

Identification et réglages du régulateur

(Nathan : Régulation Tome 2 C Sermonade , A Toussaint)

Signature kT d'un système

Cette signature ne fait pas référence à une constante de temps, donc à l'hypothèse propre à un système naturellement stable.

L'idée de départ est que la réponse indicielle d'un système naturellement stable est très longue à obtenir et, sur un long intervalle de temps, on n'est jamais certain de disposer d'une courbe exploitable. En revanche, le point d'inflexion de la réponse indicielle est généralement obtenu à 20 pour cent du temps nécessaire à l'obtention de l'asymptote horizontale et la durée correspondante est donc relativement courte.

La signature kT d'un système utilise donc cette portion de la réponse indicielle.

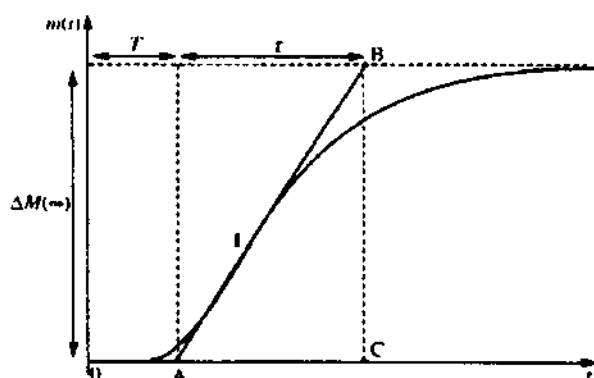
Signature d'un système naturellement stable

Soit un système représentable par un modèle de Brodia :

$$H(p) = K \frac{e^{-Tp}}{1 + \tau p}$$

Sa réponse indicielle réelle est fournie figure 1.

Fig. 1



La tangente au point d'inflexion I fait apparaître les points A et B aux intersections avec l'axe des temps et l'asymptote horizontale. Avec une marge d'erreur très faible, on peut admettre que la longueur OA correspond au temps mort T du modèle, la longueur AC correspondant à la constante de temps τ (voir fig. 2 chapitre 2 sur l'identification).

Rappel : Régulation adoptée en fonction du rapport T/τ et tableau de réglages.

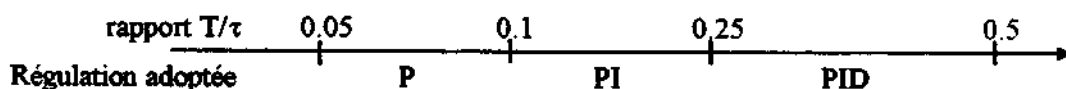


Tableau de réglages

Régulation	P	P.I. Parallèle	P.I.D. Parallèle
$X_p \%$	$125 K \cdot T/\tau$	$125 K \cdot T/\tau$	$120 \cdot \frac{T}{\tau + 0,4 T}$
T_i		$K \cdot T / 0,8$	$K \cdot T / 0,75$
T_d			$0,35 \cdot \tau / K$

Avec :

X_p : Bande proportionnelle en %

T_i : constante de temps d'intégration

T_d : constante de temps de dérivation

T : temps de retard du système en boucle ouverte

τ : constante de temps du système

K : Gain statique du système

2 Le groupe électrogène

Lors de la disparition de la tension du réseau E.D.F. 20 kV, une partie des équipements est secourue en B.T. par le groupe électrogène comportant notamment un alternateur triphasé de classe H qui fonctionne en secours ($T^{\circ} 40^{\circ}\text{C}$), la durée de l'interruption étant comprise entre 5 et 15 secondes. Ce groupe doit être capable de fournir l'énergie électrique sous une tension entre phases (U_n) = 400 V, à différents appareils dont la puissance totale (P_t) = 920 kW sous un $\cos \varphi$ de 0,85 (charge inductive).

Le neutre du réseau B.T. est directement mis à la terre et distribué. la tension de service produite par l'alternateur du groupe, couplé en étoile, est :

400V entre phases,
230V entre phase et neutre.

Il n'y a pas de batterie de condensateurs pour la compensation de l'énergie réactive.

2 A partir de la documentation fournie, choisir l'alternateur et donner sa référence.

2 1 Etude en court-circuit :

Les constructeurs définissent la réactance unitaire en ohms : $X_u = V / I$ avec I courant en ligne et V tension simple. (Note : Sur la documentation technique les réactances sont indiquées en % de la réactance unitaire.)

Par ailleurs, lors d'un court-circuit n'interviennent que les réactances longitudinales synchrones et la chute de tension due à la résistance induit est négligeable, on considère le régime non saturé.

2 1 1 Déterminer la réactance unitaire, puis la valeur du courant de court-circuit I_{cc1} lors d'un défaut entre phase et terre en régime établi (sans le booster) aux bornes de l'alternateur, pour une f.e.m E de 460 V entre phases:

$$\begin{array}{lll} \text{Rappel :} & \underline{I}_1 = \underline{I}_d + \underline{I}_i + \underline{I}_o & \underline{V}_1 = \underline{V}_d + \underline{V}_i + \underline{V}_o & \underline{V}_d = \underline{E} - j X_d \cdot \underline{I}_d \\ & \underline{I}_2 = a^2 \underline{I}_d + a \underline{I}_i + \underline{I}_o & \underline{V}_2 = a^2 \underline{V}_d + a \underline{V}_i + \underline{V}_o & \underline{V}_i = -j X_i \cdot \underline{I}_i \\ & \underline{I}_3 = a \underline{I}_d + a^2 \underline{I}_i + \underline{I}_o & \underline{V}_3 = a \underline{V}_d + a^2 \underline{V}_i + \underline{V}_o & \underline{V}_o = -j X_o \cdot \underline{I}_o \end{array}$$

Avec :

\underline{E} : Tension simple

\underline{V}_d : Tension directe

\underline{I}_d : Courant direct

X_d : Réactance longitudinale synchrone directe

\underline{V}_i : Tension inverse

\underline{I}_i : Courant inverse

X_i : Réactance longitudinale inverse

\underline{V}_o : Tension homopolaire

\underline{I}_o : Courant homopolaire

X_o : Réactance homopolaire

2 1 2 Dans la pratique, lors d'un défaut, le booster permet d'avoir un courant permanent de court-circuit de $3 \times I_n$. Quel est l'intérêt d'utiliser un booster ?

2 1 3 Calculer la valeur d'un court circuit triphasé, lors des phases subtransitoire et transitoire. Déduire de ces valeurs et des caractéristiques constructeur l'allure du courant de court-circuit en fonction du temps ($I_{cc \text{ eff.}} = f(t)$).

2 1 4 Choisir le déclencheur à associer au disjoncteur D GE (Merlin Gérin CM 2000 $I_n = 2000$ A) Proposer les valeurs de réglage : (I_r , I_m , et t_r) du déclencheur pour avoir une sélectivité totale avec le disjoncteur en aval : (Dsec)

2 2 Etude de la régulation de tension

On se propose dans cette partie d'étudier et de mettre en œuvre le régulateur.

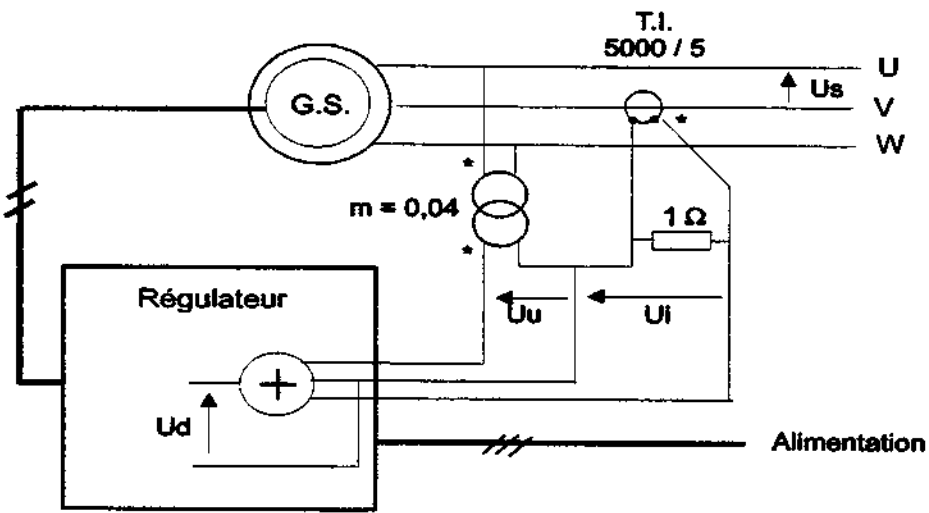
2 2 1 Pour la charge nominale avec un $\cos \varphi = 0,8$ AR :

Tournez la page S.V.P.

- déterminer la chute de tension en charge à l'aide de la notice technique « Régulateur et booster de l'alternateur »,
- tracer le diagramme vectoriel simplifié à une réactance synchrone en négligeant la résistance,
- en déduire la valeur de la réactance synchrone ($L\omega$).

2 2 2 Si on souhaite obtenir une tension constante de 400 V entre phase en sortie pour la charge nominale, avec un $\cos \phi$ pouvant varier entre 0,8 Avant et 0,8 Arrière, déterminer graphiquement la plage de variation de la F.E.M. : (E_c).

La tension de retour : (U_d) du régulateur de tension est élaborée à partir des signaux (U_u) et (U_i). Conformément au schéma ci-dessous :



2 2 3 Pour le régime de fonctionnement nominal et avec un $\cos \phi = 0,8$ AR tracer le diagramme vectoriel des tensions afin de déterminer la valeur de (U_d). En déduire :

- de quelles grandeurs électriques dépend U_d .
- l'intérêt de ce montage, (notamment dans le cas du fonctionnement de deux alternateurs en parallèle)

2 2 4 Donner le schéma de la partie puissance d'alimentation de l'inducteur de l'alternateur.

2 2 5 Donner le schéma complet de raccordement du régulateur et de l'alternateur en amont du disjoncteur. Prévoir et implanter sur le schéma, les appareils nécessaires pour afficher le courant d'excitation, la tension délivrée entre les phases, le courant débité sur une phase et le $\cos \phi$. Par ailleurs, un potentiomètre extérieur doit permettre d'ajuster la tension de consigne.

2 3 Etude harmonique:

En fonctionnement avec le groupe de secours, les tensions harmoniques présentes sur le réseau sont créées :

- par l'alternateur du groupe de secours, qui peut se comporter comme une source de tension harmonique,
- par les équipements qui se comportent comme des sources de courant harmonique.

Distorsion harmonique lors du fonctionnement de l'alternateur à vide

Les mesures des tensions harmoniques aux bornes de l'alternateur lors du fonctionnement à vide ont permis de déterminer le rapport E_h/E_1 :

h	1	3	5	7	9	11	13	15
E_h/E_1	1	$34,2 \cdot 10^{-3}$	$16,4 \cdot 10^{-3}$	$9,6 \cdot 10^{-3}$	$5,5 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$0,7 \cdot 10^{-3}$

2 3 1 Evaluer le taux global de distorsion harmonique en tension en aval de l'alternateur du groupe électrogène lorsqu'il fonctionne à vide.

Est-il compatible avec :

- les normes E.D.F.,
- les recommandations E.D.F. (voir 1 5 page 5)?

Distorsion harmonique lors du fonctionnement de l'alternateur en charge

On désigne par :

I_{vh} les harmoniques de courant issus du T.G.B.T. VIABI

I_{fh} les harmoniques de courants issus du T.G.B.T. FAB

E_h tension harmonique fournie par l'alternateur fonctionnant à vide

X''_q l'impédance de l'alternateur pour les courants directs et inverses

X_0 l'impédance de l'alternateur pour les courants homopolaires

$X_{l,d}$ l'impédance de la ligne en amont du point C pour les courants directs et inverses

$X_{l,0}$ l'impédance de ligne en amont du point C pour les courants homopolaires

Rappels :

Les courants absorbés par les enroulements statoriques u, v, w de l'alternateur peuvent s'exprimer, en notation complexe, par :

$$I_{ua} = I_n \exp(j(n.\omega.t + \varphi_n))$$

$$I_{va} = I_n \exp(j(n.(\omega.t - 2.\pi/3) + \varphi_n))$$

$$I_{wa} = I_n \exp(j(n.(\omega.t + 2.\pi/3) + \varphi_n))$$

avec I_n et φ_n amplitude et déphasage de l'harmonique de courant de rang n.

2 3 2 Montrer que :

- les harmoniques d'ordre $6.k+3$ avec k entier créent dans l'alternateur des champs stationnaires,
- les harmoniques d'ordre $6.k+1$ avec k entier créent dans l'alternateur des champs qui tournent dans le même sens que le champ fondamental,
- les harmoniques d'ordre $6.k-1$ avec k entier créent dans l'alternateur des champs qui tournent dans le sens inverse du champ fondamental.

2 3 3 Rédiger le modèle équivalent d'une phase de l'installation vue du point C.

2 3 4 Exprimer pour chaque harmonique h la tension au point C en fonction de E_h , I_{fh} , I_{vh} , X''_q , X_0 , $X_{l,0}$, $X_{l,d}$ et h.

3 Etude de l'alimentation sans interruption dynamique

L'alimentation des appareils sensibles, pour lesquels il faut veiller à la continuité de service, est assurée par une alimentation dynamique sans coupure. Sa puissance nominale est de $(S_n) = 150$ kVA.

3 1 La batterie

On se propose de choisir la batterie nécessaire pour assurer une autonomie de fonctionnement de 10 minutes. Les éléments de la batterie sont de type Nickel Cadmium, avec une tension maximum de charge de 1,42 v par élément.

3 1 1 Déterminer la puissance de la batterie (P_b) en considérant le rendement η du monobloc et du mutateur = 0,94.

3 1 2 Calculer le nombre d'éléments nécessaire pour la batterie : (N_e)

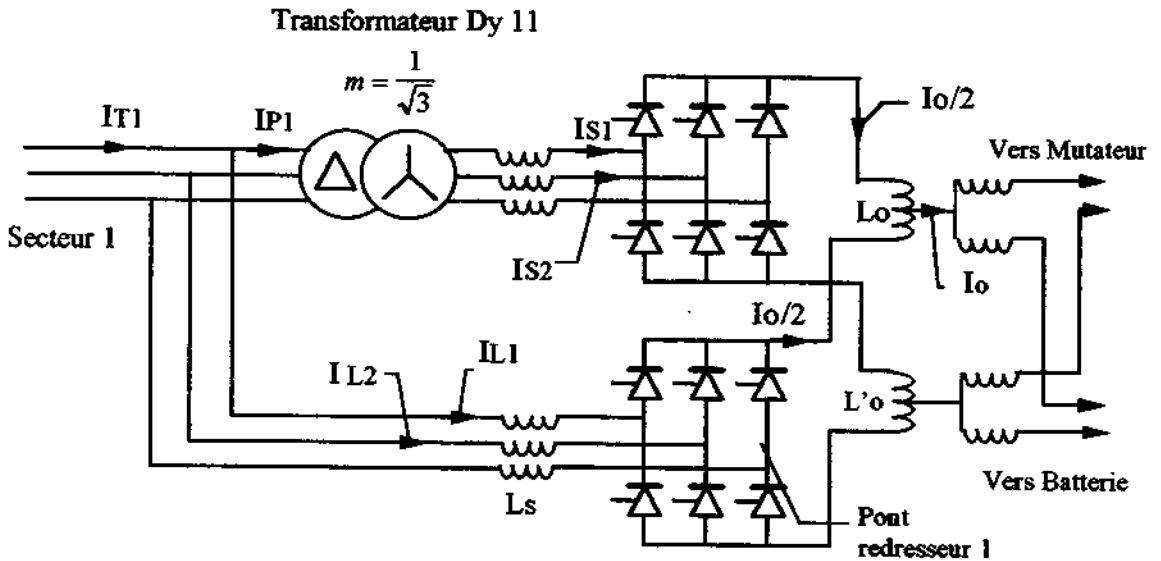
3 1 3 Indiquer la valeur de la tension minimale (tension d'arrêt) pour un élément : (U_{at})

3 1 4 Calculer la puissance par élément (P_{el}) et choisir le type de batterie.

Tournez la page S.V.P.

3 2 Le redresseur chargeur

Ci dessous le schéma global du montage redresseur chargeur de batterie



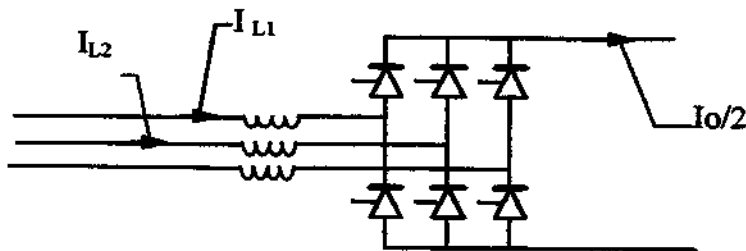
Les inductances à point milieu L_o et $L'o$ ont pour fonction de conserver un débit continu pour chaque montage redresseur et d'éviter un courant de circulation entre redresseurs.

3 2 1 Justifier l'utilisation des montages tout thyristor pour les redresseurs.

Etude des courants

Hypothèse : Pour cette étude, on négligera l'empiètement anodique et on considère I_o parfaitement lissé.

♦ Etude harmonique des courants du montage redresseur 1



3 2 2 En utilisant le document réponse annexe1 et en se référant au schéma ci-dessus, donner l'allure en fonction du temps et de I_o des courants : I_{L1} , I_{L2} .

3 2 3 Calculer la valeur efficace (I_L) du courant en ligne (I_{L1}) et la valeur efficace du fondamental (I_{LF}) en fonction de I_o .

3 2 4 En déduire le taux global de distorsion du courant en ligne : (DI_L)

♦ **Etude harmonique des courants de l'ensemble redresseur (Voir schéma global du redresseur chargeur ci-dessus)**

3 2 5 Compléter le document réponse 1 et donner l'allure en fonction du temps et de (I_0) des courants :

I_{S1} , I_{S3} , I_{P1} et I_{T1}

3 2 6 Calculer la valeur efficace (I_T) du courant en ligne (I_{T1}) et la valeur efficace du fondamental (I_{TF}) en fonction de (I_0).

3 2 7 En déduire le taux global de distorsion du courant en ligne : (DIT). Justifier d'un point de vue technico-économique la solution retenue.

♦ **Etude de synthèse du courant absorbé sur le secteur 1**

Hypothèses :

- L'alimentation dynamique est alimentée uniquement par le secteur 1 elle fonctionne à sa puissance nominale, la charge présente un $\cos \varphi = 0,8$ AR.
- La batterie est en « floating » on considère I batterie négligeable.
- Le rendement du mutateur et du monobloc \cong rendement général de l'uniblock = 94 %.
- On considère que la tension d'entrée entre phases sur le secteur 1 est de 400V . La distorsion pour cette tension est négligeable.

3 2 8 Calculer pour le point de fonctionnement nominal :

- le courant I_0
- le fondamental du courant absorbé sur le secteur 1 (I_{TF})

3 2 9 Montrer à partir des relations obtenues en 3 2 6 et pour un $\cos \varphi 1 = 0,84$ ($\varphi 1$ déphasage entre V et I sur le secteur 1) que le facteur de puissance λ est de 0,83.

3 2 10 En déduire la valeur efficace (I_T) du courant en ligne (I_{T1}) et comparer aux valeurs déterminées en 3 2 6 .

Etude des tensions.

3 2 11 Afin de respecter le cycle de recharge de la batterie (voir doc technique page 20).

- Calculer le courant de charge de la batterie (on considère que $C_{10}=C_5$).
- Déterminer la plage de variation de la tension de charge délivrée par le montage redresseur. Les résistances des liaisons et des inductances sont négligeables devant celle des éléments de la batterie.

3 2 12 En déduire la plage de variation de l'angle de retard à l'amorçage. ($\theta 1$, $\theta 2$) des thyristors pour une tension d'entrée de 400V entre phases.

3 2 13 En utilisant le document réponse annexe 2 donner l'allure de la tension en sortie du montage redresseur global pour un angle d'amorçage de $\theta = 45^\circ$.

3 3 Etude du monobloc

3 3 Donner le schéma interne précisant les différents constituants électriques de la machine et les liaisons électriques et mécaniques entre ceux-ci. L'excitation est sans bague ni balais.

4 Etude du système de rafraîchissement

4 1 Production d'eau glacée

La machine frigorifique a pour fonction de produire et de distribuer de l'eau glacée aux équipements de climatisation. Trois pompes (P1, P2 et P3) d'une puissance unitaire de 15 kW assurent la circulation de l'eau glacée à destination des batteries froides des climatiseurs. Dès l'action de commande (Ma) une pompe est mise en fonctionnement.

Le graphe page 24 dans la documentation technique traduit le fonctionnement des pompes. Si la température mesurée en retour par un thermostat (TH 2) est supérieure à θ_2 durant un laps de temps t_1 , la pompe 2 est démarrée. Suivant l'évolution de la température mesurée on peut alors avoir : soit démarrage de la pompe 3 si de nouveau la température est supérieure à θ_2 durant un laps de temps t_1 , soit arrêt de pompe 2 si la température, mesurée par un thermostat (TH 1), devient inférieure à θ_1 (toujours durant un laps de temps t_1).

On a toujours une pompe en fonctionnement sauf lors d'une commande (At). L'ordre de fonctionnement des pompes est permuté toutes les semaines par commande impulsionnelle de l'automate : (Perm). Un défaut sur une pompe entraîne la fermeture d'un contact (D_1 pour la pompe 1, D_2 pour la pompe 2, D_3 pour la pompe 3) en cas de panne d'une pompe, on démarre automatiquement la pompe suivante.

4 1 1 Traduire à l'aide de graphet(s), le fonctionnement des pompes.

4 2 Régulation de température : rafraîchissement

Le schéma aéraulique du circuit de climatisation d'une salle blanche est donné dans la documentation technique page 25. La batterie froide permet, d'une part de refroidir l'air soufflé lors de la saison chaude et d'autre part de déshumidifier l'air.

4 2 1 Déterminer à partir du relevé de l'évolution de la température de l'air soufflé en fonction du temps, pour une variation brusque du signal de commande de 2V (doc technique page 26) :

- le gain statique K;
- la constante de temps du système τ ;
- son temps de retard (ou temps mort) T.

4 2 2 Choisir en fonction du rapport T/τ le type de régulateur.

4 2 3 Déterminer les valeurs de réglages des actions P et I du régulateur de température d'air soufflé.

4 2 4 Représenter à l'aide d'un schéma blocs (sans préciser les relations liant entrée et sortie) le système opérationnel de régulation de température et d'humidité d'une salle blanche.

**EPREUVE PEDAGOGIQUE :
ELEMENTS DE CORRIGE**

Partie 1

**Décrire comment on aborde un thème en
section de génie électrotechnique**

1.1 Question préliminaire :

- Le folio 1 (DOC B1 du dossier B) montre que l'usine dispose de deux réseaux B.T. distribués à partir de deux transformateurs HTA/BT (TR1 et TR2). Pour les deux réseaux, le Schéma de Liaison à la Terre (ou régime du neutre) correspond à IT.

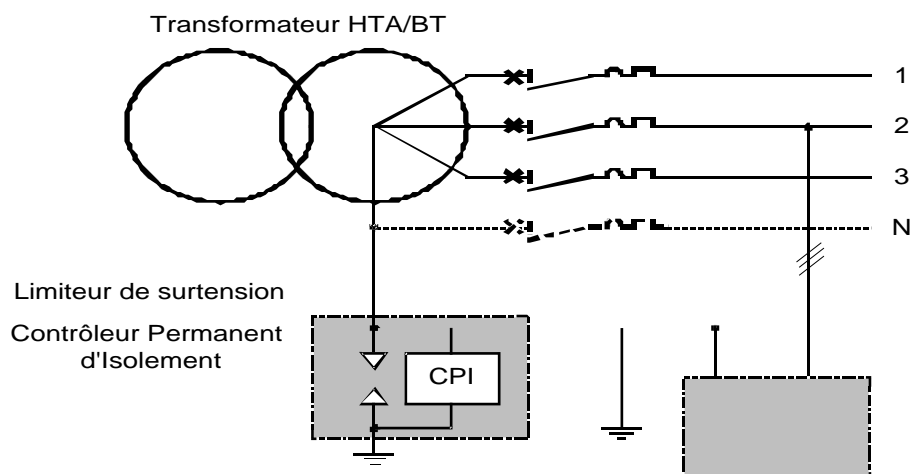
- Pour le départ TGBT1, le SLT est IT avec distribution de neutre (ITAN). La distribution du neutre permet l'alimentation en énergie de certains départs en monophasé (éclairages de sécurité, locaux du secteur tertiaire, laboratoires d'analyses...).

- Pour le départ TGBT2, le SLT est IT sans distribution de neutre (ITSN).

Caractéristiques:

- Les SLT ont pour finalité la protection des personnes et des biens, en cas de défaut d'isolement sur les réseaux BT.

Schéma de Liaison à la Terre IT :



- I: Neutre isolé de la terre (ou neutre impédant).
- T: Masses métalliques des récepteurs reliées à la terre.

Comportement en cas de défaut :

- **1er défaut:** Le neutre étant isolé de la terre, il n'y a pas présence d'un courant de défaut dangereux ($I_d < 1\text{mA}$). L'installation peut être maintenue en service. Le CPI signale le défaut, que l'équipe de maintenance doit rechercher et éliminer avant l'apparition d'un deuxième défaut éventuel.

- **2ième défaut:** Il doit concerner un conducteur actif différent de celui concerné par le premier défaut. Dans ce cas, l'apparition d'un deuxième défaut provoque un court-circuit entre phases ou entre phase et neutre. La coupure qui doit intervenir est réalisée par les dispositifs de protection contre les surintensités.

- L'avantage de ce SLT est la disponibilité de l'alimentation en énergie (pas de coupure au premier défaut). L'inconvénient est de devoir posséder une équipe de maintenance qualifiée pour déceler et éliminer le premier défaut. A noter qu'il existe dans le commerce des équipements de détection de défaut d'isolement portatifs ou automatiques (installés en tableau sur les différents départs).

1.2 Choix des items du programme:**1. Item Fonction distribuer l'énergie***Niveau:* 1ère GE**Pré-requis:** Distribution BT EDF, Loi d'Ohm, Lois de Kirshoff, Impédance, Matériaux conducteurs et isolants

- **Cours:** Structure d'un câble électrique, d'une canalisation. Choix d'un câble électrique. Mode de pose. Méthode de détermination de la section minimale des conducteurs. Utilisation des documents ressources (Doc Merlin Gérin, Mémotech...).
- **Travail dirigé:** Application à un circuit de distribution d'énergie: Alimentation du compresseur stationnaire.

2. Item Fonction protéger les matériels*Niveau:* 1ère GE**Pré-requis:** Réseau triphasé BT, lois physiques régissant les courants et tensions en régime sinusoïdal

- **Cours:** Étude des disjoncteurs: Dispositif DDR, coupure du courant (arc électrique), courbe de déclenchement, sélectivité, filiation, signalisation de défaut.
- **Travail dirigé:** Application à un circuit terminal de distribution d'énergie (par exemple circuit d'éclairage). Spécificité des circuits d'éclairage de sécurité.
- **TP:** Étude du déclenchement et de la sélectivité des disjoncteurs: Choix, mise en œuvre, et câblage d'un circuit terminal de distribution. Validation des modèles par des mesurages.

Évaluation: Contrôle de TP type examen.**3. Item Fonction protéger les personnes***Niveau:* Terminale GE**Pré-requis:** Réseau Triphasé BT, Disjoncteurs

- **Cours:** Étude des schémas de liaisons à la terre.
- **Travail dirigé:** Application au régime IT: étude du départ TGBT1 de l'installation.
- **TP:** Étude des SLT: Utilisation de l'armoire des régimes de neutre (Merlin Gérin). Identifications des matériels. Validation des protections par mesurage

1.3 Stratégie pédagogique :

L'étude du départ alimentant le compresseur stationnaire est un exercice d'application qui peut se développer dans une séance de travail dirigé, faisant suite au cours présenté à la question 1.2 (item fonction distribuer l'énergie).

Les élèves sont en possession:

- Du dossier du compresseur stationnaire 1 (Dossier C)
- Du plan du départ de distribution étudié (Dossier B - Folio4)
- D'une méthode de détermination (Documents Merlin Gérin, mémotech,...)

1 - Phase de recherche documentaire: Suivant la méthode, les élèves doivent répondre aux questions suivantes:

- Quelle est la nature du câble? (isolant, âmes, nombre de conducteurs actifs).
- Quelle est sa longueur?
- Quel est son mode de pose?
- Est-il au voisinage d'autres câbles?
- Quelle est la température ambiante?

2 - Phase de calcul: détermination de section minimale en fonction des coefficients de correction et de l'intensité nominale absorbée par le compresseur en charge.

3 - Phase de vérification: Conformité avec les chutes de tension admissibles, en charge et au démarrage. Échauffement en cas de défaut..., et modification éventuelle pour correspondre aux normes.

Partie 2**Concevoir une séquence pédagogique
pour une classe de première GE**

2.1 Description générale : Le compresseur est de type à vis, lubrifié par injection d'huile, refroidi par air et entraîné par un moteur asynchrone triphasé .

Le panneau avant comprend le tableau de commande équipé des différents organes d'exploitation et de signalisation. L'armoire de commande comporte :

- L'équipement électrique de distribution et de démarrage du moteur;
- Une carte électronique de commande appelée "régulateur" par le constructeur.

Pour obtenir $P2 > P1$ il faut :

COMPRIMER L'AIR

La consommation d'énergie pneumatique n'étant pas constante et afin d'éviter un fonctionnement permanent du compresseur, il est souhaitable de la stocker pour garantir une distribution continue de l'air dans l'usine :

STOCKER L'AIR COMPRIME

FORCE MOTRICE : Le transvasement du fluide, en l'occurrence l'air, permettant d'obtenir $P2 > P1$ impose impérativement un travail moteur. Pour ce compresseur Atlas-Copco, c'est le moteur électrique qui fournit ce travail (conversion de l'énergie électrique issue de TGBT1 en énergie mécanique).

TRAITEMENT DES DONNEES et REGULATION : Après avoir mis en évidence la nécessité d'une régulation autour d'une pression de consigne $P2$ on peut identifier facilement la boucle de retour sur la décomposition fonctionnelle de niveau A0 ainsi que le fonctionnement de type Tout Ou Rien de la régulation de pression (régulation T.O.R : pression de charge / pression de décharge).

- **Régulation pneumatique :** Une électrovalve de charge (Y1) commande le dispositif d'aspiration pour un fonctionnement tout ou rien du compresseur. Cette électrovalve permet aussi d'effectuer le démarrage du moteur d'entraînement à vide afin de diminuer la pointe d'intensité au démarrage.

Fonctionnement du système de décharge :

Le système de décharge contrôle le débit d'air comprimé en fonction de sa consommation par l'intermédiaire d'un pressostat (PSR19). Ce capteur permet de maintenir la pression du réseau entre les pressions limites supérieures et inférieures préétablies de la pression de service.

Si la consommation d'air est inférieure à la capacité du compresseur la pression du réseau augmente. Quand la pression du réseau atteint la pression de décharge, le contact du pressostat d'air (PSR19) s'ouvre, l'électrovalve (Y1) désexcitée assure la fermeture de la soupape de décharge (UV) et l'ouverture de la soupape d'évent (VV). L'aspiration d'air est fermée et le compresseur est à vide (débit 0 %).

Quand la pression du réseau retombe à la pression de charge, le contact du pressostat d'air se ferme, ce qui réexcite l'électrovalve. La soupape de décharge s'ouvre et la soupape d'évent se ferme. Le refoulement d'air comprimé reprend (débit 100%).

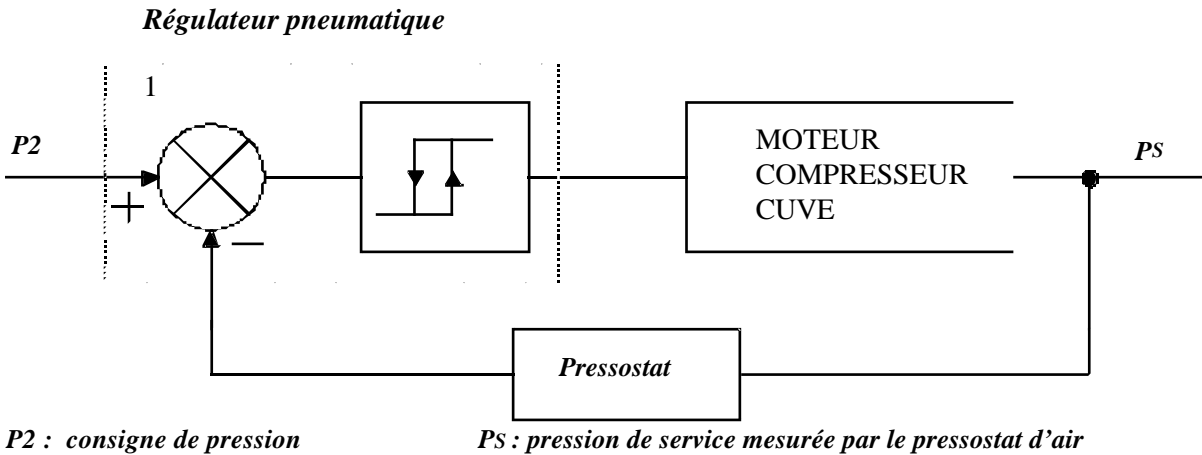
- **Carte électronique ou "régulateur" électrique :**

La carte électronique appelée "régulateur" par le constructeur, permet la commande du moteur, assure la protection de ce dernier contre les surcharges, et la protection de l'ensemble du système contre les échauffements anormaux. Le "régulateur" mémorise et visualise ces défauts afin d'en informer l'utilisateur.

Il adapte le fonctionnement du compresseur selon la consommation d'air comprimé. Il permet de limiter la fréquence des démarrages automatiques en arrêtant le moteur seulement après un fonctionnement marche à vide ininterrompu préétabli de 5 minutes . Quand la pression du réseau tombe à la pression de charge pendant ce délai, le compresseur est remis en charge sans arrêt du moteur.

Détail de l'analyse destinée aux élèves (exemple)

A) ANALYSE DE LA STRUCTURE DE LA CHAÎNE DE REGULATION : La figure ci-dessous représente l'organisation sous forme de schéma bloc de la régulation de pression mise en œuvre sur le compresseur.

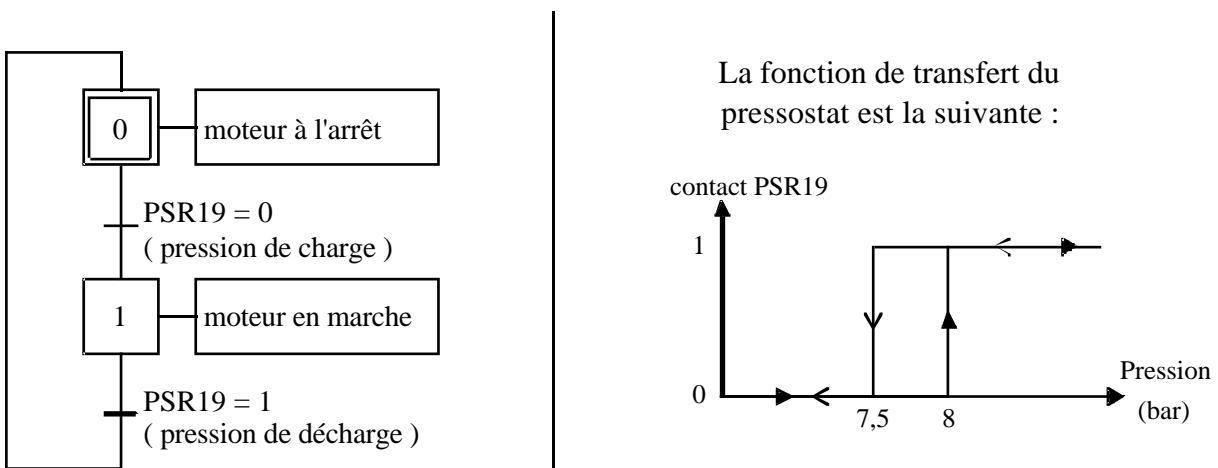


On pourra demander aux élèves de :

- Repérer de la chaîne directe (ou d'action) et la chaîne de retour,
- Expliquer par quel moyen est mise en œuvre la chaîne de retour,
- Décrire le constituant (appareil) qui réalise la fonction de régulation pneumatique,
- Expliquer si on est en présence d'une régulation de type "T.O.R" ou de type proportionnelle.
- Etc...

B) ANALYSE QUALITATIVE DE LA REGULATION :

SITUATION 1 : On suppose que le fonctionnement de la régulation répond au grafcet ci-dessous : (pas de temporisation au passage de l'étape 0 à l'étape 1).

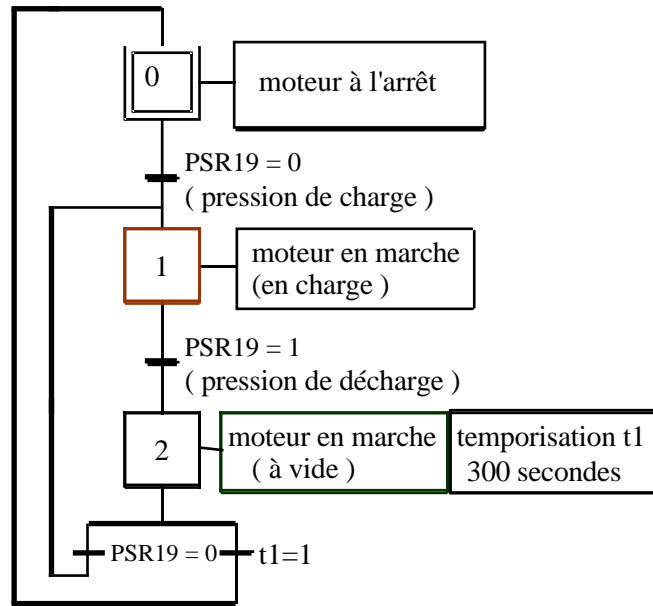


PSR19 est le contact du pressostat d'air (voir schéma électrique et nomenclature)

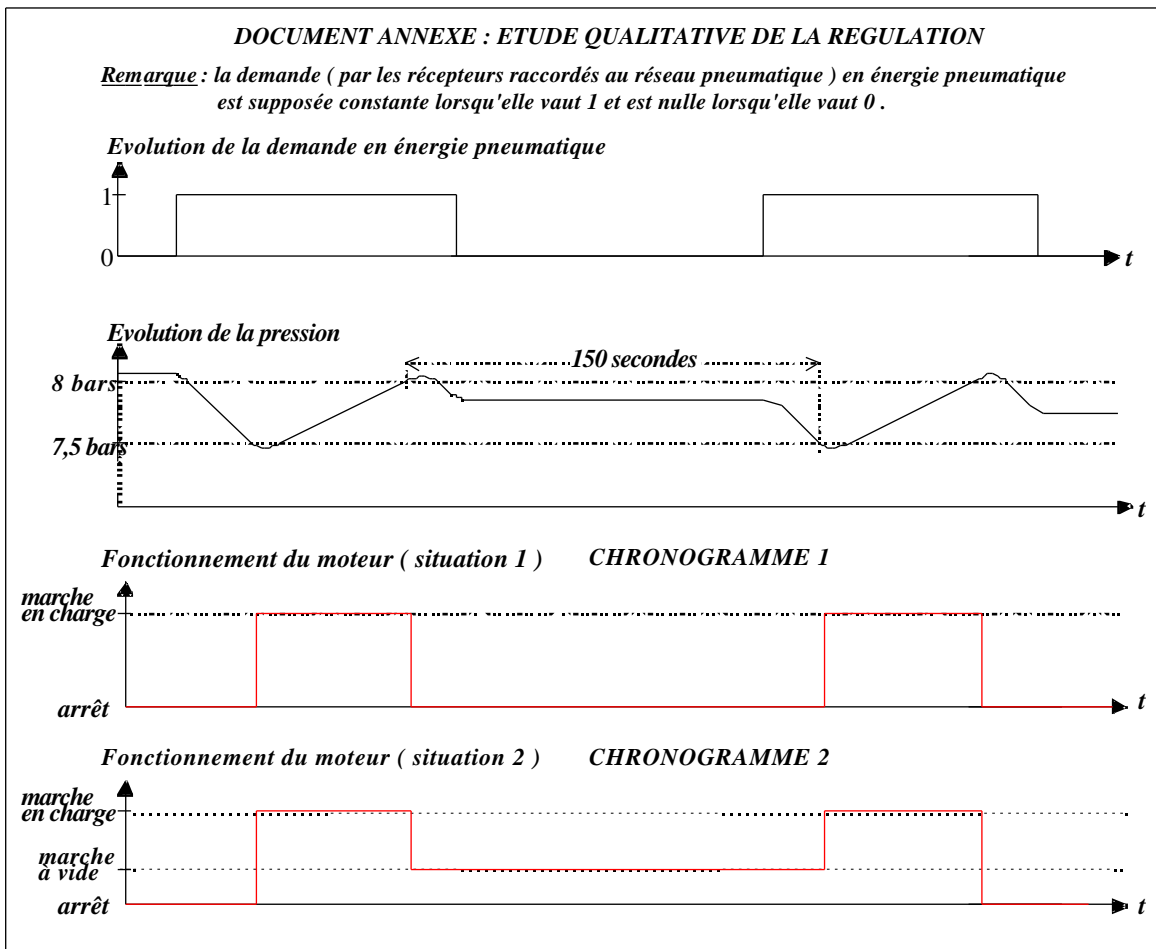
On peut alors compléter le CHRONOGRAMME 1 (voir document ANNEXE en page suivante)

SITUATION 2 : Le fonctionnement de la régulation correspond maintenant au grafctet ci- dessous :

- C'est le fonctionnement réel de la régulation mise en place sur le compresseur .
 - La temporisation $t1$ vaut environ 5 mn soit : $5 \times 60 = 300$ s.
- le pressostat est réglé comme dans la situation 1 :
- Pression de charge : 7,5 bars
 - Pression de décharge : 8 bars



On peut alors compléter le CHRONOGRAMME 2 (voir ci-dessous)



Conclusion : la situation 2 est avantageuse car les perturbations sur le réseau sont moins importantes. La technologie mise en œuvre sur ce système correspond au cas général de beaucoup de compresseurs pour lesquels le démarrage se fait à vide.

2.2) Justification de la motorisation :

On justifie aisément le type de motorisation de ce compresseur ainsi que le démarreur associé à partir des éléments de la question 2.1 :

- La technique de régulation utilisée permet d'éviter des démarrages fréquents (temporisation t1),
- Les démarrages se font toujours à vide (couple résistant faible au démarrage),
- Le fonctionnement fait à vitesse fixe à la vitesse nominale de 1470tr/mn.

Le démarrage étoile/triangle est justifié à cause du démarrage à vide du moteur. Il permet de :

- Maîtriser la chute de tension au démarrage (dU% faible par rapport à un démarrage direct),
- Limiter les appels de courant importants au démarrage,
- Garantir un démarrage rapide car le couple résistant qu'oppose le compresseur est négligeable,
- Limiter le coût de mise en œuvre du démarreur,
- Garantir une fiabilité importante et une maintenance peu onéreuse.

2.3) Conception de la séquence pédagogique :

On peut faire l'hypothèse que l'établissement dans lequel vous êtes professeur est équipé d'un compresseur similaire. Il est d'ailleurs facile de trouver un système qui utilise un moteur asynchrone à cage auquel on peut adjoindre un démarreur de type étoile/triangle.

Il s'agit ici d'utiliser le principe du démarrage étoile/triangle pour construire une séquence de recherche de schéma puis de câblage. Voici le plan de la proposition rapidement exposée :

RÉALISATION D'UN ÉQUIPEMENT POUR LE SYSTÈME COMPRESSEUR

1) PREREQUIS : Présentation du COMPRESSEUR

2) MOYENS MIS A VOTRE DISPOSITION :

- Le dossier technique du système,
- Cahier des charges de l'équipement à réaliser et à tester,
- Armoire de "Mise en service de l'équipement" permettant le test sous tension de l'équipement associé à un moteur asynchrone.

3) TRAVAIL DEMANDE :

- 3.1 Recherche de schéma.
- 3.2 Réalisation du câblage
- 3.3 Essai en plate-forme

Schéma de l'installation : démarreur étoile/triangle standard avec porte fusible tel qu'on le trouve dans la documentation technique des constructeurs ou les manuels de technologie.

2.4) Procédures de test :

Se reporter à la RÉALISATION D'UN ÉQUIPEMENT POUR LE SYSTÈME COMPRESSEUR

On utilise une armoire de test consignable. Ce type d'armoire est disponible sous l'appellation "armoire de confinement" chez les fournisseurs de matériel électrique.

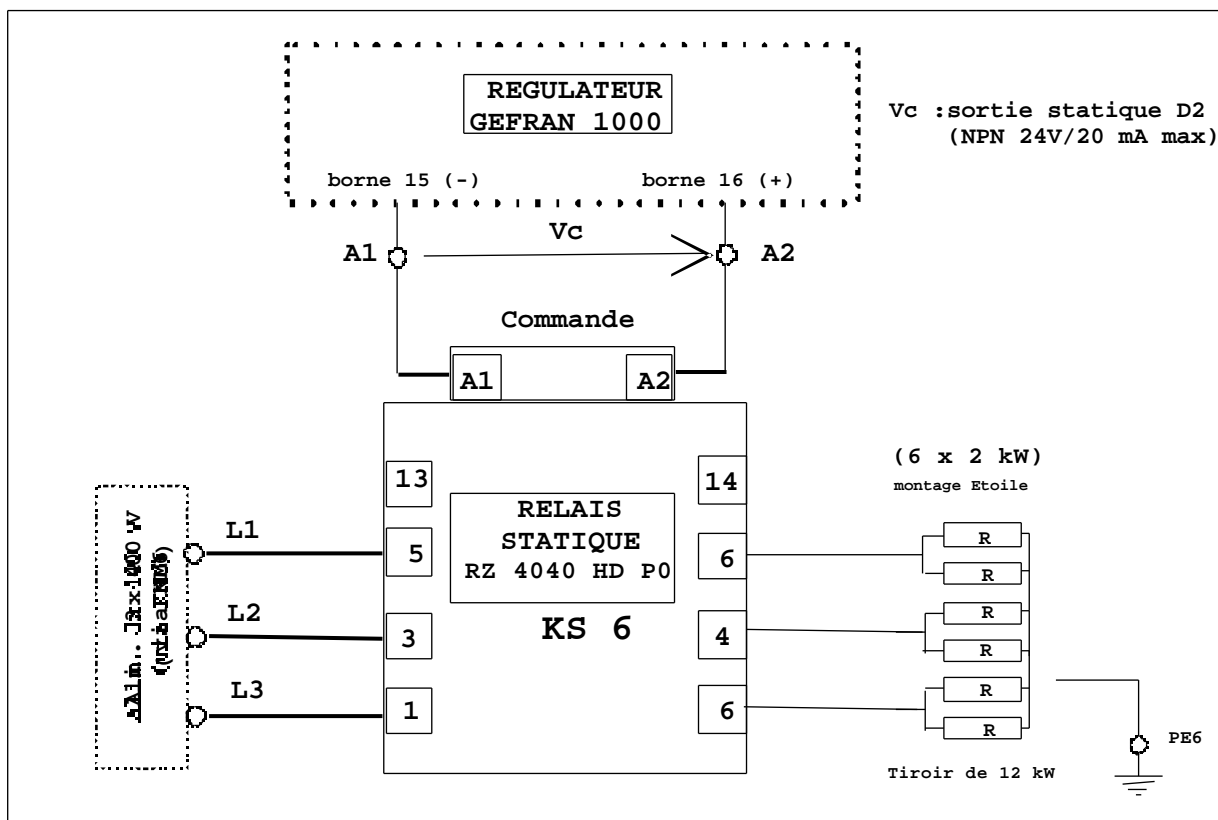
Partie 3

Concevoir un plan d'action pédagogique pour une Classe de terminale GE à partir d'un support

Les questions préliminaires permettent de faire l'analyse du système avant de le didactiser. Elles sont donc essentielles pour envisager un développement pédagogique de qualité.

3.1). Schéma multifilaire de K6 : Le schéma unifilaire se trouve sur le schéma du four de thermorétraction Il faut rajouter au contacteur statique KS6 une commande issue du régulateur de tension. La commande à zéro de tension est fournie par le régulateur (cette commande n'est pas représentée sur les schémas électriques du four).

Schéma de commutation directe du contacteur statique par la tension de commande Vc :



- **Critères de choix et de dimensionnement des différents éléments** : Pour des facilités de maintenance, les résistances sont installées en tiroirs de 12 kW . Chaque tiroir est constitué de six résistances R. La puissance de Chaque résistance est de 2 kW sous 230 V (Doc D7).

(voir tableau en page suivante)

Composants	Critères de choix et de dimensionnement	Choix effectué sur le four industriel
Résistances R	<ul style="list-style-type: none"> - Résistances pour chauffage d'enceintes en convection naturelle et/ou forcée, - Tenue en température et mode de fixation (dimensions, masse), - Puissance unitaire (2kW), tension (230 V) et surface de dissipation (caractéristique C/S en W/cm²). 	<p>Vulcanic 6004- 93</p> <ul style="list-style-type: none"> - Résistances à ailettes en inox qu'on peut placer en batterie (tiroir), - C/S = 5 W/cm² (valeur importante permettant un travail autour de 200°C max. / 180 °C pour le four)
Régulateur de température configurable Thermorégulateur (Doc D14 et D15)	<p>Il suffit de reprendre le document du constructeur :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Programmation aisée par touches de fonction et afficheur, - Adaptation avec la sonde de température, - Alimentation et type de sortie pour les commandes de puissance (D2 : PNP 0/24 V) et les alarmes. - Précision de la régulation, réglage des paramètres de régulation (TOR, P, I et D), chauffage et refroidissement. - Type de connectique (bornier) 	<p>GEFRAN 1000</p> <ul style="list-style-type: none"> - Association possible avec la sonde PT 100 vulcanic (sonde haute température : 300°C max.), - Régulation de type PID, alarmes AL 1/AL2 et précision. - sauvegarde des paramètres lors de l'arrêt de la machine.
Contacteur statique (Doc D16,D17, D18 et D19)	<ul style="list-style-type: none"> - Type de relais triphasé et de commutation (statique et commutation à zéro de tension), - Type de caractéristique de transfert (Tout Ou Rien ou avec modulation de puissance par rapport cyclique variable), - Tension de commande (logique ou analogique), - Tension de ligne et intensité, - Visualisation de la présence de la tension de commande (par LED), - Type de protection (intégrée ou à rajouter), - Chute de tension et coefficient de dissipation, - Système de fixation et dimensions (avec le radiateur de dissipation). 	<p>Electromatic (Carlo Gavazzi) RZ 4040 HD P0</p> <p>RZ : relais statique avec commande à zéro de tension (imposée par le cahier des charges) ;</p> <p>40 : tension de ligne :400 V</p> <p>40 : courant de 40 A crête,</p> <p>HD : tension de commande continue (1à 40 Volt),</p> <p>P : protection interne (option 1),</p> <p>0 : pas de contact auxiliaire.</p> <p>Coefficient de dissipation pour ce modèle RZ: 1,2 W/°C</p>
Radiateur associé au contacteur	<p>Le choix se fait dans le tableau de la Doc D18 en prenant en compte le facteur de marche du contacteur statique (à priori pour un fonctionnement à 100 % de la puissance maximale transmise puisque les commutations ne sont pas fréquentes sur ce type de régulation). On se base donc sur les pertes par conduction du relais.</p>	<p>Refroidissement de KS lors de sa fermeture.</p> <p>Chute de tension : < 1, 6 V crête</p> <p>Soit $U_{eff} = 1,6 / 1,4 \# 1,2 V$</p>

• **Refroidissement du contacteur statique et calcul du radiateur de dissipation :**

$$\text{Courant maximal par phase} : I = \frac{P}{\sqrt{3} U} = \frac{12000}{\sqrt{3} 400} = 17,3A \quad (P = 12 kW)$$

- Soit une puissance à dissiper totale pour chaque contacteur : Pd = 3 x 17,3 x 1,2 = 62 W
- Coefficient de dissipation pour ce modèle RZ : Rth_{jb} = 1,2 W/°C
(valeur standard pour un composant de puissance qui correspond à la résistance thermique jonction/boîtier)

$$\text{Relation fondamentale : } (j - a) = Rth_{ja} \times Pd \quad \text{avec} \quad Rth_{ja} = Rth_{jb} + Rth_{br} + Rth_{ra}$$

$$\text{Si } Rth_{br} = 0 \text{ °C/W}$$

(bonne conduction entre le radiateur et le boîtier lorsqu'un montage correct avec de la graisse conductrice est réalisé)

On veut une température maximale de jonction $j = 150 \text{ °C}$ pour une température $a = 20 \text{ °C}$.

Il faut respecter l'inégalité :

$$Rth_{ja} \# (Rth_{jb} + Rth_{ra}) < (j - a) / Pd \quad \text{soit} \quad Rth_{ra} < [(j - a) / Pd - Rth_{jb}]$$

$$\underline{A \ N} : Rth_{ra} < [(150 - 20) / 62 - 1,2]$$

$$\boxed{Rth_{ra} < 0,89 \text{ °C/W}}$$

Soit donc le choix du radiateur RHS 05 ayant comme caractéristiques : (voir Doc D18)

$R_{th} = 0,5 \text{ } ^\circ\text{C/W}$

Dimensions : H = 40 mm

L = 160mm

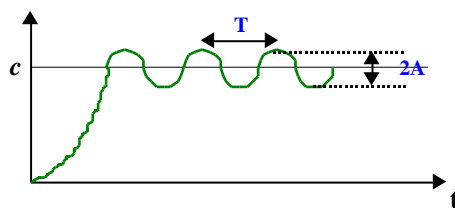
l = 150 mm

Les dimensions de ce radiateur imposent une disposition particulière de celui-ci dans l'armoire de puissance (emplacement, ventilation et éloignement par rapport aux organes sensibles à une élévation de température).

3.2) Mode opératoire permettant la détermination expérimentale des paramètres de régulation : C'est ce mode de réglage préconisé qui donne le critère de choix fondamental du régulateur industriel. En particulier : auto-adaptation, logique floue, autoréglage initial, décalage de la bande proportionnelle, nombre et type d'alarme et mode de saisie des paramètres. Principales méthodes :

a) Méthode de Ziegler et Nichols et les prédéterminations standards

Rappel: On utilise la courbe de réponse du système obtenue lors de la régulation Tout Ou Rien On obtient ainsi des oscillations entretenues de période T, et d'amplitude 2A.



$X_p \text{ théorique} = 2 \cdot A \cdot 100 / E$

L'action proportionnelle est une fonction qui fait varier le signal de sortie du régulateur proportionnellement à l'écart entre la mesure et la consigne. Le coefficient de proportionnalité, appelé "gain du régulateur", est obtenu par le réglage du paramètre X_p .

Ziegler et Nichols préconisent les réglages suivants :

P : action Proportionnelle : $X_p \text{ pratique} = (3 \text{ à } 5) X_p \text{ théorique}$
I : action Intégrale : $T_i \text{ pratique} = (1 \text{ à } 1,5) X_p \text{ théorique}$ avec $T_i \text{ théorique} = _ T$
D : action Dérivée : $T_d \text{ pratique} = T_i / 5$

b) Modélisation du système à partir de son identification et calcul théorique des paramètres de régulation P, I et D à partir d'un modèle.

Exemple : la méthode de Stretje qui permet l'identification du système à partir d'un fonctionnement en boucle ouverte (réponse à un échelon de consigne autour du point de fonctionnement nominal).

Méthode peu utilisée industriellement sur ce type de régulation car le système ne s'y prête pas forcément. On préfère alors disposer d'un régulateur disposant d'une fonction d'autoréglage.

c) Autoréglage : fonction spécifique intégrée sur certains régulateurs permettant de récupérer expérimentalement les paramètres P, I et D du système. L'algorithme utilisé est souvent celui associé à la méthode de Ziegler et Nichols.

REGLAGE DEFINITIF : Vérification expérimentale prenant en compte le compromis entre les différentes méthodes de réglage. On peut alors avoir des différences notoires entre l'expérimentation et les calculs préliminaires. La documentation du four (Doc D4) indique que le réglage du flux d'air chaud est empirique (bonne thermorétraction du film sur les fardeaux...). Le réglage est donc affiné de façon expérimentale par un opérateur lorsqu'une série est lancée.

- **Plan d'action pédagogique** : analyse préliminaire des documents pédagogiques

➤ **COMPETENCES ATTENDUES EN A.I.I**

Bac GE :	<i>Une chaîne fonctionnelle de commande en boucle fermée d'un équipement réel étant identifiée et schématisée.</i>
AII	<i>Définir, à partir du schéma, la fonction des principaux éléments constitutifs de la chaîne de commande en boucle fermée</i>
COMMANDE	<i>Mettre en œuvre un système réel comportant une régulation de température et</i>

DES SYSTEMES EN BOUCLE FERMEE	<i>interpréter la courbe $= f(t)$ (régime établi : réponse à une perturbation)</i>
	<i>Mettre œuvre un asservissement de vitesse ou de position, et indiquer qualitativement l'influence du gain et de la charge sur la précision et la rapidité</i>

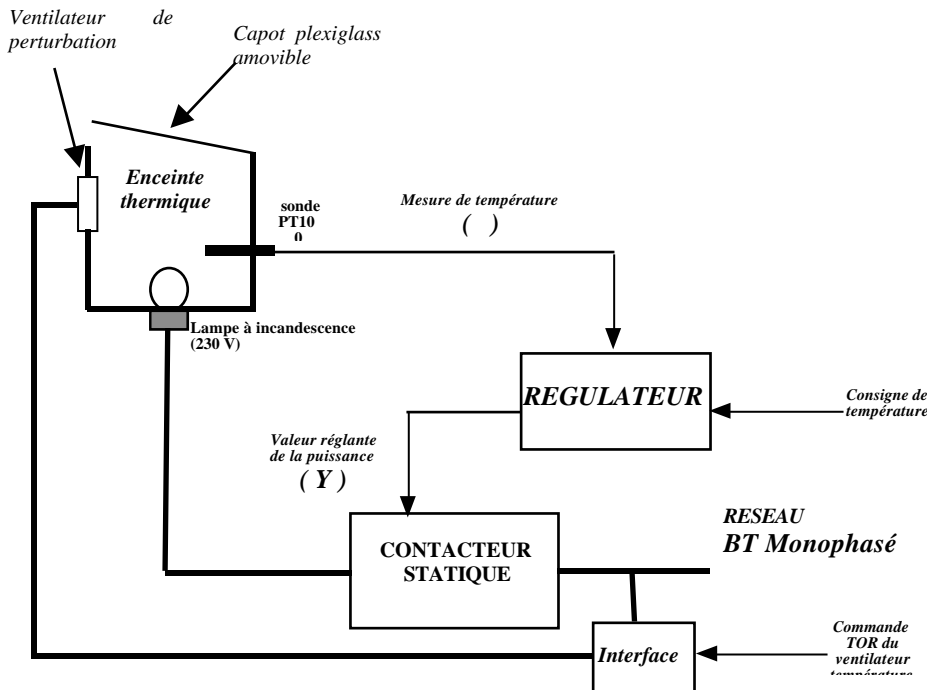
➤ **COMPETENCES ATTENDUES EN ELECTROTECHNIQUE**

Bac GE: ÉLECTROTECHNIQUE	<i>Caractériser la commande du système et les sous-systèmes de traitement et d'acquisition des données</i>
	<i>Désigner les relations qui permettent les rétroactions</i>
ETUDE GLOBALE D'UN SYSTEME	<i>Régler le gain de la chaîne d'action et ajuster les correcteurs associés</i>
	<i>Identifier les contraintes de stabilité d'un système automatisé</i>

3.3) Didactisation du support : A l'évidence il s'agit d'un système de régulation de température.

- Soit d'un bac de liquide dont il faut réguler la température (type bain pour traitement thermique industriel).
Inconvénients : constante de temps un peu longue du processus global qui implique des temps de manipulations importants et du matériel spécifique pour visualiser les courbes (oscilloscope numérique avec très grande base de temps ou table traçante analogique spécifique). Le système nécessite la manipulation d'eau et donc une mise en œuvre complexe par rapport à la sécurité.
- Soit d'une masse d'air contenue dans une enceinte thermique (cas plus réaliste par rapport au four de thermorétraction proposé dans ce sujet).
Avantages : constante de temps faible et temps de réponse rapide, mise en œuvre simple utilisant une ou lampes à incandescence de coût limité. Le refroidissement et la perturbation peuvent se faire par adjonction d'un ventilateur fonctionnant en tout ou rien.

Plan succinct du système didactisé :



Liste du matériel utilisé et éléments de choix :

Composants	Critères de choix et dimensionnement	Didactisation
------------	--------------------------------------	---------------

Enceinte thermique	Dimensions limitées (cube en tôle, plexiglas ou bois de dimension 30x30x30 cm)	Placer un capot amovible sur le dessus
Sonde de température	Il faut la choisir en fonction des contraintes imposées par le régulateur.	Type PT 100 pour un régulateur industriel
Résistances chauffantes	On peut utiliser une résistance chauffante industrielle mais une ampoule simple suffit.	Lampe 230 V / 100W. Culot à vis E27
Ventilateur	Permet la circulation d'air (environ 15 m ³ /h).	Commande manuelle par contacteur auxiliaire.
Thermorégulateur (régulateur de température configurable)	Il doit pouvoir commander le système en boucle ouverte, TOR et régulation PID . Une sortie analogique de mesure de la température simplifie grandement la mise en œuvre puis les mesures.	Type : voir les revendeurs spécialisés qui peuvent fournir aussi les autres composants du système.
Contacteur statique	A choisir en fonction de la puissance de la lampe et de la commande issue du régulateur	Monophasé avec commande TOR 0-10 V et commutation à zéro de tension.

3.4) Descriptions de la situation de départ : les élèves doivent :

- Connaître la structure des systèmes automatisés (identification des capteurs, des actionneurs et des organes de commande câblés ou programmés),
- Être lecteur de schémas électriques (analyse et décodage),
- Avoir des notions sur l'asservissement de position,
- Connaître les moyens qui permettent la modulation d'énergie à l'aide d'un contacteur (standard et statique). En particulier la modulation par rapport cyclique variable.

3.5) Plan d'action pédagogique :

S0	Présentation générale du système.
S1	Étude de la chaîne de régulation : identification et mise en situation.
S2	Réglage des paramètres TOR et modulation de puissance : mesurages et analyse des résultats.
S3	Détermination des paramètres PID par une méthode expérimentale et prévision des réactions d'un système régulé.
S4	Réglage des paramètres PID, mesurages et analyse des résultats.
S5	Évaluation permettant de valider la formation sur la commande en boucle fermée.

Dépendance entre les séquences : développement linéaire : S0 , S1 , S2, S3, S4 puis S5.

Partie 4**Rédiger une fiche de travail pour une section de BTS électrotechnique****Commentaires:**

Pour la rédaction de ce travail dirigé, il peut être laissé le choix au candidat de s'en tenir strictement aux éléments constitutifs du dossier de la fardeleuse, ou bien de modifier l'équipement, à condition que cela ne change pas le fonctionnement du système.

Exemples:

Concernant l'équipement électrique de puissance autour des variateurs de vitesse, le candidat pourra proposer une simple protection par disjoncteur moteur en amont et relais thermique en aval (voir dossier), ou bien adopter un schéma plus classique avec sectionneur porte-fusibles et contacteur de ligne tel qu'il est proposé dans la documentation constructeur.

Concernant l'adaptation des données consignes vitesse, le candidat pourra s'en tenir à la structure entrées-sorties TOR + convertisseur Numérique/Analogique externe, ou bien proposer d'utiliser un module de sorties analogiques intégré à l'automate, avec éventuellement une étude comparative mise en oeuvre/performances/prix.

BTS Électrotechnique
Durée 3 heures

Essais de Systèmes
Travail dirigé

**VARIATION DE VITESSE DES
CONVOYEURS DE LA FARDELEUSE****Objectifs de la séance :**

Choisir et mettre en œuvre les matériels électriques qui alimentent les moteurs de la fardeleuse PET.

Définir l'interfaçage entre les signaux de commande du système, et les pré-actionneurs.

Pour cette séance de travaux dirigés, vous avez à votre disposition :

- Le plan de situation et la présentation du système Fardeleuse PET étudié.
- La documentation relative aux convertisseurs ATV 45-2 de la gamme TELEMÉCANIQUE
- Le catalogue général de l'appareillage TELEMÉCANIQUE
- Une documentation relative aux automates TSX série 7
- Une documentation relative aux convertisseurs Numériques Analogiques
- Les schémas électriques à compléter.

Extrait du Cahier des charges : (voir présentation du système)***1 - Motorisation:***

Le système comporte, dans sa partie actionneurs électriques, trois moteurs asynchrones triphasés à cage :

Le premier moteur, d'une puissance de 1,5 KW, assure l'entraînement du convoyeur d'entrée de la machine, appelé bande d'accumulation (repère A).

Le deuxième moteur, d'une puissance de 5,5 KW, est le moteur principal de la machine. Il entraîne, par un système de transmissions mécaniques, tous les éléments qui permettent de former les fardeaux jusqu'au banderolage du film (repères B à H). Il est équipé d'un électro-frein à manque de courant.

Afin de pouvoir synchroniser le fardelage des bouteilles à la cadence de production de la ligne complète, ces deux moteurs sont pilotés à vitesse variable. La cadence maximale de production est de 3600 bouteilles/heure. On précise que ces deux moteurs sont ventilés.

Le troisième moteur, d'une puissance de 0,37 KW, et commandé à vitesse fixe, assure l'entraînement du système de déroulage et de découpe du film (repère G).

Le système dispose pour son alimentation en énergie, du réseau triphasé 3x380V +T.

2 - Automatisation :

Un automate multifonctions TSX 47-40 TELEMECANIQUE assure la commande de l'ensemble de la fardeleuse. Nous nous limiterons dans cette étude qu'aux entrées-sorties en liaison avec la commande des convoyeurs de la fardeleuse.

Consignes vitesse :

Les consignes vitesse des deux convoyeurs sont élaborées par le programme automate sous forme de deux octets, contenus dans le mot vitesses. Le format des données numériques est présenté ci-dessous :

MOT VITESSES	Wx,F	Wx,8	Wx,7	Wx,0
Consigne Formes-Plateaux			Consigne Bande d'accumulation			

Entrées-sorties TOR :

Outre les sorties nécessaires à la commande des contacteurs de ligne éventuels, Il est nécessaire, en vue d'assurer un traitement de défauts, de prévoir de récupérer sur l'automate l'état des variateurs de vitesse (information variateur prêt ou en défaut), ainsi que l'état de tout appareil nécessaire à la protection des matériels. Les sorties TOR de l'automate sont des sorties statiques à transistor.

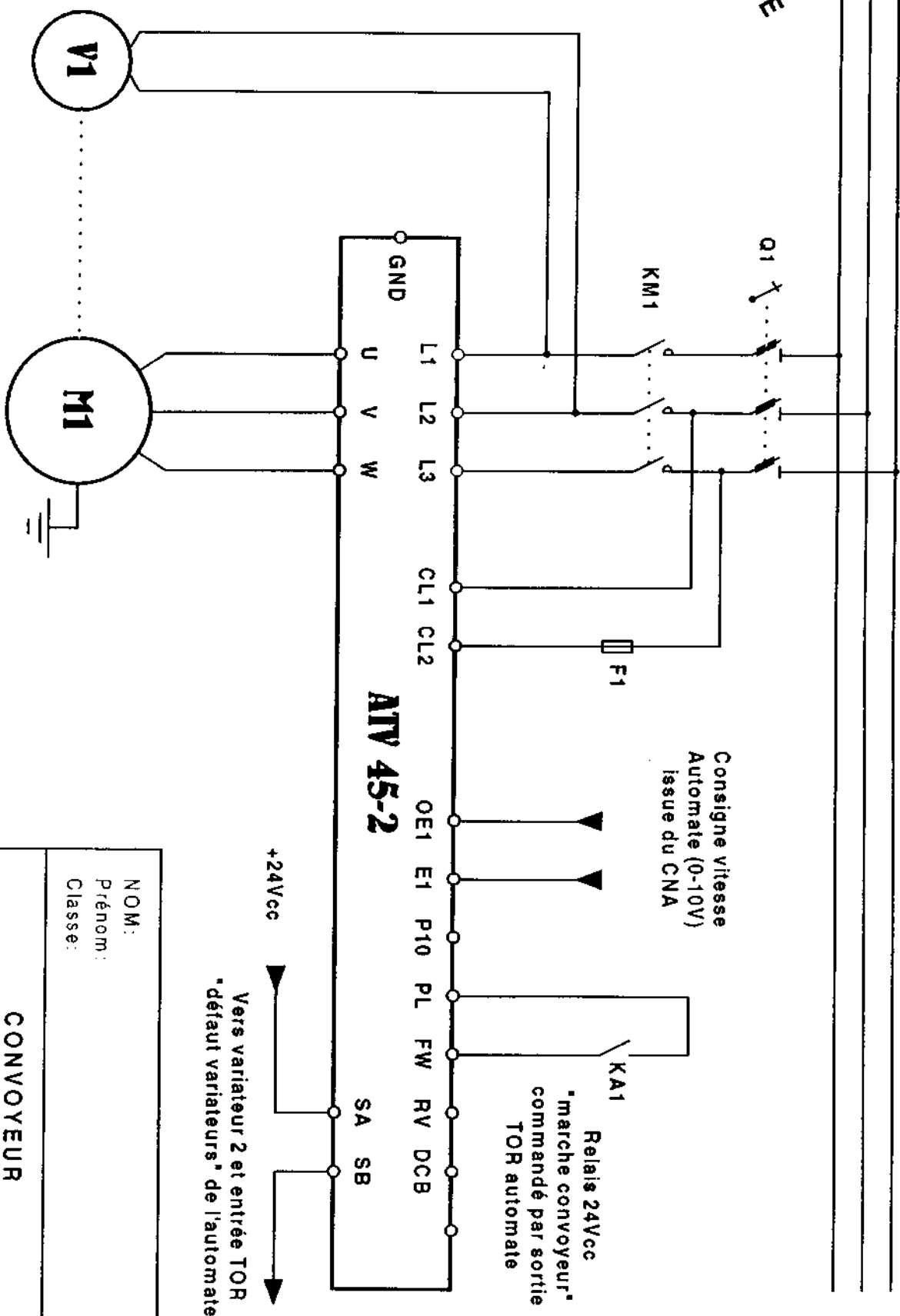
Travail demandé:

1. Justifier qualitativement l'emploi de moteurs ventilés pour ce type d'application.
2. Établir, en complétant les schémas fournis en annexe (*page suivante*), les schémas de puissance correspondant à l'équipement électrique des trois moteurs de la fardeleuse, en respectant les contraintes du cahier des charges.
3. Établir la liste des entrées-sorties automate (TOR, analogiques,..) nécessaires à la commande des pré-actionneurs définis ci-dessus. Prévoir éventuellement les éléments d'interfaçage nécessaires.
4. Établir la nomenclature complète du matériel, en utilisant un modèle de tableau fourni ci-dessous. Le choix du matériel devra être justifié.

NOMENCLATURE				
Repère	Qté	Désignation	Référence	Fournisseur

Schéma complété : CORRECTION

CORRIGE



NOM: _____
 Prénom: _____
 Classe: _____

CONVOYEUR
 BANDE D'ACCUMULATION

PARTIE 1 :

- Le développement pédagogique proposé est souvent peu réaliste. Les candidats privilégient les cours et TD par rapport aux activités de TP.
- Rappel : on appréhende plus facilement le comportement des systèmes techniques au travers de TP.
- Lors des séquences proposées par les candidats, les compétences propres à l'électrotechnique ne sont pas assez développées.
- L'analyse des schémas électriques de l'usine fait apparaître de lacunes inquiétantes chez certains candidats...

PARTIE 2 :

- L'examen du dossier technique du compresseur proposé ne comportait pas de difficultés particulières. Cependant il a été très souvent mal mené :
 - Les structures fondamentales des systèmes électrotechniques sont mal maîtrisées.
 - Les outils d'analyse fonctionnelle et temporelle sont rarement et mal utilisés.
 - Démarrage étoile/triangle :
 - a) Les schémas proposés sont souvent faux et rarement conformes à la normalisation des symboles.
 - b) Les candidats confondent les activités de recherche de schéma, de câblage et de mesurage.
 - c) La stratégie d'essai en sécurité est dans l'ensemble bien abordée.

PARTIE 3 :

- L'analyse d'un document constructeur pour expliquer la mise en œuvre d'un composant industriel pose des problèmes aux candidats (commande logique du relais statique à partir du régulateur industriel).
- Les critères de choix d'un composant de puissance ne sont pas connus. Les candidats ne peuvent donc pas justifier son dimensionnement.
- Les méthodes industrielles de réglage d'une boucle de régulation sont souvent méconnues.
- Plan d'action pédagogique :
 - a) La didactisation du support proposé ne respecte pas toujours l'homothétie par rapport au four de thermo-rétraction qu'il fallait étudier (exemple : régulation de vitesse d'un moteur, chauffage par four à micro-ondes etc ...).
 - b) Les prérequis demandés aux élèves ne sont pas en adéquation avec le niveau de formation imposé pour cette partie (terminale GE).
 - c) Il faut proposer des séquences d'une durée réaliste ayant un enchaînement logique par rapport aux objectifs à atteindre.

PARTIE 4 :

- Un tiers des candidats seulement a abordé cette partie qui ne présentait pas de difficultés particulières.
- L'analyse demandée concernait la mise en œuvre des convertisseurs (compétence ADAPTER). Les candidats ont trop souvent proposé l'analyse de la structure interne d'un ALTIVAR.

CONSEILS AUX CANDIDATS :

- La pratique de l'électrotechnique impose la maîtrise des outils de description des systèmes techniques : schéma électrique, grafset, chronogramme, schéma fonctionnel etc...
- La stratégie de préparation à l'épreuve doit intégrer une étude pluridisciplinaire approfondie des référentiels (Bac et BTS Génie Électrique / Électrotechnique).
- Les résultats obtenus à cette épreuve font apparaître une préparation souvent insuffisante des candidats. Le jury rappelle que des structures de préparation existent pour ce concours : CNED, MAFFEN, etc. Cependant, certains candidats ont abordé l'ensemble du sujet et ont obtenu de bons résultats.