

## 1. PARTIE A

L'ensemble du site de Contrexéville est alimenté en 20 kV par 2 lignes aéro-souterraines. Le contrat EDF est de type Tarif VERT A8.

La puissance de court-circuit au point de raccordement est d'environ 120 MVA.

Les arrivées EDF se font dans le poste 1. Ce poste sert à l'alimentation des différents autres postes répartis sur tout le site de l'usine. (Documents présentation P7 et P8)

Les câbles d'alimentation des différents postes sont de type MTS 220. Ils sont tous posés sur chemin de câble et cheminent en général seul. Le parcours des câbles est complexe, c'est pourquoi on considère par sécurité qu'ils sont montés avec un autre circuit. Température maximale 40 °C.

### Etude de l'installation existante :

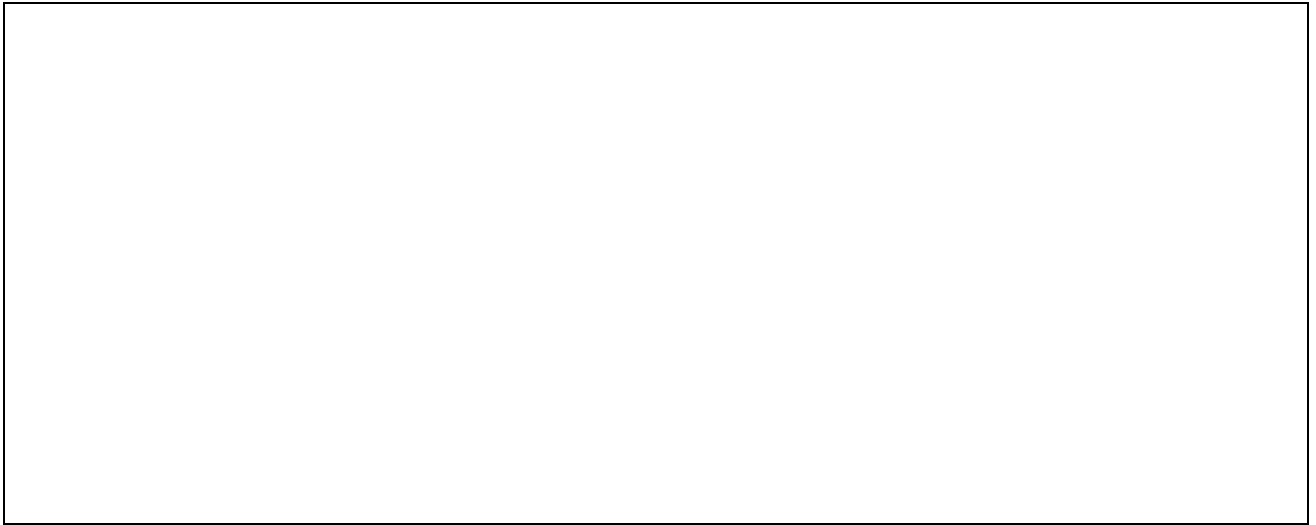
1. Quel est le type de raccordement au réseau EDF utilisé pour l'usine ? Quels sont ses avantages ?

2. Quels sont les critères de choix de la cellule d'arrivée DDM ?  
(Documents ressources R1 et R2)

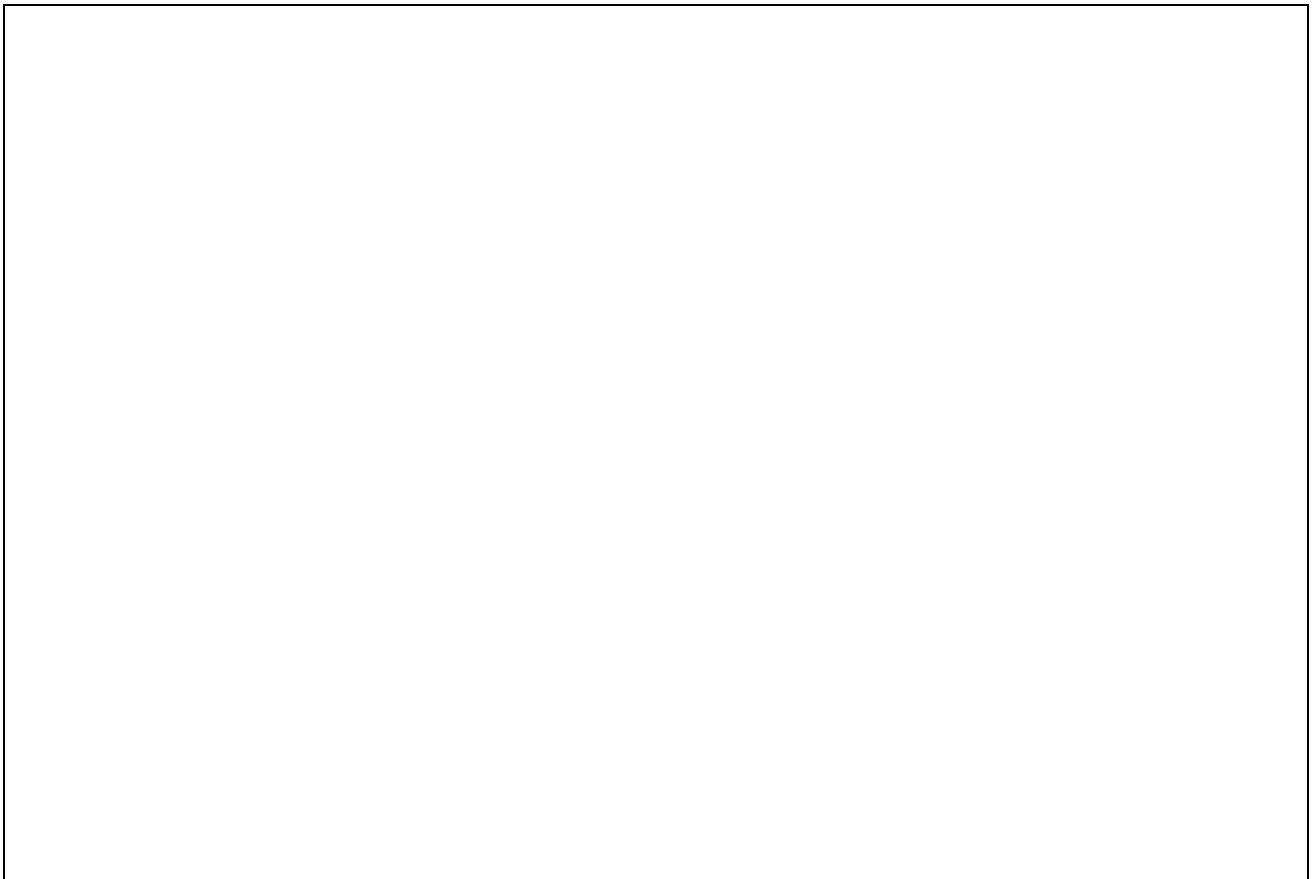
Pour cette question, on admettra que les coefficients correcteurs des câbles en BT sont utilisables.

3. Justifier le réglage thermique des modules de protection SEPAM installés sur les cellules alimentant les différents postes par rapport à l'utilisation et aux câbles. Voir Tableau récapitulatif des réglages.  
(Documents ressources P10, P11, R5 à R10)

4. La sélectivité utilisée entre la cellule DM2 du poste 1 et les différents départs poste est de type Logique. Donner le principe de cette sélectivité.



5. Justifier l'emploi de ce type de sélectivité dans le cas présent.



6. A l'aide du schéma interne de la cellule DM2, (Documents ressources R2 et R3) donner la désignation et le rôle des éléments suivants :

repère	désignation	rôle
Q3-Q31		
T1-T2-T3		
T4		

7. De quoi dépend le réglage minimum du seuil de déclenchement de la protection dont le courant de défaut est détecté par T4 ?

8. Indiquer la succession d'opérations à effectuer pour ouvrir le panneau de la cellule DM2. (Documents ressources R4)

9. Quel niveau d'habilitation minimum faut-il pour effectuer ces opérations ?

Modification d'installation :

L'exploitant désire modifier la distribution HTA de l'usine de façon à permettre l'alimentation en boucle des différents postes. Pour réutiliser au maximum le matériel existant 2 boucles sont créées, alimentées par 2 des anciennes cellules du poste 1 :

Boucle N° 1 : Poste 1 – Poste 10 – poste 5 – poste 8 - poste 1

Boucle N° 2 Poste 1 – Poste 12 – poste 2 – poste 11 - poste 1

10. Justifier l'intérêt d'une alimentation en boucle et ses inconvénients.

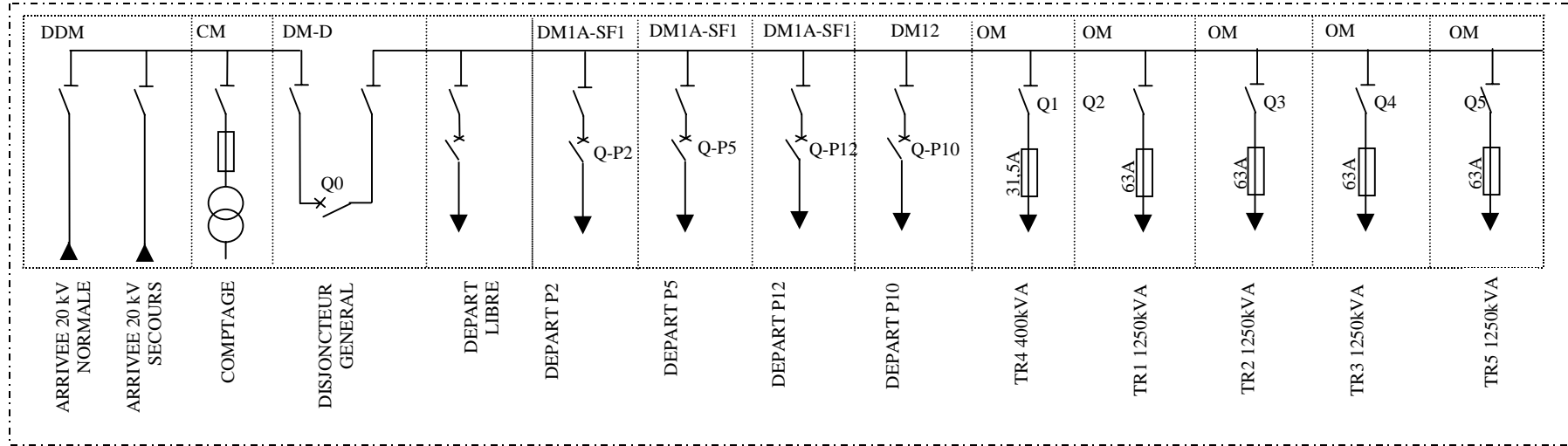
11. Justifier le fait que l'alimentation en antenne du poste 13 à partir du poste 12 ne soit pas modifiée.  
(Documents présentation P6, P7, P8 et P10)

12. Donner le schéma de la boucle N° 2 et choisir le matériel nécessaire et donner ses caractéristiques.  
Répondre sur le document réponse ci-joint A6 et (Documents ressources R1, R2)

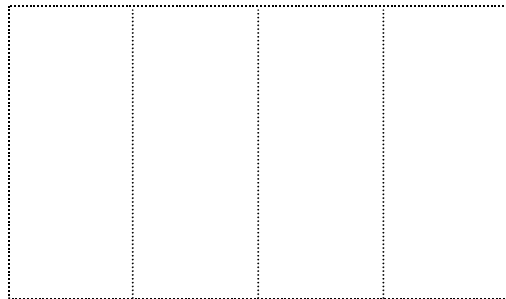
Choix du matériel nécessaire :

# DOCUMENT REPOSE

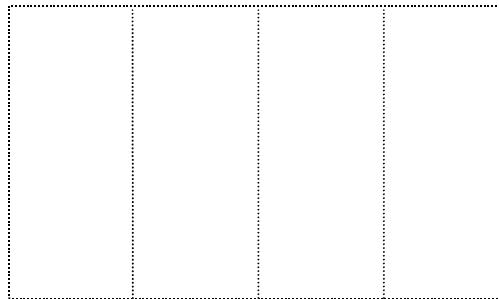
## POSTE 1



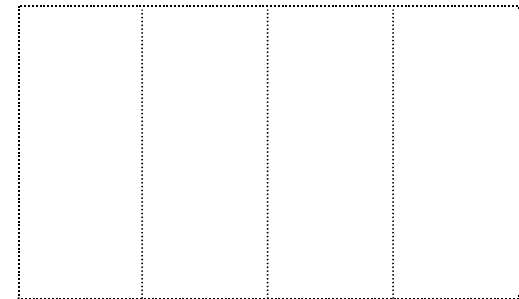
## POSTE 2



## POSTE 11



## POSTE 12



Pour cette question, on admettra que les coefficients correcteurs des câbles en BT sont utilisables.

13. Déterminer les sections des câbles unipolaires Alu nécessaires pour réaliser cette boucle (Documents ressources R10, R12)

14. Déterminer le réglage thermique des protections de cette boucle.

15. Evaluer la chute de tension maximale dans le cas le plus défavorable. (Documents ressources R12)

## **PARTIE B**

Cette partie concerne le poste de transformation du poste 1

### **INSTALLATION B.T.**

#### **Poste 1**

#### **PROTECTION DES CIRCUITS :**

1. En fonctionnement normal, les transformateurs TR1 et TR2 sont couplés en parallèle.  
Donner les conditions générales de couplage de 2 transformateurs en parallèle :

2. Calculer par la méthode des impédances les courants de courts-circuits, en aval des transformateurs TR1 et TR2, au niveau des disjoncteurs QF1.1 et QF 2.2, et jusqu'au surpresseur 2.

(rappel :  $\rho$  = résistivité :  $22,5 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$  pour le cuivre et  $36 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$  pour l'aluminium).  
(Documents présentation P9 et P10)

Reporter les valeurs dans le document réponse B2

Partie d'installation	Caractéristiques techniques	Résistance (mΩ)		Réactance (mΩ)		RT	XT	Icc en
		Détails de	Résult.	Détails de	Résult.			
Réseau amont	120 MVA		R1 Néglige		X1			
Transformateurs	Voir document R15		R2		X2			
Liaison Transformateurs/ Disj QF1.1 et QF2.1	6 m - cuivre 4x240mm <sup>2</sup> /phase Neutre = 2 x 240mm <sup>2</sup>		R3	$\lambda = 0,08$ mΩ.m <sup>-1</sup>	X3			
Disjoncteurs QF 1.1 Q F 2.1			R4 Néglige	X = 0,15 mΩ/nôle	X4			
Jeu de barres	PH = 3 barres de 100x5mm N = 1 barre de 100x5mm		R5 Néglige	$\lambda = 0,15$ mΩ.m <sup>-1</sup>	X5			
Disjoncteurs Q F 2.2			R6 Néglige	X = 0,15 mΩ/nôle	X6			
Câble surpresseur N°2  R2	U 1000 AR 2V 2x120mm <sup>2</sup> /ph PE= 1x120mm <sup>2</sup> L=45m		R7	$\lambda = 0,08$ mΩ.m <sup>-1</sup>	X7			

3. Vérification des caractéristiques des dispositifs de protection du surpresseur N° 2.

Référence moteur : KN7 355L-DX0

Le disjoncteur QF 2.2 est équipé d'un déclencheur STR 23 SE.

$I_o$  est sur la position 1

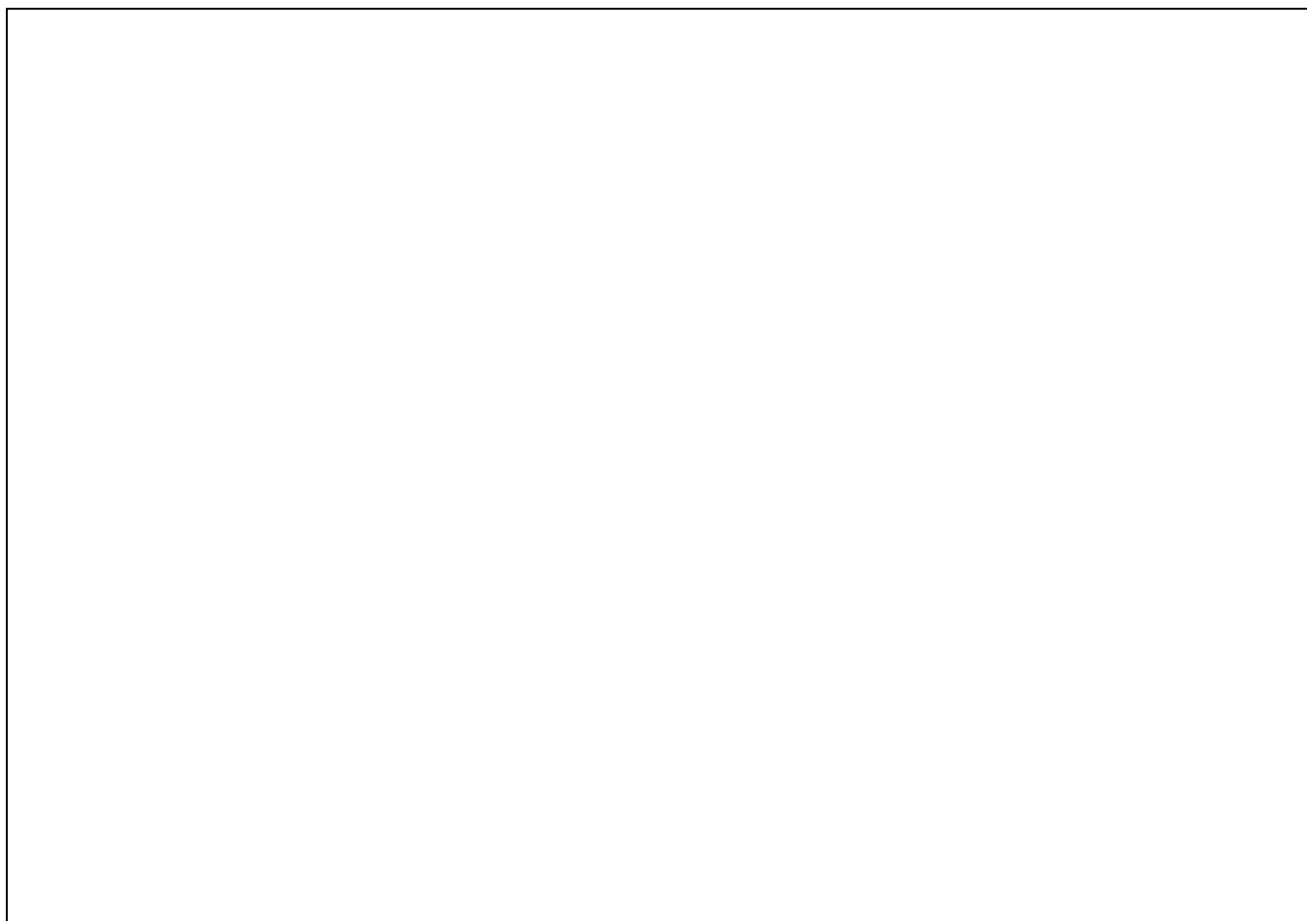
$I_r$  est sur la position 0.98

$I_m$  est sur la position 7 avec une précision de  $\pm 15\%$

Justifiez le réglage des protections. (Documents ressources R13 à R16)



4. Calculez la chute de tension en ligne au niveau du surpresseur N°2 en fonctionnement normal et au démarrage, sachant que  $I_d \text{ moteur} = 3 I_n$  (limité par démarreur) et  $\cos\phi_d = 0,35$ . Commentez les résultats.



5. Vérification des conditions de déclenchement du disjoncteur en régime IT, neutre distribué.

Démontrez que la protection n'est plus assurée lorsque :

$$L_{\max} = \frac{0,8 \times U_0 \times S_{ph}}{2 \rho (1 + m) \times I_{\text{magn.}}}$$

$U_0$  = tension réseau

$S_{ph}$  = section des phases en mm<sup>2</sup>

$\rho$  = résistivité :  $22,5 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$   
pour le cuivre et  $36 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$   
pour l'aluminium.

$m = S_{ph}/S_{pe}$

$I_{\text{magn}}$  = courant de déclenchement du dispositif magnétique.

Pour cette démonstration, on admet :

- que la tension entre les conducteurs en défaut est égale à 80% de la tension réseau.
- Que le cas le plus défavorable se produit lorsque le 2<sup>ème</sup> défaut apparaît sur un circuit identique au premier.

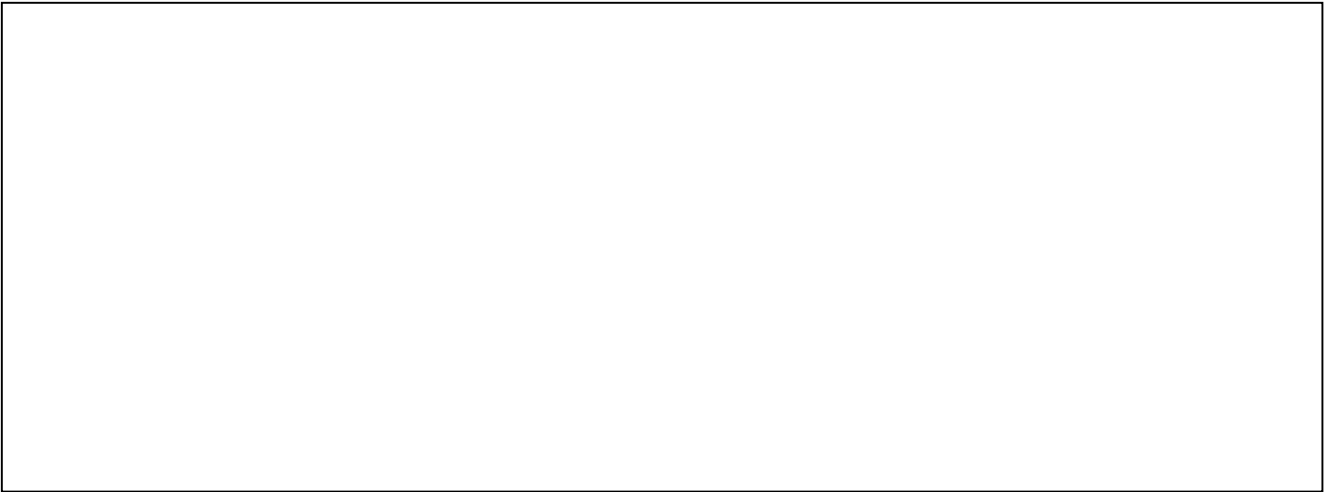
6. Pourquoi est-il préférable de ne pas distribuer le Neutre, lorsque cela est possible ?

Justifiez votre réponse :

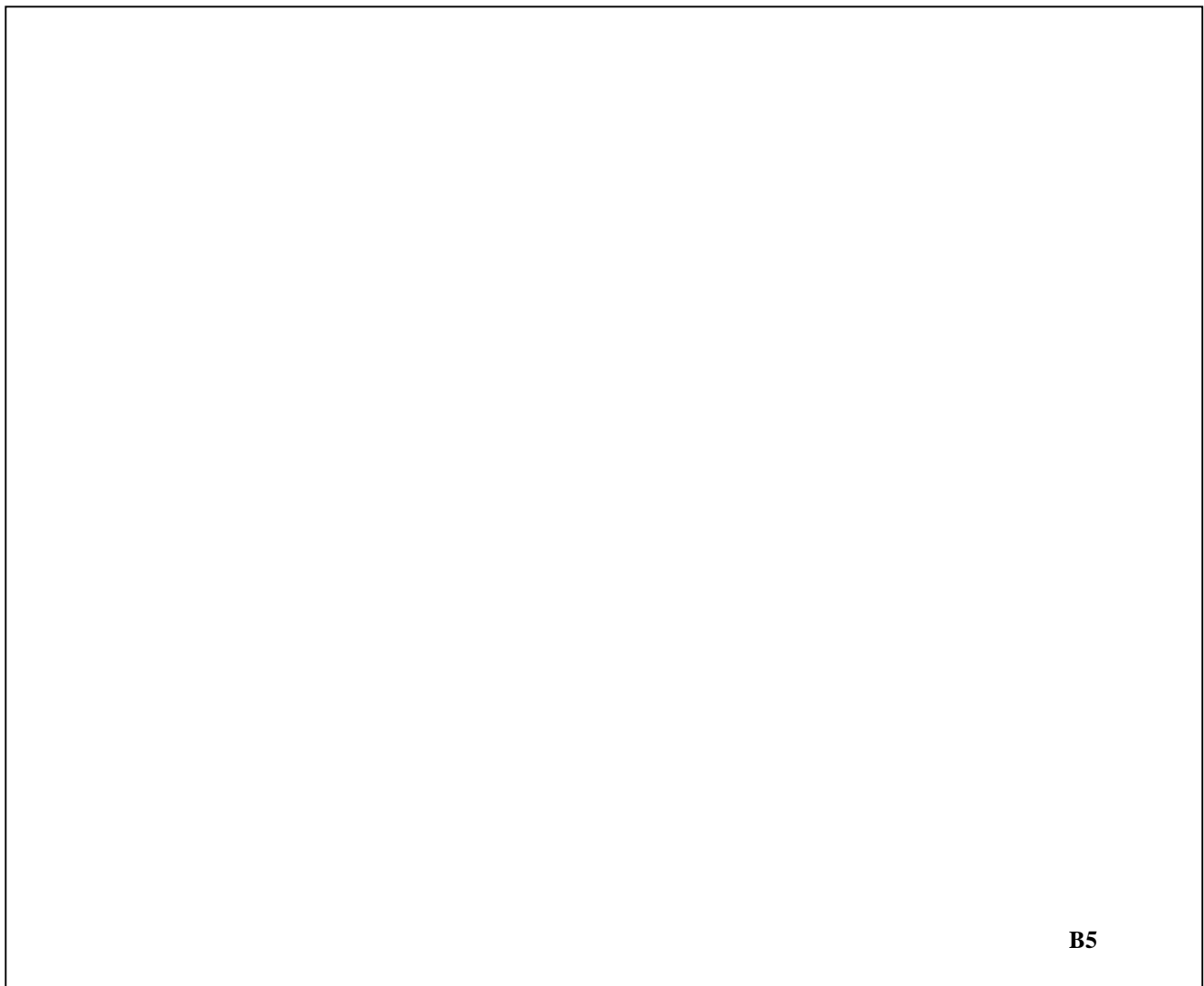
**B4**

7. Vérifiez si la protection des personnes est toujours assurée dans le cas d'un contact indirect au niveau du surpresseur N°2, au 1<sup>er</sup> ou au 2<sup>ème</sup> défaut. (Documents présentation P10)

La tolérance sur le magnétique est de +/- 15%



8. Justifiez la puissance de la batterie de condensateurs de 480kVAR installée sur le poste 1 (surpresseurs 1,2,3,4,5) ( document de présentation P9).



## PARTIE C

### **SUPRESSEUR 40 bars**

Le sous système retenu pour cette partie est la production d'air 40 bars qui alimente les souffleuses.

Les bouteilles PET sont réalisées dans des souffleuses, à partir d'une préforme chauffée à 115°C environ et sous une forte pression. (voir document présentation P2).

Pour satisfaire aux besoins des différentes souffleuses on dispose de quatre surpresseurs

DESH 225, 315 kW - 3 x 400 V, et d'un surpresseur de 225 kW - 50 Hz avec démarrage progressif.

Pour cette partie on étudiera le surpresseur n°3.

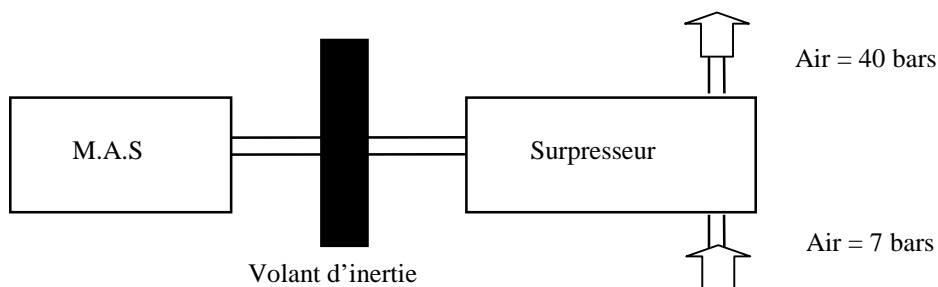
### Etude de l'installation existante :

#### Motorisation du surpresseur :

Les surpresseurs utilisés sont des compresseurs bicylindres qui permettent d'obtenir une pression de 40 bars à partir d'une source d'air de 7 bars.

Le débit volumétrique réel, est de 145 m<sup>3</sup>/h à la pression de 40 bars.

Le compresseur est entraîné par un moteur asynchrone triphasé, un volant d'inertie permet de réguler la vitesse de rotation.



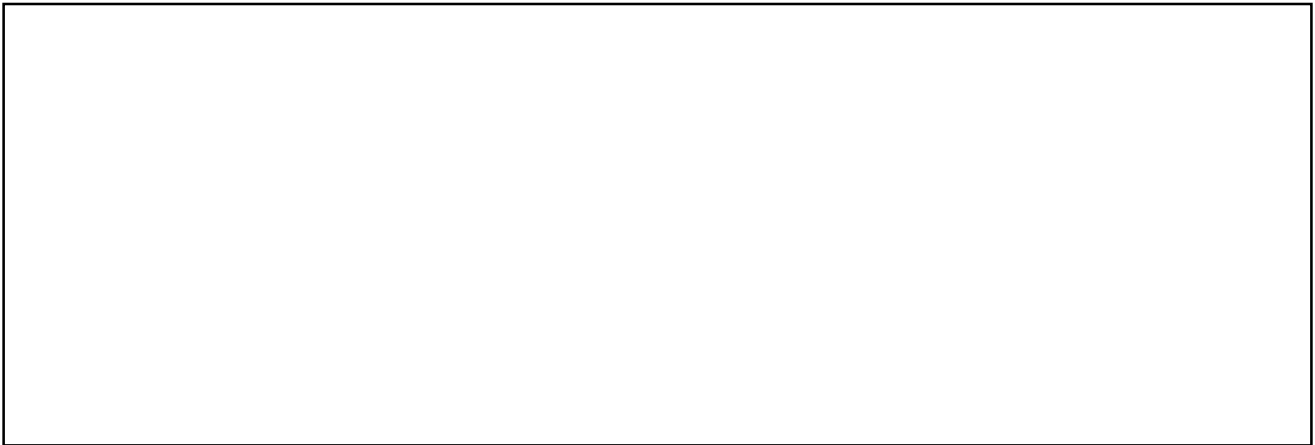
#### On demande :

1. Montrer que la puissance pneumatique de sortie du surpresseur s'exprime  $P_{ps} = Q \times p$

Rappel : 1bar = 10<sup>5</sup> Pa

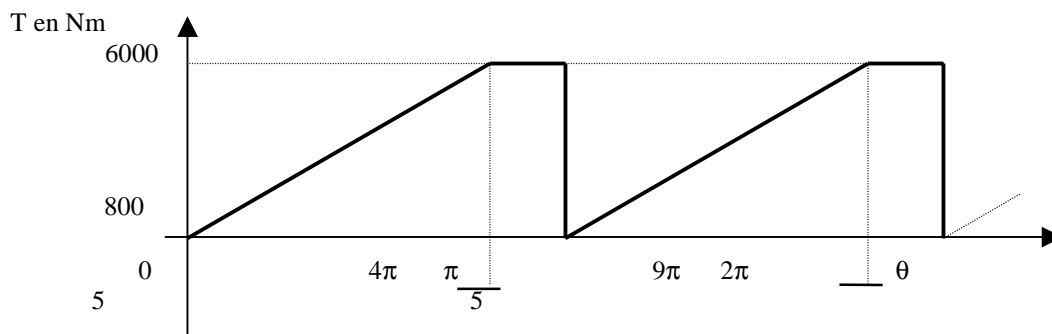
Q = débit  
p = pression

2. Déterminer la puissance nécessaire  $P_p$  à l'élévation de l'accroissement de pression dans le surpresseur P3.



3. Le couple instantané sur l'arbre moteur (T) d'entrée du surpresseur en fonction de l'angle de rotation  $\theta$  à l'allure suivante:

Diagramme pour un tour



Déterminer le travail fourni par l'arbre moteur pour un tour .



4. Calculer la puissance moyenne fournie au surpresseur, le couple moteur moyen et le rendement du surpresseur sachant que le moteur tourne à 742 tr/mn.

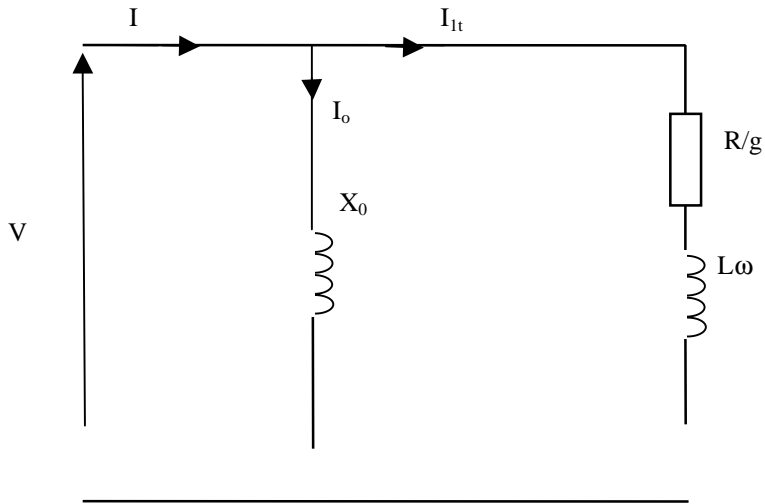


5. Justifier le choix du moteur asynchrone. (Documents ressources R16)



### Démarrage du moteur d'entraînement du surpresseur.

Le schéma équivalent simplifié ramené au primaire du moteur asynchrone est le suivant:



6. Montrer que l'expression du couple électromagnétique  $T_{em}$  peut s'exprimer sous la forme:

$$T = \frac{3 g R}{\Omega_s} \times \frac{V^2}{R^2 + g^2 L^2 \omega^2}$$

7. Donner l'expression du couple de démarrage.

8. Dans le cas d'un démarrage en limitation de courant à  $I_{dR}$ , montrer que l'on peut exprimer le couple de démarrage  $T_{dR}$  de la façon suivante:

$$\frac{T_{dR}}{T_n} = \frac{T_d}{T_n} \times \left( \frac{I_{dR}}{I_n} \right)^2$$

9. Quelles sont les hypothèses utilisées dans l'élaboration de cette relation ?

10. Quels sont les avantages de l'utilisation d'un démarreur progressif dans ce type d'application.

11. Lorsque le surpresseur est à l'arrêt, son couple de décollage  $T_0$  est d'environ 2000 Nm .  
 Déterminer le réglage minimal de la limitation de courant du démarreur pour permettre le décollage.

12. Effectuer la fiche de réglage du démarreur calibre C66 nécessaire pour fonctionner dans les conditions suivantes.

On s'intéresse aux caractéristiques suivantes :

- un réglage du courant de démarrage.
- une phase de démarrage d'environ 15 s
- une phase d'arrêt en roue libre
- une protection thermique moteur classe 10
- un temps de démarrage inférieur à 20 secondes avant déclenchement

(documents ressources R17 à R23)

PARAMETRES	REGLAGE	JUSTIFICATION

## PARTIE D

L'étude porte sur le chauffage infrarouge des préformes.

L'air comprimé produit par les surpresseurs permet le préformage des bouteilles PET. Le cycle de préformage décrit sur le document de présentation P4 comprend 4 séquences :

- le chauffage
- l'étirement
- pré-soufflage
- soufflage à 40 bars.

Chauffage infrarouge : (voir documents présentation P3 à P5))

1. Citer les principales caractéristiques du chauffage par infrarouge.

2. Quels sont les éléments nécessaires au choix d'un émetteur infrarouge ?

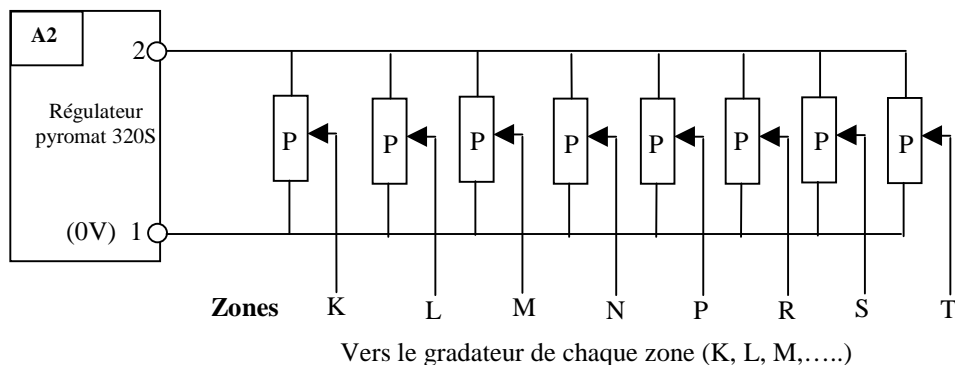
3. Lorsque l'on réduit la tension d'alimentation d'une lampe infrarouge on observe une augmentation de la longueur d'onde émise (déplacement des ondes courtes vers les ondes moyennes).

Justifier ce phénomène et son influence sur la chauffe des préformes.

## Génération des consignes gradateurs : (document de présentation P5)

Le régulateur permet de générer une consigne tension 0 – 10 V sur l'ensemble des gradateurs, un montage potentiométrique permet d'ajuster la puissance de chauffe de chaque zone.

Le schéma de montage utilisé est le suivant :



4. La sortie du régulateur délivre au maximum un courant de 10 mA, (documents ressources R24 et R25).  
Quelle doit être la valeur d'un potentiomètre P ? Préciser les hypothèses de calculs, s'il en existe.

5. Vérifier que le courant de sortie du régulateur pyromat 320S est compatible avec les besoins des gradateurs. (documents ressources R24 et R25)

### Etude du gradateur de la zone M :

Les lampes utilisées sont des lampes Halogènes 2000W – 230V

Les 9 lampes d'une zone sont alimentées par un gradateur triphasé à angle de phase alimenté en 3\*400V + Neutre (montage équilibré). Le point neutre des lampes est relié au neutre du réseau.

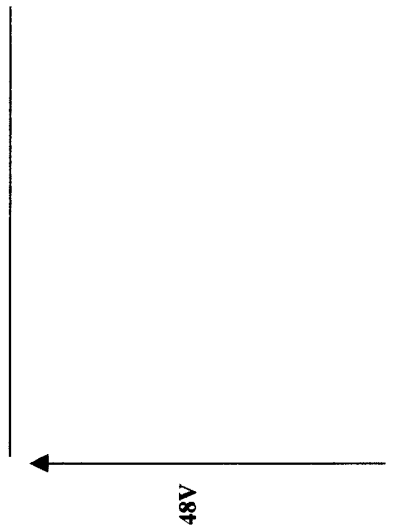
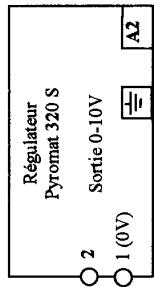
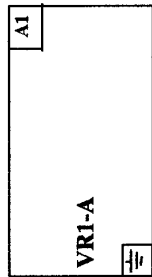
6. Déterminer l'angle  $\alpha$  de retard à l'amorçage pour une puissance de chauffe de 70% de la puissance maximale dans le cas de l'alimentation d'une lampe par un gradateur monophasé.  
On admet que la lampe se comporte comme une résistance de valeur constante.

7. Etablir les schémas électriques complets de la zone M

- Réseau 3 \* 400 V + Neutre.
- Un contacteur  $KM_M$  permet la mise sous tension de l'ensemble de la zone par l'intermédiaire d'un commutateur à 2 positions fixe  $S_M$
- Chaque lampe est protégée individuellement.
- Un dispositif (à préciser) permet de détecter la rupture d'une lampe et provoque l'arrêt de toute la zone.
- Le point neutre des lampes est relié au neutre de l'installation.
- La commande s'effectue en 48V ~

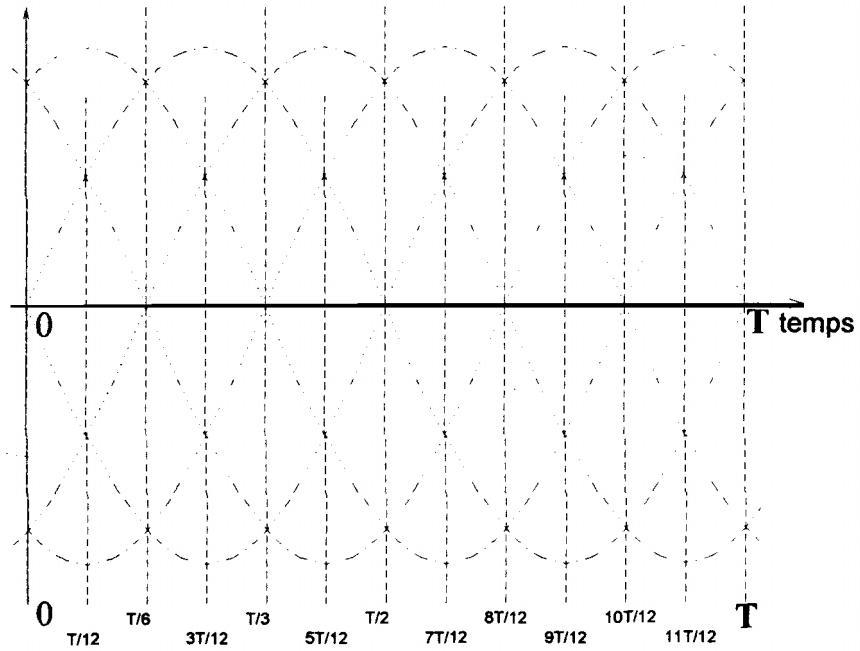
**DOCUMENT REPONSE**

Ph1  
Ph2  
Ph3  
N



8. tracer l'allure des courants dans chacune des phases pour un angle  $\alpha$  de  $90^\circ$  ainsi que l'allure du courant dans le neutre.

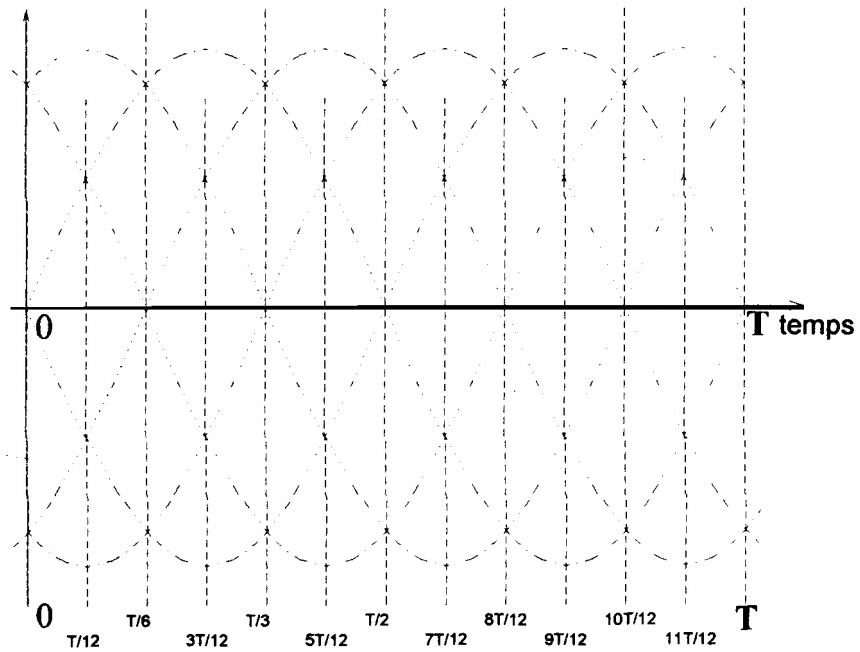
On rappelle que  $v_1(t) + v_2(t) + v_3(t) = 0$



$$v_1(t) + v_2(t) = -v_3(t)$$

$$v_1(t) + v_3(t) = -v_2(t)$$

$$v_2(t) + v_3(t) = -v_1(t)$$



9. Le courant dans le neutre est maximum pour  $\alpha = 90^\circ$ , exprimer le courant dans le neutre  $\hat{I}_N$  en fonction de I courant nominal pleine onde.  
Conclure sur le section du conducteur du neutre.