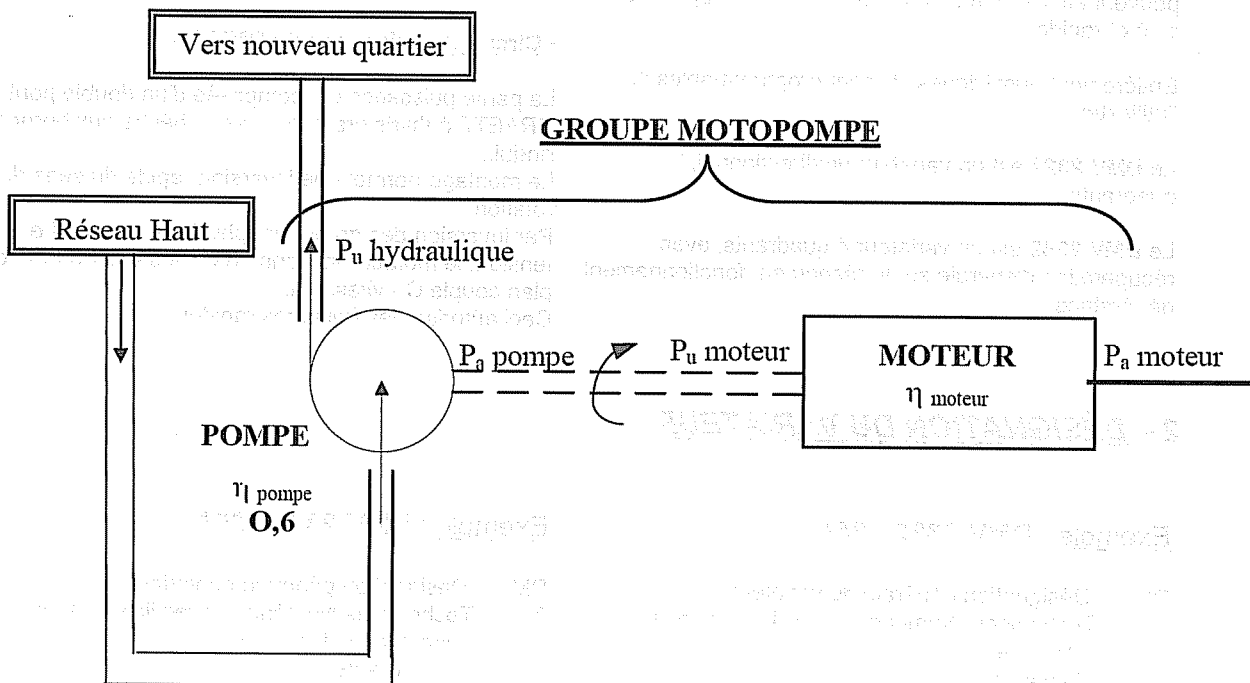
1. de plus grandes plages de vitesse par excitation peuvent être étudiées en fonction de l’application : nous consulter.

► Cahier des charges de la nouvelle installation

L'estimation de la consommation d'eau du nouveau quartier d'une journée dans le cas le plus défavorable, est donnée par le graphe suivant :



► Schéma de principe du nouveau groupe surpresseur :



La puissance hydraulique d'une installation de pompage tient compte de la densité du fluide à pomper ρ (kg/m^3), de la gravité terrestre g (m/s^2), de la hauteur manométrique (mCe^*) et du débit q (m^3/s). On rappelle la formule :

$$P_u \text{ hydraulique (W)} = \rho \cdot g \cdot h \cdot q$$

Avec :

$\rho = 1\,000 \text{ kg} / m^3$ pour l'eau

$g = 9,81 \text{ m} / s^2$

h = hauteur de colonne d'eau en mCe (voir schéma de principe de distribution de l'eau)

q = débit maximal en m^3/s (voir courbe d'estimation)

* mCe : mètre de colonne d'eau (10 mCe = 1 bar).

► Variateurs triphasés DMV 2322 / DMV 2342

1 - INFORMATIONS GÉNÉRALES

- Principe général de fonctionnement

Les variateurs DMV 2322 et DMV 2342 sont destinés à l'alimentation de moteurs à courant continu à excitation séparée, à partir d'un réseau alternatif triphasé compris entre 220 et 480V, $\pm 10\%$.

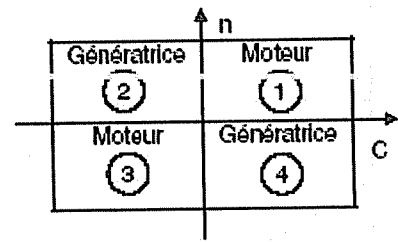
Ils assurent le contrôle du courant d'induit et de la vitesse du courant inducteur si le variateur est équipé d'une alimentation variable pour l'excitation (optionnel).

Totalement protégé contre les dysfonctionnements liés à l'application, au moteur, au réseau d'alimentation, ils peuvent afficher leurs états permettant un diagnostic aisé et rapide.

Entièrement numériques, ils sont programmables par l'utilisateur.

Le DMV 2322 est un variateur unidirectionnel, 2 quadrants.

Le DMV 2342 est un variateur 4 quadrants, avec récupération d'énergie sur le réseau en fonctionnement génératrice.



• Circuit de puissance du DMV 2322

La partie puissance est composée d'un pont de GRAETZ à 6 thyristors, monté aux bornes de l'induit. Le montage est utilisé pour les entraînements ne nécessitant pas de freinage.

• Circuit de puissance du DMV 2342

La partie puissance est composée d'un double pont de GRAETZ à thyristors, monté tête - bêche aux bornes de l'induit.

Le montage permet une inversion rapide du sens de rotation.

Par inversion des grandeurs physique - courant et tension, le moteur fonctionne dans les 4 quadrants du plan couple C - vitesse n.

Ceci autorise des freinages rapides.

2 - DÉSIGNATION DU VARIATEUR

Exemple : DMV 2322 - 25A

DMV : Désignation générale du variateur
 2 : Technologie Numérique avec liaison série
 3 : Alimentation triphasée
 2 : 2 Quadrants
 2 : Génération

25A : Calibre en Ampère

...
 jusqu'à 1850A.

Exemple : DMV 2342 - 25A




DMV : Désignation générale du variateur
 2 : Technologie Numérique avec liaison série
 3 : Alimentation triphasée
 4 : 4 Quadrants
 2 : Génération

25A : Calibre en Ampère

...
 jusqu'à 1850A.

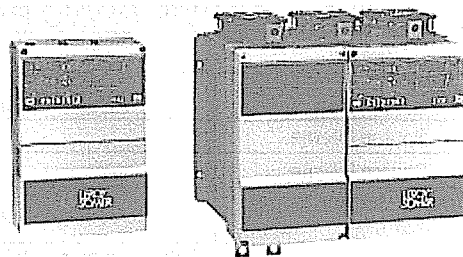
Cette appellation est reproduite sur la plaque signalétique.

Exemple : DMV 2342 - 25A

		DMV 2342 - 25A		  LISTED 768R	
		ENTREE / INPUT			SORTIE / OUTPUT
VOLTS	220/480V		VOLTS MAX	230/400V	
PH - Hz	3PH 50/60 Hz		FIELD CURRENT MAX	8.0 A	
CURRENT	21.0 A		AMPS	25.0 A	
DATE	19/08/94		MFG No	616362	
MOTEURS LEROY-SOMER / FRANCE					
ATTENTION Après mise sous tension, attendre 5 minutes pour toute intervention dans le variateur			CAUTION After switching off the inverter, wait for 5 minutes before performing maintenance or inspection		



▷ Variateurs triphasés DMV 2322 / DMV 2342



3 – CARACTÉRISTIQUES électriques de sortie variateur

Nota : Les caractéristiques électriques s'adressent aussi bien au DMV 2322 et au DMV 2342, sauf mentions particulières précisées dans le tableau.

Tension réseau puissance		Triphasée, 220 à 480V ±10 % *													
Tension réseau électronique et excitation		Triphasée, 220 à 480V ±10%													
Pour tension réseau	(V)	240	400	415	440	460	480								
Tension excitation maximum	(V)	210	360	370	400	415	430								
Fréquence réseau		45Hz à 62Hz													
Calibre variateur	(A)	25	45	75	105	155	210	350	420	550	700	825	900	1200	1850
Courant de ligne permanent	(A)	21	38	60	88	130	175	292	350	460	585	690	750	1000	1540
Courant d'induit permanent	(A)	25	45	75	105	155	210	350	420	550	700	825	900	1200	1850
Puissance pour U induit = 400V	(kW)	7.5	15	30	37.5	56	75	125	150	200	250	300	340	450	750
Courant d'excitation maxi	(A)	8					10					20			
Régulation du courant d'excitation		oui					non					non			
Désexcitation		oui					non					non			
Excitation régulée ≤20A et désexcitation		Option externe					Option externe					Option externe			
Degré de protection		IP00													
Température ambiante de fonctionnement		0 à +40°C (maximum + 55°C avec déclassement 1,5 pour 1°C).													
Altitude		1000m.													

* A partir de 100V avec un transformateur.



4 – RACCORDEMENT VARIATEUR (BORNIER PRINCIPAL)

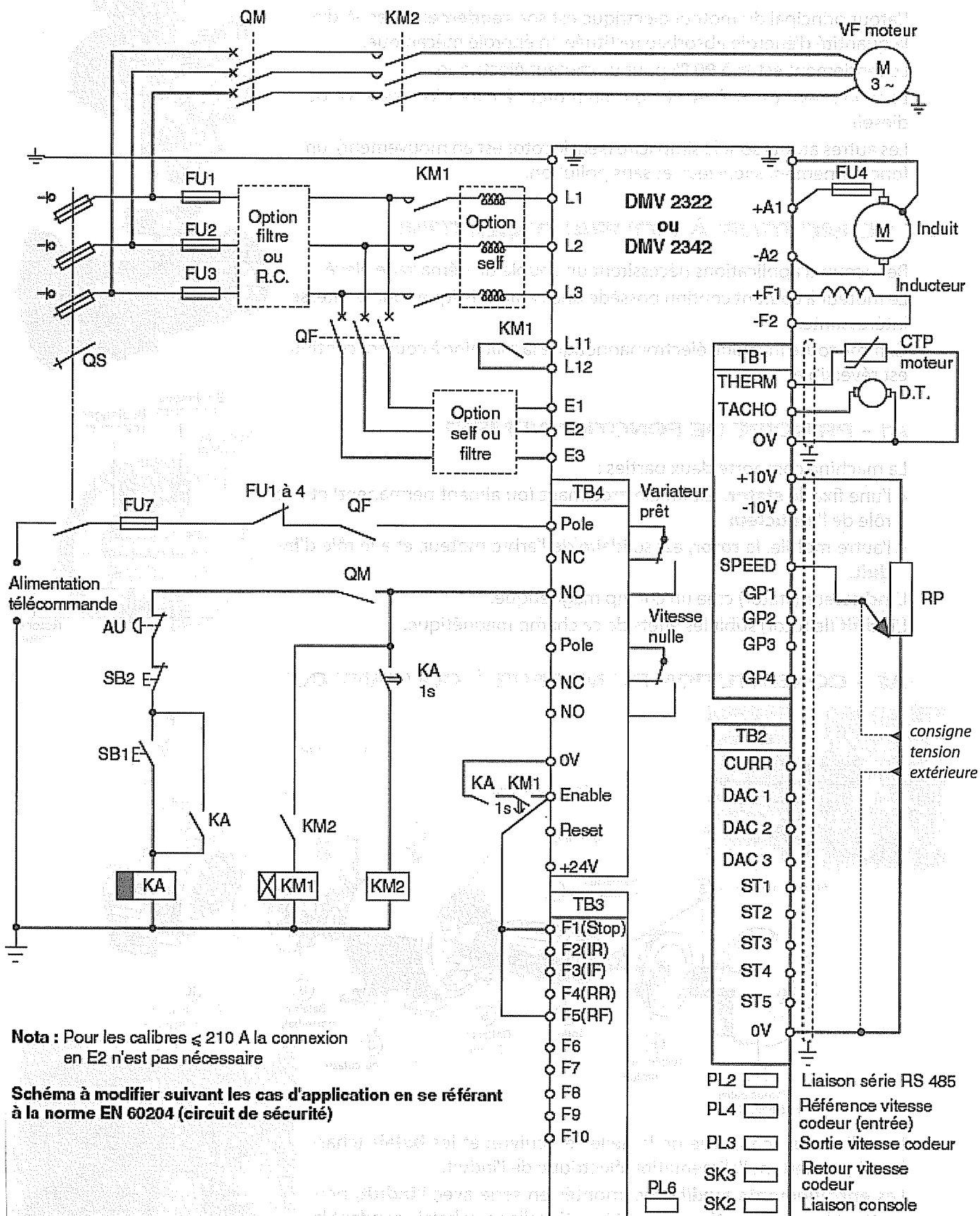
Bornier	Repère	Désignation	Fonction	Affectation usine	Caractéristiques électriques
TB1	1	+10V	Source interne	-	10V ±1 %, 10 mA maxi.
	2	- 10V	Source interne	-	-10V ±1 %, 10 mA maxi.
	3	SPEED	Entrée analogique affectable	Consigne vitesse	-10V à+10V sous 100kΩ 0 à20 mA sous 500Ω
	4	GP1	Entrée analogique affectable	Entrée supplémentaire vitesse (03.18)	Tension : -10V à+10V Impédance : 100kΩ
	5	GP2	Entrée analogique affectable	Entrée supplémentaire courant (04.08)	Tension : -10V à+10V Impédance : 100kΩ
	6	GP3	Entrée analogique affectable	Référence 3 (01.19)	Tension : -10V à+10V Impédance : 100kΩ
	7	GP4	Entrée analogique affectable	Référence 4 (01.20)	Tension : -10V à+10V Impédance : 100kΩ
	8	THERM	Entrée analogique sonde moteur	-	Déclenchement : > 3kΩ ou < 100Ω renclenchement : 1,8kΩ
	9	TACHO -	Entrée analogique dynamo tachymétrique	-	300 VDC maximum TB1-10 reliée au 0V
	10	TACHO + (0V)			
TB2	11	CURR	Sortie analogique courant induit	-	6,66 V pour In variateur, 5mA maxi
	12	DAC1	Sortie analogique affectable	Référence en sortie de rampe (02.01)	Tension : -10V à+10V, 5mA maxi
	13	DAC2	Sortie analogique affectable	Image vitesse dynamo-tachymétrique (03.02)	Tension : -10V à+10V, 5mA maxi
	14	DAC3	Sortie analogique affectable	Tension d'induit (03.04)	Tension : -10V à+10V, 5mA maxi
	15	ST1	Sortie logique affectable	Validation référence (01.11)	Transistor à collecteur ouvert 0 à+24V, 100 mA maxi
	16	ST2	Sortie logique affectable	Vitesse atteinte (10.07)	Transistor à collecteur ouvert 0 à+24V, 100 mA maxi
	17	ST3	Sortie logique affectable	Alarme l x t (10.13)	Transistor à collecteur ouvert 0 à+24V, 100 mA maxi
	18	ST4	Sortie logique affectable	Limitation de courant (10.03)	Transistor à collecteur ouvert 0 à+24V, 100 mA maxi
	19	ST5	Sortie logique affectable	Retardement d'angle d'allumage (10.06)	Transistor à collecteur ouvert 0 à+24V, 100 mA maxi
	20	0V	Commun	-	Equipotentiel à10 et 40
	TB3	21	F1 (STOP)	Entrée logique Validation référence	-
22		F2 (IR)	Entrée logique affectable	Impulsion arrière (01.12 + 01.13)	Impédance 10kΩ
23		F3 (IF)	Entrée logique affectable	Impulsion avant (01.13)	Impédance 10kΩ
24		F4 (RR)	Entrée logique affectable	Marche arrière (01.12)	Impédance 10kΩ
25		F5 (RF)	Entrée logique affectable	Marche avant (01.12 + 01.13)	Impédance 10kΩ
26		F6	Entrée logique affectable	Sans affectation (00.00)	impédance 10kΩ
27		F7	Entrée logique affectable	Sans affectation (00.00)	Impédance 10kΩ
28		F8	Entrée logique affectable	Sans affectation (00.00)	Impédance 10kΩ
29		F9	Entrée logique affectable	Sans affectation (00.00)	Impédance 10kΩ
30		F10	Entrée logique affectable	Sans affectation (00.00)	Impédance 10kΩ
TB4	31	ENABLE	Entrée logique Déverrouillage variateur	-	Réponse : 30 ms
	32	RESET	Entrée logique Effacement défaut	-	Impédance 10 kΩ
	33	+24V	Source interne	-	200 mA maxi
	34 35 36	POLE NC ZERO NO SPEED	Relais affectable Commun Normalement fermé Normalement ouvert	Vitesse nulle (10.09)	Pouvoir de coupure : 2,2A sous 250 VAC, 5A sous 110 VAC 5A sous 5 VDC.
	37 38 39	POLE NC DRIVE NO READY	Relais variateur prêt Commun Normalement fermé Normalement ouvert	-	Pouvoir de coupure : 2,2A sous 250 VAC, 5A sous 110 VAC, 5A sous 5 VDC.
	40	0V	Commun	-	Equipotentiel à10 et 20

► Variateurs triphasés DMV 2322 / DMV 2342

5 - SCHÉMA

Raccordement standard - DMV 2322 - DMV 2342 :

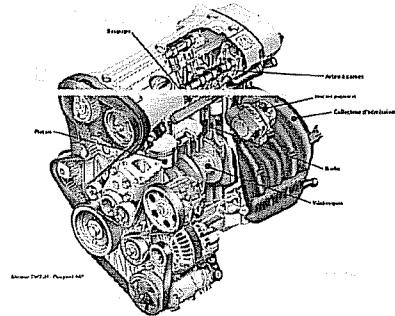
- arrêt en roue libre,
- 1 seul sens de marche.



Moteurs à courant continu et autres machines tournantes

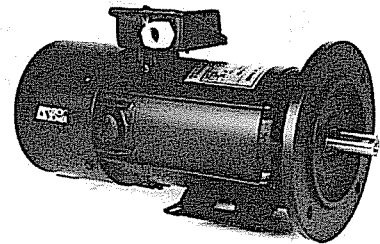
Les variateurs de vitesse

L'atout principal du moteur électrique est son **rendement**, c'est-à-dire la quantité d'énergie absorbée restituée en énergie mécanique. Le rendement est \geq à **90 %** pour un moteur électrique. Le rendement est \leq à **40 %** pour un moteur à explosion (essence ou diesel). Les autres atouts sont la simplicité (seul le rotor est en mouvement), un fonctionnement silencieux et sans pollution.



A / LE MOTEUR À COURANT CONTINU

Beaucoup d'applications nécessitent un couple de démarrage élevé. Le moteur à courant continu possède une caractéristique couple/vitesse intéressante. Comme toute machine électromagnétique la machine à courant continu est réversible.



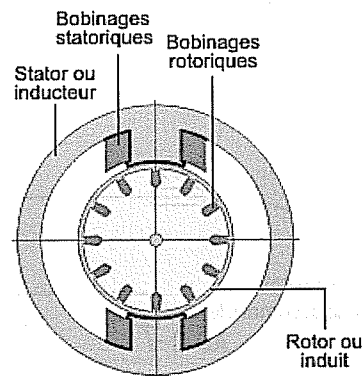
A1 - PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

La machine comporte deux parties :

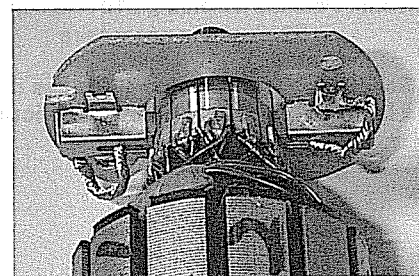
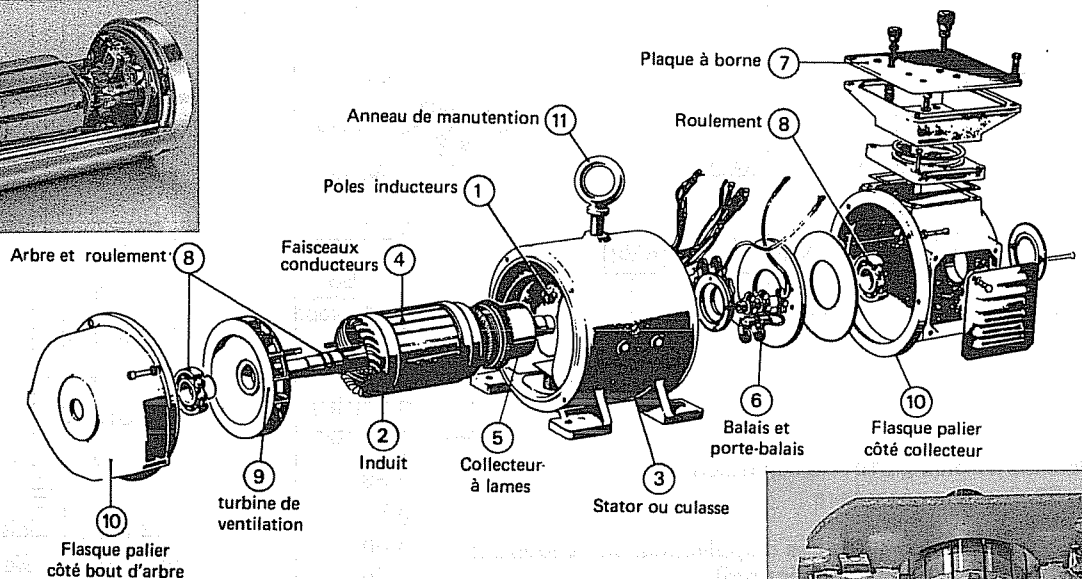
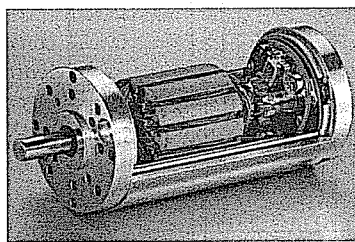
- l'une fixe, le **stator**, est un électroaimant (ou aimant permanent) et a le rôle de l'**inducteur**,
- l'autre mobile, le **rotor**, est solidaire de l'arbre moteur, et a le rôle d'**induit**.

L'**inducteur** (stator) crée un champ magnétique.

L'**induit** (le rotor) subit les effets de ce champ magnétique.



A2 - CONSTITUTION DU MOTEUR À COURANT CONTINU



Collecteur et balais

Le **collecteur** (constitué de lamelles en cuivre) et les **balais** (charbons) permettent l'alimentation électrique de l'induit.

Les **enroulements auxiliaires**, montés en série avec l'induit, permettent la **commutation** (évitent les étincelles aux balais pendant la commutation).

Le couple résistant est constitué de l'ensemble des forces qui **s'opposent (résistent)** au fonctionnement de la machine.

Pour les machines démarrant en charge, ou qui possèdent une forte **inertie** (masses en mouvement), **le couple résistant est important au démarrage**, il décroît généralement avec la vitesse.

Le rendement du moteur est égal au rapport de la puissance utile (mécanique) sur la puissance absorbée (électrique).

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{P_a - \sum \text{pertes}}{P_a}$$

η = rendement (exprimé en % en général)

P_u = puissance utile en watts (W)

P_a = puissance absorbée en watts (W)

Remarque :

Lorsque le moteur est **accouplé** à d'autres organes (une pompe, un réducteur, un tambour...), il faut tenir compte du **rendement de chaque appareil**.

Exemple :

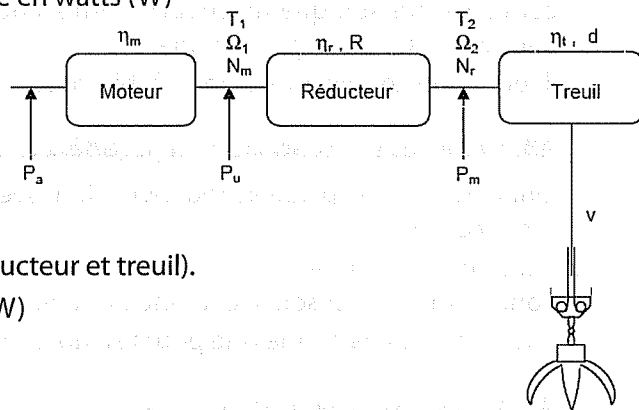
Pour déterminer la puissance utile du moteur, il faut tenir compte du rendement des 2 organes (réducteur et treuil).

$$P_u = \frac{P_{\text{treuil}}}{\eta_r \cdot \eta_t}$$

P_u = puissance utile du moteur (W)

η_r = rendement du réducteur

η_t = rendement du treuil



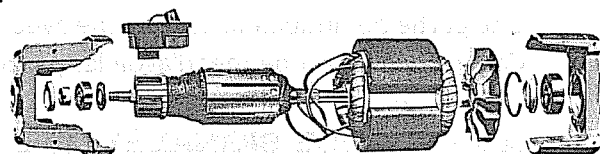
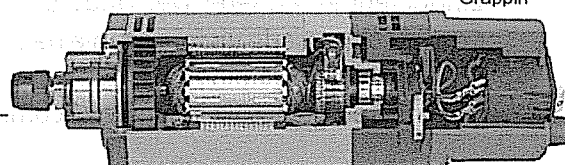
B / LE MOTEUR UNIVERSEL

B1 - PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Le moteur universel utilise le principe des moteurs à courant continu à excitation série.

Il peut être alimenté en continu ou en alternatif monophasé.

En alternatif, le sens du courant change (fréquence) lorsqu'on inverse le sens de passage du courant dans l'induit et dans l'inducteur en même temps la vitesse ne change pas de sens.



B2 - CARACTÉRISTIQUES ET UTILISATIONS

Le couple au démarrage est important.

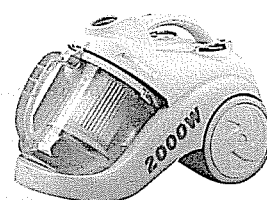
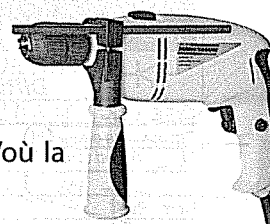
La vitesse varie beaucoup avec la charge.

Pour inverser le sens de rotation il faut inverser soit l'induit, soit l'inducteur.

Le fonctionnement provoque beaucoup de parasites, d'où la nécessité d'installer un filtre (condensateur).

Il est possible d'obtenir une variation de vitesse (par triac).

Le moteur universel est utilisé en petite puissance en alternatif (aspirateur, perceuse...).



C / LES MOTEURS PAS À PAS

C1 - PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

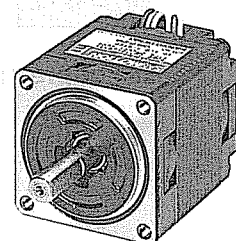
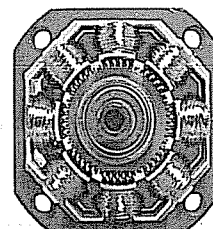
Les moteurs pas à pas permettent de convertir directement un signal électrique en un positionnement (mouvement) angulaire.

Chaque impulsion envoyée par le système de commande au module de puissance se traduit par la rotation d'un pas du moteur.

La résolution angulaire d'un moteur pas à pas va de 4 à 400 pas.

On peut distinguer trois catégories technologiques :

- moteur à réluctance variable,
- moteur à aimants permanents,
- moteur hybride (associant les 2 technologies).



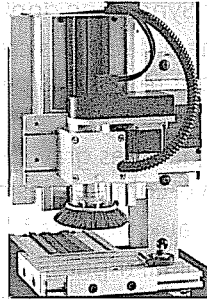
C2 - CARACTÉRISTIQUES ET UTILISATIONS

Les moteurs **pas à pas** sont constitués de manières différentes et comportent plusieurs bobines, ainsi on peut déterminer un angle exact de rotation, une accélération ou le sens de rotation en modifiant l'alimentation des bobines.

De plus, en laissant une ou plusieurs bobines alimentées, on obtient un maintien, le moteur est figé.

Les moteurs pas à pas sont utilisés dans de nombreux appareils : imprimantes, fax, photocopieurs, machines de précision, robotique...

le but étant de faire déplacer des ensembles mobiles avec une grande précision par rapport à des moteurs à courant continu classiques.



Kit d'usinage avec moteur pas à pas



Robots utilisant plusieurs moteurs pas à pas

D / LES MACHINES SYNCHRONES

La machine synchrone porte le nom d'**alternateur** lorsqu'elle transforme de l'énergie mécanique en énergie électrique. Lorsqu'elle fonctionne en moteur, on lui donne le nom de **moteur synchrone**.

La machine synchrone est une machine très utilisée de par sa fonctionnalité et sa réversibilité.

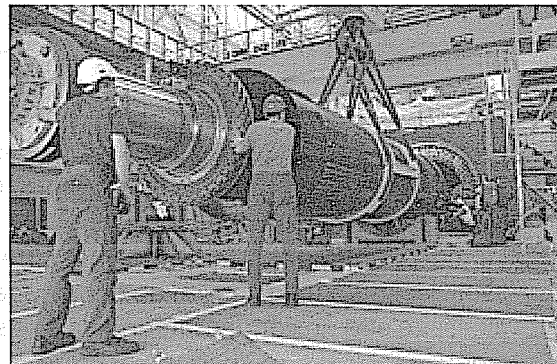
Elle est très utilisée dans la production d'énergie électrique (centrale) et en traction (TGV Atlantique).

D1 - L'ALTERNATEUR

Les **alternateurs** fournissent la plus grande partie de l'énergie électrique du réseau.

Le **rotor**, constitué d'aimants permanents ou d'électro-aimants, est entraîné par une **turbine**.

Les courants du rotor créent un champ magnétique tournant dans le stator. Celui-ci crée donc dans les bobines statoriques des **f.é.m. induites**.



Alternateur - EDF

D2 - LE MOTEUR SYNCHRONE

Le moteur **synchrone** possède un stator identique à celui du moteur asynchrone.

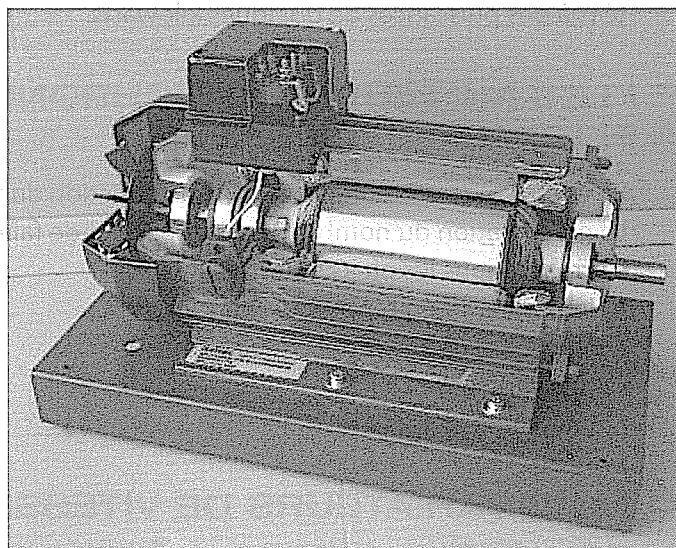
Sa fréquence de rotation (sa vitesse) est proportionnelle à la fréquence de l'alimentation électrique.

La vitesse de ce champ tournant est appelée « **vitesse de synchronisme** ».

Cette machine est dite « **synchrone** » car le champ du rotor tourne à la **même vitesse** que le champ du stator (le champ magnétique du rotor créé cherche en permanence à s'aligner sur celui du stator).

Avec le développement de l'électronique de puissance, le moteur synchrone vient remplacer le moteur à courant continu.

De plus, ne possédant pas de dispositif balais-collecteur, il dispose de davantage de puissance.



Coupe d'une machine synchrone

D3 - LE MOTEUR SYNCHRONE BRUSHLESS

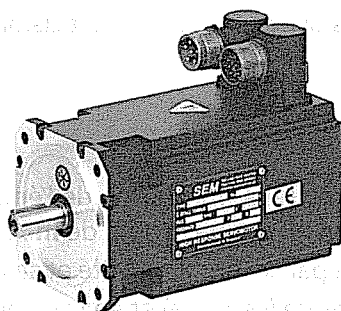
Le moteur **Brushless** est un moteur Synchrone dont le rotor est constitué d'**aimants permanents**.

L'appellation Brushless signifie « **sans balais** » ; les classiques balais qui se chargent de maintenir le flux électrique à l'intérieur du moteur sont remplacés par un capteur qui joue un rôle de pilote au sein de ces moteurs.

On retrouve des moteurs Brushless dans les graveurs de DVD, les mini-hélicoptères électriques radio télécommandés, dans certaines servo-commandes de robots...

Un moteur Brushless, contrairement aux moteurs à balais, ne fonctionne pas en courant continu.

Il fonctionne grâce à un signal sinusoïdal triphasé. En effet, un moteur Brushless possède trois bornes, décalées à 120° l'une de l'autre. Un contrôleur, alimenté par une source de courant continu, transforme ce signal en un signal alternatif triphasé ; deux des bornes du moteur Brushless sont alimentées à tour de rôle, créant ainsi un champ tournant.



Moteur Brushless - SEM



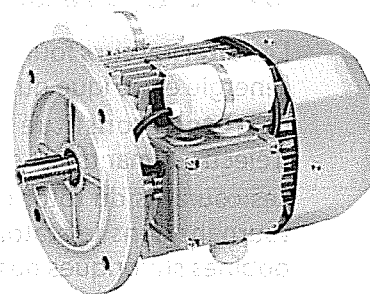
Vélo électrique équipé de moteur Brushless

E / LES MOTEURS ASYNCHRONES MONOPHASÉS

La constitution interne d'une machine asynchrone monophasée est la même que celle d'une machine triphasée sauf que son stator est composé d'un enroulement et non de trois.

Le moteur monophasé ne peut démarrer seul. Pour le démarrer il faut avoir recours à un dispositif de démarrage (utilisation d'un enroulement auxiliaire et d'un condensateur ou d'une spire de Frager créant un décalage).

Les machines asynchrones monophasées ont des caractéristiques plus faibles que les moteurs triphasés. Ces machines sont généralement limitées à des puissances de quelques kilowatts.



Moteur asynchrone monophasé à condensateurs

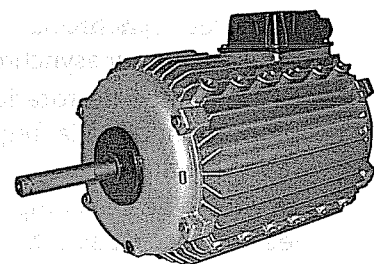
F / LES MOTEURS ASYNCHRONES À PLUSIEURS VITESSES

La vitesse d'un moteur asynchrone est fonction du nombre de pôles.

La modification du nombre de pôles permet de faire varier la vitesse.

Les réalisations les plus courantes sont :

- deux vitesses en rapport de 1 à 2,
- deux vitesses en rapport quelconque,
- trois vitesses,
- quatre vitesses.

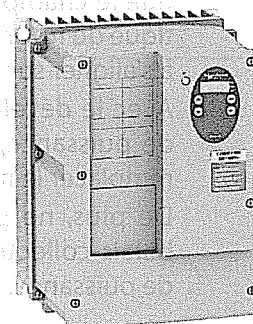


Moteur asynchrone bi-vitesse double bobinage

G / LES VARIATEURS DE VITESSE

Un **variateur de vitesse** est un dispositif électronique destiné à commander la vitesse d'un moteur électrique.

Les variateurs de vitesse sont constitués principalement d'un convertisseur statique. En général, le convertisseur statique est un onduleur ou un hacheur.



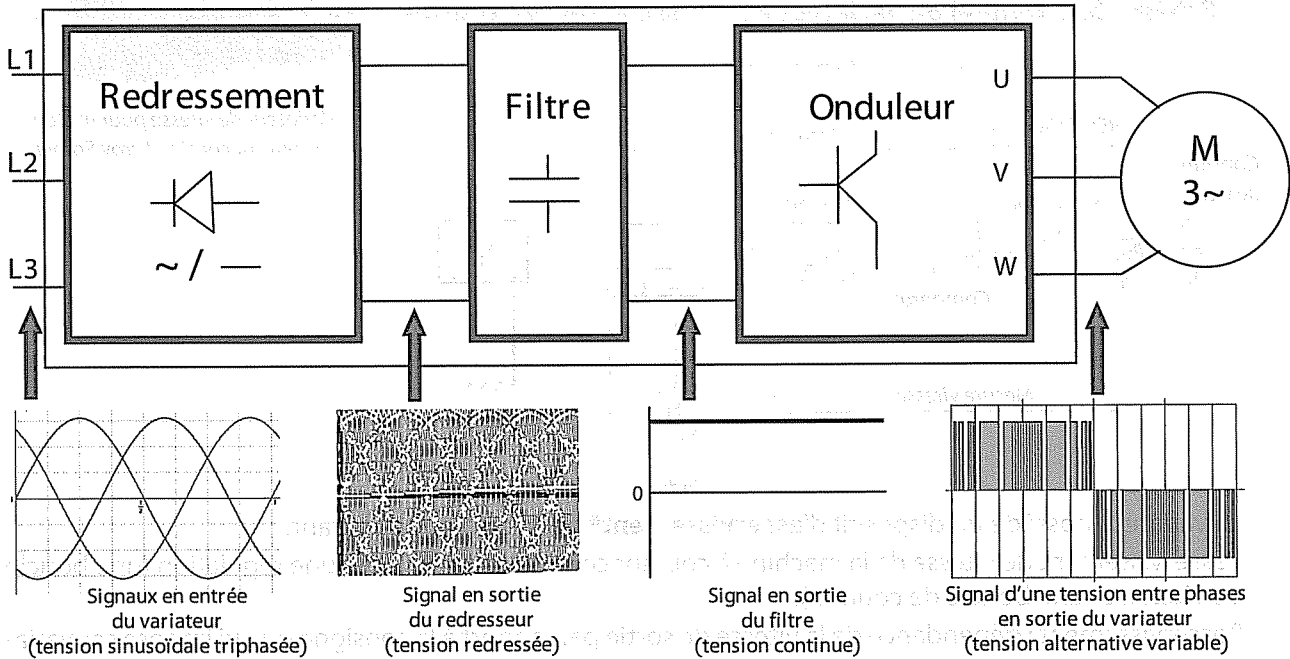
Variateur de vitesse ATV 31 C - Schneider

G1 - VARIATEUR POUR MOTEURS À COURANT ALTERNATIF

La tension de sortie du variateur n'est pas sinusoïdale, c'est la résultante d'une tension continue, elle est alternative avec une largeur d'impulsion variable.

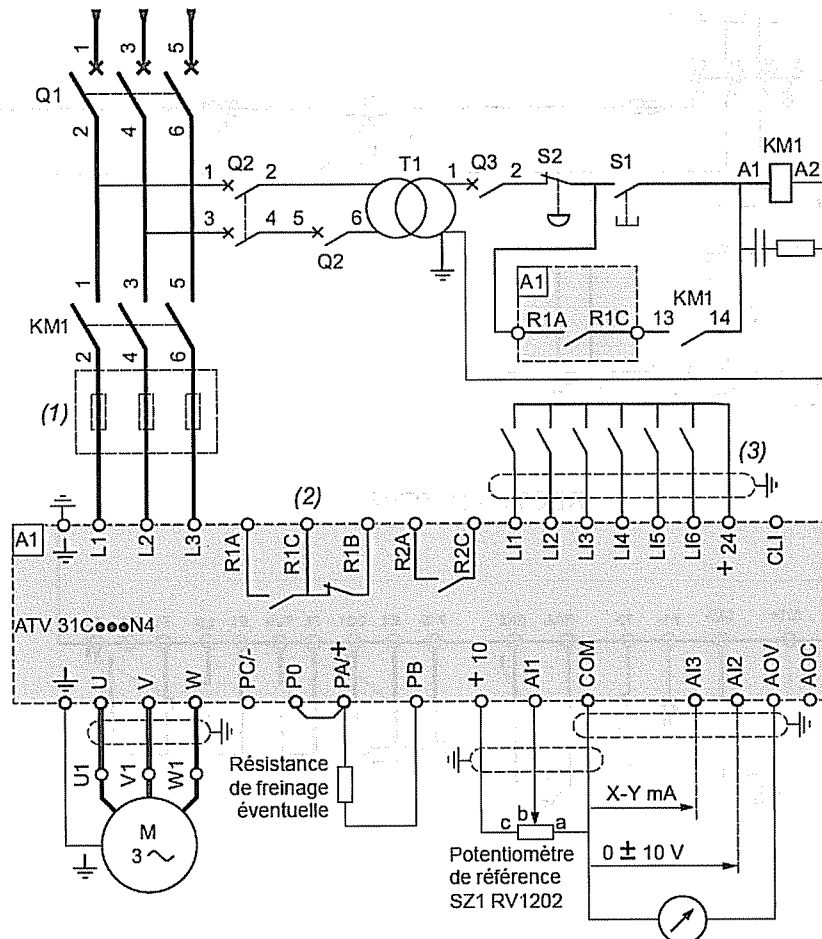
Les variateurs de vitesse pour moteur asynchrone utilisent le principe de la **MLI** (Modulation de la Largeur d'Impulsion).

► Schéma fonctionnel du variateur de vitesse à courant alternatif



Les variateurs répondent à de nombreuses applications, notamment les machines d'emballage et de conditionnement, convoyeurs, palans, pompes, ventilateurs, malaxeurs, machines textiles...).

► Schéma de raccordement d'un variateur de vitesse à courant alternatif ATV 31 C

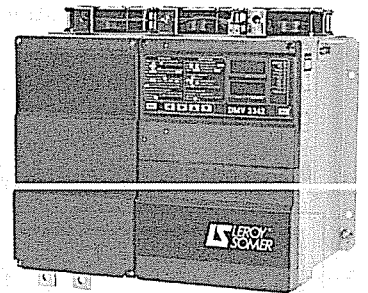
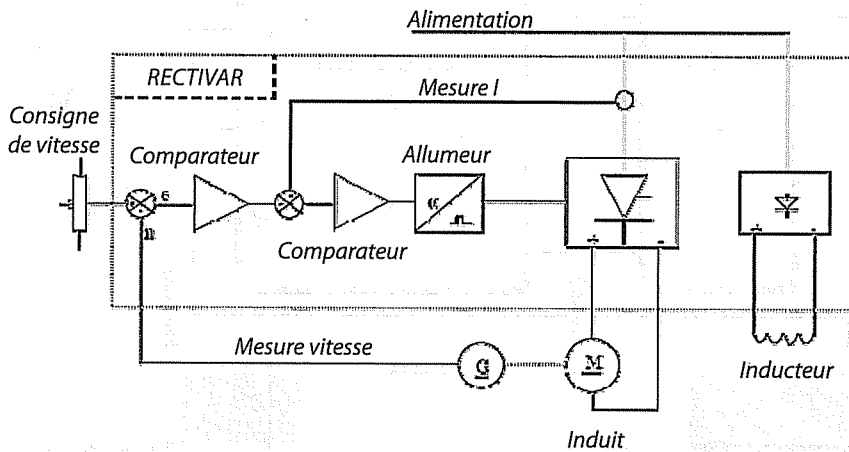


G2 - VARIATEUR POUR MOTEURS À COURANT CONTINU

Le variateur de vitesse pour moteurs à courant continu utilise un **hacheur**.

Un **hacheur** est un **convertisseur** statique (continu – continu) permettant d'alimenter une charge (moteur à courant continu) sous tension de valeur moyenne **réglable** à partir d'une source de tension constante.

► Schéma fonctionnel du variateur de vitesse à courant continu



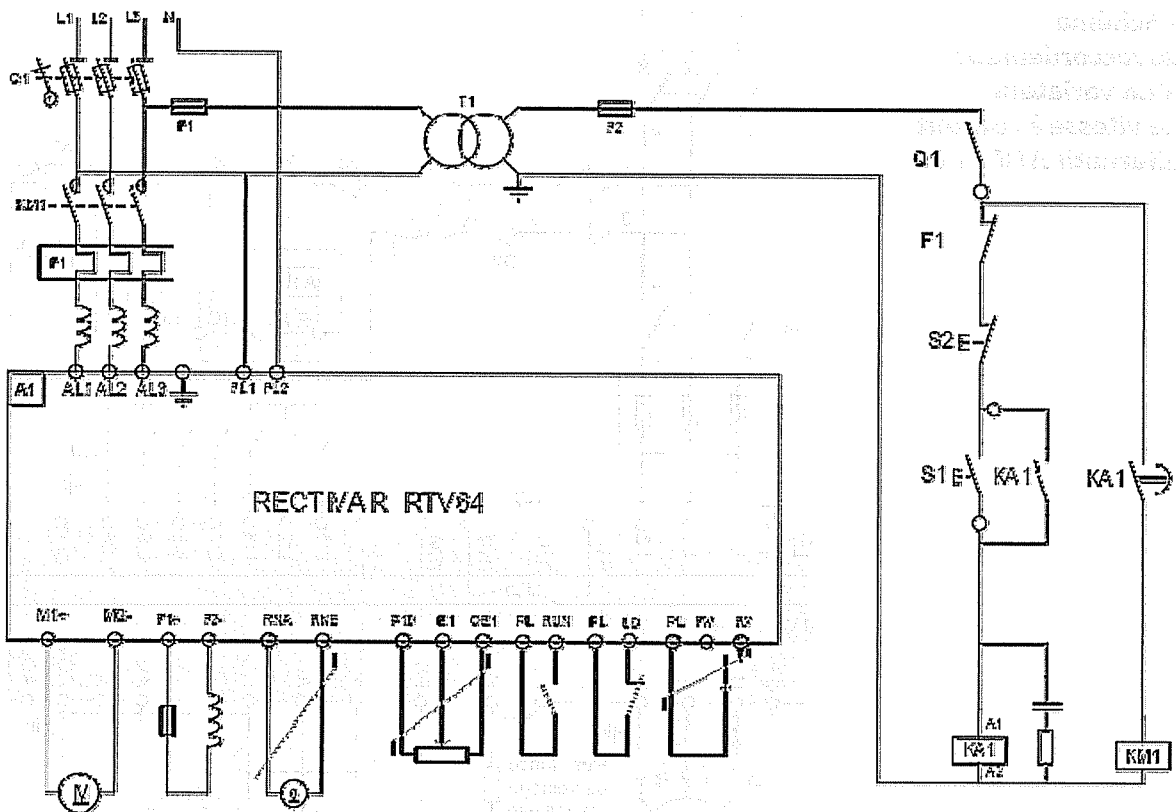
Variateur de vitesse pour moteur à courant continu Leroy Somer

Le variateur possède un dispositif d'**asservissement*** de vitesse et de courant.

L'asservissement de vitesse de la machine à courant continu est réalisé par une régulation (une boucle de vitesse et une boucle de courant).

* asservissement : dépendance de la vitesse de sortie par rapport à la consigne qui lui impose ses variations.

► Schéma de raccordement d'un variateur de vitesse à courant continu RTV64

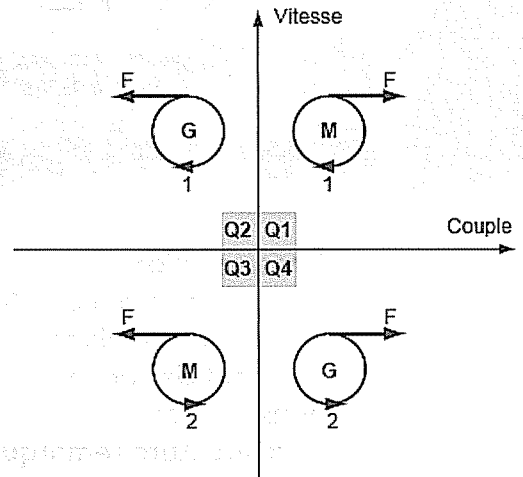


G3 - LES VARIATEURS DE VITESSE ET LES QUADRANTS

Les variateurs de vitesse peuvent, soit faire fonctionner un moteur dans **un seul sens** de rotation, ils sont alors dits unidirectionnels (**2 quadrants**), soit commander les **deux sens** de rotation, ils sont alors dits bidirectionnels (**4 quadrants**).

Il y a **quatre** situations de fonctionnement possibles d'une machine dans son diagramme couple-vitesse :

Quadrant	Sens de rotation	Mode de fonctionnement	Couple T	Vitesse n	Produit T x n
1	horaire	moteur	oui	oui	oui
2		générateur		oui	
3	anti-horaire	moteur			oui
4		générateur	oui		



En fonctionnement **moteur**, il y a consommation de l'énergie électrique et fourniture de l'énergie mécanique.

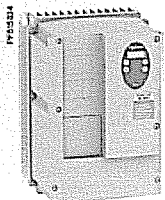
En fonctionnement **générateur**, il y a consommation de l'énergie mécanique et fourniture de l'énergie électrique.

Les moteurs peuvent fonctionner dans les **4 quadrants**, mais lorsqu'ils sont associés à un **variateur de vitesse**, c'est ce dernier qui impose les quadrants de fonctionnement.

Le fonctionnement dans les différents quadrants dépend de la structure du variateur de vitesse :

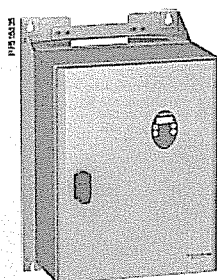
- fonctionnement **1 quadrant** : moteur **un sens** de rotation,
- fonctionnement **2 quadrants** : moteur **un sens** de rotation avec freinage par **récupération de l'énergie** électrique sur le réseau ou par dissipation de l'énergie dans une résistance de freinage,
- fonctionnement **4 quadrants** : moteur **deux sens** de rotation **avec récupération de l'énergie** sur le réseau ou par dissipation dans une résistance de freinage.

Documentation



ATV31CU22M2

Variateurs en coffret IP 55 (gamme de fréquence de 0,5 à 500 Hz)										
Moteur		Réseau				Altivar 31C				
Puissance indiquée sur plaque (1)	à U1	à U2	Courant de ligne (2)	Puissance apparente	Icc ligne présumé maxi (3)	Courant nominal	Courant transitoire maxi pendant 60 s	Puissance dissipée à charge nominale	Référence (4)	Masse
Tension d'alimentation monophasée : 200...240 V (5) 50/60 Hz, avec filtres CEM intégrés										
0,18	0,25	3	2,5	0,6	1	1,5	2,3	24	ATV 31C018M2 (6)	6,300
0,37	0,5	5,3	4,4	1	1	3,3	5	41	ATV 31C037M2 (6)	6,300
0,55	0,75	6,8	5,8	1,4	1	3,7	5,6	46	ATV 31C055M2 (6)	6,300
0,75	1	8,9	7,5	1,8	1	4,8	7,2	60	ATV 31C075M2 (6)	8,600
1,1	1,5	12,1	10,2	2,4	1	6,9	10,4	74	ATV 31CU11M2 (6)	8,600
1,5	2	15,8	13,3	3,2	1	β	12	90	ATV 31CU15M2 (6)	8,600
2,2	3	21,9	18,4	4,4	1	11	16,5	123	ATV 31CU22M2 (6)	10,700
Tension d'alimentation triphasée : 380...500 V (5) 50/60 Hz, avec filtres CEM intégrés										
0,37	0,5	2,2	1,7	1,5	5	1,5	2,3	32	ATV 31C037N4 (6)	8,600
0,55	0,75	2,8	2,2	1,8	5	1,9	2,9	37	ATV 31C055N4 (6)	8,600
0,75	1	3,6	2,7	2,4	5	2,3	3,5	41	ATV 31C075N4 (6)	8,600
1,1	1,5	4,9	3,7	3,2	5	3	4,5	48	ATV 31CU11N4 (6)	8,600
1,5	2	6,4	4,8	4,2	5	4,1	6,2	61	ATV 31CU15N4 (6)	8,600
2,2	3	8,9	6,7	5,9	5	5,5	8,3	79	ATV 31CU22N4 (6)	10,700
3	-	10,9	8,3	7,1	5	7,1	10,7	125	ATV 31CU30N4 (6)	10,700
4	5	13,9	10,6	9,2	5	9,5	14,3	150	ATV 31CU40N4 (6)	10,700
5,5	7,5	21,9	16,5	15	22	14,3	21,5	232	ATV 31CU55N4	23,600
7,5	10	27,7	21	18	22	17	25,5	269	ATV 31CU75N4	23,600
11	15	37,2	28,4	25	22	27,7	41,6	397	ATV 31CD11N4	32,500
15	20	48,2	36,6	32	22	33	49,5	492	ATV 31CD15N4	32,500



Projet 12 Éclairage du Stade de France et avant-projet d'éclairage

Présentation

Le stade de France a été conçu pour une capacité de 80 000 places couvertes.

Son coût de construction s'est élevé à 412 millions d'euros.

L'architecture remarquable du site se justifie par la visibilité offerte aux spectateurs.

Son immense corolle elliptique est suspendue à 18 aiguilles d'acier.

Ainsi aucun poteau ne vient gêner la vision latérale du spectateur.

Ce stade dispose d'un éclairage compatible avec les normes de la retransmission télévisée haute définition.

La puissance totale installée au stade de France est d'environ 17 MVA.

L'installation électrique comporte :

- 21 transformateurs 20 kV/400 V,
- 6 groupes électrogènes,
- 48 cellules HTA et 379 tableaux BT,
- 500 km de câbles.

Ce dispositif permet un niveau d'éclairage :

- de 1 600 lux pour les grandes manifestations,
- de 800 lux pour les manifestations classiques,
- de 300 lux pour l'entraînement,
- de 100 lux pour l'entretien.

Un total de 731 projecteurs est installé dont 454 en toiture assurant l'éclairage de la pelouse pour une puissance absorbée d'environ 1 MW.



Configuration athlétisme (le jour)



Configuration football (le soir avec éclairage)

[Partie A - Rédaction d'un avant-projet d'éclairage de la salle de presse]

Nous devons choisir un mode d'éclairage pour une salle de 416 m² accueillant la presse. Longueur : 26 m, largeur : 16 m.

Hauteur totale (jusqu'au faux plafond) : 3,2 m.

Hauteur du plan de travail (plan utile) : 0,8 m.

Éclairage : 500 lux recommandés.

Rendu des couleurs excellent (IRC supérieur à 90).

Facteurs de réflexion :

- plafond clair,
- murs clairs,
- plan utile clair.

Luminaires encastrés à haut rendement 4 × 18 W, classe D.

Facteur de dépréciation : $d = 1,25$.



Question 12.1

Rédigez l'avant-projet d'éclairage.

Utiliser les données du cahier des charges et suivez les guidances pour chaque étape. Voir exemple de rédaction d'avant-projet : cours 12 pages 208 et 209

1. Données relatives au local (Voir cours 12 paragraphe C1 - page 203)		
Nature de l'activité : Dimensions du local : • Longueur : • Largeur : • Hauteur totale h_t : • Hauteur plan utile h_u : • Hauteur luminaire - plan utile :	Détermination du facteur de réflexion Plafond : Murs : Plan utile : Soit un facteur de réflexion de : Facteur de dépréciation :	Éclairage : lux
2. Choix des lampes – doc. page 193 (Voir paragraphe C2.1 - page 204)		3. Choix des luminaires – doc. page 193 (Voir paragraphe C2.2 - pages 204 et 205)
Type de lumière : Dimensions de la lampe ou tube : Flux lumineux d'un tube : lm Puissance d'un tube : Système d'amorçage : IRC : Référence :	Type de luminaires : Classe de luminaires : Catégorie de luminaires : Constructeur : Référence : Constructeur : Symbole photométrique ph (rendement) : Ph =	
4. Calcul du flux lumineux total – doc. page 196 (Voir paragraphe C3 – pages 206 à 207)		
Indice du local : $k =$ Indice de suspension : $j =$ Facteur de réflexion : Classe de luminaire : Facteur de dépréciation : $d =$ Utilance : $U =$ %	Flux total à produire : $F = \frac{E \cdot a \cdot b \cdot d}{\eta_i \cdot U_i}$ $F =$ = Facteur d'utilisation :	
5. Implantation des luminaires (Voir paragraphe C4 - pages 207 et 208)		
Nombre de luminaires (à arrondir) : $N = \frac{F}{n \times F_{lampe}} =$ Espacement maximum entre appareils : e_{max} : prendre 2,4 sur la longueur et 2,8 sur la largeur Nombre de luminaires (à arrondir) : • sur la longueur : $N_a = \frac{a}{e_{m \text{ longitudinal}}} =$ • sur la largeur : $N_b = \frac{b}{e_{m \text{ transversal}}} =$ Nombre de luminaires par rangée : Nombre de rangées :	Représentez l'implantation des luminaires	

[Partie B - Éclairage de la pelouse]

Nous devons prendre en considération tous les aspects du cahier des charges et les préconisations des constructeurs :

- niveau d'éclairement de la pelouse (2 000 lux en compétition),
- qualité de la lumière (IRC > 90),
- suppression de l'ombre des joueurs sur le terrain,
- suppression des phénomènes d'éblouissement,
- coûts de consommation et de maintenance minimums,
- température de fonctionnement (– 20 °C à + 40 °C).



Question 12.2

Expliquez pour quelle raison majeure les lampes aux iodures métalliques ont été retenues pour l'éclairage de la pelouse du stade de France (plutôt que des lampes à vapeur de sodium standard).

Voir le paragraphe D2 page 211 ainsi que le comparatif (de l'IRC des lampes) tableau page 212

Question 12.3

Donnez une solution permettant de contribuer à la suppression des phénomènes d'éblouissement et de l'ombre des joueurs sur la pelouse.

Voir le paragraphe D2 page 211



Question 12.4

Calculez le flux lumineux utile à installer sur une surface totale de 13 000 m² (pelouse + piste d'athlétisme) en respectant l'éclairement souhaité de 2 000 lux.

Utiliser la relation de calcul du flux utile page 211

Question 12.5

En prenant un facteur d'utilisation de 0,37, déterminez le flux réel à fournir.

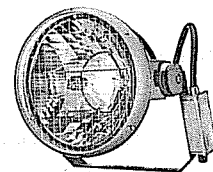
Utiliser la relation de calcul du flux total page 211

Question 12.6

Relevez les caractéristiques et les références des projecteurs et de lampes à installer (**pages 194 et 195**)

Attention, il y a plusieurs références (codes)

Lampe	Réf. (Nom produit)	Flux lumineux	Puissance	IRC
Projecteur	Réf. (Nom produit)	Indice de protection		



Question 12.7

Déterminez le nombre de projecteurs à installer.

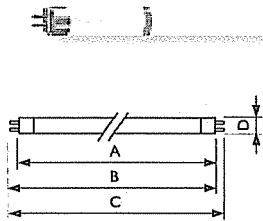
Utilisez le flux total à produire et le flux fourni par chaque projecteur

Question 12.8

En déduire l'ordre de grandeur de la puissance absorbée par l'éclairage de la pelouse (en kW).

Utilisez le nombre et la puissance de chaque projecteur (ou lampe)

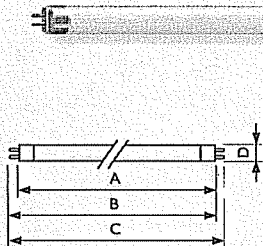
Documentation lampes éclairage intérieur



Tubes Fluorescents MASTER TL5 Secura

Désignation	Code	Classe énergétique	Flux EL. (lm) à 25°C	N° dimensions
MASTER TL5 HE Secura - Emballage spécial maintenance, tube sans étui				
MASTER TL5 HE Secura 14W/840	954763	B	1200	1
MASTER TL5 HE Secura 28W/840	952158	B	2600	3
MASTER TL5 HE Secura 35W/840	952196	B	3300	4
MASTER TL5 HO Secura - Emballage spécial maintenance, tube sans étui				
MASTER TL5 HO Secura 49W/840	952271	B	4300	4
MASTER TL5 HO Secura 54W/840	952318	B	4400	3
MASTER TL5 HO Secura 80W/840	952356	B	6150	4

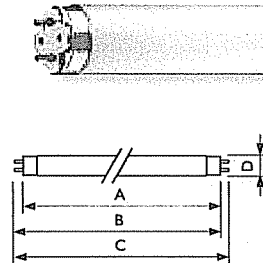
Dimensions (en mm)	A	B	C	D
1	549	556,1	563,2	17
3	1149	1156,1	1163,2	17
4	1449	1456,1	1463,2	17



Tubes Fluorescents MASTER TL5 HO 90 de luxe

Désignation	Code	Classe énergétique	Flux EL. (lm) à 25°C	N° dimensions
Etui 1 lampe				
MASTER TL5 HO 90 De Luxe 24W/940	868954	B	1400	1
MASTER TL5 HO 90 De Luxe 49W/940	868978	B	3700	3
MASTER TL5 HO 90 De Luxe 54W/940	869050	B	3800	2

Dimensions (en mm)	A	B	C	D
1	549	556,1	563,2	17
2	1149	1156,1	1163,2	17
3	1449	1456,1	1463,2	17



Tubes Fluorescents MASTER TL-D Xtra/Xtreme

Désignation	Code	Classe énergétique	Flux (lm)	N° dimensions
Xtra				
MASTER TL-D Xtra 18W/840	558626	A	1350	1
MASTER TL-D Xtra 36W/840	558763	A	3350	2
MASTER TL-D Xtra 58W/840	558909	A	5100	3
Xtreme				
MASTER TL-D Xtreme 18W/840	544964	A	1350	1
MASTER TL-D Xtreme 36W/840	558688	A	3350	2
MASTER TL-D Xtreme 50W/840	558862	A	5150	3

Dimensions (en mm)	A	B	C	D
1	589,8	596,9	604	28
2	1199,4	1206,5	1213,6	28
3	1500	1507,1	1514,2	28

MASTER TL5 HO 90 de luxe

- Excellent rendu des couleurs avec un IRC > 90
- Meilleur rendu des couleurs dans les teintes rouges

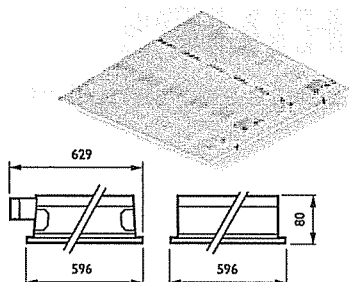
MASTER TL-D Xtra/Xtreme

- Extrêmement fiable et longue durée de vie
- Forte réduction des défaillances précoces
- Période de défaillance très réduite

Une sélection de produits Philips

LAMPES

Documentation luminaires intérieurs



Encastrés Impala Optique LI

CE ENEC IP 20 IK07 Classe I F 960°C

Désignation	Code	Photométrie
Version Kit : Lampes montées, ballast électronique HFP, connecteur à poussoir		
TBS160 4xTL-D18W/840 HFP LI PI KIT-SC	689036	0,64 D
Version Kit : Lampes montées, ballast électronique HFS, connecteur à poussoir		
TBS160 4xTL-D18W/840 HFS LI PI SC	579628	0,67 D
Sans lampes, ballast électronique HFS, connecteur à poussoir		
TBS160 4xTL-D18W HFS LI PI	579529	0,67 D



MASTER MHN-SA

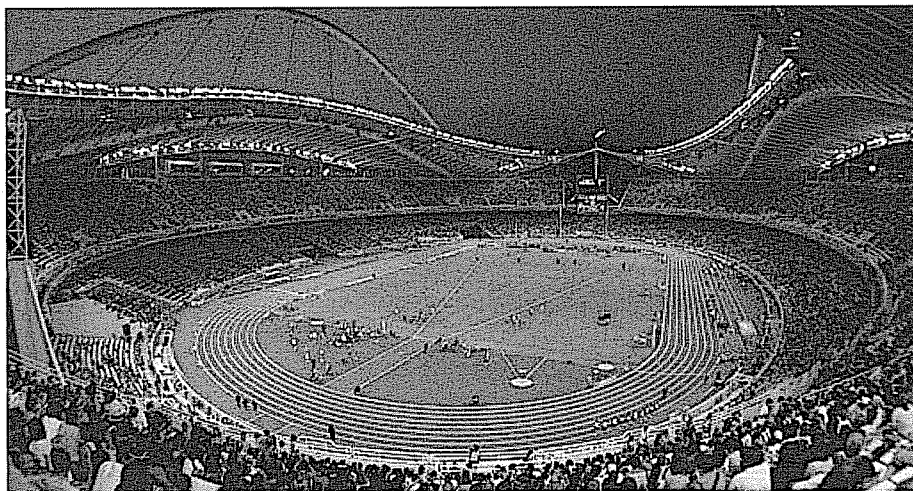
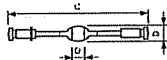
MASTER MHN-SA 1800W/956 (P)SFC 230V UNP

Lampe iodures métalliques aux performances lumineuses élevées, spécialement conçues pour des prises de vue TV et pour l'éclairage sportif.

• Product Dimensions

Longueur totale C	364 mm
Diamètre ampoule D	41 mm
Longueur arc O	25 mm

Schéma dimensionnel



Données du produit

• Product Data

Code commercial	200754 00
Code produit EOC	871150020075400
Nom produit	MASTER MHN-SA 1800W/956 (P)SFC 230V UNP
Désignation	MASTER MHN-SA 1800W/956 (P)SFC 230V UNP
Pièces par pack	1
Config. Emballage	1
Packs par carton	1
Code barre produit	8711500200754
Code barre carton regroup.	8711500200754
Code usine	928078415130
Code ILCOS	MN-1800-H-PSFc20=6-/H
Poids net unitaire	0.219 kg

Tension	230 V
Tension de la lampe	120 V
Courant lampe EM	17.3 A
Gradable	Non

• Environmental Characteristics

Contient du mercure	92 mg
---------------------	-------

• Light Technical Characteristics

Code couleur	956 [CCT of 5600K]
Indice de rendu des couleurs	90 Ra8
Désignation teinte	Lumière du jour
Température de couleur	5600 K
Température de couleur techn.	5600 K
Coordonnée chromatique X	330 -
Coordonnée chromatique Y	339 -
Flux lumineux EM	155000 Lm
Eff. lum. lampe sur ballast EM	86 Lm/W
Maintien du flux à 2000 h	80 %
Maintien du flux à 5000 h	60 %
Luminance sur ballast EM	6500 cd/cm ²
Maintien de flux à 1000h	92 %

• General Characteristics

Culot	(P)SFC
Information culot	20-6
Forme de la lampe	TD40 [TD 40mm]
Finition ampoule	Clair
Position fonctionnement	p15 [Horizontale +/-15D]
Durée de vie 5% de mortalité	1800 hr
10 % de défaillances à	2300 hr
Durée de vie 20% de mortalité	3000 hr
Durée de vie 50% de mortalité	5000 hr

• Electrical Characteristics

Puissance lampe	1800 W
Puissance lampe EM	1800.0 W

PHILIPS

sense and simplicity

ArenaVision MVF403

MVF403 MHN-SA1800W/956 A1 SP

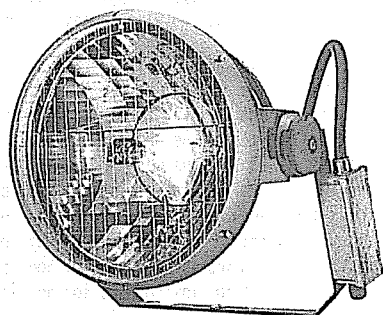
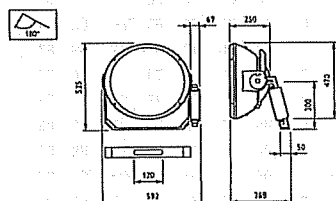


Schéma dimensionnel



La famille des projecteurs ArenaVision a totalement bouleversé notre perception des évènements sportifs. La qualité et la précision de leur éclairage assurent une vision idéale des compétitions, une précision des couleurs, une lumière parfaite et une incomparable netteté des ralentis pour les retransmissions télévisuelles : ArenaVision permet d'intensifier les émotions des joueurs, des spectateurs et des téléspectateurs. Les projecteurs ArenaVision sont compacts, légers, faciles à transporter, à installer et à régler. Grâce à l'augmentation du flux lumineux des lampes et à de nombreuses optiques disponibles, ArenaVision offre toute la flexibilité nécessaire aux projets d'éclairage sportif quels qu'ils soient. Précision, flexibilité, contrôle des faisceaux, constance des performances ont guidé le choix des ingénieurs Philips dans la conception des projecteurs ArenaVision. Leur design élaboré n'est pas seulement un atout de séduction ; il est la conjugaison harmonieuse d'un ensemble de facteurs qui participent ensemble à la fonctionnalité, l'ergonomie et la fiabilité. La nouvelle lampe mono-culot MHN-SE, exclusivement développée pour les projets d'éclairage sportif, participe efficacement à l'optimisation des performances du projecteur ArenaVision.

Données du produit

• Product Data

Code commercial	848990 00
Code produit EOC	871155984899000
Nom produit	MVF403 MHN-SA1800W/956 A1 SP
Désignation	MVF403 MHN-SA1800W/956 IN A1
Pièces par pack	1
Packs par carton	1
Code barre produit	8711559848990
Code barre carton regroup.	8711559848990
Code usine	910502150218
Poids net unitaire	13.700 kg

• Information générale

Code produit	MVF403 [p875, Projecteur pour ext et int]
Nombre de lampes	1 [1]
Type de lampe	MHN-SA [MASTER MHN-SA]
Puissance lampe	1800 W [1800 W]

Qualité de lumière	956 [IRC>90, 5600 K]
Lampe (s) incluse (s)	K [lampe(s) incluse(s)]
Appareillage	No [-]
Classe électrique	I [Classe I]
IP	IP65 [IP65]
Optique	CAT-A1 [Faisceau catégorie A1]
Fermeture	DOWN [Version standard]
Amorceur	SP [Amorceur semi-parallèle]
Mémoire de visée	No [-]
Marquage CE	CE [CE mark]
Marquage ENEC	ENEC [ENEC mark]

• Electrique

Tension lampe	230 V [230 V]
Tension d'alimentation	220-240 V [220V - 240V]



PHILIPS
sense and simplicity

Documentations : tableaux d'utilance

LUMINAIRE CLASSE A A
TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 0

Facteurs de réflexion	873	773	753	731	551	511	311							
	871	771	751	711	531	331	000							
0.60	88	81	87	81	78	74	70	67	74	70	67	70	67	66
0.80	95	87	94	86	85	80	76	73	79	75	73	75	72	71
1.00	102	91	99	90	91	85	81	78	84	81	78	80	78	76
1.25	107	95	104	94	96	89	86	83	88	85	82	84	82	80
1.50	110	97	108	96	100	92	89	86	91	88	86	87	85	84
2.00	116	101	113	100	107	97	94	92	95	93	91	92	90	89
2.50	119	103	116	102	111	100	98	96	98	96	95	95	94	92
3.00	122	105	118	104	114	102	100	99	100	99	98	98	97	95
4.00	125	106	121	105	118	104	103	102	102	101	100	100	99	97
5.00	126	107	122	106	120	105	104	104	103	103	102	101	101	98

LUMINAIRE CLASSE A A
TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 1/3

Facteurs de réflexion	873	773	753	731	551	511	311							
	871	771	751	711	531	331	000							
0.60	85	79	84	79	76	73	70	67	73	69	67	69	67	66
0.80	91	85	90	84	82	79	75	72	78	75	72	75	72	71
1.00	97	89	96	89	88	84	80	78	83	80	78	80	77	76
1.25	103	93	101	92	93	88	85	82	87	84	82	84	82	80
1.50	106	96	105	95	97	91	88	85	90	87	85	87	85	84
2.00	112	100	110	99	103	96	93	91	94	92	90	92	90	89
2.50	116	102	114	101	108	99	97	95	97	96	94	95	93	92
3.00	119	104	116	103	111	101	99	98	100	98	97	97	96	95
4.00	122	105	119	105	115	103	102	101	102	101	100	99	99	97
5.00	124	106	121	105	117	104	103	103	103	102	101	101	100	98

LUMINAIRE CLASSE B B
TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 0

Facteurs de réflexion	873	773	753	731	551	511	311							
	871	771	751	711	531	331	000							
0.60	80	74	79	73	68	65	60	56	64	59	56	59	56	55
0.80	89	81	87	80	76	72	67	63	71	66	63	66	63	61
1.00	96	86	93	85	84	78	73	70	77	73	69	72	69	67
1.25	102	91	99	89	90	84	79	76	82	78	75	77	75	73
1.50	106	94	103	92	95	87	83	80	86	82	79	81	79	77
2.00	113	98	109	97	103	93	90	87	91	88	86	87	85	83
2.50	117	101	113	100	107	96	94	91	95	92	90	91	89	87
3.00	120	103	116	101	111	99	97	95	97	95	94	94	93	90
4.00	123	104	119	103	115	102	100	98	100	98	97	97	96	93
5.00	125	106	121	104	118	103	102	101	101	100	99	98	98	95

LUMINAIRE CLASSE B B
TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 1/3

Facteurs de réflexion	873	773	753	731	551	511	311							
	871	771	751	711	531	331	000							
0.60	76	71	75	71	66	64	59	56	63	59	56	59	56	55
0.80	84	78	83	78	74	71	66	63	70	66	63	66	62	61
1.00	91	84	90	83	81	77	72	69	76	72	69	72	69	67
1.25	98	89	96	88	87	82	78	75	81	77	74	77	74	73
1.50	102	92	100	91	92	86	82	79	85	81	79	81	78	77
2.00	109	97	107	96	99	92	88	86	90	88	85	87	85	83
2.50	114	100	111	99	104	95	93	90	94	92	90	91	89	87
3.00	117	102	114	101	108	98	96	94	97	95	93	94	92	90
4.00	120	104	117	103	112	101	99	97	99	98	96	96	95	93
5.00	123	105	119	104	115	102	101	100	101	100	98	98	97	95

LUMINAIRE CLASSE C C
TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 0

Facteurs de réflexion	873	773	753	731	551	511	311							
	871	771	751	711	531	331	000							
0.60	71	66	70	65	58	55	49	44	54	48	44	48	44	42
0.80	82	74	80	73	68	64	58	53	63	57	53	57	53	51
1.00	90	81	87	79	76	71	65	61	70	65	60	64	60	58
1.25	97	86	94	85	84	77	72	68	76	71	67	70	67	65
1.50	102	90	99	88	89	82	77	73	80	76	72	75	72	70
2.00	109	95	105	93	97	88	84	81	86	83	80	82	79	77
2.50	113	98	110	96	103	92	89	85	90	87	84	86	83	81
3.00	116	100	112	98	106	95	92	89	93	90	88	89	87	84
4.00	120	102	116	101	111	98	95	93	96	94	92	92	90	88
5.00	122	103	118	102	113	99	97	95	97	96	94	94	92	90

LUMINAIRE CLASSE C C
TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 1/3

Facteurs de réflexion	873	773	753	731	551	511	311							
	871	771	751	711	531	331	000							
0.60	67	63	66	62	55	53	48	44	53	48	44	48	44	42
0.80	77	72	76	71	65	62	57	53	62	56	53	56	53	51
1.00	85	78	84	77	73	69	64	60	69	64	60	63	60	58
1.25	92	84	91	83	80	76	71	67	75	70	67	70	66	65
1.50	98	88	96	87	86	80	76	72	79	75	72	74	71	70
2.00	105	93	103	92	94	87	83	79	86	82	79	81	78	77
2.50	110	96	107	95	99	91	87	84	89	86	84	85	83	81
3.00	113	99	110	98	103	94	91	88	92	89	87	88	86	84
4.00	117	101	114	100	108	97	94	92	95	93	91	92	90	88
5.00	120	103	116	101	111	99	96	94	97	95	93	94	92	90

LUMINAIRE CLASSE D D
TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 0

Facteurs de réflexion	873	773	753	731	551	511	311							
	871	771	751	711	531	331	000							
0.60	66	61	64	60	51	49	42	37	48	42	37	41	37	35
0.80	77	70	75	68	62	58	51	46	57	51	46	50	46	44
1.00	85	76	83	75	70	66	59	54	64	58	53	57	53	51
1.25	93	82	90	81	78	73	66	61	71	65	61	64	60	58
1.50	98	86	95	85	84	77	72	67	76	71	66	69	66	64
2.00	106	92	102	91	93	85	80	76	83	78	75	77	74	72
2.50	111	96	107	94	99	89	85	81	87	83	80	82	79	77
3.00	114	98	110	97	104	92	89	85	90	87	84	86	83	81
4.00	118	101	114	99	109	96	93	90	94	91	89	90	88	85
5.00	121	102	117	101	112	98	96	94	96	94	92	92	91	88

LUMINAIRE CLASSE D D
TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 1/3

Facteurs de réflexion	873	773	753	731	551	511	311							
	871	771	751	711	531	331	000							
0.60	62	58	61	57	49	47	41	37	47	41	37	41	37	35
0.80	72	67	71	66	59	56	50	46	56	50	45	50	45	44
1.00	80	74	79	73	67	64	58	53	63	57	53	57	53	51
1.25	88	80	86	79	75	71	65	60	70	64	60	64	60	58
1.50	94	84	92	83	81	76	70	66	75	70	66	69	65	64
2.00	102	91	99	89	90	83	78	75	82	77	74	77	74	72
2.50	107	94	104	93	96	88	84	80	86	83	80	82	79	77
3.00	111	97	108	96	101	91	88	84	90	86	84	85	83	81
4.00	116	100	112	99	106	95	92	89	93	91	88	89	87	85
5.00	119	102	115	100	110	98	95	93	96	93	91	92	90	88

[Extraits Bac pro ELEEC 2008]

La fonderie de Charleville de PSA Peugeot Citroën

Étude du projet d'éclairage

On profite de la rénovation du local technique du poste de distribution pour redimensionner l'éclairage. On a choisi d'installer des supports doubles de tubes fluorescents de 58 W chacun.

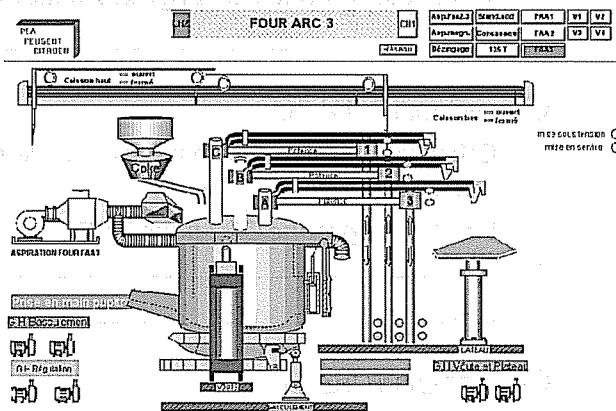
Données du local :

Type : local industriel.

Longueur : 32 m - Largeur : 17 m.

Hauteur : 7 m - Hauteur du plan de travail :

1,4 m - Hauteur de suspension des luminaires : 2,6 m.



Question 12.9

Calculez la hauteur « h » (entre le plan de suspension et la hauteur de travail).

Voir le paragraphe C1.1 page 203

Question 12.10

Calculez l'indice du local « k ». Doc. technique page 199.

Voir le paragraphe C3.1 page 206

Question 12.11

Calculez le rapport de suspension « j ». Doc. technique page 199.

Voir le paragraphe C3.2 page 206. Attention seuls 2 résultats sont possibles (0 ou 1/3)

Question 12.12

Sachant que le plafond et les murs sont de couleur claire et que le plan utile a une teinte moyenne, déterminez le facteur de réflexion du local doc. technique page 199.

Voir le paragraphe C1.2 page 203 ainsi que l'exemple donné

Facteur de réflexion du plafond :
 Facteur de réflexion des murs :
 Facteur de réflexion du plan utile :
 } Facteur de réflexion du local :

Question 12.13

En vous aidant du dossier technique page 200, déterminez l'utilance « U »

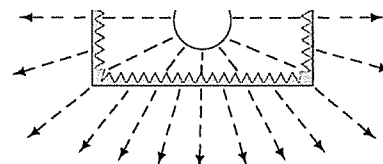
Voir le paragraphe C3.3 page 206 ainsi que l'exemple donné

U = %
 U =

Question 12.14

Calculez le flux total « F ». Doc. technique page 199.

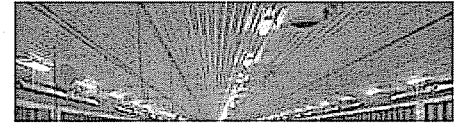
Voir le paragraphe C3.4 page 207 (catégorie direct)



Question 12.15

Calculez le nombre de luminaires à installer.

Voir le paragraphe C4.1 page 207 ainsi que les exemples donnés



Question 12.16

Calculez l'espacement maximal dans le sens longitudinal « e_l » et dans le sens transversal « e_t » doc. page 199.

Voir le paragraphe C4.2 page 207

e_l =

e_t =

Question 12.17

Calculez le nombre de luminaires à placer dans le sens de la longueur « n_l » et dans le sens de la largeur « n_t ».

Voir le paragraphe C4.3 page 208

n_l =

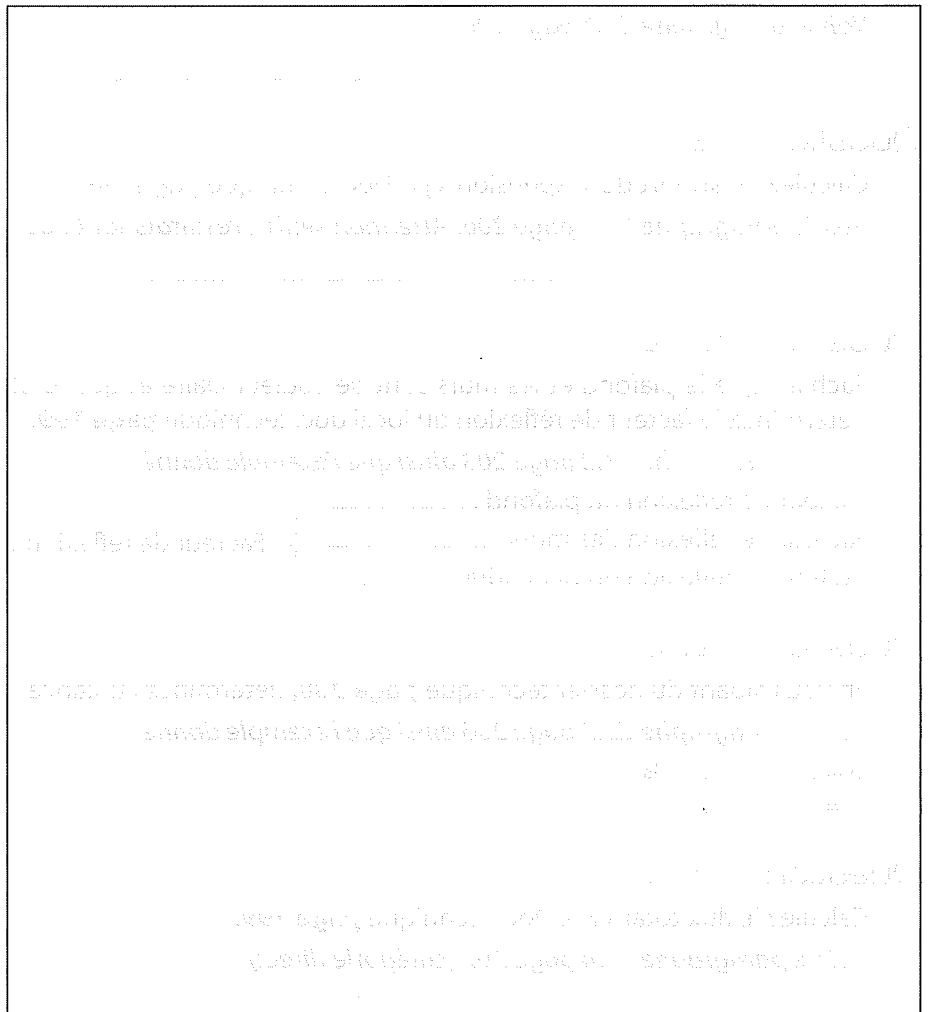
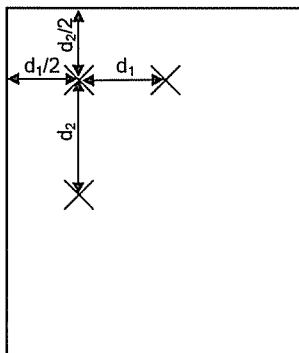
n_t =

Question 12.18

Représentez la position des luminaires ; respectez l'échelle (échelle 1 cm pour 3 mètres).

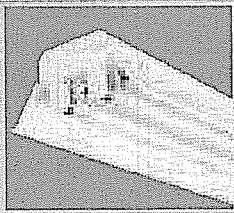
Voir le paragraphe C4.3 page 208.

Suivre l'exemple de rédaction d'un avant-projet pages 208 et 209



Éclairage industriel - Réflecteur industriel RI

Classe	I
Degré de protection	IP 20*
Essai au fil incandescent	960°C
Energie de choc	0,225 J/IK 02
Rendement 2 x 58W	0,791



CLAUDE

**Tube
Claudlux Ø26**
36/58W-G13
36W = 3350 lm
58W = 5200 lm

PUISSANCE W	RENDEMENT		ESPAC. MAX. UNIF. : 0.8	
	Total	Direct	Longitudinal	Transversal
1 x 36	0,81	0,81	1,65 h	1,90 h
1 x 58	0,81	0,81	1,65 h	1,90 h
2 x 36	0,80	0,80	1,65 h	1,90 h
2 x 58	0,79	0,79	1,65 h	1,90 h

Indice du local

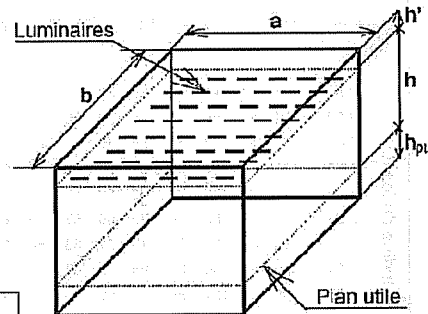
$$K = \frac{a \times b}{h(a + b)}$$

Rapport de suspension

$$j = \frac{h'}{h + h'}$$

Dimensions en mm

Lampe	L	l	l'	H	F	f	Poids (kg)
1 x 36W	1227	111	218	94	1000	700	3,4
1 x 58W	1527	111	218	94	1000	700	3,9
2 x 36W	1227	111	218	94	1000	700	4,0
2 x 58W	1527	111	218	94	1000	700	5,0
3 x 58W	1527	111	218	94	1000	700	6,1



Coefficient de réflexion

Par exemple 753 signifie:

F réflexion plafond: 70%
F réflexion des murs: 50%
F réflexion du plan utile: 30%

	Teinte de la paroi			
	Claire	Moyenne	Sombre	Très sombre
Plafond	8	7	5	3
Murs	7	5	3	1
Plan utile	3	3	1	1

$$F = \frac{E \times a \times b \times d}{U \times \eta_s}$$

E: Eclairage en lux
a x b: Surface du local en m²
d: facteur de dépréciation
U: utilisation en %
η_s: rendement lumineux

Facteurs de dépréciation

Nature de l'activité	Niveau d'empoussièrément	Facteur de maintenance	Facteur compensateur de dépréciation
Montages électroniques, locaux hospitaliers, bureaux, écoles, laboratoires	Faible	0,80	1,25
Boutiques, restaurants, entrepôts, magasins, atelier d'assemblage, industries	Moyen	0,70	1,4
Industries chimiques, polissages, menuiserie	Élevé	0,60	1,65

Éclairagements moyens à maintenir en fonction de l'activité (d'après AFE)

Mode d'éclairage	Éclairage à maintenir E (lux)	Type d'activité
GÉNÉRAL (lieu de travail continu)	175	Minimum pour la tâche visuelle
	250	Grosse mécanique, tâche industriel diverse, lecture et écriture
	425	Mécanique moyenne, imprimerie, dactylographie, travaux de bureaux
	625	Bureaux de dessin, mécanographie
	850	Mécanique fine, gravure, comparaison des couleurs

Tableaux des utilances

LUMINAIRE CLASSE I

TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 0

Facteurs de réflexion	873		773		753		731		551		511		311	
	871	771	751	711	711	531	331	000						
0.60	52	48	50	46	34	32	24	17	31	23	17	23	17	15
0.80	63	58	61	56	45	43	34	27	41	33	27	32	26	24
1.00	73	65	70	63	55	51	42	35	49	41	35	40	34	32
1.25	81	72	78	70	64	59	50	44	57	49	43	48	43	40
1.50	88	78	85	76	71	65	57	51	63	56	50	55	50	47
2.00	97	85	94	83	82	74	67	61	72	66	61	65	60	57
2.50	104	89	100	88	90	80	74	69	78	73	68	71	67	64
3.00	108	93	104	91	95	85	79	74	82	77	73	76	72	69
4.00	114	97	109	95	102	90	86	82	88	84	80	82	79	76
5.00	117	99	113	97	106	93	90	86	91	88	85	86	83	81

LUMINAIRE CLASSE I

TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 1/3

Facteurs de réflexion	873		773		753		731		551		511		311	
	871	771	751	711	711	531	331	000						
0.60	46	44	46	43	31	30	23	17	30	22	17	22	17	15
0.80	58	54	57	53	42	40	32	26	40	32	26	32	26	24
1.00	67	62	66	61	51	49	40	34	48	40	34	40	34	32
1.25	76	69	74	68	60	57	49	43	56	48	43	48	43	40
1.50	83	75	81	73	68	63	56	50	62	55	50	54	49	47
2.00	93	83	90	81	79	73	66	60	71	65	60	64	60	57
2.50	100	88	97	86	86	79	73	68	77	72	67	71	67	64
3.00	105	91	101	90	92	83	78	73	81	77	73	75	72	69
4.00	111	96	107	94	99	89	84	81	87	83	80	82	79	76
5.00	115	98	111	97	104	92	89	85	90	87	84	86	83	81

LUMINAIRE CLASSE J

TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 0

Facteurs de réflexion	873		773		753		731		551		511		311	
	871	771	751	711	711	531	331	000						
0.60	51	47	49	45	33	32	23	17	31	22	16	22	16	14
0.80	61	55	59	54	42	40	30	23	38	30	23	29	23	20
1.00	69	62	66	60	50	46	37	29	44	36	29	35	29	26
1.25	76	68	73	66	57	53	43	36	51	42	35	41	35	32
1.50	82	72	78	70	63	58	49	41	56	47	40	46	40	37
2.00	90	79	86	76	72	66	57	49	63	55	49	54	48	45
2.50	96	83	92	81	79	71	63	56	68	61	55	59	54	51
3.00	100	86	96	84	84	75	67	61	72	65	60	64	59	55
4.00	106	90	101	88	91	80	74	67	77	72	66	70	65	62
5.00	109	93	105	91	96	84	78	72	81	76	71	74	70	66

LUMINAIRE CLASSE J

TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 1/3

Facteurs de réflexion	873		773		753		731		551		511		311	
	871	771	751	711	711	531	331	000						
0.60	46	43	45	42	31	30	22	16	29	22	16	21	16	14
0.80	55	51	54	50	39	37	29	23	37	29	23	28	23	20
1.00	63	58	61	57	46	44	35	29	43	35	28	34	28	26
1.25	71	64	69	63	53	50	42	35	49	41	35	40	34	32
1.50	77	69	74	68	59	56	47	40	54	46	40	45	39	37
2.00	86	76	83	74	69	64	55	48	62	54	48	53	48	45
2.50	92	81	89	79	76	69	61	55	67	60	54	59	53	51
3.00	97	84	93	82	81	73	66	60	71	64	59	63	58	55
4.00	103	89	99	87	88	79	72	67	77	71	66	69	65	62
5.00	107	92	103	90	93	83	77	72	80	75	70	74	69	66

LUMINAIRE CLASSE T

TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 0

Facteurs de réflexion	873		773		753		731		551		511		311	
	871	771	751	711	711	531	331	000						
0.60	47	44	40	37	30	29	23	19	20	16	14	10	8	0
0.80	56	51	48	44	38	36	30	26	25	21	18	12	11	0
1.00	63	57	53	48	44	41	35	31	28	25	22	15	13	0
1.25	70	62	59	53	50	46	41	37	32	29	26	17	15	0
1.50	74	65	63	56	54	50	45	41	35	31	29	19	17	0
2.00	81	70	68	60	61	55	51	47	38	36	33	21	20	0
2.50	85	73	72	63	65	59	55	51	41	38	36	23	21	0
3.00	88	75	74	65	68	61	58	55	42	40	38	24	23	0
4.00	92	78	77	67	73	64	61	59	45	43	41	25	25	0
5.00	94	80	80	69	76	66	64	62	46	45	43	26	26	0

LUMINAIRE CLASSE T

TABLEAU D'UTILANCE POUR J = 1/3

Facteurs de réflexion	873		773		753		731		551		511		311	
	871	771	751	711	711	531	331	000						
0.60	28	26	25	23	14	14	9	6	11	6	4	4	2	0
0.80	37	35	33	30	21	20	13	9	15	10	7	7	4	0
1.00	45	41	39	36	26	25	18	13	18	13	9	9	6	0
1.25	52	47	45	41	32	31	23	18	22	17	13	11	8	0
1.50	58	52	50	46	37	35	28	22	25	20	15	13	9	0
2.00	67	59	57	51	46	42	35	29	30	25	20	15	12	0
2.50	73	64	62	56	51	47	40	35	34	28	24	18	14	0
3.00	77	67	66	58	56	51	44	39	36	31	27	19	16	0
4.00	83	72	71	62	62	56	50	46	39	35	32	21	19	0
5.00	87	75	74	65	67	59	54	50	42	38	35	23	21	0

Cours 12 Avant-projet d'éclairage

Une installation d'éclairage permet **d'éclairer** un espace non éclairé par la lumière naturelle du soleil (généralement la nuit).

À partir d'un cahier des charges, nous devons aboutir à l'élaboration d'un **avant-projet d'éclairage**.

Le cours 8 du tome 1 nous avait donné les bases de la **lumière et de l'éclairagisme** ainsi que les caractéristiques des différentes sources lumineuses (lampes, luminaires...).

A / L'ÉCLAIRAGE

En matière d'éclairage, il s'agit très souvent de combiner **quantité et qualité de lumière**.

En fait, il est important d'adhérer aux principes suivants :

- donner la priorité à **l'éclairage naturel**,
- assurer un **niveau d'éclairement** suffisant,
- éviter **l'éblouissement**,
- adapter la **qualité** de la lumière et **l'esthétique** en fonction de l'activité de l'espace à éclairer,
- choisir les lampes en fonction de leur **efficacité énergétique**.



Espace privilégiant l'éclairage naturel

A1 - NIVEAU D'ÉCLAIREMENT EN FONCTION DE L'ACTIVITÉ

En fonction de **l'activité** (destination) du local ou de la surface à éclairer, il faut suivre les recommandations de **l'AFE**, Association Française de l'Éclairage (sauf s'il existe des indications particulières de niveau d'éclairement exigé dans le cahier des charges).

Un **contrôle** par mesure périodique du **niveau d'éclairement** est nécessaire. Il se fait à l'aide d'un **luxmètre**.

La lumière doit être **uniformément répartie** dans une salle de classe par exemple et doit être en **quantité suffisante** pour travailler **confortablement**.

En effet, plus la quantité de lumière est importante, plus nous pouvons distinguer les plus petites pièces ou objets; la lumière augmente notre **acuité visuelle** (c'est-à-dire notre capacité à distinguer les **plus petits objets**).

Un **bon niveau d'éclairement** vise à faciliter l'exécution d'une tâche, il permet une baisse des accidents du travail et une **moindre fatigue** visuelle.

Quelques recommandations de l'Association française de l'éclairage :

Destination	Éclairement moyen en service [lux]
Bureaux	
Travaux généraux	500
Salles de dessin	1 000
Enseignement	
Salles de classe	400
Amphithéâtres	400
Laboratoires	750
Salles de lecture	500
Logement	
Travail écolier	400
Couture	500 à 750
Coucher	200
Cuisine	500
Hôtels	
Salle à manger	300
Chambres	300



Contrôle de la quantité de lumière (luxmètre)



Le niveau d'éclairement dans un bloc opératoire peut atteindre 50 000 lux

A2 - QUALITÉ DE LA LUMIÈRE

► La luminance

La qualité de l'éclairage ne dépend pas seulement des niveaux d'éclairage, mais aussi des niveaux de **luminance**, à savoir les quantités de lumière **émises** par les lampes ou **renvoyées** par des surfaces (un mur, un plafond, une table...).

Une forte luminance provoque l'**éblouissement** qui est une gêne visuelle.

► Le rendu des couleurs

Le **rendu des couleurs** constitue l'**aptitude d'une lampe** à restituer à un objet sa **couleur véritable**, telle qu'elle est perçue à la lumière du jour.

Le rendu des couleurs s'évalue selon une échelle de **1 à 100**, graduée en **Ra**.

Un rendu des couleurs convenable s'obtient avec des lampes disposant d'un **indice de rendu des couleurs (IRC)** supérieur à **80 Ra**.

Quelques recommandations d'IRC :

Activité	Indice de rendu des couleurs IRC (en Ra)
Bureaux	80
Enseignement	80
Entrepôts	60
Couloirs, escaliers	40



Sous l'éclairage naturel
Ra = 100.



Sous une lampe à
vapeur de sodium
Ra = 25.

Plage d'IRC	Perception des couleurs
Ra < 25	faible
25 < Ra < 65	moyenne
65 < Ra < 90	bonne
90 < Ra	élevée

Source labo-energetic

A3 - EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

Il est nécessaire de penser aux **économies d'énergie** en réduisant l'éclairage inutile afin de réduire l'impact sur l'environnement.

Il faut donc veiller à éviter les cas suivants :

- des locaux inoccupés mais pourtant éclairés,
- des pièces où l'éclairage est en marche alors que la lumière naturelle suffit largement pour couvrir les besoins.

Par conséquent, il faut prévoir l'installation de dispositifs d'économie d'éclairage :

- détecteurs de présence avec extinction temporelle des lumières
- interrupteurs crépusculaires avec commande de l'extinction des luminaires lorsque l'éclairage naturel est supérieur à un certain seuil,
- gradateurs (variateurs) de lumière...

► Choisir les lampes en fonction de leur efficacité énergétique

L'efficacité des lampes a un impact direct sur les coûts d'installation.

Le choix de lampes de meilleure efficacité peut permettre de réduire le nombre de luminaires.

Les **tubes fluorescents** couvrent un large domaine d'applications.

Ils sont utilisés dans l'ensemble des secteurs du bâtiment du fait des avantages proposés :

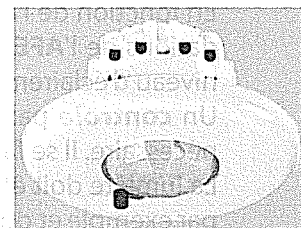
- **efficacité lumineuse** importante : environ 75 lm/W,
- bon **rendu des couleurs** : IRC entre 60 et 95 Ra.

Ils nécessitent néanmoins un luminaire spécifique qui incorpore les dispositifs d'allumage (le starter) et d'alimentation du tube (le ballast).

Les lampes **fluocompactes** présentent les qualités des tubes fluorescents, en particulier une très bonne efficacité lumineuse environ **80 lm/W**, une compacité et une compatibilité avec les culots des lampes à incandescence.

Elles permettent de dégager des économies pouvant aller jusqu'à 80 % par rapport aux consommations électriques des anciennes lampes à incandescence classiques (désormais quasiment interdites à la vente).

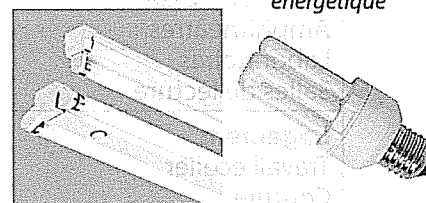
L'utilisation des **lampes à décharge** est conseillée lorsque la hauteur de plafond le permet (lampes à luminance élevée donc très éblouissantes).



Détecteur de commande
d'éclairage - Legrand

Energie	
A	A
B	
C	
D	
E	
F	
G	
900 15 1200	Lumen Watt h

Étiquette d'efficacité
énergétique



Lampes fluorescentes et fluocompact

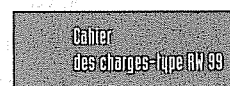


Lampe à décharge 2 000 W - Philips

B / LE CAHIER DES CHARGES

Le **cahier des charges** contient les informations nécessaires à l'élaboration du projet d'éclairage :

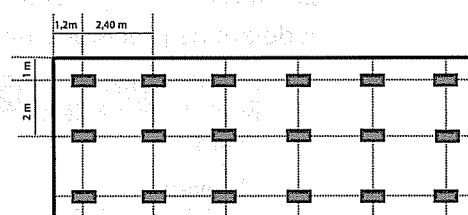
- **l'activité exercée**,
- **les dimensions** de l'espace à éclairer (longueur, largeur, hauteur, présence éventuelle d'obstacles),
- **les couleurs des surfaces** à éclairer (claires, sombres...),
- **le niveau d'éclairement** exigé (ou recommandé),
- **le type de lampes et de luminaire**...



Ministère de la Région wallonne
Direction générale des Pôles de l'énergie
Ministère wallon de l'Équipement et des Transports
Direction générale des Aménagements et des Logements

C / L'AVANT-PROJET D'ÉCLAIRAGE INTÉRIEUR

L'**avant-projet** permet, à partir des informations fournies par le cahier des charges (ou par le client), de **choisir** les lampes, les luminaires et d'**établir un plan d'implantation** en tenant compte de la structure du local et des recommandations des constructeurs de matériel d'éclairage.

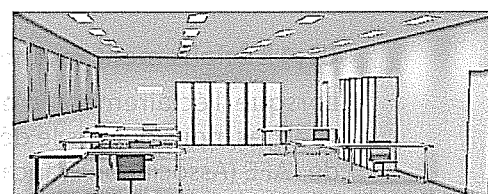


Exemple de plan d'implantation de luminaires

C1 - CARACTÉRISTIQUES DE L'ESPACE À ÉCLAIRER

C1.1 Nature de l'activité et dimension du local

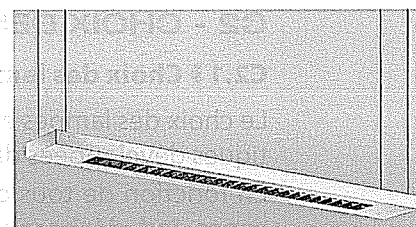
- Il faut indiquer **l'activité** (la destination) du local à éclairer :
 - immeuble d'habitation,
 - bijouterie,
 - supermarché...
- et ses **dimensions** :
 - surface totale en m²,
 - longueur, largeur, hauteur,
 - hauteur du plan utile*,
 - hauteur (éventuelle) des suspensions des luminaires.



Espace avec plan utile de hauteur = 80 cm (tables)

* La hauteur du plan utile est la surface d'un plan sur lequel s'effectue normalement le travail.

En éclairage intérieur, sauf indication contraire, ce plan est par définition situé à **0,85 mètre du sol**.



Luminaire avec suspensions

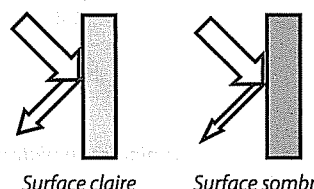
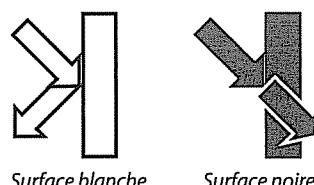
C1.2 Facteur de réflexion

Le **facteur de réflexion** précise l'aptitude d'une surface à réfléchir la lumière.

En théorie, une surface de couleur **parfaitement blanche réfléchit** 100 % de la lumière qu'elle reçoit et une surface **noire parfaite absorbe** 100 %.

Dans la réalité ces couleurs (le blanc et le noir parfaits) n'existent pas pour les surfaces colorées, nous devons donc prendre les valeurs expérimentales du facteur de réflexion du plafond, des murs et du plan utile données dans les tableaux :

Surface	Très clair	Clair	Moyen	Sombre
Plafond	8	7	5	3
Murs	7	5	3	1
Plan utile	3	3	1	1



Facteurs de réflexion type

Plafond : 0,8 à 0,3	
plâtre blanchi	0,8
faux-plafond blanc	0,7
plafond à lames claires	0,5
bois clair	0,5
bois foncé	0,3
Mur : 0,7 à 0,1	
blanc	0,7
couleurs pastels	0,7
carrelage clair	0,7
Pierre blanche	0,5
ciment	0,5
couleurs vives	0,3
couleurs foncées	0,1
Sol : 0,3 à 0,1	
carrelage clair	0,3
moquette blanche	0,3
moquette ambre	0,2
plancher clair	0,2
moquette bleu clair	0,1
carrelage plancher foncés	0,1

Exemple :

Un plafond très clair (80 % de réflexion)
Des murs clairs (50 % de réflexion)
Un plan utile sombre (10 % de réflexion)
donne un **facteur de réflexion = 851**

C1.3 ▸ Facteur de dépréciation et de maintenance (d)

Avec le temps, les lampes **vieillissent** et la **poussière** déposée sur celles-ci diminue leur **efficacité lumineuse**; pour compenser ce phénomène, on applique un **coefficient de dépréciation (d)** en fonction de **l'empoussièremet et de la maintenance**.

Par exemple, on peut considérer que l'empoussièremet est faible dans des bureaux de direction (nettoyage des lampes).

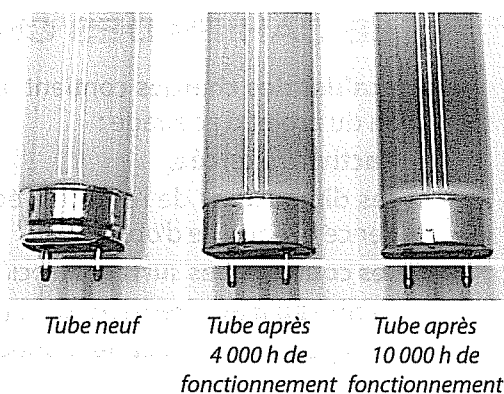
La **maintenance** consiste à **remplacer systématiquement** les lampes en panne, mais prévoir également leur remplacement **périodique** en fonction de leur **durée de vie** (sinon leur rendement décroît fortement, le flux lumineux émis baisse).

Le **facteur de dépréciation « d »** varie selon l'activité dans le local.

À défaut de précisions, on pourra prendre les coefficients suivants :

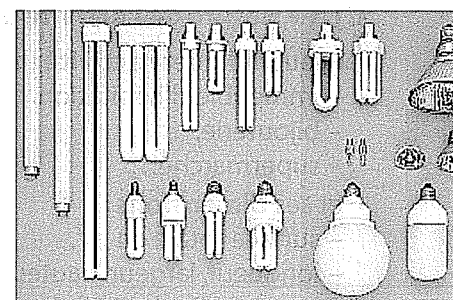
Empoussièremet et maintenance	Facteur compensateur de dépréciation « d »
Faible	1,25
Moyen	1,40
Fort	1,60

Valeurs données par l'Association française de l'éclairage



C1.4 ▸ Éclairage recommandé

Lorsque l'éclairage **n'est pas imposé dans le cahier des charges**, nous devons le déterminer, selon l'activité, sur le tableau de l'AFE (Association Française de l'Éclairage); **tableaux pages 201 et 213**.



C2 - CHOIX DES LAMPES ET DES LUMINAIRES

C2.1 ▸ Choix des lampes

Le choix des lampes est fonction du **cahier des charges**, de l'espace à éclairer, et toutes les caractéristiques développées dans le cours sur l'éclairagisme (pages 55 à 58 – Tome 1).

En fonction de tous ces critères, nous devons choisir le type de lumière : **fluorescence, incandescence, led, décharge...**

Les constructeurs de lampes indiquent **le flux lumineux, les puissances, les dimensions, l'indice de rendu des couleurs (IRC)...**



Luminaire en applique

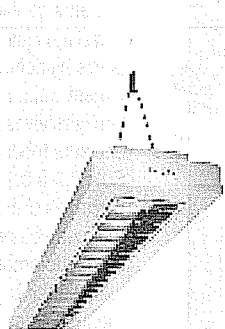
C2.2 ▸ Choix des luminaires

Le choix des luminaires adaptés aux lampes est fonction du cahier des charges et de l'activité.

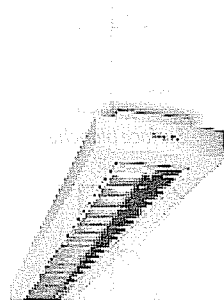
Nous devons choisir, suivant les indications du constructeur :

▸ C2.2.1 - Le type de luminaire

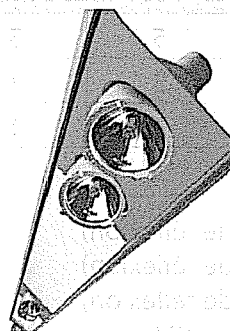
(en plafonnier, suspendu, en applique...),



Luminaire en suspension



Luminaire en plafonnier



Luminaire design



Luminaires encastrés

► **C2.2.2 - La référence du constructeur**

Le choix se fait à partir d'un **catalogue** du constructeur, en fonction des critères du cahier des charges.

► **C2.2.3 - Le symbole photométrique (rendement)**

Le **rendement et les valeurs photométriques** d'un luminaire permettent d'évaluer son aptitude à produire la lumière souhaitée.

Le **rendement d'un luminaire** précise le rapport entre le flux lumineux restitué par le luminaire et la somme des flux lumineux des lampes du luminaire.

Rendement d'un luminaire : $\eta = \frac{\text{Flux sortant du luminaire}}{\text{Flux total émis par les lampes du luminaire}}$

Le **symbole photométrique (Ph)** regroupe les caractéristiques du luminaire

► **1 - Cas d'une lumière directe (toute la lumière, ou une partie, est dirigée vers le bas)**

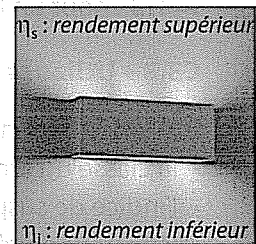
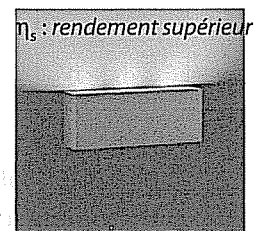
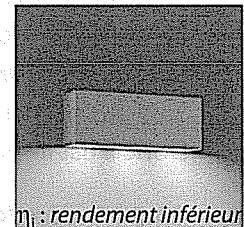
$Ph = \eta_i X$
 Ph : symbole photométrique du luminaire
 η_i : rendement inférieur (vers le bas) du luminaire
 X : classe du luminaire (catégorie directe ou semi-directe)

► **2 - Cas d'une lumière indirecte (toute la lumière est dirigée vers le haut)**

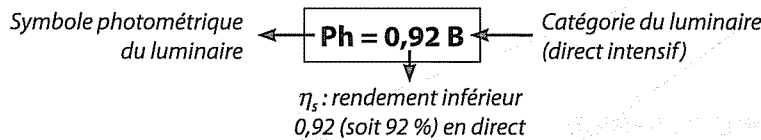
$Ph = \eta_s T$
 Ph : symbole photométrique du luminaire
 η_s : rendement supérieur (vers le haut) du luminaire
 T : classe du luminaire (catégorie indirecte)

► **3 - Cas d'une lumière mixte (la lumière est dirigée vers le bas et le haut)**

$Ph = \eta_i X + \eta_s T$
 Ph : symbole photométrique du luminaire
 η_i : rendement inférieur (vers le bas) du luminaire
 X : classe du luminaire (catégorie directe ou semi-directe)
 η_s : rendement supérieur (vers le haut) du luminaire
 T : classe du luminaire (catégorie indirecte)



Exemple de symbole photométrique :

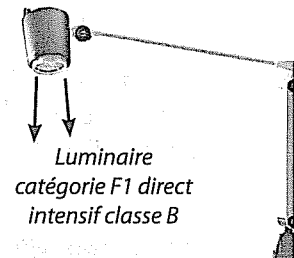


Désignation	Puissance (W)	Foixi (Vg)	Photométrie	Code
Lampes 4x14W montées, ballast électronique HFP, connectique Wieland GST18-3				
●● TBS460 4x14W/840 HFP CB-VH W IP SC	56	4,6	0,93B	003317 00
●● TBS460 3x14W/840 HFP CB-VH W IP SC	52	4,6	0,89B	002693 00
●● TBS460 2x28W/840 HFP CB-VH W IP SC	64	4,6	0,92B	002563 00

► **C2.2.4 - Les catégories et les classes photométriques des luminaires**

Les luminaires sont répertoriés en **5 catégories et 20 classes** selon leur capacité à restituer le flux lumineux :

- lumière très étroite (**F1 - classe de A à E**),
- lumière étroite (**F2 - classe de F à J**),
- lumière évasée (**F3 - classe de K à N**),
- lumière mixte (**F4 - classe de O à S**),
- lumière indirecte (**F5 - classe T**).



Catégorie luminaire	F1 Direct intensif					F2 Direct extensif					F3 Semi-direct				F4 mixte					F5 indirect
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
Classe																				

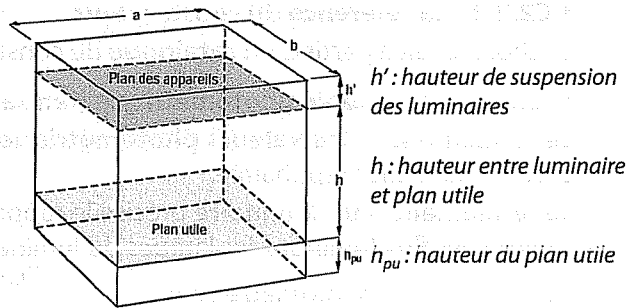
C3 - CALCUL DU FLUX LUMINEUX

C3.1 ▸ Indice du local (k)

Il est donné par la relation :

$$k = \frac{a \cdot b}{(a + b) \cdot h}$$

a : longueur du local (m)
b : largeur du local (m)
h : hauteur entre luminaires et le plan utile (m)



▸ Remarques :

La hauteur totale du local : $h_t = h' + h + h_{pu}$

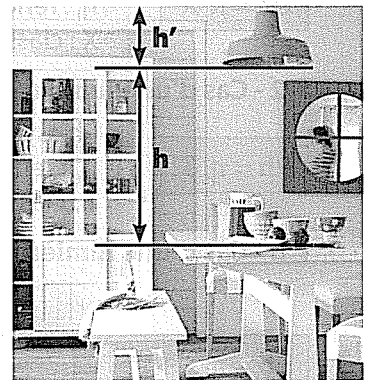
Lorsque les luminaires sont en plafonnier $h' = 0$

Sauf cas particuliers, le travail ne s'effectue pas au sol mais à une hauteur de **0,85 m** (en moyenne).
Donc il est important de s'intéresser surtout à l'éclairage du plan de travail (**plan utile**).

C3.2 ▸ Indice (ou rapport) de suspension

$$J = \frac{h'}{h + h'}$$

J : indice de suspension
h' : hauteur (m) de suspension du luminaire
h : hauteur (m) du luminaire au-dessus du plan utile



▸ Remarque :

Seules deux valeurs seront retenues :

J=0 : pour un luminaire contre le plafond

J=1/3 : pour un luminaire suspendu

C3.3 ▸ Utilance

L'utilance dépend des quatre paramètres suivants :

- la classe du luminaire
- l'indice de suspension
- le facteur de réflexion
- l'indice du local (k)

LUMINAIRE CLASSE B
TABLEAU D'UTILANCE POUR $J = 0$

Facteurs de réflexion	873	773	753	731	551	511	311
	871	771	751	711	531	331	000
0.60	80	74	79	73	68	65	60
0.80	89	81	87	80	76	72	67
1.00	96	86	93	85	84	78	73
1.25	102	91	99	89	90	84	79
1.50	106	94	103	92	95	87	83
2.00	113	98	109	97	103	90	87
2.50	117	101	113	100	107	96	94
3.00	120	103	116	101	111	99	97
4.00	123	104	119	103	115	102	100
5.00	125	106	121	104	118	103	102

▸ Remarque :

On doit prendre la valeur la plus proche de l'indice du local (k);
exemple : pour 3,1 calculé, il faut prendre $k=3$

Exemple

- Déterminons l'utilance pour :
- une classe de luminaire : **B**
 - un indice de suspension : $J = 0$
 - un facteur de réflexion = **751**
 - un indice du local = **2**

Réponse :

L'utilance est de 93 % (0,93).
Attention : l'utilance est donnée en %

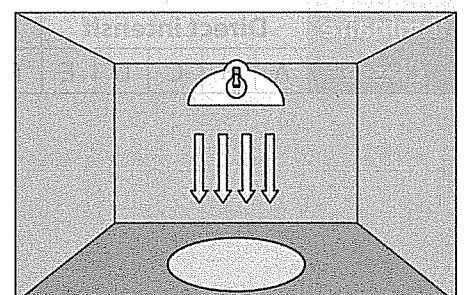
C3.4 ▸ Facteur d'utilisation

Le **facteur d'utilisation** (ou coefficient d'utilisation) est le rapport du flux reçu par le plan utile sur le flux total sortant des luminaires.

Le facteur d'utilisation est donné par la relation suivante :

$$\text{Facteur d'utilisation} = \frac{\text{Flux utile}}{\text{Flux total produit}} = \frac{E \text{ (lux)} \cdot S \text{ (m}^2\text{)}}{F_t \text{ (lm)}}$$

La valeur du facteur d'utilisation est généralement comprise entre **0,2 et 0,5** (soit de 20 à 50 %).



C3.5) Flux total à produire

a) Le flux total à produire par les luminaires de **catégorie direct** (non indirect) est donné par la relation :

$$F = \frac{E \cdot S \cdot d}{\eta \cdot U}$$

- F : Flux lumineux total en lumen (lm)
- E : Eclairage recommandé en lux (lx)
- S : Surface du local (m²)
- d : facteur de dépréciation (empoussièrement)
- η : rendement du luminaire
- U : utilance



Flux de luminaires direct

b) Le flux total à produire par les luminaires de **catégorie direct-indirect** est donné par la relation :

$$F = \frac{E \cdot a \cdot b \cdot d}{\eta_i \cdot U_i + \eta_s \cdot U_s}$$

- F : Flux lumineux total en lumen (lm)
- E : Eclairage recommandé en lux (lx)
- a et b : longueur et largeur du local (m)
- d : facteur de dépréciation
- η_i : rendement inférieur du luminaire
- U_i : utilance inférieure
- η_s : rendement supérieur du luminaire
- U_s : utilance supérieure



Flux de luminaires direct et indirect

C4 - IMPLANTATION DES LUMINAIRES

C4.1) Nombre total de luminaires à installer

Le nombre total de luminaires (N) est fonction du flux total à répartir (F), du **flux émis par chaque lampe** et du nombre de lampes par luminaire (n) :

$$N = \frac{F}{n \times F_{lampe}}$$

- N : nombre total de luminaires
- F : flux total à répartir (lumen)
- n : nombre de lampes par luminaire (1, 2 ou 4 en général)
- F_{lampe} : flux (lumen) émis par une lampe : information donnée par le constructeur

▷ **Remarque :** Le résultat N (nombre total de luminaires) est à arrondir.

[Exemples]

Nous devons calculer le nombre de luminaires à installer pour répartir un flux de 280 000 lumens.

Cas 1 - luminaires contenant 4 lampes de 18 W.
Chaque tube donne un flux lumineux de 1 600 lm.

$$N = \frac{280\,000}{4 \times 1\,600} = 43,75 \text{ luminaires}$$

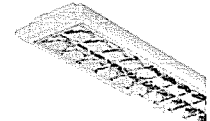
(Résultat arrondi à 44 luminaires)



Cas 2 - luminaires contenant 2 lampes de 58 W.
Chaque tube donne un flux lumineux de 5 700 lm.

$$N = \frac{280\,000}{2 \times 5\,700} = 24,56 \text{ luminaires}$$

(Résultat arrondi à 25 luminaires)



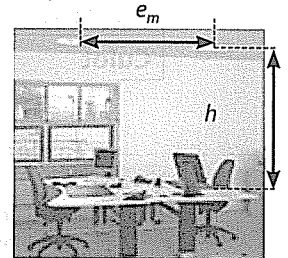
C4.2) Espacement maximum à respecter entre les luminaires

Pour obtenir une bonne **répartition du flux lumineux** sur toute la surface du local, il faut respecter les chiffres d'espacements donnés par les constructeurs. Exemple :

Puissance (W)	Rendement	Espace maxi longitudinal**	Espace maxi transversal**
1 × 36	0,81 E	1,65 h	1,90 h

* dans le sens de la longueur ** dans le sens de la largeur

Lorsque le constructeur **ne donne pas l'espacement maximum**, on utilise le tableau suivant qui donne la valeur du coefficient d'espacement maximum (δ) :



Catégorie luminaire	F1 - Direct intensif					F2 - Direct extensif					F5 - Indirect
Classe du luminaire	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	T
δ - coef. espacement maxi	≤ 1		≤ 1,2			≤ 1,5					1

$$e_m = \delta \cdot h$$

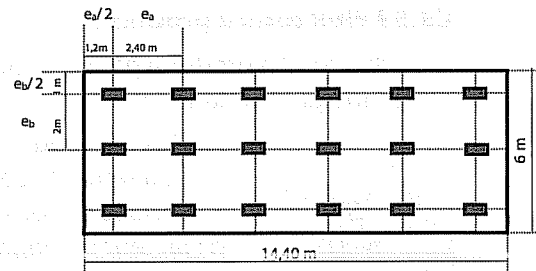
- e_m : espacement maximum entre axes des luminaires (m)
- δ : coefficient dépendant de la classe du luminaire
- h : hauteur entre les luminaires et le plan utile (m)

C4.3 Répartition des luminaires

a) Nombre de luminaires dans le sens de la longueur (nombre de luminaires par rangée)

$$N_a = \frac{a}{e_m}$$

N_a : Nombre de luminaires sur la longueur (longitudinal)
 a : longueur du local
 e_m : espacement maximum entre axes des luminaires (m)



Exemple de plan d'implantation de luminaires

b) Nombre de luminaires dans le sens de la largeur (nombre de rangées)

$$N_b = \frac{b}{e_m}$$

N_b : Nombre de luminaires sur la largeur (transversal)
 b : largeur du local
 e_m : espacement maximum entre axes des luminaires (m)

Remarques :

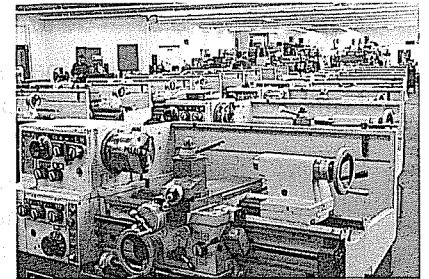
- Les résultats N_a et N_b sont à **arrondir aux chiffres supérieurs**.
- En bordure des murs du local, on ne laisse que la **moitié de l'espacement**.

[Exemple de rédaction d'un avant-projet]

Cahier des charges :

On désire réaliser l'avant-projet d'éclairage d'un atelier de mécanique de 600 m² de surface :

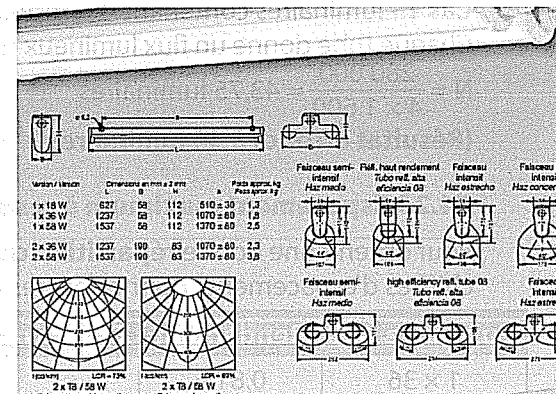
- longueur 30 m,
- largeur 20 m,
- hauteur totale 6 m,
- hauteur du plan de travail 0,8 m,
- le plafond est clair, les murs clairs, et le plan de travail sombre,
- le facteur de dépréciation et de maintenance, $d = 1,3$,
- éclairage : 300 lux,
- les luminaires suspendus à 1,5 m doivent être étanches et double isolation,
- les tubes fluorescents doivent avoir un IRC 65 minimum, 2 x 36 W (deux lampes à allumage décalé pour éviter les effets stroboscopiques),
- le coefficient d'espacement maximum particulier (direct-indirect) donné par le fabricant : $\delta = 1,3$.



Documentation

Réf. : TFP 36 BRL

Puissance	36 W	Couleur	4 000 K
Tension	230 V	IRC	70
Allumage	Ballast et starter	Longueur	1 200 mm
Intensité	470 mA	Diamètre	26 mm
Culot	G13	Flux	3 450 lm



Symbole photométrique $Ph = 0,54 H + 0,37 T$

Tableaux d'utilance

LUMINAIRE CLASSE H		TABLEAU D'UTILANCE POUR $J = 1/3$													
		Facteurs de réflexion													
		873	773	753	731	551	511	311							
		871	771	751	711	531	331	000							
Indice du local	0,60	52	48	51	48	37	36	29	24	36	29	24	29	24	22
	0,80	61	57	60	56	46	44	36	31	43	36	31	36	30	28
	1,00	69	63	67	62	53	51	43	37	50	42	37	42	37	34
	1,25	77	70	75	68	61	57	49	43	56	49	43	48	43	41
	1,50	83	74	80	73	67	62	55	49	61	54	49	53	48	46
	2,00	92	81	89	80	76	70	63	58	69	62	57	61	57	54
	2,50	98	86	94	84	83	76	69	64	74	68	63	67	63	60
	3,00	102	89	99	87	88	80	74	69	78	73	68	72	67	65
	4,00	108	93	104	92	95	85	80	76	83	79	75	77	74	71
	5,00	112	96	108	94	100	89	84	80	87	83	79	81	78	75

LUMINAIRE CLASSE T		TABLEAU D'UTILANCE POUR $J = 1/3$													
		Facteurs de réflexion													
		873	773	753	731	551	511	311							
		871	771	751	711	531	331	000							
Indice du local	0,60	28	25	25	23	14	14	9	6	11	6	4	4	2	0
	0,80	37	35	33	30	21	20	13	9	15	10	7	7	4	0
	1,00	45	41	39	36	26	25	18	13	18	13	9	9	6	0
	1,25	52	47	45	41	32	31	23	18	22	17	13	11	8	0
	1,50	58	52	50	46	37	35	28	22	25	20	15	13	9	0
	2,00	67	59	57	51	46	42	35	29	30	25	20	15	12	0
	2,50	73	64	62	56	51	47	40	35	34	28	24	18	14	0
	3,00	77	67	66	58	55	51	44	39	36	31	27	19	16	0
	4,00	83	72	71	62	62	56	50	46	39	35	32	21	19	0
	5,00	87	75	74	65	67	59	54	50	42	38	35	23	21	0

Caractéristiques de l'espace à éclairer

Nature de l'activité : Atelier de mécanique Dimensions du local : <ul style="list-style-type: none"> • Longueur : 30 m • Largeur : 20 m • Hauteur totale h_t : 5,00 m • Hauteur plan utile h_u : 0,8 m • Hauteur suspension h' : 1,5 m • Hauteur luminaire - plan utile : 2,7 m 	Facteur de réflexion <ul style="list-style-type: none"> • Plafond : 7 • Murs : 5 • Plan utile : 1 Soit un facteur de réflexion de : 751 Facteur de dépréciation : 1,30	Éclairage : E = 300 lux
---	--	--

Choix des lampes

Type de lumière : tubes fluorescents
Dimensions de la lampe ou tube : Φ 26-1,20 m
Flux lumineux d'un tube : 3 450 lm
Puissance d'un tube : 36 W
Système d'amorçage : ballast et starter
IRC : 85
Constructeur : Mazda
Référence : TFP 36 BRL

Choix des luminaires

Type de luminaires : suspension
Classe de luminaires : H et T
Catégorie de luminaires : direct extensif
Constructeur : Mazda
Référence : Norka-Rennes 236
Symbole photométrique ph (rendement) :
Ph = 0,54 H + 0,37 T

Calcul du flux lumineux total

Indice du local :
 $k = 30 \times 20 / (30 + 20) \times 2,7 = 4,44$
Indice de suspension : $j = 1/3$
Facteur de réflexion : 751
Classe de luminaire : H et T
Coefficient de dépréciation : $d = 1,30$
Utilance : $U_l = 82\%$ $U_s = 57\%$

Flux total à produire :

$$F = \frac{E \cdot a \cdot b \cdot d}{\eta_l \cdot U_l + \eta_s \cdot U_s}$$

$$F = \frac{300 \times 30 \times 20 \times 1,3}{0,54 \times 0,82 + 0,37 \times 0,57} = 358\,000 \text{ lumens}$$

Facteur d'utilisation : $\frac{F_u}{F_t} = \frac{E \cdot S}{F_t} = \frac{18\,000}{35\,800} = 0,5$

Implantation des luminaires

Nombre de luminaires (à arrondir) :

$$N = \frac{F}{n \times F_{\text{lampe}}}$$

(n : nombre de lampes par luminaire)

$$N = \frac{358\,000}{2 \times 3\,450} = 52 \text{ luminaires}$$

Espacement maximum entre appareils :

$$e_{\text{max}} = h \cdot \delta = 2,7 \times 1,25 = 3,38 \text{ m}$$

($\delta = 1,25$ est une valeur moyenne des coefficients de H et T des luminaires)

Nombre de luminaires (à arrondir) :

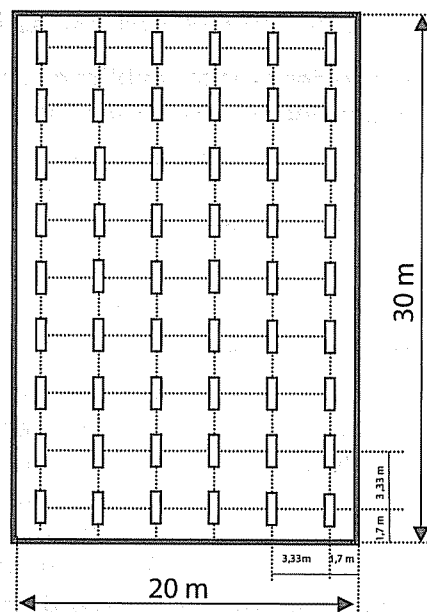
• sur la longueur : $N_a = \frac{a}{e_m} = \frac{30}{3,38} = 8,9$ arrondi à 9

• sur la largeur : $N_b = \frac{b}{e_m} = \frac{20}{3,38} = 5,9$ arrondi à 6

Nombre de luminaires par rangée : 9

Nombre de rangées : 6

Représenter l'implantation des luminaires :



D / L'ÉCLAIRAGE EXTÉRIEUR

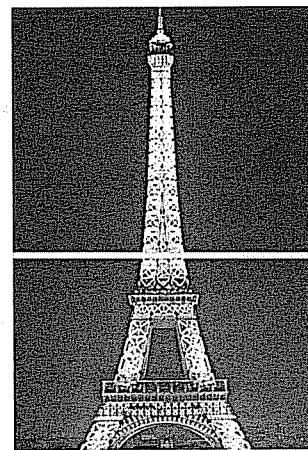
Une installation d'éclairage d'extérieur, dans sa dimension écologique, passe par le respect des textes en vigueur et le choix de matériels performants et économes en énergie.

Le but est de réduire la consommation en diminuant la puissance installée tout en garantissant un éclairement suffisant.

Pour cela, on doit utiliser des lampes à haut rendement et des luminaires dont les performances photométriques sont optimales.

Il faut veiller également à diminuer les coûts d'entretien en choisissant des lampes à longue durée de vie et des luminaires à entretien rapide.

Ainsi pour l'élaboration d'un avant-projet d'éclairage extérieur, il faut répondre au cahier des charges et aux questions de développement durable :



Maître d'ouvrage :
Concepteur lumière / bureau d'études :
Désignation de l'opération :
Nature du projet :
Puissance totale de fonctionnement :
Durée annuelle de fonctionnement :
Coût énergétique annuel :
Durée de vie estimative de l'installation :
Coût de l'installation :
Fréquence de remplacement des sources (et accessoires) :
Observations :
Coût d'une opération de maintenance :
Liste des produits installés, taux de recyclabilité ou label environnement :
Dispositions prises en faveur des économies d'énergie :
Dispositions prises pour la réduction des nuisances lumineuses :

D1 - L'ÉCLAIRAGE PUBLIC ET L'ILLUMINATION DE BÂTIMENTS

L'éclairage des espaces publics en France :

Parc : **9 000 000 lampes**, dont 3 300 000 mercure et 4 600 000 sodium.

Taux annuel de renouvellement du parc : **3 %**.

Puissance totale installée : **1 200 MW**, soit l'équivalent d'un réacteur nucléaire de puissance moyenne.

Consommation : 5,35 TWh/an, soit 45 % de la consommation totale d'électricité des collectivités locales.



► Bilan photométrique

$$E = \frac{F_L \cdot N \cdot M \cdot u}{S}$$

E : éclairement moyen à maintenir (lux)

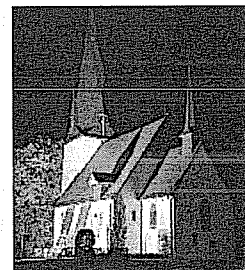
S : surface éclairée (m²)

u : facteur d'utilisation de l'installation

F_L : flux nominal de la lampe (lumens)

N : nombre de lampes équipant un luminaire

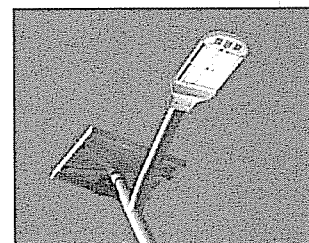
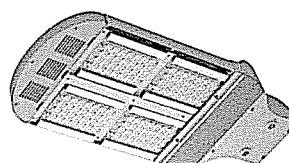
M : facteur de maintenance



Pour l'illumination des façades de bâtiments, il faut veiller à ce qu'en aucun cas les passants ou les spectateurs ne soient **éblouis**.

L'arrivée des **lampes à diodes (LED)** présente un potentiel inédit d'**économie d'énergies** par rapport au parc dominé par les lampes à décharge.

De plus les lampes à LED ont une durée de vie d'environ **50 000 h** et peuvent être alimentées par des **panneaux solaires** individuels.



D2 - L'ÉCLAIRAGE DE STADES

Un **éclairage de stade** doit assurer de bonnes conditions visuelles, aussi bien pour les sportifs que pour les spectateurs. Les enregistrements télévisés ajoutent des **exigences** supplémentaires en termes d'éclairage.

Il faut veiller, lors de la planification de l'éclairage d'un stade, à ce que l'effet d'**éblouissement** par les projecteurs reste **le plus faible possible**.

C'est la raison pour laquelle on utilise des projecteurs à rayonnement symétriques et asymétriques avec des luminaires halogènes à **iodure métallique**.

Cela s'applique notamment aux compétitions d'envergure mondiale comprenant un grand nombre de spectateurs et des **distances élevées jusqu'à la pelouse**.

Les luminaires linéaires sur les toitures des tribunes constituent une excellente alternative aux installations à quatre mâts qui peuvent présenter l'inconvénient majeur d'une concentration des lumières sur 4 points, avec des effets gênants d'**éblouissement et de zones d'ombre**.

► Bilan photométrique

Le calcul du **flux total utile** en fonction de l'éclairement souhaité s'effectue en appliquant la relation de base suivante :

$$F = E \cdot S$$

F : flux lumineux utile total (lumens)

E : éclairement (lux)

S : surface à éclairer (m²)

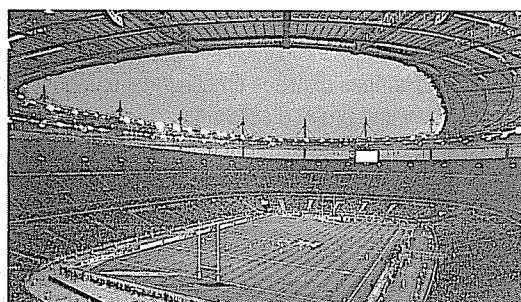
Pour déterminer le **flux total à produire**, on doit tenir compte du facteur d'utilisation :

$$F_{\text{total à produire}} = \frac{F}{u}$$

F : flux lumineux utile total (lumens)

F_{total à produire} : flux lumineux tenant compte de l'utilisation (lumen)

u : facteur d'utilisation de l'installation



Les projecteurs sont disposés sur la toiture



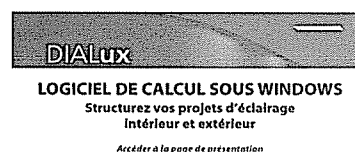
Les projecteurs sont disposés sur les mâts

E / LOGICIELS D'ÉCLAIRAGE

Il existe plusieurs logiciels de calcul de projet d'éclairage.

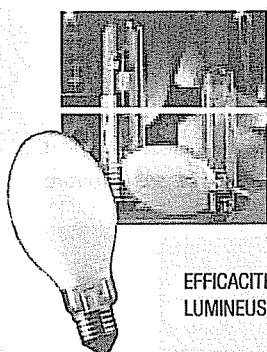
Élaborés en collaboration avec les fabricants de matériel d'éclairage, ils permettent d'obtenir le nombre de luminaires à installer.

On peut citer Dialux, Relux, Technolux Pro, Photometric Toolbox...



Documentation (source Ademe)

Les lampes utilisées en éclairage extérieur répondent à des caractéristiques précises dont la connaissance est essentielle dans tout projet d'éclairage.



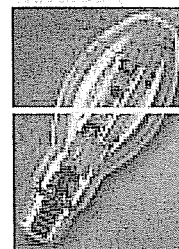
Efficacité lumineuse (lm.W⁻¹)

Le choix d'une lampe à efficacité lumineuse élevée garantit une puissance installée optimale et des coûts maîtrisés.

$$\text{EFFICACITÉ LUMINEUSE} = \frac{\text{FLUX LUMINEUX (EN LUMENS)}}{\text{PUISSANCE DE LA LAMPE (EN WATTS)}}$$

Flux lumineux

Le flux émis par les lampes diminue avec le temps. Cette baisse, différente d'un type de lampe à l'autre, est un critère important qui permet au fabricant de conseiller une durée de vie économique, et au projecteur de calculer le facteur de maintenance de l'installation.



Qualité de lumière

- La température de couleur permet de qualifier l'ambiance lumineuse, des teintes dites chaudes, à dominante rouge, jusqu'aux teintes dites froides, d'aspect blanc bleuté.
- Le rendu des couleurs est la capacité d'une lampe à restituer les « vraies » couleurs.

Durée de vie économique

C'est la durée de vie, indiquée par le fabricant, au bout de laquelle l'utilisation de la lampe peut être considérée comme non rentable.

Principales caractéristiques des lampes d'éclairage extérieur

Type de lampe / Caractéristiques	Vapeur de sodium haute pression	Vapeur de mercure à ballon fluorescent	Vapeur de sodium basse pression	Iodures métalliques		Fluorescence	Induction	Tungstène halogène	Diodes électroluminescentes (LED)
				Brûleur quartz	Brûleur céramique				
Efficacité lumineuse (lm.W ⁻¹)	47 - 150	32 - 60	98 - 198	54 - 120	86 - 95	55 - 104	60 - 80	15 - 28	5 - 20
Durée de vie économique (h)	6 000 - 12 000	8 000 - 12 000	12 000 - 14 000	4 000 - 8 000	4 000 - 8 000	6 000 - 12 000	60 000	2 000	> 60 000
Température de couleur (K)	standard flux élevé 2 000	standard 3 900 - 4 300	non significatif	3 700 - 6 100	3 000 - 4 200	2 700 - 6 500	2 700 - 4 000	2 900 - 3 200	couleurs : non significatif blanches : environ 6 500
	IRC amélioré 2 200 - 2 500	IRC amélioré 3 300 - 3 500							
Indice de rendu des couleurs (IRC)	standard flux élevé 20	standard 33 - 50	non significatif	65 - 93	83 - 93	60 - 98	80	100	couleurs : non significatif blanches : 75-80
	IRC amélioré 65 - 80	IRC amélioré 47 - 60							
Appareillage auxiliaire	ballast + amorceur ou ballast électronique	ballast	ballast + amorceur ou système hybride	ballast + amorceur ou ballast électronique	ballast + amorceur ou ballast électronique	ballast + starter ou ballast électronique	générateur HF	aucun ou transformateur (TBTS)	transformateur
Mise en régime (min)	2 à 4	3 à 5	15	5 à 7	5 à 7	quasi instantanée	instantanée	instantanée	instantanée
Rallumage à chaud (immédiat après extinction)	oui, ou avec dispositif spécial	non	oui, avec dispositif spécial lampes à deux culots	non, sauf dispositif spécial	non, sauf dispositif spécial	oui	oui	oui	oui
Domaines d'utilisation	urbain routier autoroutier grands espaces illuminations	parcs et jardins, illuminations	routier tunnel passage inférieur balisage illuminations	parcs et jardins illuminations	lotissements parcs et jardins illuminations éclairage de prestige	tunnel passage inférieur ponts éclairage décoratif	urbain ambiance piétonnier	déconseillée en éclairage public éclairage de prestige illuminations éclairage de secours	balisage parcs et jardins illuminations signalisation

D'après les Recommandations relatives à l'éclairage des voies publiques de l'AFE.

Comment bien choisir un luminaire

Le rendement et les valeurs photométriques d'un luminaire permettent d'évaluer son aptitude à produire la lumière souhaitée dans un environnement donné. Ce sont des caractéristiques essentielles pour apprécier a priori le résultat final.

• **Le rendement en service**
Le rendement en service d'un luminaire précise le rapport entre le flux lumineux total restitué par le luminaire, mesuré à une température ambiante donnée, et la somme des flux lumineux des lampes fonctionnant hors du luminaire dans les mêmes conditions. Ce rendement normalisé est plus faible que le rendement optique qui ne tient pas compte des propriétés optiques

et thermiques du luminaire. Les rendements en service sont mentionnés dans les blocs photométriques des luminaires.

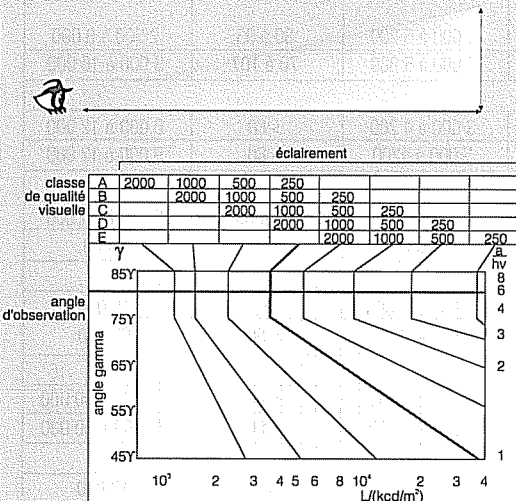
• **La classe photométrique**
considère la distribution dans l'espace du flux lumineux émis par le luminaire. Elle hiérarchise les luminaires d'après leur rendement en service, c'est-à-dire leur capacité à restituer le flux initial, et leur diffusion lumineuse dans les 5 régions de la sphère ci-dessous. Les valeurs sont exprimées en « % » du flux lumineux du luminaire.

• **La courbe photométrique**
visualise la répartition dans l'espace des intensités lumineuses.

Ce volume photométrique est traduit par un tracé porté soit sur une sphère (courbe polaire), soit sur un diagramme cartésien (courbe orthogonale) ayant comme origine le centre de la source lumineuse : c'est la courbe photométrique, dont les valeurs sont exprimées sur un plan de référence contenant l'axe de révolution, pour un flux lumineux ramené à 1000 lm.

Dans le cas courant d'un luminaire à deux plans de symétrie, les courbes indiquent les deux plans de référence :
- transversal C0-C180
- longitudinal C90-C270
L'allure de la courbe permet d'apprécier la diffusion du luminaire entre flux direct, indirect, intensif, extensif.

Abaques de Bodmann et Söllner



UGR et répartition des luminances.
On évaluait jusqu'à présent l'éblouissement d'un luminaire d'après la répartition de la luminance moyenne, reportée sur les abaques de Bodmann et Söllner. La nouvelle norme européenne EN 12464 "éclairage des lieux de travail intérieurs" remplace ce procédé par le procédé Unified Glare Rating (UGR), qui tient compte de l'ensemble de l'installation. Cette méthode peut être appliquée soit par une équation complexe, soit grâce aux tableaux fournis par le fabricant du luminaire. Les tableaux UGR des luminaires OSRAM sont disponibles sur notre CD ROM "programme lumière" comprenant le logiciel d'éclairage DIALUX. Vous trouverez également l'explication détaillée de la méthode UGR sur notre site internet www.osram.fr

Par exemple : courbe limite correspondant à la classe B 500 lx, ou classe C 1000 lx, etc.

Comparatif UGR et classes de qualité relatives à la limitation de l'éblouissement			
UGR	Classe	Tâches ou activités	Emoyen (lux)
< 16	A	Exécution de tâches visuelles très exigeantes (par ex. assemblages électroniques minutieux, ...)	750 - 1000
< 19	B	Exécution de tâches avec des exigences visuelles particulières (contrôle fin) ou tâches avec des exigences visuelles modérées mais demandant une concentration importante et continue (par ex. travail de bureau, assemblage de composants de petite taille, ...).	500 - 750
< 22	C	Exécution de tâches avec des exigences visuelles et une concentration modérées (par ex. travail d'atelier en position assise, ...).	500
< 25	D	Exécution de tâches avec des exigences visuelles simples exigeant une concentration normale (par ex. régler sur machine, ...)	300
< 28	E	Locaux dans lesquels des personnes qui n'ont pas de poste de travail fixe se déplacent pour exécuter des tâches de très faibles exigences visuelles.	200

Source : AFE

Niveaux d'éclairage moyens à maintenir

Ateliers d'horlogerie/bijouterie, taille de pierres précieuses	1500 lux
Bureaux paysagers avec facteurs de réflexion moyens Contrôle de couleurs, colorimétrie Fabrication de bijoux Mécanique de précision Grandes salles d'enseignement	1000 lux
Blanchisseries Bureaux paysagers avec facteurs de réflexion élevés Couture	750 lux
Imprimerie : impression, tri du papier Soins de beauté Amphithéâtre sans fenêtre	500 lux
Ateliers de réparation : machines, radios, TV... Bureaux Coiffure	300 lux
Hôtels/restaurants : cuisines Imprimerie : travaux de presse, clichés, rotatives Infirmierie Local courrier, télex Mécanique générale : tournage, fraisage, rabotage (pour précision > 0,1 mm) Poste de travail CAO (conception assistée par ordinateur) Salle d'enseignement spécialisé : cuisine, couture, dessin industriel Zone de caisses Amphithéâtre avec fenêtre Surface de vente magasin	200 lux
Bibliothèques Cardage, repassage, tissage	100 lux
Hôtels/restaurants : salles de conférence Laboratoires Mécanique générale : tournage, fraisage, rabotage (pour précision < 0,1 mm) Salles d'enseignement général Hôtels-restaurants : réceptions, salles à manger	50 lux
Carlines Entrepôts : stockage avec nécessité de lecture Observation d'images vidéo (régie, surveillance...) Restaurants universitaires	50 lux
Circulations Entrepôts : stockage avec nécessité de recherches Escaliers, halls d'entrée Salles d'exposition Vestiaires, toilettes	50 lux
Entrepôts : stocks de grandes pièces Préau	50 lux

PAGES TECHNIQUES

D Documentation (source syndicat de l'éclairage)

Principales caractéristiques des lampes d'éclairage public⁽¹⁾

Type de lampe	Puissance (W)	Efficacité lumineuse (lm/W)	Température de couleur (K)	IRC (2)	Durée de vie économique (h)
Lampes à incandescence halogènes basse tension (230 volts)					
Double enveloppe avec culot E14, E27 ou B22	60 à 150	14 à 16	2 900	100	2 000 à 4 000
Simple enveloppe (culot B15d ou G9 à broche)	40 à 250	12 à 16	2 900	100	1 500 à 2 000
Tubulaire à deux culots R7s	60 à 1500	16 à 24	2 900	100	500 à 2 000
A réflecteur parabolique aluminium ou dichroïque PAR16, PAR20, PAR30, PAR38	35 à 100	*	2 700 à 2900	100	2 000 à 3 000
Fluorescentes compactes					
A culot E14, E27, B22 avec alimentation électronique intégrée	3 à 42	44 à 65	2 700 à 6 500	> 80	5 000 à 15 000
A culot à broches avec alimentation électronique séparée	5 à 120	50 à 87	2 700 à 4 000	80 à 98	8 000 à 15 000
Fluorescentes tubulaires					
Haut rendement Ø 26 mm (T8) rectiligne ou circulaire	15 à 58	65 à 98	2 700 à 5 400	80 à 98	12 000 à 66 000
Électronique Ø 16 mm (T5) rectiligne ou circulaire	14 à 80	75 à 104	3 000 à 8 000	85 à 98	18 000
Iodures (ou halogénures) métalliques standard (4)					
Tubulaires monoculot (PG12, G12 ou E27, E40)	70 à 1 000	73 à 80	3 000 à 6 500	> 80	6 000 à 9 000
Tubulaires à double culot (R7s ou Fc2 ou câbles)	70 à 2 000	64 à 92	3 000 à 5 200	80 à 93	2 500 à 9 000
Ellipsoïdale	70 à 1 000	65 à 95	2 800 à 5 800	70 à 107	3 000 à 15 000
Iodures métalliques à brûleur céramique					
Monoculot G8.5, G12, G22, E27, E40	20 à 250	> 90	3 000 à 4 200	> 80	6 000 à 12 000
Double culot	70 à 250	86 à 92	3 000 à 4200	> 80	9 000 à 12 000
Vapeur de sodium					
Haute pression	50 à 1 000	80 à 120	2 000	20 à 65	9 000 à 24 000
Sodium blanc	150 à 400	37 à 48	2 500	> 80	8 000
A induction					
Génura [®] (3)	23	48	2 700 et 3 000	82	15 000
QL [®] (4)	55 et 85	65 et 70	3 000 ou 4 000	> 80	60 000
Led					
Led blanche de balisage	*	< 10	3 200 à 6 500	> 80	10 000 à 30 000
Led de puissance pour l'éclairage	*	20 à 40	3 200 à 6 500	> 80	20 000 à 50 000
Cosmopolis[®] (5)					
Cosmowhite [®]	60 et 140	114-118	2 850	65	12 000
Cosmogold [®]	65 et 140	100-118	2 000	20	16 000

* Non significatif.

Source : d'après le Syndicat de l'éclairage

(1) Principaux fabricants de lampes : GE Lighting, Osram, Philips, STI.

(3) GE Lighting.

(2) L'indice de rendu des couleurs (IRC) des lampes à incandescence est toujours de 100.

(4) (5) Philips Éclairage.

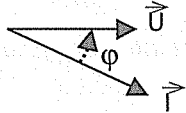
Corrections Réponses aux questions des projets

Question 1.1 : $f = 1/20 \cdot 10^{-3} = 50 \text{ Hz}$

$U \approx 325/\sqrt{3} \approx 230 \text{ V}$

Question 1.2 : $2 \text{ ms}, \varphi = 36^\circ$

Question 1.3 :

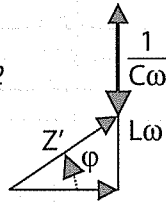


Question 1.4 : $Z = U/I = 738,6 \Omega$

Question 1.5 : $L\omega = \sqrt{Z^2 - R^2} = 639,2 \Omega$

Question 1.6 :

$\varphi \approx 35^\circ$
 $\cos \varphi \approx 0,82$



Question 2.1 : $78,2 \text{ VA}$

Question 2.2 : $0,51$

Question 2.3 : • augmentation des sections des conducteurs et câbles

• surdimensionnement des appareils (disjoncteurs, transformateurs...)

• facturation de l'énergie réactive

Question 2.4 : $Q_c = 51,46 \text{ var} - C = 3 \mu\text{F}$

Question 2.5 : ce mode de compensation est utilisé lorsque le $\cos \varphi$ est faible

Question 2.6 :

Récepteurs	Puissance active (W)	cos φ	tan φ	Puissance réactive (var)
200 tubes fluorescents	8 000	0,93	0,4	3 200
2 moteurs	8 000	0,7	1,02	8 160
2 imprimantes	200	1	0	0
Total récepteurs	16 200	0,70	0,70	11 360

$$\tan \varphi = \frac{Q}{P} = \frac{11\,360}{16\,200} = 0,70$$

$$Q_c = 4\,860 \text{ var} - C = 292 \mu\text{F}$$

Question 3.1 :

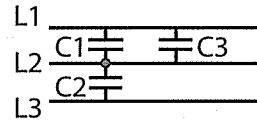
Récepteurs	Puissance active (kW)	cos φ	tan φ	Puissance réactive (kvar)
Tubes fluorescents	3,6	0,5	1,73	6,24
Moteurs	9	0,8	0,75	6,75
Stérilisateur	8	1	0	0
Accessoires	2	0,9	0,48	0,96
Total récepteurs	22,6	-	-	13,95

Question 3.2 : $S = 26,56 \text{ VA}$

Question 3.3 : $\cos \varphi = 0,85$

Question 3.4 : $Q_c = 4,97 \text{ kvar} - C = 300 \mu\text{F}$

Question 3.5 :



Question 3.6 : $I = 11,54 \text{ A}$

Question 3.7 : $V = 230 \text{ V}$

Question 3.8 : $Z = 19,93 \Omega$

Question 4.1 :

S	1 000 kVA
U1	20 kV
U2	400 V
Pertes fer	2,3 kW
Pertes cuivre	12,1 kW
Rendement à ¾ de charge sous $\cos \varphi$ de 0,8	98,5 %
Chute de tension en % sous un $\cos \varphi$ de 0,8	3,93 %

Question 4.2 : $I_{1N} = 28,8 \text{ A} - I_{2N} = 1\,448 \text{ A} - U_{20} = 416 \text{ V}$

Question 4.3 :

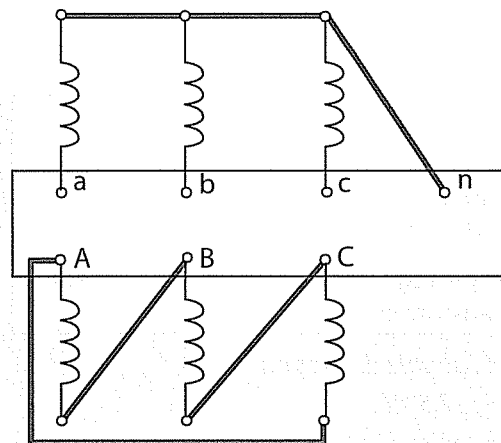
• D : Couplage triangle au primaire

• y : Couplage étoile au secondaire

• n : Neutre sorti au secondaire

• 11 : Indice horaire de déphasage

Question 4.4 :



Question 4.6 :

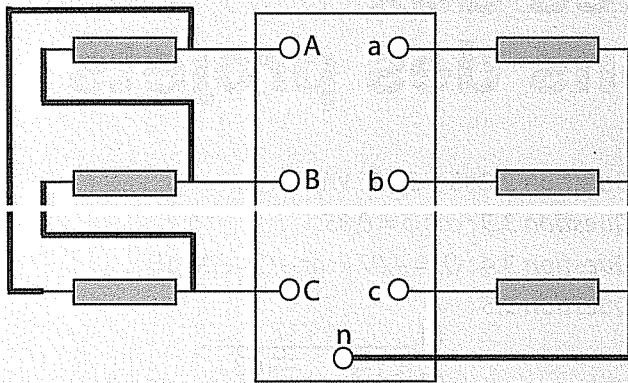
• D : Couplage triangle au primaire

• y : Couplage étoile au secondaire

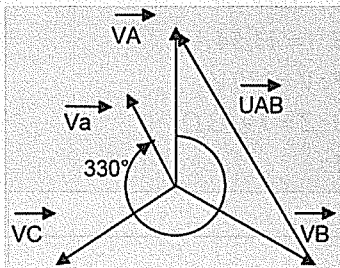
• n : Neutre sorti au secondaire

• 11 : Indice horaire de déphasage

Question 4.7 :



Question 4.8 :



Question 4.9 : calibre 43 A

Question 4.10 : $I_{CC} = 22,75 \text{ kA}$

Question 5.1 : coupure d'artère

Question 5.2 :

	Simple dérivation	Coupure d'artère	Double dérivation
Avantages	Économique	Continuité de service	<ul style="list-style-type: none"> Continuité de service parfait Transfert très rapide
Inconvénients	Pas de continuité de service	<ul style="list-style-type: none"> Dépend d'un seul réseau d'alimentation Temps de transfert 	Coût d'installation élevé

Question 5.3 :

IM	Type de cellule : cellule interrupteur
	Rôle : consigner un tronçon de la boucle HTA
QM	Type de cellule : cellule interrupteur porte-fusible
	Rôle : protéger la boucle HTA d'un défaut du transformateur

Question 5.4 : double dérivation

Question 5.5 : 17,5 kV

Question 5.6 : rôles : la cellule CM1 sert à mesurer la tension, à la protection de l'installation par disjoncteur et a une fonction de sectionnement

Question 5.7 : la cellule DM2 sert à mesurer le courant

Question 5.8 : compteur d'énergie

Question 5.9 : QM

Question 6.1 :

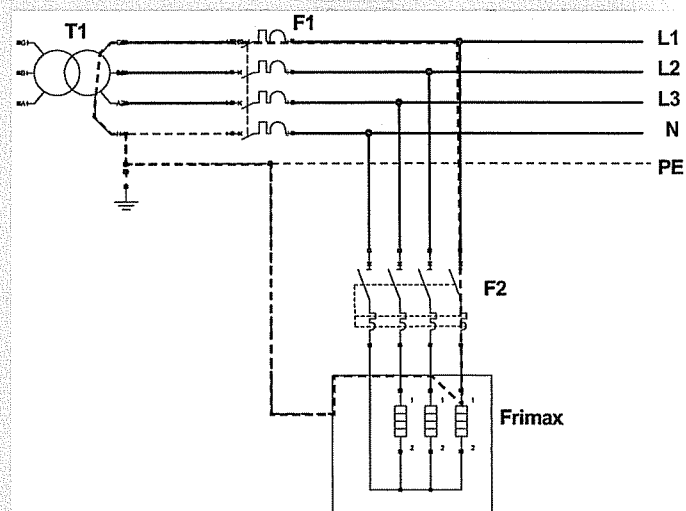
T	N	S
Neutre de l'installation raccordé à la terre	Masses de l'installation raccordées au neutre	Conducteurs de neutre et de protection distincts

Question 6.2 : oui – oui – oui

Question 6.3 : • économique à la réalisation et à la maintenance

• pas de déclenchement intempestif sur de petits courants de défaut

Question 6.4 :



Question 6.5 : $V = 230 \text{ V}$ – Régime TN – Pas de prise en compte nécessaire

Question 6.6 : la norme ne stipule pas de temps de déclenchement maximal car le déclenchement de F1 n'est pas retardé, l'installation est donc conforme

Question 6.7 :

Formule	m	I_{mag}	S_{ph}	ρ	V	L_{max}
$L_{max} = \frac{0,8 \cdot V \cdot S_{ph}}{\rho \cdot (1 + m) \cdot I_{mag}}$	1	1 000 A	35 mm ²	$22 \cdot 10^{-3}$	230 V	143 m

Question 6.8 : S phase et neutre : 35 mm² – Longueur maximale : 112 m

Question 6.9 : la longueur réelle de la ligne (45 m) est inférieure à la longueur maximale imposée (112 m)

Question 6.10 : conforme

Question 6.11 : • changer la courbe du disjoncteur (prendre une courbe B)

• augmenter la section des conducteurs

• dispositif de protection différentiel à courant résiduel

Question 7.1 : calibre 100 A – Référence : 51006548MO

Question 7.2 : $I_f(0,1 \text{ s}) = 950 \text{ A}$ – $I_f(2 \text{ s}) = 470 \text{ A}$

Question 7.3 : oui.

Justification : les trois contraintes imposées par le transformateur sont respectées.

$I_f(0,1 \text{ s}) > 12 \times I_n$ ($950 > 693 \text{ A}$)

$I_{cc} > I_f(2 \text{ s})$ ($10 > 460 \text{ A}$)

I_n (fusible) $> 1,4 \times I_n$ ($100 > 80,85$)

Question 7.4 :

1 – courant au secondaire (I_{2n})	3 – pouvoir de coupure
2 – tension au secondaire (U_{2n})	4 – nombre de pôles

Question 7.5 : $I_{cc} = 45,32 \text{ kA}$

Question 7.6 : le disjoncteur NW32H1 à un calibre de 3 200 A > 2 816 A;

son pouvoir de coupure est de 65 kA > 45,32 kA.

La protection est correctement assurée

Question 7.7 : $I_{cc} = 22,75 \text{ kA}$

Question 7.8 : $I_{cc} = 22,8 \text{ kA}$

Question 7.9 : type : NS630N – Référence : 32894.

Justifications :

- nombres de pôles : 4 pôles
- courant nominal du disjoncteur : 630 A > 410 A
- courant de court-circuit I_{cc} : 50 kA > 22,8 kA
- déclencheur : STR 23 SE

Question 7.10 : $I_{cc} / I_B = 3\,280 / 410 = 8$

Question 7.11 : $I_B / I_n = 410 / 630 = 0,65$

Question 7.12 : 0,7

Question 7.13 : $I_r = 0,65 / 0,7 = 0,93$

Question 7.14 : $630 \times 0,7 \times 0,93 = 410 \text{ A}$

Question 7.15 : 500 V – $I_N = 125 \text{ A}$ – 25 kA – Courbe C – $I_{mag} = 8 \times I_N = 1\,000 \text{ A}$

Question 7.16 :

- sélectivité partielle : F1 : s'ouvre – F2 : s'ouvre
- sélectivité totale : F1 : reste fermé – F2 : s'ouvre

Question 7.17 :

- $I = 750 \text{ A}$: F1 : s'ouvre – F2 : reste fermé
- $I = 3\,000 \text{ A}$: F1 : s'ouvre – F2 : s'ouvre

Nous avons donc une sélectivité partielle

Question 8.1 :

K1	K2	K3	K	I'z
1	0,85	1,08	0,918	136 A

Question 8.2 : lettre de sélection : C – I'Z = 136 A – Isolant : PR3 – Section : 35 mm²

Question 8.3 :

Type câble	Référence	Résistance linéique	Chute de tension
U 1 000 R2V	4 X 35	0,524 W/km	1 V/A · km

Question 8.4 :

Formule	Chute de tension absolue	Chute de tension relative
$\Delta u = \sqrt{3} I_B L (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$	4,24 V	1,06 %

Question 8.5 :

Chute de tension pour 100 m	Chute de tension pour 45 m
3,3 %	1,48 %

Conforme : les chutes de tensions calculées sont inférieures aux valeurs normalisées (8 %)

Question 8.6 : coefficient 0,7 car il y aura 6 départs

Question 8.7 :

puissance totale = $(P_{\text{existante}} + P_{\text{nouveau départ}}) \times 0,7$
 $(350 + 75 + 23 + 100 + 317) \times 0,7 = 610,4 \text{ kW}$

Question 8.8 :

Coef.	Valeur	Justification
a	1,2	La puissance est supérieure à 40 kW
b	0,75	Absence de données plus précises
c	1	Absence de données plus précises
d	1,2	Recommandé
e	1,4	Installation triphasée

$I_b = 479 \text{ A}$

Question 8.9 :

Section des conducteurs de phase S_{ph}	Section des conducteurs de protection S_{pe}	Justification
2 x 185 mm ² aluminium par phase	150 mm ²	Le tableau indique I_b entre 460 et 520 A

Question 8.10 : coefficient = 0,026 – $\Delta U = 3,12 \%$

Question 8.11 :

Liaison	Chute de tension en %
Câble de liaison 3 x 240 mm ² aluminium par phase	1,72 %
Câble de liaison TGBT – ligne C03 2 x 185 mm ²	3,12 %
Chute de tension totale en %	4,84 %
Chute de tension totale en volts	19,4 V

Question 8.12 : la valeur est acceptable car inférieure aux 6 % autorisés par la norme

Question 8.13 : 24 kA

Question 9.1 : tarif vert A5 – Courtes utilisations

Question 9.2 : en fonction de la quantité d'énergie demandée, EDF peut mettre en œuvre des moyens de production plus ou moins coûteux, ce qui entraîne :

- des tarifs plus élevés l'hiver, quand la température extérieure est très basse, la demande en énergie est

forte, tous les moyens de productions disponibles sont utilisés (y compris les centrales au fuel et au gaz qui ont un fonctionnement coûteux)

- des tarifs plus avantageux l'été, quand la demande en énergie est moins importante et que seuls les moyens de production les plus économiques sont utilisés.

Question 9.3 :

HPE	Heures pleines d'été
HCE	Heures creuses d'été
HP	Heures pleines
P	Heures de pointe

Question 9.4 : 3 300 kvarh

Question 9.5 : la diminution des pertes dans les lignes

- évite le surdimensionnement des sources d'énergie
- évite la facturation de l'énergie réactive par EDF

Question 9.6 : la compensation par batterie de condensateurs

Question 9.7 : $\tan \varphi = 0,553$

$$\tan \varphi = W_{\text{réactive}} / W_{\text{active}} = 3\,300 / 5\,966 = 0,553$$

Question 9.8 : puissance du condensateur = 853 kvar

Question 9.9 :

- délestage
- utilisation d'une autre source d'énergie (alimentation de secours)
- programmation temporelle
- utilisation d'un système GTB

Question 9.10 :

- $W_a : 83\,920 + 252\,186 = 336\,106 \text{ kWh}$
- $W_r : 50\,443 + 151\,444 = 201\,887 \text{ kVARh}$
- $\tan \varphi = W_r / W_a = 201\,887 / 336\,106 - \tan \varphi = 0,6$

Question 9.11 :

- $W_{rf} = 336\,106 \times 0,4 = 134\,442 \text{ kvarh}$
- $W_{rc} = 201\,887 - 134\,442 = 67\,445 \text{ kvarh}$

Question 9.12 :

Nombre de jours travaillés dans le mois	Nombre d'heures à prendre en compte dans la journée	Temps à prendre en compte	
28 - 4 = 24	24 - 8 = 16	Application numérique	Nombre total d'heures travaillées
		t = (24) × (16)	t = 384 h

Question 9.13 : $Q_{rc} = W_{rc} / t = 67\,445 / 384 = 176 \text{ kvar}$

Question 9.14 : 175 kvar

Question 10.1 :

Désignation	Fonction
Arbre moteur	Transmettre le couple
Rotor à cage	Organe en rotation

Désignation	Fonction
Plaque à bornes	Permet le raccordement au réseau et le couplage des enroulements
Enroulements statoriques	Créer le champ tournant
Rotor bobiné	Organe (bobiné) en rotation lorsqu'il reçoit le flux magnétique

Question 10.2 :

Couplage	Tension réseau	Symbole
Triangle	230 V	Δ
Étoile	400 V	Y

Question 10.3 : le débit de pointe = 150 l/s

$$\text{Soit } 150 \times 3\,600 / 1\,000 = 540 \text{ m}^3/\text{h}$$

Question 10.4 : $540 / 4 = 135 \text{ m}^3/\text{h}$

Question 10.5 : référence : PN102-4 + M8-82-2

Question 10.6 :

$P_a = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$ P_a : Puissance absorbée en watts U : Tension d'alimentation en volts I : Intensité du courant absorbé en Ampères $\cos \varphi$: Facteur de puissance	$P_a = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 138 \cdot 0,86 = 82\,221 \text{ W}$ $P_a \approx 82 \text{ kW}$
---	--

Question 10.7 :

$T_n = \frac{P_u}{\Omega}$ T_n : Couple nominal en Nm P_u : Puissance utile en watts Ω : Vitesse de rotation en radians/seconde ($\Omega = 2\pi N / 60$)	$T_n = \frac{75\,000}{2\pi \cdot 2\,900 / 60} = 247 \text{ Nm}$ $T_n = 247 \text{ Nm}$
--	---

Question 10.8 :

$\eta = \frac{P_u}{P_a}$ P_u : Puissance utile en watts P_a : Puissance absorbée en watts	$\eta = \frac{75\,000}{82\,221} = 0,91$ $\eta = 91 \%$
---	---

Question 10.9 :

$I_d = 6 \times I_n$ I_d : Intensité de démarrage en ampères I_n : Intensité nominale en ampères	$I_d = 6 \times 138 = 828 \text{ A}$ $I_d = 828 \text{ A}$
--	---

Question 10.10 : puissance du moteur : 75 kW sous 400 V – Réf. : ATS-46C14N

Question 10.11 : référence : LS-80-65-200L/30-2

Question 10.12 : LS 200 LT

Question 10.13 : IM 1001 (IM B3)

Question 10.14 : référence : 2 P LS 200 LT 30 KW IM 1001 (IM B3) – Code : EA2 30 301

Question 10.15 : ce moteur se trouvant à l'extérieur, il est protégé contre les poussières et contre les jets d'eau dans toutes les directions à la lance

Question 10.16 : 3 000 tr / min

Question 10.17 :

Application numérique	Résultat
$P = f / N_s = 50 / 50$	$P = 1$ paire de pôles

Question 10.18 :

Application numérique	Résultat
$I_d = 52,1 \times 8,6$	$I_d = 448,06$ A

Question 10.19 :

Application numérique	Résultat
$P_a = 52,1 \times 400 \times \sqrt{3} \times 0,90$ OU $P_a = P_u / \eta = 30\,000 / 0,924$	$P_a = 32\,486,3$ W

Question 10.20 :

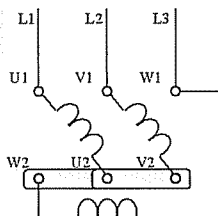
Application numérique	Résultat
Pertes nominales = $P_a - P_u = 32\,486,2 - 30\,000$	Pertes nominales = 2 486,34 W

Question 10.21 :

Application numérique	Résultat
$\eta = 30\,000 / 32\,486,2$	$\eta = 0,92$

Question 10.22 : couplage étoile, l'alimentation réseau est en 400 V triphasée.

Question 10.23 :



Question 11.1 :

Vitesse nominale		Puissance nominale		Intensité nominale		Cos φ	
Valeur	Unité	Valeur	Unité	Valeur	Unité	Valeur	Unité
1 468	tr/min	18,5	kW	34,4	A	0,84	-

Question 11.2 : référence : ATV66-D33N4

Question 11.3 : moto-ventilé

Question 11.4 :

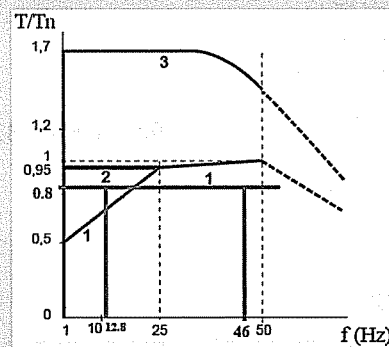
Type de linge	Vitesse m/min	Fréquence Hz
Drap	36	46,2
Serviette	10	12,8

Question 11.5 :

Formule de base	Application numérique	Résultat
$T_n = P_n / \Omega_n$	$T_n = 18\,500 / 153,65$	$T_n = 120,4$ N · m

Question 11.6 : $T/T_n = 100/120,4 = 0,83$

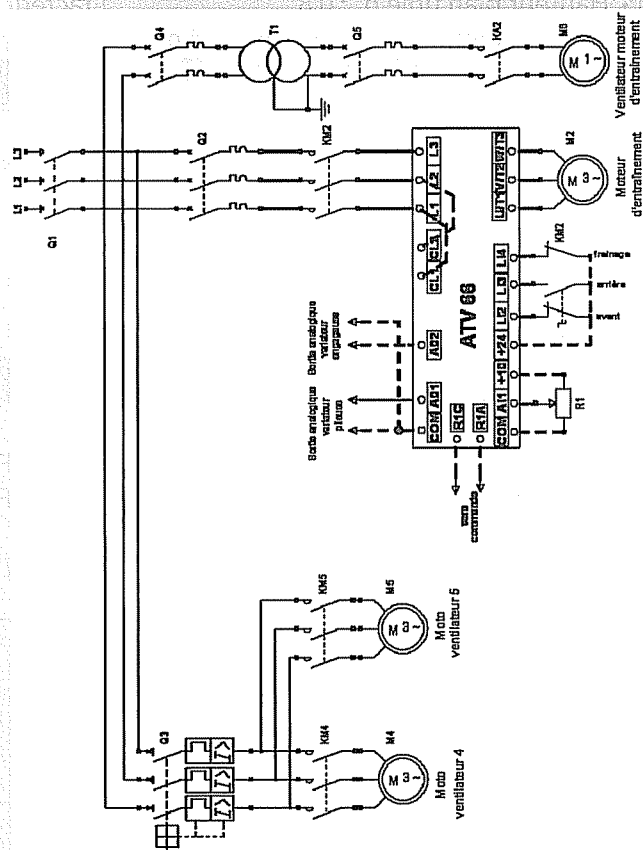
Applications à couple constant ATV66
Caractéristiques de couple



Question 11.7 : le moteur étant moto-ventilé, il est possible d'associer le moteur et le variateur.

Le point de fonctionnement est dans la zone 2 donc en accord avec un moteur moto-ventilé

Question 11.8 et 11.9 :



Question 11.10 :

$P_{u \text{ hydraulique}} = \rho \cdot g \cdot h \cdot q$
$P_{u \text{ hydraulique}} = 1\,000 \times 9,81 \times 25 \times 0,722$ avec $h = 25 \text{ m} - q = 2\,600 \text{ m}^3/\text{h} = 0,722 \text{ m}^3/\text{s}$
$P_{u \text{ hydraulique}} = 177,1 \text{ kW}$

Question 11.11 :

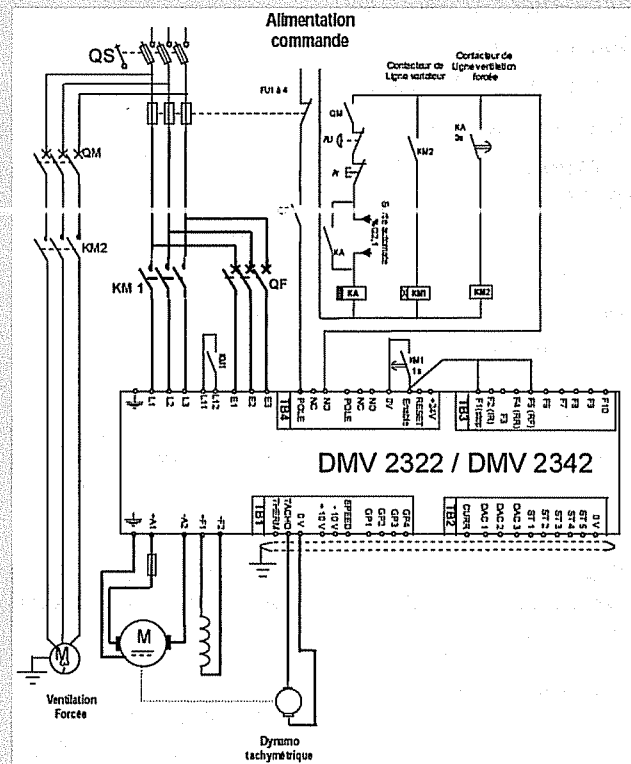
$P_{u \text{ moteur}} = \frac{P_{u \text{ hydraulique}}}{\eta_{\text{pompe}}}$
$P_{u \text{ moteur}} = 177 \cdot 10^3 / 0,6$ (avec $\eta_{\text{pompe}} = 0,6$)
$P_{u \text{ moteur}} = 295 \text{ kW}$

Question 11.12 : $P_{u \text{ moteur}} = 300 \text{ kW} - n = 830 \text{ tr/min}$
sous $400 \text{ V} - I = 825 \text{ A} - \text{réf. : LSK 2804C L 04}$

Question 11.13 :

Tension d'induit : 400 V	Réf. : DMV 2322 825A
Nombre de quadrants : 2	
Puissance du moteur : 300 kW	
Calibre du variateur : 825 A	

Question 11.14 :



Question 12.1 :

1. Données relatives au local		
Nature de l'activité : salle de presse Dimensions du local : 416 m ² • Longueur : 26 m • Largeur : 16 m • Hauteur totale h _t : 3,2 m • Hauteur plan utile h _u : 0,8 • Hauteur luminaire – plan utile : 2,4 m	Détermination du facteur de réflexion Plafond : 7 Murs : 5 Plan utile : 3 Soit un facteur de réflexion de : 753 facteur de dépréciation : d = 1,25	Éclairage 500 lux
2. Choix des lampes	3. Choix des luminaires	
Type de lumière : Fluorescence Dimension de la lampe ou tube : longueur 563,2 mm Flux lumineux d'un tube : 1 400 lm : Puissance d'un tube : 24 W Système d'amorçage : Ballast et starter IRC : > 90 Référence : Master TL5 HO 90 de luxe 24 W/940	Type de luminaires : Direct intensif Classe de luminaires : D Catégorie de luminaires : encastré Constructeur : PHILIPS Référence : TBS160 4xTL-D18W HFS L1 PI Symbole photométrique ph (rendement) Ph = 0,67 D	
4. Calcul du flux lumineux total		
Indice du local : k = 4,12 (on prendra k = 4) Indice de suspension : j = 0 Facteur de réflexion : 753 Classe de luminaire : D Facteur de dépréciation : d = 1,25 Utilance : U = 109 % (1,09)	Flux total à produire : $F = \frac{E \cdot a \cdot b \cdot d}{\eta_i \cdot U_i}$ F = 356 018 lm Facteur d'utilisation = 0,58	

5. Implantation des luminaires

Nombre de luminaires (à arrondir) :

$$N = \frac{F}{n \times F_{\text{lampe}}} = 64 \text{ luminaires}$$

Espacement maximum entre appareils :

$e_{\text{max}} = h \cdot \delta =$ prendre 2,4 sur la longueur et 2,8 sur la largeur

Nombre de luminaires (à arrondir) :

- sur la longueur : $N_a = \frac{26}{2,4} = 11$
 - sur la largeur : $N_b = \frac{16}{2,8} = 6$
- } On prendra 66 luminaires

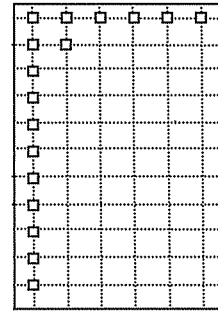
Nombre de luminaires par rangée : 11

Nombre de rangées : 6

Distance entre luminaires sur la longueur : $(26/11) = 2,36 \text{ m}$

Distance entre luminaires sur la largeur : $(16/6) = 2,67 \text{ m}$

Implantation des luminaires



Question 12.2 : bon rendu des couleurs, bonne efficacité lumineuse

Question 12.3 : il faudrait répartir les projecteurs sur toute la corolle du stade (éviter de les concentrer sur des poteaux), et les placer radialement en hauteur (éviter de les placer à angle de vue des joueurs et des spectateurs)

Question 12.4 : $F = 26\,000\,000 \text{ lumens}$

Question 12.5 : $F = 70\,270\,270 \text{ lumens}$

Question 12.6 :

Lampe	Réf. : MASTER MHN-SA 1 800 W/956 (P)SFC 230 V UNP	$F = 155\,000 \text{ lm}$	$P = 1\,800 \text{ W}$	$\text{IRC} = 90 \text{ Ra}$
Projecteur	Réf. : MVF-403 MHN-SA 1 800 W/956 A1 SP	$\text{IP } 65$		

Question 12.7 : 454 projecteurs

Question 12.8 : 0,8 MW

Question 12.9 : $h = 3 \text{ m}$

Question 12.10 : $k = 3,7$ (on prendra $k = 4$)

Question 12.11 : $j = 1/3$

Question 12.12 : facteur de réflexion = 873

Question 12.13 : $U = 111\% - U = 1,11$

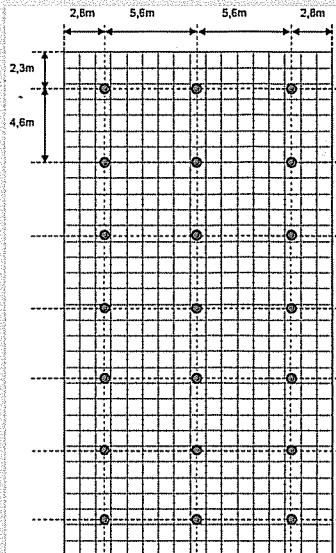
Question 12.14 : $F = 217\,128 \text{ lm}$

Question 12.15 : 21 luminaires

Question 12.16 : $e_l = 4,95 \text{ mètres}$, $e_r = 5,7 \text{ mètres}$

Question 12.17 : $n_l = 7 \text{ luminaires}$, $n_r = 3 \text{ luminaires}$

Question 12.18 :



Achévé d'imprimer en décembre 2010
sur les presses de la Nouvelle Imprimerie Laballery
58500 Clamecy

Dépôt légal : décembre 2010
Numéro d'impression : 012179

Imprimé en France

La Nouvelle Imprimerie Laballery est titulaire de la marque Imprim'Vert®