

# SESSION 2005

CA-PLP

---

CONCOURS EXTERNE

---

Section : **GÉNIE ÉLECTRIQUE**

Option : **ÉLECTROTECHNIQUE ET ÉNERGIE**

<b>SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES</b>
---

Durée : 6 heures – Coefficient : 1

---



**Calculatrice autorisée (conformément à la circulaire n°99-186 du 16 novembre 1999)**

**Convertisseur en euros autorisé**

**Aucun document n'est autorisé**

<b>Tunnel routier</b>
-----------------------

Composition du sujet :

	<b>Cahier N° 1</b>	
	PRESENTATION GENERALE ET EXTRAIT DU CAHIER DES CHARGES	<b>pages 1 à 3</b>
	QUESTIONNEMENT	
	○ Partie 1 : Etude des trappes de désenfumage	<b>pages 4 à 6</b>
	○ Partie 2 : Etude du circuit d'alimentation de l'éclairage du local haute tension	<b>pages 7 à 9</b>
	○ Partie 3 : Qualité du réseau de distribution	<b>pages 10 à 11</b>
	○ Partie 4 : Etude du système de ventilation et de désenfumage	<b>pages 12 à 14</b>
	<b>Cahier N° 2</b>	
	DOCUMENTATIONS TECHNIQUES	<b>pages 1 à 11</b>

**Conseils aux candidats :**

Les différentes parties du sujet sont indépendantes. De nombreuses questions sont elles mêmes indépendantes. Une lecture attentive de l'ensemble s'avère nécessaire avant de composer.

Les candidats sont priés de rédiger sur le document fournis (cahier N°1). Il est demandé de présenter clairement les calculs, de dégager et d'encadrer les résultats relatifs à chaque question.

La qualité des réponses (utilisation d'une forme adaptée pour présenter le résultat, justification du résultat...) sera prise en compte dans l'évaluation.

<b>AVERTISSEMENT</b>
----------------------

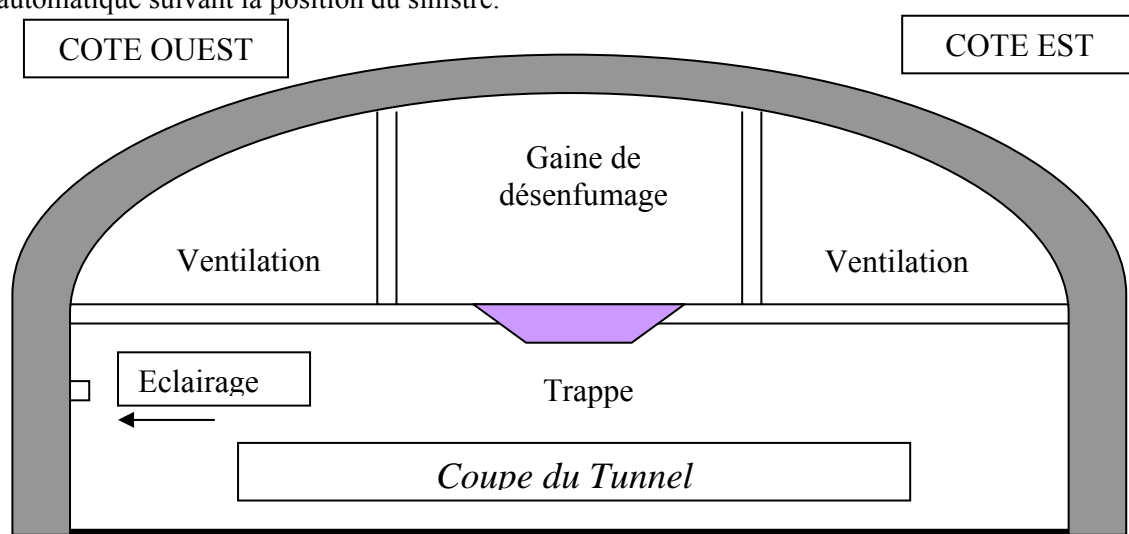
<b>Si le texte du sujet, de ses questions ou de ses annexes, vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner <i>explicitement</i> dans votre copie.</b>
--

## Présentation générale

La déviation de la route nationale 20 dans le département de l'Ariège a nécessité la réalisation d'un tunnel routier d'une longueur de 2 159,36 mètres. Au delà de la performance en termes de génie civil que constitue cet ouvrage, c'est le niveau de technicité qui demeure le plus remarquable. En effet, dans le but d'améliorer le confort des usagers mais surtout d'assurer une sécurité maximale en cas d'incident, les performances et les fonctionnalités de cet ouvrage s'inscrivent dans le cadre de la réglementation prévue pour les tunnels à la date de la construction.

### Description de l'ouvrage

Au-dessus de la galerie destinée à la circulation des véhicules se situe une gaine technique dans laquelle cheminent l'air frais en parties latérales (2 fois 2,5 m<sup>2</sup>) et l'air à évacuer en partie centrale (1 fois 4,9 m<sup>2</sup>). Voir coupe du tunnel ci dessous. L'air frais est acheminé de chaque coté de la voûte jusqu'au niveau de la chaussée. En cas d'incendie, les fumées sont évacuées par le haut à travers une série de trappes commandées individuellement de manière automatique suivant la position du sinistre.



L'ouvrage est divisé en deux parties, l'entrée Nord et l'entrée Sud identiques en ce qui concerne la ventilation, l'éclairage et le désenfumage. La stratégie de raccordement au réseau EDF permet de fiabiliser au mieux l'alimentation en énergie électrique.

L'éclairage utilise une solution innovante. En effet, l'utilisation de lampes fluocompactes haute fréquence associées à des variateurs d'éclairage assure aux usagers un grand confort visuel. Le flux lumineux peut être modulé en fonction du niveau d'éclairage extérieur, du positionnement des lampes dans le tunnel et de l'opacité de l'air.

## Extrait du cahier des charges fonctionnel

Le tunnel est équipé de 43 trappes de désenfumage réparties tous les 50 mètres. Les trappes ont pour but d'ouvrir ou de fermer les orifices effectués dans la dalle de la gaine de désenfumage communiquant avec le tunnel. En cas de sinistre, l'ouverture des trappes situées au plus près de celui-ci permet l'évacuation des fumées par la gaine de désenfumage, évitant ainsi qu'elles se répandent dans l'ensemble du tunnel. Le fonctionnement des trappes de désenfumage est étroitement lié à celui des ventilateurs de désenfumage, en effet, il ne peut y avoir extraction sans ventilation de désenfumage.

Une trappe est constituée d'un tiroir coulissant à l'intérieur d'un caisson. Ce tiroir, muni d'une crémaillère est monté sur 4 galets et possède un joint périphérique haute température permettant l'étanchéité lors de la fermeture. Le tiroir est actionné par un motoréducteur pour obtenir l'ouverture et la fermeture de l'orifice. Il possède en plus un mouvement vertical pour assurer l'étanchéité et la protection du joint.

La fermeture de la trappe se déroule de la façon suivante (voir Annexe A-1) :

- le motoréducteur (1) actionne la crémaillère (2) vers l'avant,
- la crémaillère entraîne le tiroir (4) par l'intermédiaire de 2 ressorts (3),
- arrivée en fin de course horizontale, le tiroir est stoppé,
- la crémaillère continue son mouvement, les ressorts se tendent,
- la crémaillère, par l'intermédiaire de l'index (5) attaque le système de bras (6) et (7) permettant le levage du tiroir,
- en fin de verrouillage, le fin de course « fermeture » agit sur la commande du motoréducteur.

L'ouverture est obtenue de manière inverse :

- le motoréducteur actionne la crémaillère vers l'arrière,
- les ressorts se détendent,
- le bras (6) se déverrouille et libère le tiroir qui redescend,
- l'index (8) ramène le tiroir en prenant appui sur la fourchette (9),
- le tiroir s'ouvre,
- en fin d'ouverture, le fin de course « ouverture » agit sur la commande du motoréducteur.

### Caractéristiques mécaniques du système :

Réducteur :	Motovario NMRV 050, réduction 80, rendement 53%, Le motoréducteur est irréversible, Le moment d'inertie du réducteur est de $3 \times 10^{-3} \text{ kg.m}^2$ .
Moteur :	Type 71A2 sans frein mécanique (voir Annexe A-3).
Système pignon crémaillère :	Diamètre primitif ( $D_p$ ) 90 mm – 30 dents.
Tiroir de la trappe :	Masse totale 150 kg.
Ressorts :	Deux ressorts de raideur 0,18 daN/mm.

Lors de la fermeture, le tiroir de la trappe subit deux mouvements successifs :

- un mouvement horizontal (obturation), pendant lequel la course de la crémaillère est de 1 078 mm.
- un mouvement vertical suivi d'une mise en pression du joint d'étanchéité (verrouillage), pendant lequel la course de la crémaillère est de 108 mm.

### **Caractéristiques électriques de la distribution BT :**

Les caractéristiques des éléments du circuit étudié sont les suivantes :

- Réseau d'alimentation HT amont, puissance de court-circuit  $S_{cc} = 500 \text{ MVA}$ ,  $\cos\varphi_{cc} = 0,15$ .
- Transformateur HT/BT, puissance nominale  $S_n = 250 \text{ kVA}$ ,  $U_{20} = 410 \text{ V}$ , autres caractéristiques annexe B.4.
- Câble de liaison du transformateur au disjoncteur, section  $240 \text{ mm}^2$ , longueur  $5 \text{ m}$ .
- Jeu de barres rectangulaires, une barre par phase, section  $50 \times 5 \text{ mm}$ , longueur  $5 \text{ m}$ .
- Résistivité du cuivre  $\rho = 18,5 \text{ m}\Omega.\text{mm}^2.\text{m}^{-1}$
- Réactance linéique des câbles triphasé  $\lambda = 0,08 \text{ m}\Omega.\text{m}^{-1}$
- Réactance linéique des jeux de barres  $\lambda = 0,15 \text{ m}\Omega.\text{m}^{-1}$

### **Caractéristiques électriques de l'éclairage du local haute tension :**

L'alimentation du circuit d'éclairage du local haute tension est assuré à partir d'un jeu de barres et au travers du disjoncteur repéré  $QF_{12}$ . Ce dernier assure la protection d'un câble d'une longueur de  $100 \text{ m}$  qui alimente 18 luminaires de puissance unitaire  $2 \times 36 \text{ W}$  et de facteur de puissance égal à  $0,83$ .

### **Caractéristiques électriques de l'éclairage du tunnel :**

864 lampes fluocompactes  $70 \text{ W}$  alimentées en haute fréquence ( $45 \text{ kHz}$ ) par des variateurs électroniques adaptés.

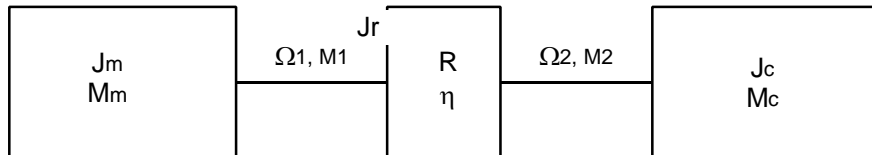
# Partie 1 : Étude des trappes de désenfumage

## Problématique :

Pour des raisons de sécurité, le temps maximal de fermeture de la trappe (obturation + verrouillage) ne doit pas dépasser 10 s. Dans ce but, on vous demande de vérifier que le moteur choisi permet de respecter les contraintes imposées.

### 1.1 - Vérification du temps de fermeture des trappes

On adopte le modèle suivant :



- $J_m$  : inertie du moteur considérée sur l'arbre d'entrée du réducteur (arbre 1) ;
- $M_m$  : couple moteur considéré sur l'arbre 1 ;
- $M_1$  : couple résistant sur l'arbre d'entrée du réducteur ;
- $M_2$  : couple moteur sur l'arbre de sortie du réducteur ;
- $R$  : rapport de réduction ( $R = \Omega_1/\Omega_2$ ) ;
- $J_r$  : moment d'inertie du réducteur ;
- $\eta$  : rendement du réducteur ;
- $J_c$  : inertie de la charge considérée sur l'arbre de sortie du réducteur (arbre 2) ;
- $M_c$  : couple résistant dû à la charge, considéré sur l'arbre de sortie ;
- $m$  : masse du tiroir de la trappe.

Pour la détermination des moments d'inertie on considérera que la vitesse de rotation du moteur est égale à sa vitesse nominale.

1.1.1 - Donner la relation permettant de ramener, sur l'arbre de sortie du réducteur, l'inertie ( $J_c$ ) due à la masse ( $m$ ) du tiroir de la trappe.

1.1.2 - Donner l'expression du moment d'inertie ( $J_{ext}$ ) de la charge, ramené sur l'arbre du moteur en fonction de  $J_c$ ,  $R$ ,  $\eta$  et calculer sa valeur.

1.1.3 - Calcul du moment d'inertie total ramené à l'arbre moteur.

1.1.4 - Calculer le temps de démarrage du système. Sachant que, pendant tout le démarrage, on considère que le couple moteur est égal au couple de démarrage ( $M_s$ ).

1.1.5 - Calculer la distance parcourue durant cette phase de démarrage :

1.1.6 - Calculer le temps de translation et de blocage du tiroir en régime établi. On considérera que la vitesse est constante jusqu'à la fin du blocage.

1.1.7 - Calculer le temps total de fermeture et commenter ce résultat.

[illegible]

### 1.2 - Vérification de la puissance nominale du moteur choisi.

On admettra que le couple résistant maximum est obtenu en fin de verrouillage lorsque le fin de course "fermeture" est actionné. Cela correspond également à un allongement des deux ressorts de traction de 108 mm (course de verrouillage). On admettra également que pendant la phase de verrouillage, le moteur tourne à sa vitesse nominale.

1.2.1 - Calculer l'effort exercé par les deux ressorts de traction en fin de verrouillage.

1.2.2 - Calculer le couple résistant ( $M_c$ ) correspondant sur le pignon de sortie.

### 1.2.3 - Calculer le couple équivalent ( $M_f$ ) ramené sur l'arbre moteur.

1.2.4 - Calculer la puissance fournie par le moteur en fin de verrouillage. Commenter le résultat obtenu.

## Partie 2 : Étude du circuit d'alimentation de l'éclairage du local haute tension

### 2.1 - Problématique :

On vous demande de justifier le choix du disjoncteur  $Qf_{12}$  de protection du circuit d'éclairage du local haute tension.

2.1.1 - Calculer la valeur de la résistance ( $R_R$ ) et la valeur de la réactance ( $X_R$ ) équivalentes à une phase du réseau d'alimentation HT ramenée côté BT.

2.1.2 - Calculer la valeur de la résistance ( $R_T$ ) et la valeur de la réactance ( $X_T$ ) équivalentes à une phase du transformateur ramenée côté BT.

2.1.3 - Calculer la valeur de la résistance ( $R_C$ ) et la valeur de la réactance ( $X_C$ ) équivalentes à une phase du câble reliant le transformateur au disjoncteur.

2.1.4 - Calculer la valeur de la résistance ( $R_B$ ) et la valeur de la réactance ( $X_B$ ) équivalentes à une phase du jeu de barres.



2.1.5 - Donner la valeur de la résistance ( $R_{\text{Totale}}$ ) et la valeur de la réactance ( $X_{\text{Totale}}$ ) totale d'une phase du circuit précédent.

2.1.6 - Calculer l'amplitude ( $I_{\text{cc}}$ ) du courant de court-circuit en régime permanent en amont de  $Qf_{12}$ .

**! À partir de cette question on considérera que la valeur de la résistance ( $R_{\text{Totale}}$ ) et la valeur de la réactance ( $X_{\text{Totale}}$ ) totale d'une phase sont respectivement  $R_T = 9 \text{ m}\Omega$  et  $X_T = 40 \text{ m}\Omega$  en amont de  $Qf_{12}$**

2.1.7 - Calculer en fonctionnement nominal la valeur de l'intensité véhiculée par cette ligne.

2.1.8 - Calculer la valeur du courant présumé de court-circuit dans le cas où ce dernier apparaîtrait en bout de ligne.

2.1.9 - Le disjoncteur C60N utilisé a pour référence 24 201. Commenter ce choix vis-à-vis de la protection contre les court-circuits.

---

---

---

---

---

---

---

---

2.1.10 - Dans le cas d'un court-circuit entre deux phases situé à l'extrémité du jeu de barres, établir l'expression du courant de court-circuit ( $i_{cc}(t)$ ). On posera qu'à  $t = 0$ ,  $i_{cc}(0) = 0$ . On notera la tension d'alimentation de la maille en court-circuit  $U(t) = \sqrt{2} \times U_{20} \times \sin(\omega t + \alpha)$ . On appellera  $\varphi$  le déphasage entre le courant et la tension.

---

---

---

---

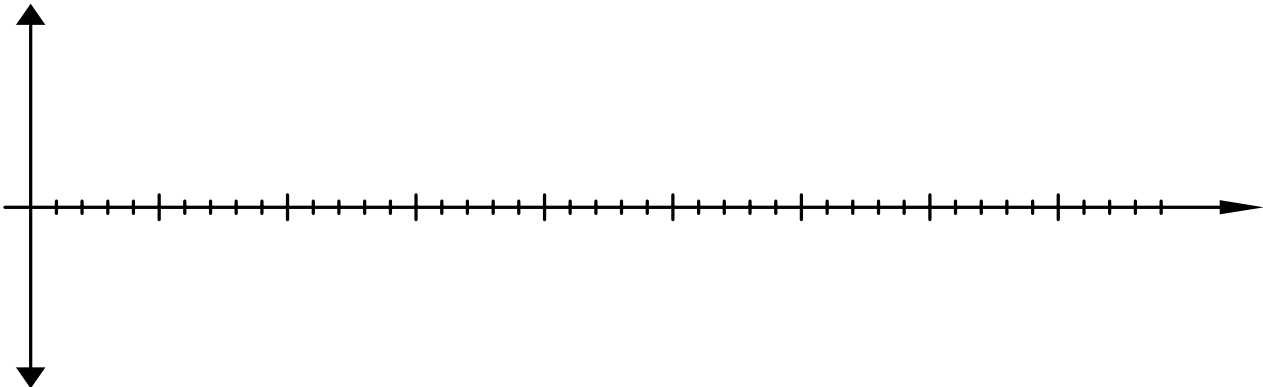
---

---

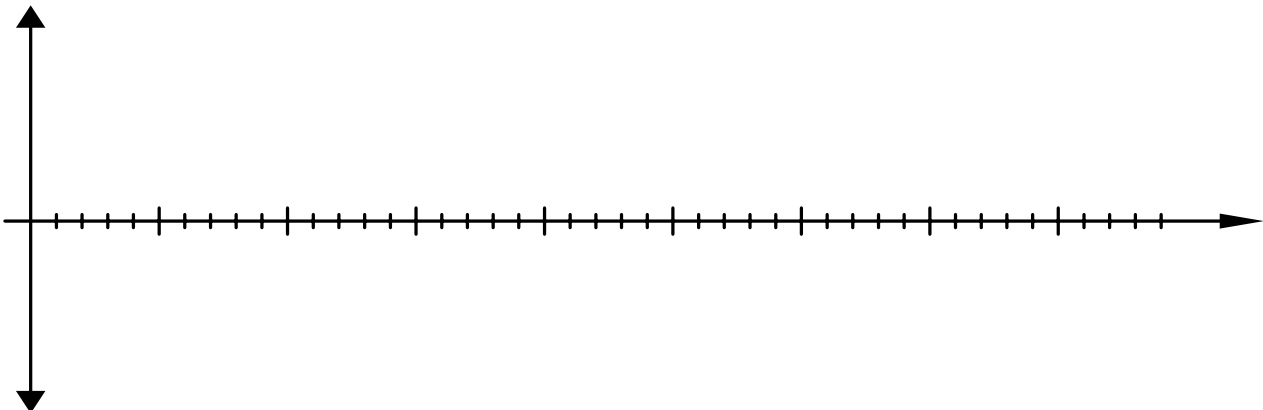
---

---

2.1.11 - Tracer l'allure de  $i_{cc}(t)$  lorsque  $\alpha - \varphi = 0$



2.1.12 - Tracer l'allure de  $i_{cc}(t)$  lorsque  $\alpha - \varphi = \pi/2$



2.1.13 - Dans le cas le plus défavorable, le courant de court-circuit peut atteindre au cours du régime transitoire une valeur  $K$  fois supérieure à la valeur du régime permanent. La courbe représentant  $K = f(R/X)$  est donnée Annexe B5. Calculer cette valeur ( $I_{ccP}$ ).

---

---

---

---

---

---

---

---

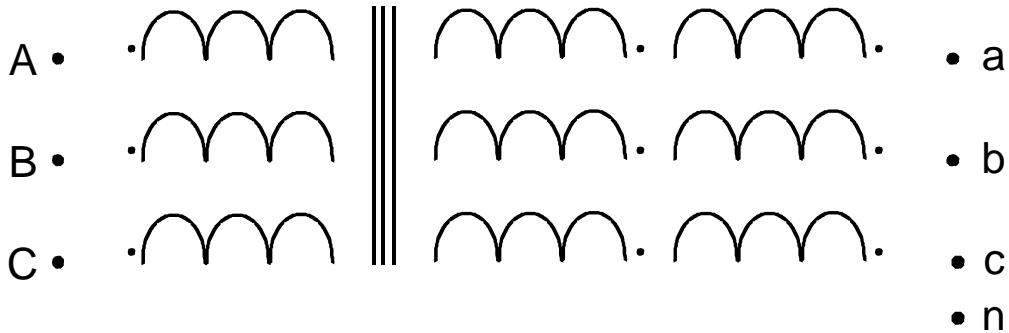
## Partie 3 : Qualité du réseau de distribution

### Problématique :

On vous demande d'analyser et de justifier les solutions retenues contribuant à améliorer la qualité de la desserte en énergie.

### 3.1 - Analyse des éléments contribuant à l'amélioration de la qualité de la desserte en énergie

3.1.1 - Représenter sur les schémas ci-dessous les connexions entre les enroulements du transformateur sec de 630 kVA



3.1.2 - Calculer la valeur de l'angle de déphasage entre la tension primaire et la tension secondaire.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.1.3 - Calculer la valeur nominale des courants primaires et secondaires

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.1.4 - Ce transformateur contribue-t-il à l'amélioration de la qualité de la desserte en énergie ? Justifier votre réponse.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### 3.2 - Etude des perturbations harmoniques

3.2.1 - Quels sont les récepteurs qui sont susceptibles de générer des perturbations harmoniques dans cette installation ? Justifier votre réponse.

3.2.2 - Quels sont les effets de la présence des courants harmoniques dans un circuit ?

3.2.3 - Citer les dispositifs usuels qui permettent de lutter contre les effets néfastes des courants harmoniques.

3.2.4 - Donner l'expression de la valeur instantanée du courant harmonique de rang 3 pour chaque phase. On notera  $I_{3\max}$  la valeur maximum de ce courant.

3.2.5 - Dédire l'expression du courant dans le neutre. Conclure.

## Partie 4 : Etude du système de ventilation et de désenfumage

### 4.1 - Batterie de condensateurs BCI (Annexe C-1)

#### Problématique :

On vous demande de justifier le choix de la batterie de condensateurs en ne considérant que le fondamental du courant.

4.1.1 - Calculer l'intensité en ligne dans la batterie de condensateurs :

4.1.2 - Justifier que la batterie de condensateurs est correctement choisie pour avoir une  $\text{tg } \varphi$  inférieure à 0,4 imposée par le fournisseur d'énergie.

### 4.2 - Maintenance et Sécurité

#### Problématique :

Dans le cadre d'interventions de maintenance les problèmes relatifs à la sécurité revêtent une importance primordiale. On vous demande de dimensionner les résistances de décharge des condensateurs.

4.2.1 - Exprimer la valeur de la résistance de décharge à placer en dérivation sur un condensateur, pour obtenir la tension de fin de décharge  $U_d$ , au bout d'un temps de décharge  $t_d$ .

4.2.2 - Les condensateurs étant câblés en triangle et les résistances de décharge étant connectées aux bornes de chaque condensateur. Calculer dans le cas le plus défavorable et pour une durée d'une minute après la séparation de la batterie du réseau, les caractéristiques de la résistance qui permet la décharge d'un condensateur de la batterie pour que la tension à ses bornes n'excède pas 50 V.

4.2.3 - Les condensateurs étant câblés en triangle et les résistances de décharge étant connectées en étoile. Calculer dans le cas le plus défavorable et pour une durée d'une minute après la séparation de la batterie du réseau, les caractéristiques de la résistance qui permet la décharge d'un condensateur de la batterie pour que la tension à ses bornes n'excède pas 50 V.

4.2.4 - Quelle solution choisir ?

### 4.3 - Contraintes d'utilisation de la batterie de condensateurs

#### **Problématique :**

On vous demande de vérifier que les composants utilisés supportent les conditions d'utilisation.

4.3.1 - Calculer la valeur de la capacité d'un condensateur de la batterie de compensation.

4.3.2 - Vérifier à l'aide des relevés (Annexe C-2) la valeur de l'intensité en ligne dans la batterie de condensateurs, en régime permanent.

4.3.3 - Indiquer à l'aide de ces relevés l'intensité maximum en ligne dans la batterie de condensateurs ?

4.3.4 - Préciser pourquoi les valeurs maximales des intensités dans les régimes transitoires ne sont pas identiques dans les trois conducteurs d'alimentation de la batterie de condensateurs.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4.3.5 - Relever la valeur de la fréquence d'oscillation des phénomènes transitoires.

.....

.....

.....

4.3.6 - Sachant que l'inductance de court-circuit du circuit alimentation est de  $10\ \mu\text{H}$  et que la résistance des conducteurs d'une ligne est de  $0,015\ \text{ohm}$ , dessiner le schéma équivalent monophasé et calculer la fréquence d'oscillation du phénomène transitoire.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4.3.7 - A cette fréquence, vérifier que les éléments du circuit ne sont pas soumis à des contraintes électriques qui pourraient entraîner leur détérioration.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## **SOMMAIRE**

### **ANNEXES A : ETUDE DES TRAPPES DE DÉSENFUMAGE**

ANNEXE A.1. : PLAN EN COUPE DES TRAPPES DE DÉSENFUMAGE.

ANNEXE A.2. : DOCUMENTATION MOTOVARIO - PAGE 257.

ANNEXE A.3. : DOCUMENTATION MOTOVARIO - PAGE 258.

### **ANNEXES B : ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ÉNERGIE ÉLECTRIQUE & ETUDE DU POSTE DE TRANSFORMATION**

ANNEXE B.1. : SCHÉMA POSTE DE LIVRAISON TÊTE SUD.

ANNEXE B.2. : SCHÉMA TGBTN TÊTE SUD - FOLIO 01.

ANNEXE B.3. : SCHÉMA TGBTN TÊTE SUD - FOLIO 02.

ANNEXE B.4. : FICHES MATÉRIEL TRANSFORMATEURS HT/BT

ANNEXE B.5. : COURANTS DE COURT-CIRCUIT / EFFORTS ÉLECTRODYNAMIQUES

ANNEXE B.6. : DISJONCTEUR C60N.

### **ANNEXES C : ETUDE DU SYSTÈME DE VENTILATION ET DE DÉSENFUMAGE**

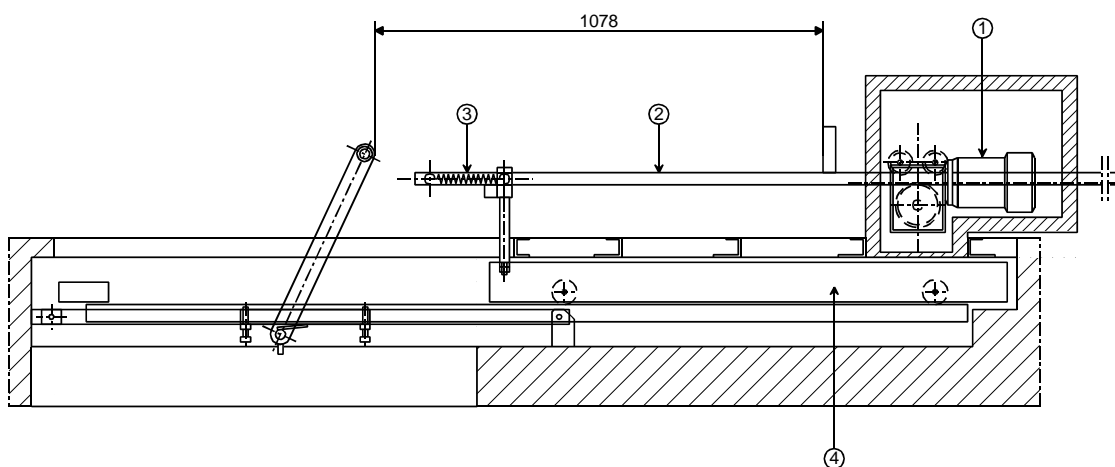
ANNEXE C.1: SCHÉMA VENTILATEUR DE DÉSENFUMAGE

ANNEXE C.2: RELEVÉS BATTERIE DE CONDENSATEURS

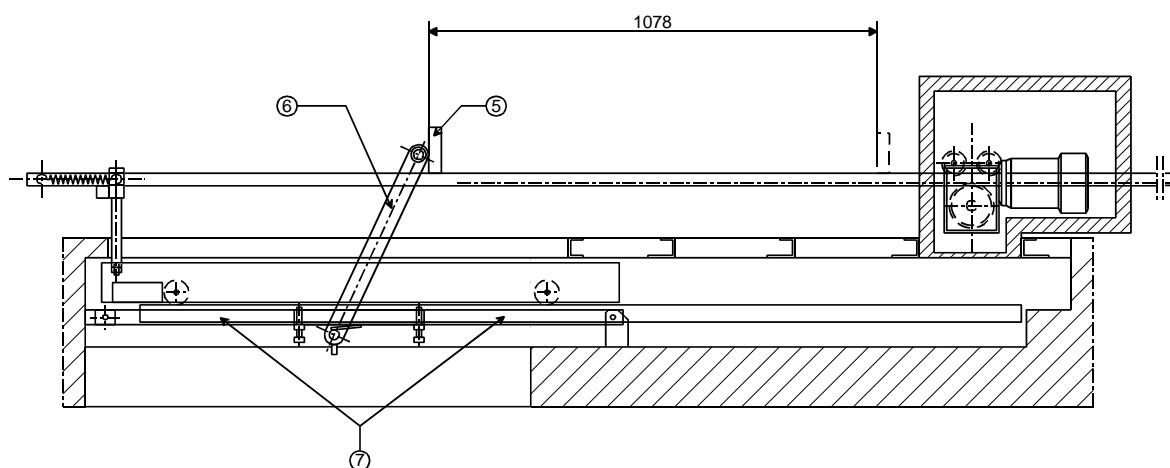


## Annexe A.1 : plan en coupe des trappes de désenfumage

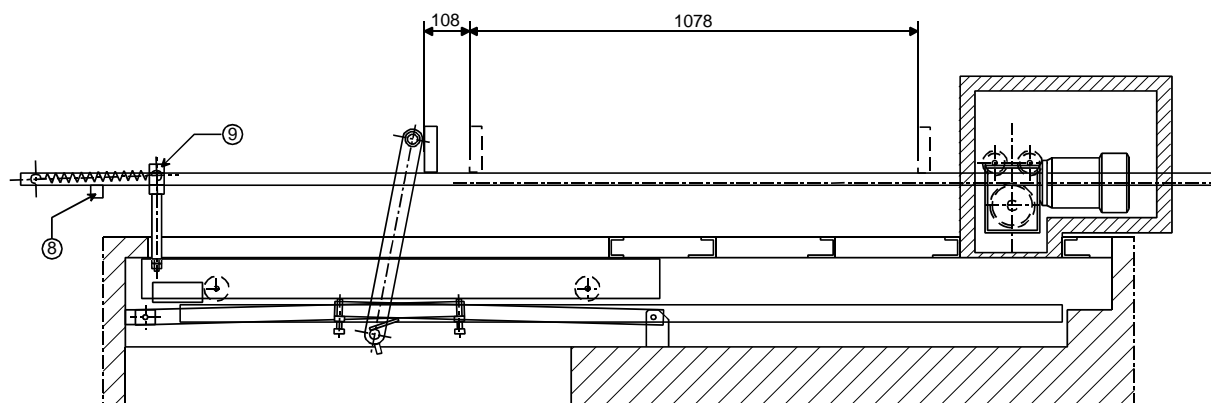
Trappe ouverte

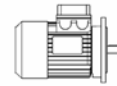


Fin de mouvement horizontal (course 1078 mm)



Trappe verrouillée (fin de mouvement vertical, course 1186 mm)





## Prestazioni / Performance / Leistungen / Performances / Prestaciones

Significato dei simboli e delle abbreviazioni riportati nelle tabelle delle prestazioni Meaning of the symbols and abbreviations used in the performance tables Bedeutung der Symbole und der Abkürzungen in den Leistungstabellen Significations des symboles et des abréviations indiqués dans les tables des performances Significado de los símbolos y de las abreviaciones indicados en las tablas de las prestaciones				
<b>P<sub>n</sub></b>	potenza nominale [kW] nominal power [kW] Nennleistung [kW] puissance nominale [kW] potencia nominal [kW]		<b>n<sub>n</sub></b>	velocità nominale [min <sup>-1</sup> ] nominal speed [min <sup>-1</sup> ] Nenngeschwindigkeit [min <sup>-1</sup> ] vitesse nominale [min <sup>-1</sup> ] velocidad nominal [min <sup>-1</sup> ]
<b>I<sub>n</sub></b>	corrente nominale [A] nominal current [A] Nennstrom [A] courant nominal [A] corriente nominal [A]		<b>M<sub>n</sub></b>	coppia nominale [Nm] nominal torque [Nm] Nenn Drehmoment [Nm] couple nominal [Nm] par nominal [Nm]
<b>η<sub>n</sub>%</b>	rendimento nominale in % nominal efficiency in % Nenn-Arbeitsleistung in % rendement nominal en % rendimiento nominal en %		<b>cos φ<sub>n</sub></b>	fattore di potenza nominale nominal power factor Nenn-Leistungsfaktor facteur de puissance nominale factor de potencia nominal
<b>M<sub>s</sub> / M<sub>n</sub></b>	rapporto coppia di spunto / coppia nominale starting torque / nominal torque ratio Verhältnis-Anlaufdrehmoment / Nenn Drehmoment rapport couple de démarrage / couple nominal relación par de partida / par nominal		<b>M<sub>max</sub> / M<sub>n</sub></b>	rapporto coppia massima / coppia nominale maximum torque / nominal torque ratio Verhältnis max. Drehmoment / Nenn Drehmoment rapport couple maxi. / couple nominal relación par máximo / par nominal
<b>I<sub>s</sub> / I<sub>n</sub></b>	rapporto corrente di avviamento / corrente nominale starting current / nominal current ratio Verhältnis-Anlaufstrom / Nennstrom rapport courant de démarrage / courant nominal relación corriente de arranque / corriente nominal		<b>M<sub>B</sub></b>	momento frenante [Nm] braking torque [Nm] Bremsmoment [Nm] couple de freinage [Nm] momento de freno [Nm]
<b>J<sub>t</sub></b>	momento d'inerzia motore [10 <sup>-4</sup> kgm <sup>2</sup> ] moment of inertia of motor [10 <sup>-4</sup> kgm <sup>2</sup> ] Motor-Trägheitsmoment [10 <sup>-4</sup> kgm <sup>2</sup> ] moment d'inertie moteur [10 <sup>-4</sup> kgm <sup>2</sup> ] momento de inercia motor [10 <sup>-4</sup> kgm <sup>2</sup> ] 1) senza freno 1) without brake 1) ohne Bremse 1) sans frein 1) sin freno 2) con freno 2) with brake 2) mit Bremse 2) avec frein 2) con freno			
<b>m<sub>t</sub></b>	peso motore B5 [kg] motor weight B5 [kg] Motorgewicht B5 [kg] poids moteur B5 [kg] peso motor B5 [kg] 3) senza freno 3) without brake 3) ohne Bremse 3) sans frein 3) sin freno 4) con freno d.c. (tipo FM) 4) with d.c. brake (type FM) 4) mit Gs-Bremse (Typ FM) 4) avec frein d.c. (type FM) 4) con freno c.c. (tipo FM) 5) con freno a.c. (tipo MS) 5) with a.c. brake (type MS) 5) mit Ws-Bremse (Typ MS) 5) avec frein a.c. (type MS) 5) con freno c.a. (tipo MS)			
<b>Z<sub>o</sub></b>	frequenza di avviamento in assenza di carico [10 <sup>3</sup> /h] (valore indicativo) max. admitted nr. start-ups/hour with no load [10 <sup>3</sup> /h] max. zulässige Anlassungen/Stunde ohne Belastung [10 <sup>3</sup> /h] n° démarrages/heure admis max en l'absence de charge [10 <sup>3</sup> /h] máx. n° arranques/hora admitidos cuando falta carga [10 <sup>3</sup> /h] 6) con freno a.c. (tipo MS) 7) con freno d.c. (tipo FM) e raddrizzatore NBR 8) con freno d.c. (tipo FM) e raddrizzatore SBR 6) with a.c. brake (type MS) 7) with d.c. brake (type FM) and NBR rectifier 8) with d.c. brake (type FM) and SBR rectifier 6) mit Ws-Bremse (Typ MS) 7) mit Gs-Bremse (Typ FM) und NBR-Gleichrichter 8) mit Gs-Bremse (Typ FM) und SBR- 6) avec frein a.c. (type MS) 7) avec frein d.c. (type FM) et redresseur NBR 8) avec frein d.c. (type FM) et redresseur SBR 6) con freno c.a. (tipo MS) 7) con freno c.c. (tipo FM) y rectificador NBR 8) con freno c.c. (tipo FM) y rectificador SBR			
<b>C<sub>r</sub></b>	condensatore di marcia [μF] (serie S, HS) operating capacitor [μF] (series S, HS) Betriebskondensator [μF] (Serie S, HS) condensateur de marche [μF] (série S, HS) condensador de marcha [μF] (serie S, HS)		<b>C<sub>a</sub></b>	condensatore di avviamento [μF] (serie HS) starting capacitor [μF] (series HS) Anlaufkondensator [μF] (Serie HS) condensateur de démarrage [μF] (série HS) condensador de arranque [μF] (serie HS)




Prestazioni / Performance / Leistungen / Performances / Prestaciones

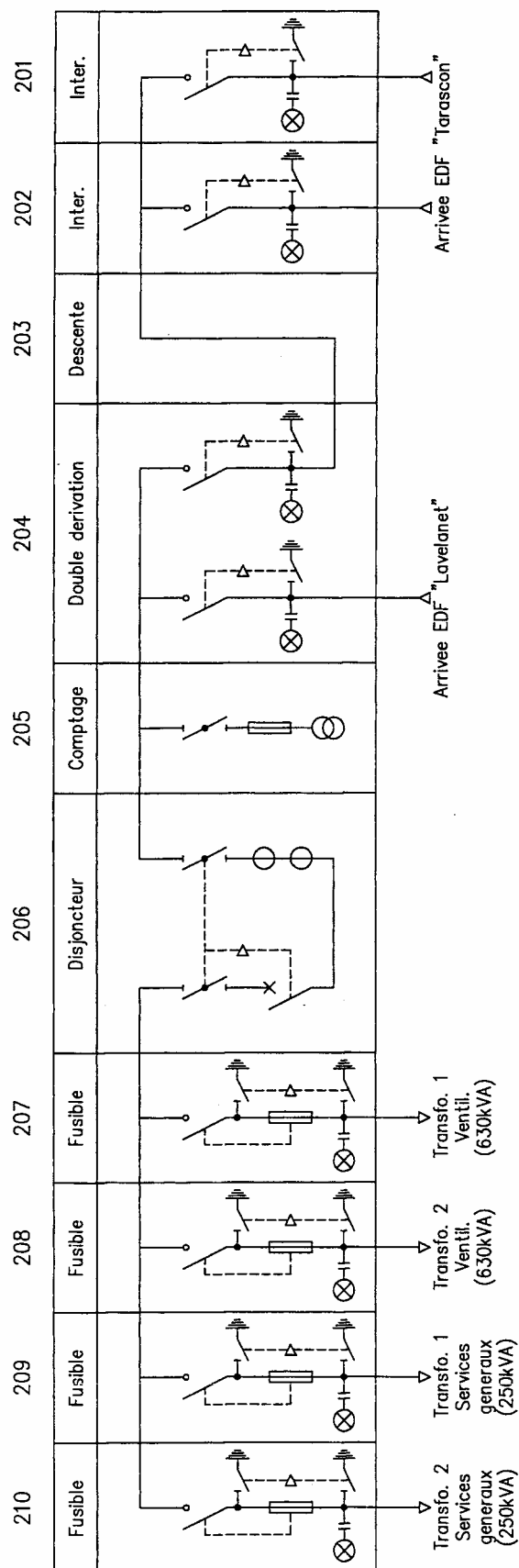
T - TB

2 Poli / Poles / Pole / Pôles / Polos (3000min<sup>-1</sup>)

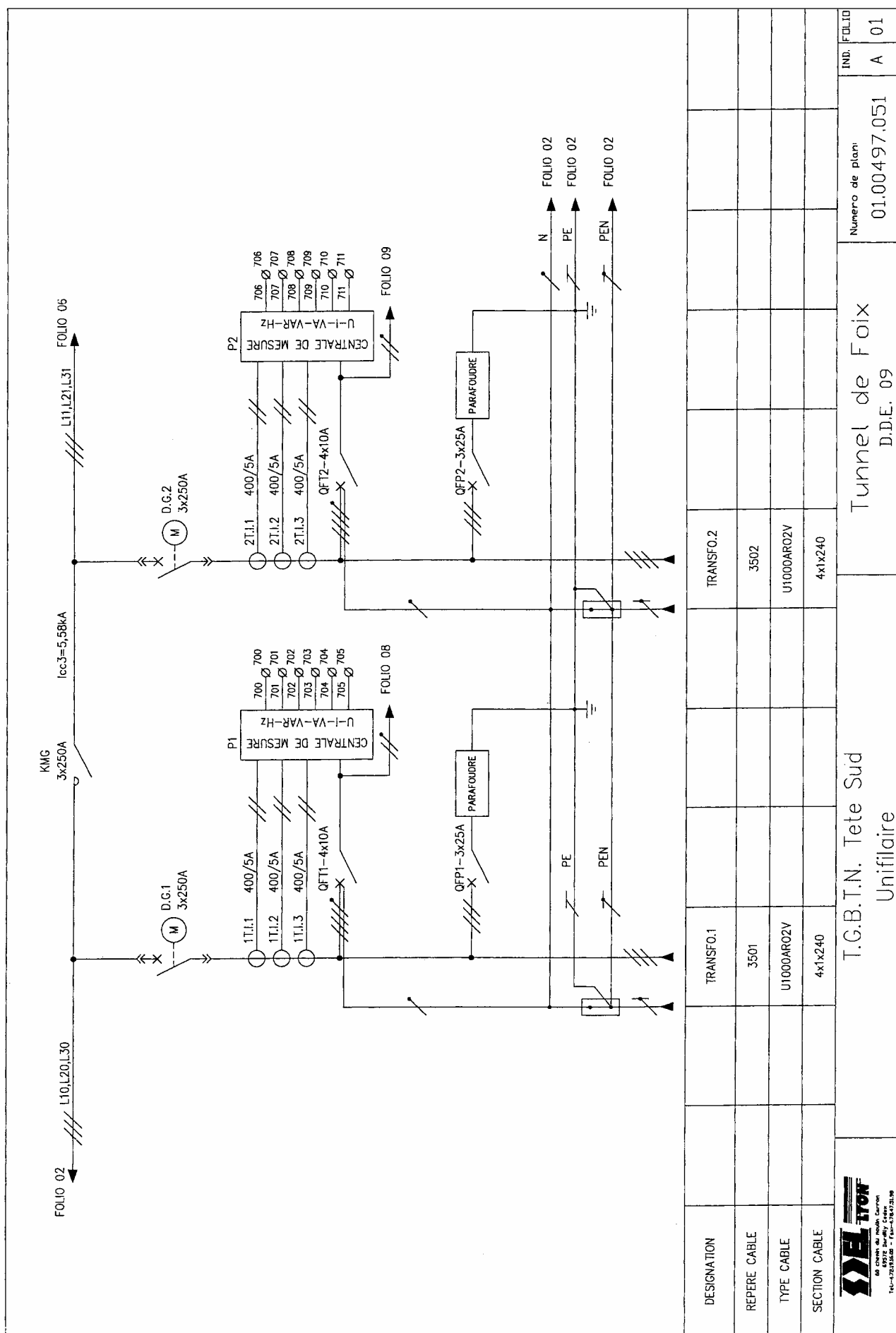
230/400V/50Hz

P <sub>n</sub> [kW]		n <sub>n</sub> [min <sup>-1</sup> ]	I <sub>n</sub> 400V [A]	M <sub>n</sub> [Nm]	η <sub>n</sub> %	cosφ <sub>n</sub>	M <sub>s</sub> M <sub>n</sub>	I <sub>s</sub> I <sub>n</sub>	M <sub>max</sub> M <sub>n</sub>	J <sub>t</sub> 1) 2) [10 <sup>-4</sup> kgm <sup>2</sup> ]	m <sub>t</sub> 3) 4) 5) [kg]	Z <sub>0</sub> 6) 7) 8) [10 <sup>3</sup> 1/h]	M <sub>B</sub> [Nm]
0,18	63A2	2780	0,57	0,62	60	0,77	2,5	4	2,6	1,7 2,3	3,7 5 5,2	5,7 3,9 4,8	2
0,25	63B2	2780	0,71	0,85	61	0,82	2,5	4,2	2,8	2,3 2,9	4,4 5,7 5,9	5,7 3,9 4,8	2
0,37	63C2	2780	1,05	1,28	65	0,79	2,4	4,2	3	2,3 2,9	4,4 5,7 5,9	5,5 3,7 4,6	4
0,37	71A2	2840	1,1	1,25	65	0,75	2,7	4,7	2,7	3,5 4,6	5,4 7,3 7,6	5 3 4	4
0,55	71B2	2840	1,55	1,87	65	0,8	2,3	4,8	2,8	4,6 5,7	6,2 8,1 8,4	5 3 4	7
0,75	71C2	2830	2,1	2,5	69	0,76	3,1	4,7	3,3	5,6 6,8	7 8,9 9,2	4,8 2,8 3,8	7
0,75	80A2	2840	1,9	2,5	69	0,83	3,3	5,6	3,5	8,2 9,8	9 12,1 12,5	4,7 1,7 3,2	7
1,1	80B2	2850	2,5	3,7	74	0,86	2,6	6,2	2,9	11 12,6	10,5 13,6 14	4,5 1,5 3	10
1,5	80C2	2790	3,4	5,1	72	0,87	2,7	6,3	3	13 14,6	11,3 14,4 14,8	4,3 1,3 2,8	15
1,5	90S2	2870	3,4	5	79	0,83	2,7	5,6	3,4	14 17,5	12,3 17,2 17,9	3,5 0,9 2,2	15
2,2	90L2	2870	4,7	7,3	81	0,83	2,9	6,1	3,4	19 22,5	14,8 19,7 20,4	3,4 0,8 2,1	25
3	100LA2	2870	6,2	10	82	0,85	3,4	7	3,7	32 35,5	19 23,9 24,6	2,5 0,7 1,6	30
4	100LB2	2890	8,1	13,2	84	0,85	3,7	7,2	4	43 46,5	23,5 28,4 29,1	2,3 0,5 1,4	40
4	112M2	2890	8,2	13,2	83	0,85	3,1	6,8	3,6	55 63,8	25 33,3 34,7	1,5 - 0,95	40
5,5	112MS2	2910	10,5	18,1	88	0,87	3,6	6,3	3,9	70 78,8	30 38,3 39,7	1,4 - 0,85	50
5,5	132SA2	2900	11	18,3	82	0,88	2,8	5	3,1	70 80,3	36 45,5 46,3	0,7 - 0,6	50
7,5	132SB2	2920	14,8	25,1	86	0,86	3,1	5,4	3,4	100 110	42 51,5 52,3	0,65 - 0,55	70
9,2	132L2	2940	18	30,2	90	0,81	3,9	3,9	4,2	120 143	49,3 61,6 64	0,55 - 0,45	80
11	132M2	2930	22	35,8	91	0,83	4,1	4	4,3	150 173	55 67,3 69,7	0,45 - 0,35	100

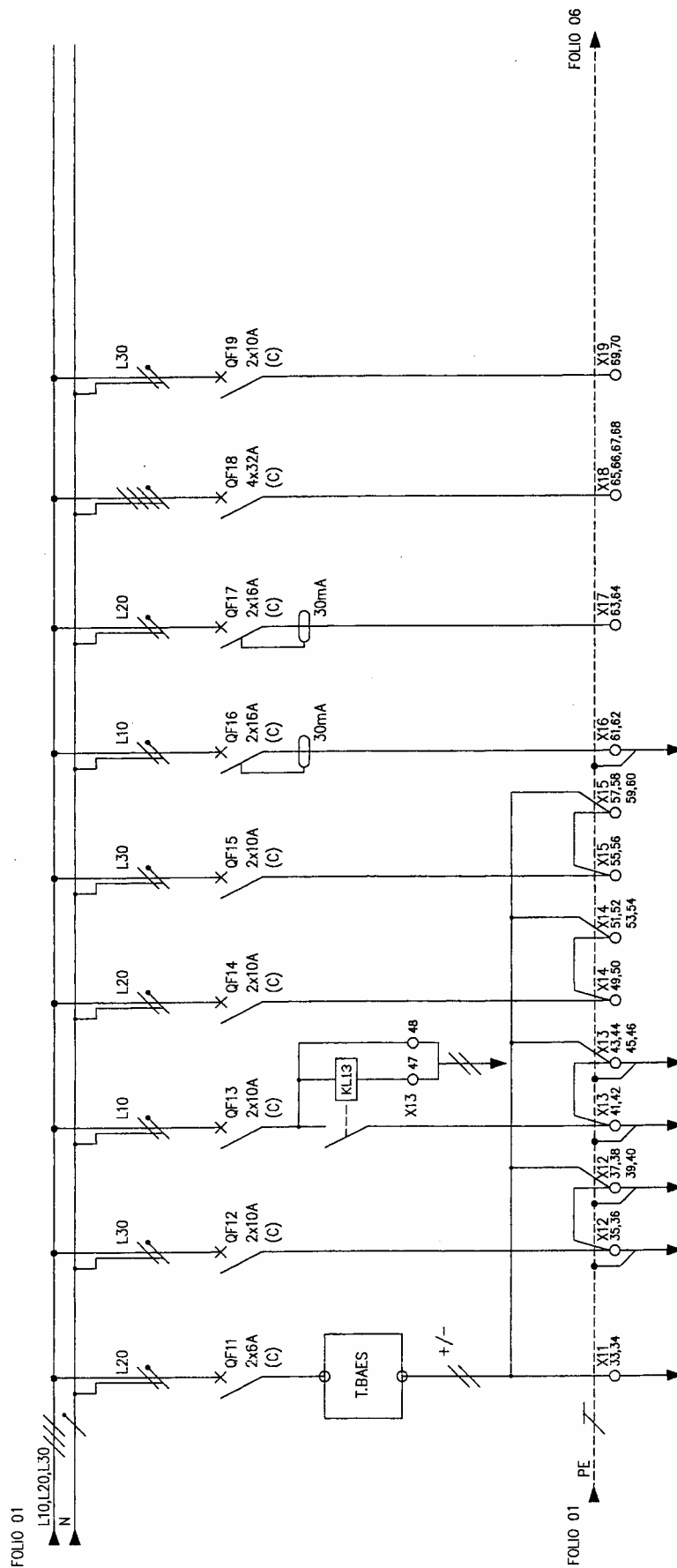
# Annexe B.1 : schéma poste de livraison tête Sud



# Annexe B.2 : schéma TGBTN tête Sud - Folio 01



# Annexe B.3 : schéma TGBTN tête Sud - Folio 02



DESIGNATION	TELECOMMANDE BLOC BAES TGBTN	ECLAIRAGE LOCAL HT	ECLAIRAGE CIRCULATION LOCAUX	RESERVE EQUIPEE	CIRCUIT PC LOCAUX TECH. RDC	RESERVE EQUIPEE	RESERVE EQUIPEE	RESERVE EQUIPEE	Numero de plan	IND.	FOLIO
REPERE CABLE	3611	3612-3613	3614-3615	-	3621	-	-	-	01.00497.051	B	02
TYPE CABLE	U1000R02V	U1000R02V	U1000R02V	-	U1000R02V	-	-	-			
SECTION CABLE	2x1.5	3G1.5-5G1.5	3G1.5-5G1.5	-	3G2.5	-	-	-			
T.G.B.T.N. Tete Sud Unifilaire Tunnel de Foix D.D.E. 09											

## Annexe B.4 : fiches matériel transformateurs HT/BT

### FICHE MATERIEL

Numéro : III-2210

Désignation : transformateur sec 630 kVA

Implantation :

2 transformateurs disposés dans la salle HT du local technique Nord.

2 transformateurs disposés dans la salle HT du local technique Sud.

<b><u>Caractéristiques constructives :</u></b> Transformateur cabine, triphasé, sec enrobé classe F, refroidissement dans l'air AN, service continu pour l'intérieur.	<b><u>Caractéristiques pondérales :</u></b> Hauteur : 2 090 mm Longueur : 2 040 mm Profondeur : 1 303 mm Poids : 2 745 kg
<b><u>Caractéristiques électriques :</u></b> Puissance assignée: 630 kVA Diélectrique : sec Tension primaire : 20 kV Prise de réglage : +/-2,5% & +/-5% Tension secondaire : 400 V Tension Ucc : 6% Couplage : Dzn10 Installation : Intérieur Pertes (vide/charge) : 1 650/7 800 W	<b><u>Conformité aux normes :</u></b> NFC 52726 HD 464 S1 + S2 NFC 52115 HD 538 S1 Classification E2 C2 F1

### FICHE MATERIEL

Numéro : III-2220

Désignation : transformateur sec 250 kVA

Implantation :

2 transformateurs disposés dans la salle HT du local technique Nord.

2 transformateurs disposés dans la salle HT du local technique Sud.

<b><u>Caractéristiques constructives :</u></b> Transformateur cabine, triphasé, sec enrobé classe F, refroidissement dans l'air AN, service continu pour l'intérieur.	<b><u>Caractéristiques pondérales :</u></b> Hauteur : 1 560 mm Longueur : 1 620 mm Profondeur : 850 mm Poids : 1 188 kg
<b><u>Caractéristiques électriques :</u></b> Puissance assignée: 250 kVA Diélectrique : sec Tension primaire : 20 kV Prise de réglage : +/-2,5% & +/-5% Tension secondaire : 400 V Tension Ucc : 6% Couplage : Dzn10 Installation : Intérieur Pertes (vide/charge) : 880/3 800 W	<b><u>Conformité aux normes :</u></b> NFC 52726 HD 464 S1 + S2 NFC 52115 HD 538 S1 Classification E2 C2 F1

## Annexe B.5 : courants de court-circuit / efforts électrodynamiques

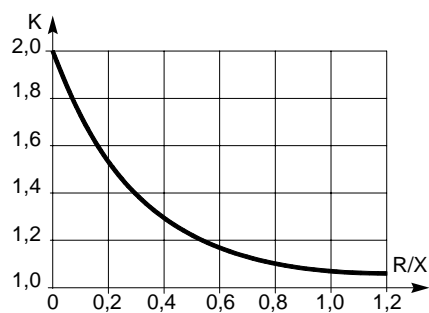


fig. 9 : variation du facteur K en fonction de  $R/X$ , ou  $R/L$ . (cf. CEI 909)

Cahier Technique Merlin Gerin n° 158 / p.7

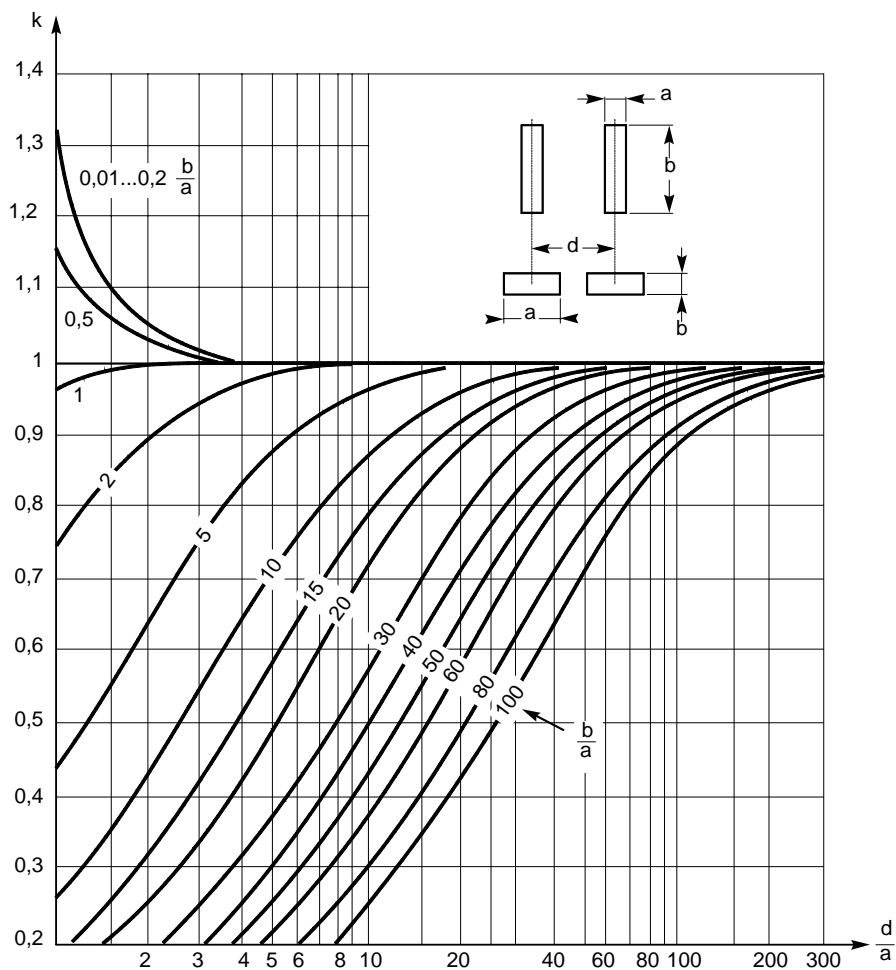


Fig. 2 : variation de k en fonction des rapports  $b/a$  et  $d/a$  (abaque de Dwight).

Cahier Technique Merlin Gerin n° 162 / p.6



## Disjoncteurs C60N

NF C 61-410 (EN 60 898) : 6 000 A

NF C 63-120 (CEI 947-2) : 10 kA



labels PROMOTELEC



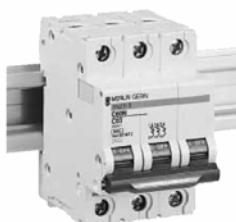
type	larg. en pas de 9 mm	cal. (A)	réf. courbes C	B
uni	2	0,5	24058	
		0,75	24059	
		1	24170	
		2	24171	
		3	24172	
		4	24173	
		6	24174	
		10	24175	23915
		16	24176	23916
		20	24177	23917
		25	24178	23918
		32	24179	23919
		40	24180	23920
		50	24181	23921
		63	24182	23922



uni + neutre	4	1	24183	
		2	24184	
		3	24185	
		4	24186	
		6	24187	
		10	24188	
		16	24189	
		20	24190	
		25	24191	
		32	24192	
		40	24193	
		50	24194	
		63	24195	



bi	4	0,5	24060	
		0,75	24061	
		1	24196	
		2	24197	
		3	24198	
		4	24199	
		6	24200	
		10	24201	23941
		16	24202	23942
		20	24203	23943
		25	24204	23944
		32	24205	23945
		40	24206	23946
		50	24207	23947
		63	24208	23948



tri	6	0,5	24062	
		0,75	24063	
		1	24209	
		2	24210	
		3	24211	
		4	24212	
		6	24213	
		10	24214	23954
		16	24215	23955
		20	24216	23956
		25	24217	23957
		32	24218	23958
		40	24219	23959
		50	24220	23960
		63	24221	23961



tétra	8	0,5	24064	
		0,75	24065	
		1	24222	
		2	24223	
		3	24224	
		4	24225	
		6	24226	
		10	24227	23967
		16	24228	23968
		20	24229	23969
		25	24230	23970
		32	24231	23971
		40	24232	23972
		50	24233	23973
		63	24234	23974

## Disjoncteurs C60N courbe C

## Fonction et utilisation

Commande et protection contre les surintensités de circuits.

## Caractéristiques :

- calibres : 0,5 à 63 A réglés à 30 °C
- tension d'emploi : 440 V CA
- pouvoir de coupure :

□ selon NF C 61-410 (EN 60 898) :

calibre (A)	type	tension (V CA)	P. de C. (A)
0,5 à 63	uni	230 à 400	6 000
	uni + N	230	6 000
	bi-tri-tétra	400	6 000

□ selon NF C 63-120 (CEI 947-2)

(cycle O-FO) :

calibre (A)	type	tension (V CA)	P. de C. Icu (kA)
0,5 à 63	uni	230 à 240	10
		400 à 415	3 (1)
	uni + N	230 à 240	20
	bi-tri-tétra	400 à 415	10

(1) Pouvoir de coupure sous 1 pôle en régime de neutre isolé IT (cas du défaut double).

- classe de limitation (NF C 61-410) : 3

■ 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

■ courbe de déclenchement : courbe C : les déclencheurs magnétiques agissent entre 5 et 10 I<sub>n</sub>

■ nombre de cycles (O-F) : 20 000

■ tropicalisation : exécution 2 (humidité relative 95 % à 55 °C)

■ raccordement : bornes à cage pour câble de :

□ 25 mm<sup>2</sup> jusqu'au calibre 25 A□ 35 mm<sup>2</sup> pour les calibres 32 à 63 A

■ agréés NF USE.

## Disjoncteurs C60N courbe B

## Fonction et utilisation

Commande et protection contre les surintensités de circuits avec protection des personnes en régimes IT et TN pour des longueurs de câbles plus importantes qu'avec la courbe C.

## Caractéristiques :

- calibres : 10 à 63 A réglés à 30 °C

■ courbes de déclenchement : courbe B : les déclencheurs magnétiques agissent entre 3 et 5 I<sub>n</sub>

■ autres caractéristiques : identiques à celles du C60N courbe C.

## Disjoncteurs C60N courbe D

Voir page suivante.

Accessoires : pages A62 et A63.

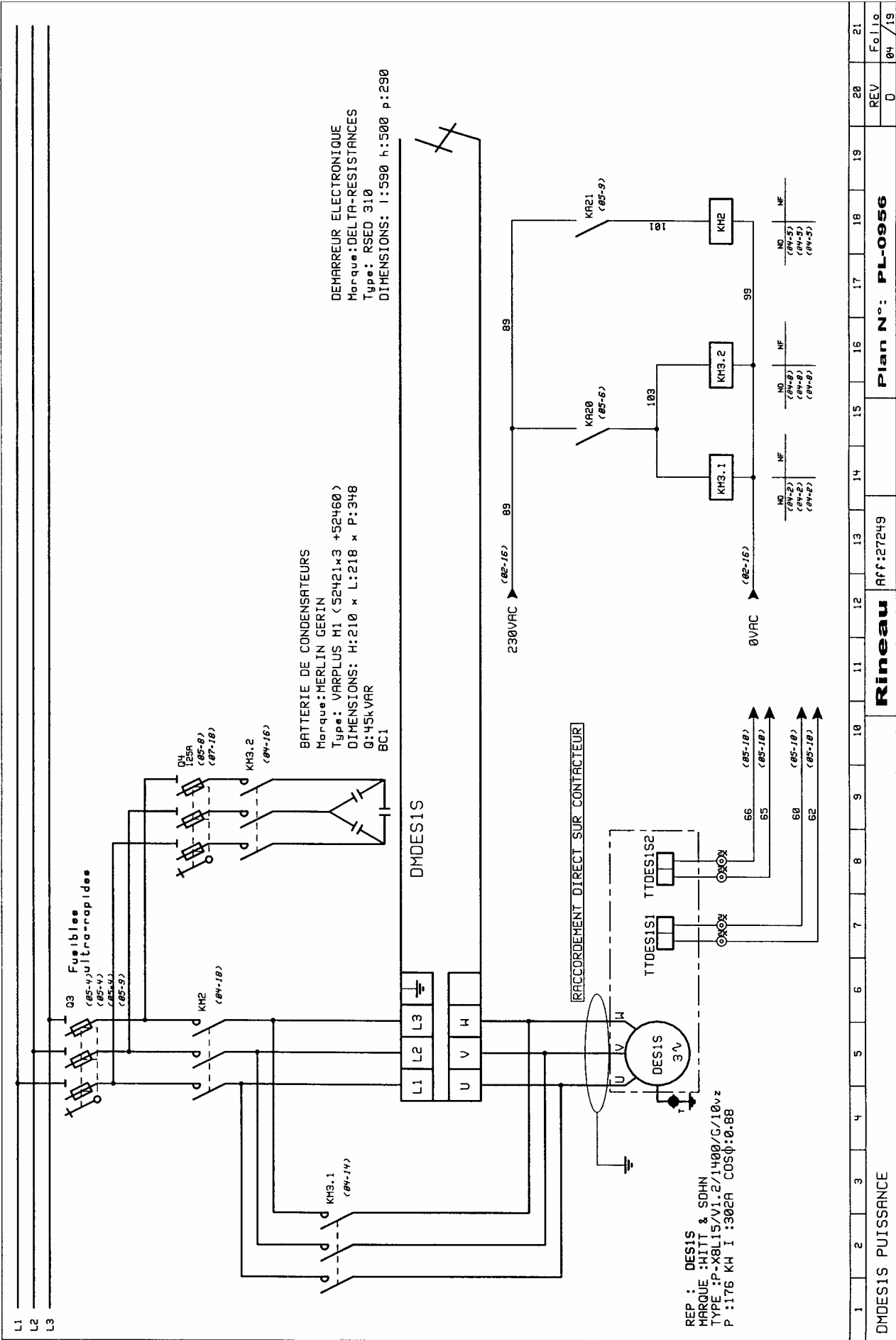
Auxiliaires électriques : page A61.

Dimensions : pages A192 à A200.

Courbes : pages K(2a).

Protection des circuits : pages K(1c).

Annexe C.1 : schéma ventilateur de désenfumage



## Annexe C.2 : relevés sur batterie de condensateurs

