

CONCOURS INTERNE D'ACCES AU DEUXIEME GRADE DU CORPS DES PROFESSEURS DE LYCEE PROFESSIONNEL ET CONCOURS D'ACCES A L'ECHELLE DE REMUNERATION (CAER)

Section génie électrique

Épreuve écrite d'admissibilité

Durée : 8 heures. Coefficient : 1

Étude d'un système technique et/ou d'un processus technique et/ou d'un équipement : épreuve spécifique à chacune des deux options. Toutefois, le sujet de l'épreuve peut être commun aux deux options.

Cette épreuve à caractère technique prend appui sur un système technique et/ou un processus technique et/ou un équipement.

Elle permet d'évaluer les connaissances scientifiques et techniques du candidat et sa capacité à les mobiliser pour résoudre un problème technique.

La documentation technique fournie au candidat peut comprendre notamment :

- un dossier de description et de spécification de tout ou partie d'un système technique et/ou d'un processus technique et/ou d'un équipement ;
- des schémas, graphes et représentations diverses précisant l'organisation structurelle et/ou fonctionnelle et/ou temporelle du système technique et/ou du processus technique et/ou de l'équipement étudiés ;
- des informations sur le processus et les procédés associés ;
- des caractéristiques techniques et des données numériques résultant de calculs et des simulations informatiques ;
- des propositions de modification d'éléments du cahier des charges.

Il peut être demandé au candidat :

- de conduire l'analyse de tout ou partie du système étudié ou du processus ou de l'équipement et de le modéliser totalement ou partiellement ;
- d'effectuer des calculs de prédétermination ;
- d'exploiter des résultats de simulation ou de calculs informatiques ;
- de proposer, en réponse à une modification du cahier des charges, des évolutions architecturales du système et/ou des solutions constructives permettant de satisfaire aux nouvelles fonctions ;
- d'analyser un produit, un moyen de production ou un service afin d'en optimiser certaines fonctions relatives au génie électrique.

L'épreuve permet d'évaluer :

- les connaissances scientifiques et techniques du candidat ;
- la qualité des analyses conduites et la pertinence du choix des modèles utilisés ;
- l'exactitude des résultats ;
- la pertinence et la cohérence des solutions proposées ;
- la qualité graphique des documents produits, la rigueur du vocabulaire technique, le respect des normes et conventions de représentation ;
- la clarté et la rigueur de l'expression écrite et de la composition.

Épreuve pratique et orale d'admission

Durée : 8 heures. Coefficient : 2

Exploitation pédagogique de travaux pratiques : épreuve spécifique à chacune des deux options.

Cette épreuve permet d'évaluer les savoirs et savoir-faire caractéristiques des champs technologiques et des métiers correspondants à l'option concernée et de les exploiter à des fins d'enseignement.

Le sujet proposé nécessite la mise en œuvre de tout ou partie d'un système technique au travers d'une activité de travaux pratiques.

Le candidat est conduit à :

- analyser et mettre en œuvre le travail pratique demandé ;
- évaluer la qualité des résultats obtenus ;
- à partir du travail pratique réalisé, proposer une exploitation pédagogique, spécifique de l'option concernée, et se référant au programme de sciences et techniques industrielles d'une classe de certificat d'aptitude professionnelle, de brevet d'études professionnelles ou de baccalauréat professionnel précisé par le jury ; cette exploitation pédagogique peut comprendre une ou plusieurs séquences d'enseignement ; elle doit permettre au candidat de :
 - définir les objectifs de l'exploitation pédagogique qu'il propose ;
 - situer sa ou ses séquences d'enseignement dans la progression de l'année ;
 - justifier les choix pédagogiques retenus (cours, travaux pratiques, travaux dirigés, modes d'organisation et stratégies) pour atteindre les objectifs fixés ;
 - préciser les documents utilisés par le professeur, ceux qui sont remis aux élèves ainsi que les matériels et équipements utilisés ;
 - indiquer les modalités d'évaluation prévues.

L'épreuve permet d'évaluer :

- la pertinence de l'organisation proposée ;
- la maîtrise des savoirs et savoir-faire caractéristiques du champ technologique et professionnel concerné ;
- le niveau de la réflexion pédagogique conduite par le candidat ;
- la connaissance des contenus d'enseignement et des finalités de la discipline et de la spécialité ;
- la qualité des documents techniques produits ;
- les qualités d'expression et de communication.

SESSION DE 2001

CA/PLP

CONCOURS INTERNE

Section : GENIE ELECTRIQUE

Option : ELECTROTECHNIQUE ET ENERGIE

**ETUDE D'UN SYSTEME TECHNIQUE ET/OU D'UN PROCESSUS TECHNIQUE
ET/OU D'UN EQUIPEMENT**

Durée : 8 HEURES – Coefficient : 1

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

Ce sujet est composé de trois dossiers distincts :

- Dossier présentation & travail demandé
- Dossier réponse
- Dossier technique

Le sujet comporte quatre parties à traiter obligatoirement. Chaque partie du sujet peut-être traitée indépendamment. Certaines réponses sont à rédiger sur le dossier réponse.

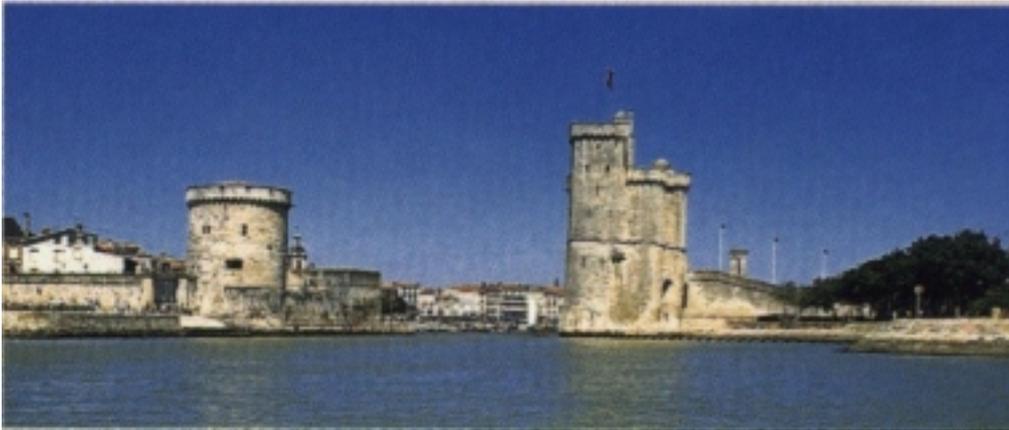
CONCOURS INTERNE SESSION 2001
CA/PLP & CAER

DOSSIER PRESENTATION & TRAVAIL DEMANDE

SOMMAIRE

<u>PRESENTATION</u>		Page 2
<u>PARTIE I :</u>	Réseau de distribution HTA/BTA	Page 4
<u>PARTIE II :</u>	Cuve d'électrolyse	Page 5
<u>PARTIE III :</u>	Etuve de calcination	Page 6
<u>PARTIE IV :</u>	Modification de l'équipement	Page 9

PRESENTATION GENERALE :



L'usine RHODIA implantée à La Rochelle est spécialisée dans la fabrication de matériaux obtenus à partir de terres rares. Elle est la seule usine au monde capable de produire industriellement toutes les terres rares adaptées aux performances requises par le marché.

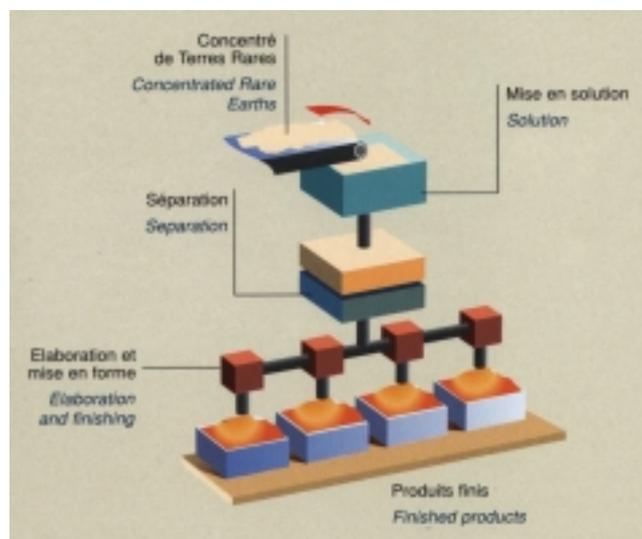
Les terres rares sont des éléments naturels au même titre que le fer, l'oxygène ou le carbone. Elles comprennent les 14 lanthanides ainsi que l'yttrium et le scandium. Leur structure électronique particulière leur confère des propriétés chimiques très voisines ce qui les rend difficiles à séparer. Leurs propriétés physiques sont à l'origine de leurs nombreuses applications dont principalement :

- la dépollution automobile (pot catalytique),
- la fabrication d'alliages pour aimant et pour batteries,
- la fabrication des composants électroniques,
- l'évolution des lampes, des écrans,
- l'industrie du verre,
- la coloration des matériaux.

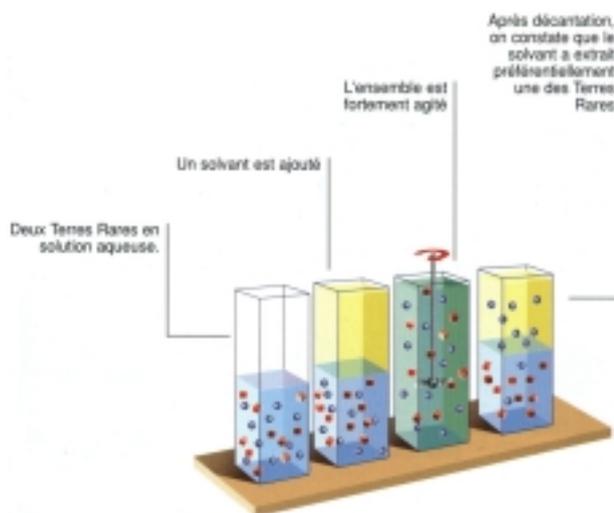
L'usine est approvisionnée en concentrés chimiques issus du traitement de minerais de monazite, bastnaésite, loparite ou de xénotime venus de tous les continents après épuration de leur radioactivité naturelle.

Ce concentré va subir trois transformations principales :

- mise en solution,
- séparation des terres rares,
- élaboration et mise en forme.



La séparation est réalisée par une extraction par un solvant. Le principe de cette extraction dite « liquide - liquide » repose sur la différence de solubilité relative des terres rares dans l'eau et dans un solvant organique. Cet effet élémentaire est faible, mais la répétition de cette opération un grand nombre de fois permet la séparation totale des terres rares. Ainsi chacune des Terres est séparée des autres successivement afin d'aboutir aux seize éléments naturels. Industriellement, les deux phases circulent à contre-courant dans des ensembles de mélangeurs-décanteurs appelés batteries. L'usine de La Rochelle dispose de plus de 1500 étages de séparation, régulés en continu par des analyseurs en ligne reliés à la salle de contrôle.



Transformée en solide par précipitation, la terre rare est filtrée puis subit un traitement thermique permettant de lui donner les caractéristiques finales recherchées, adaptées aux applications des clients.

Parmi ces caractéristiques, on peut citer la granulométrie, la pureté, la porosité, la couleur et la densité.

La combinaison de ces paramètres permet à l'usine de proposer plus de 350 produits finis, standards ou spécifiques, dont les spécifications évoluent sans cesse selon les applications recherchées.



L'étendue du site a conduit à réaliser une boucle de distribution HTA. Les différents processus mis en œuvre imposent des puissances installées importantes, plus de 13 000 kVA (broyage 1 000 kVA, laboratoires 1 000 kVA, calcination 1 250 kVA, séparation & précipitation 6 000 kVA, etc.). En outre, l'utilisation d'une grande quantité de vapeur sous pression nécessite la présence d'une chaudière électrique (33 MVA).

DOMAINE DE L'ETUDE :

La **PARTIE I** traitera de **L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE** du site de La Rochelle.

Les **PARTIES II, III ET IV** traiteront de la phase **ELABORATION ET MISE EN FORME DES PRODUITS**.

PARTIE I

RESEAU DE DISTRIBUTION HTA / BTA

I.1) L'alimentation de l'entreprise en énergie électrique est réalisée à l'aide de plusieurs sources.

On donne le *Document Technique DT I.1.*

On vous demande de préciser la nature de ces sources et de donner leur ordre de priorité.

I.2) On désire implanter un nouveau poste HTA/BTA (n°20) entre les postes n°23 et n°84.

On donne le *Document Technique DT I.2.*

On vous demande d'implanter le nouveau poste. Vous indiquerez les numéros des cellules, des interrupteurs et des sectionneurs de terre ...(*Document Réponse DR I.2*)

I.3) Vous êtes habilité HC et vous devez consigner le câble n°15.

On donne le *Document Technique DT I.3.*

On vous demande de compléter la fiche de manœuvre spécifiant les opérations à effectuer (*Document Réponse DR I.3*).

I.4) On vous donne le *Document Technique DT I.4.*

On vous demande d'identifier le couplage et de déterminer l'indice horaire du transformateur HT/BT représenté (*Document Réponse DR I.4*).

I.5) Un certain nombre de transformateurs HT/BT utilisés dans l'usine sont du type immergé.

On vous demande de préciser le choix des protections pour :

- les perturbations extérieures (atmosphériques et surcharges du réseau),
- la surveillance du fonctionnement du transformateur.

I.6) Dans certains cas (continuité de service, demande ponctuelle de puissance), les transformateurs de certains secteurs de l'usine sont mis en parallèle.

On vous demande de préciser les conditions que doivent remplir les transformateurs à coupler.

I.7) Dans la protection des installations, le circuit doit être coupé par l'élément de protection le plus proche en amont du défaut.

On vous demande d'expliquer le principe de la sélectivité des protections ainsi que la notion de filiation.

PARTIE II

CUVE D'ÉLECTROLYSE

Dans le processus de fabrication des produits, on utilise des cuves d'électrolyse pilotées par des redresseurs 15 V/15 000 A.

On donne les *Documents Techniques DT II.1 à DT II.9*.

On vous demande :

- II.1) De préciser le type de couplage du transformateur (*Document Technique DT II.1*).
- II.2) De préciser le type de courant et la forme d'onde au point A (C5 & L1 non connectés) du *Document Technique DT II.1*.
- II.3) De réaliser le schéma fonctionnel (ou schéma bloc) de la partie puissance de cet équipement en faisant apparaître les différentes sous fonctions.
- II.4) De déterminer le courant moyen et le courant maximal dans une diode du redresseur (*Document technique DT II.4*).
- II.5) De déterminer le calibre des fusibles F1, F2, F3.
- II.6) De déterminer la valeur de l'angle de retard à l'amorçage des thyristors pour que la tension moyenne de sortie soit égale à 14 V, on considère que le transformateur et les diodes sont parfaits (*Document Technique DT II.5*).
De vérifier par le calcul la validité du résultat.
- II.7) De préciser la fonction remplie par les éléments encadrés de pointillés du MODULE 1 du *Document Technique DT II.6*.
- II.8) D'indiquer le principe de fonctionnement des modules CIMER (*Documents Techniques DT II.8 & DT II.9*).
De justifier l'emploi de ces modules.
- II.9) En sortie du module CIMER 1 (*Document Technique DT II.3*), on dispose d'un signal 4-20 mA, image de la tension de sortie du redresseur.
Proposer une solution électronique analogique pour transformer ce signal en un signal 0-10 V.

PARTIE III

ETUVE DE CALCINATION ASPECT TECHNIQUE

Cette étuve permet la transformation de la matière par action de la chaleur. Les résistances chauffantes sont alimentées par un gradateur à train d'ondes. La puissance totale de chauffe est de 109 kW, la température maximale de traitement est de 800 °C (*Doc. Techniques DT III.1 à III.6*).

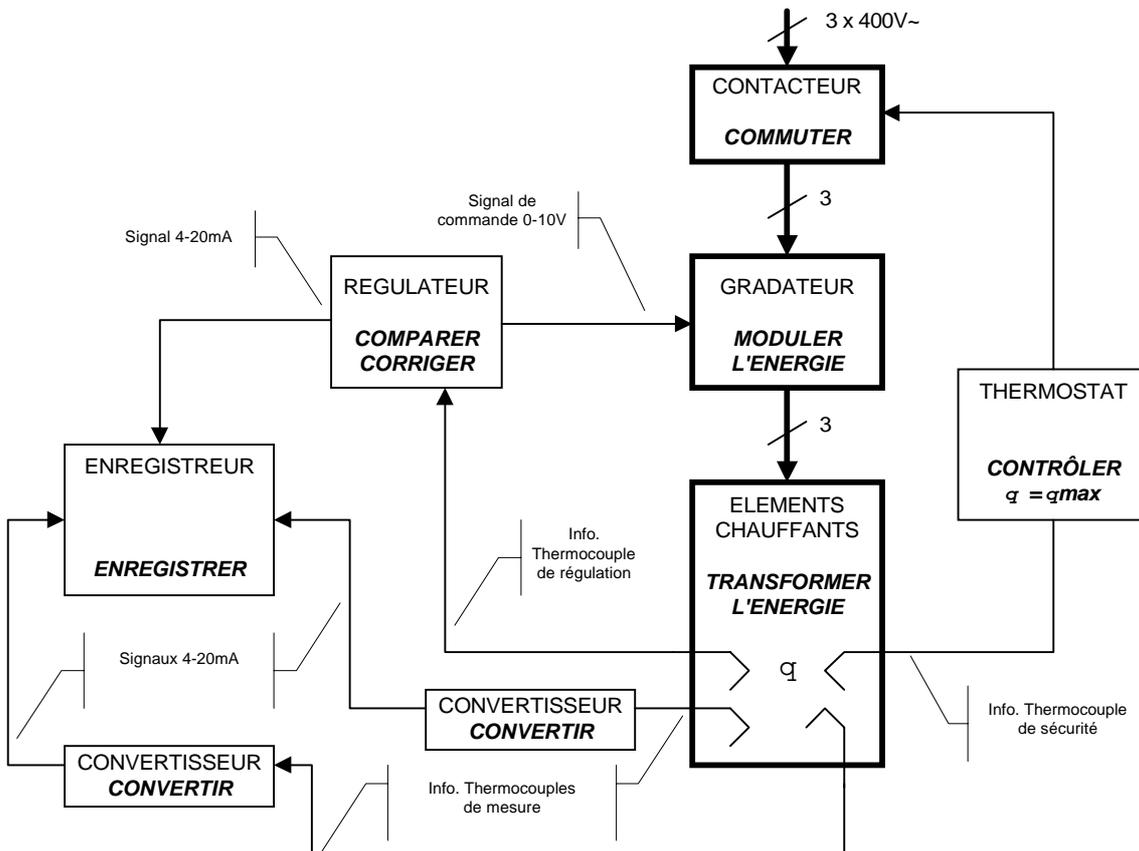
Pendant la transformation, des fonctions complémentaires sont réalisées :

- Le recyclage, assuré par un moteur triphasé à 2 vitesses :
Petite Vitesse (PV) 680 tr/mn - 3,4 kW et Grande Vitesse (GV) 1 440 tr/mn - 5,7 kW,
- L'aspiration, obtenue par une motopompe triphasée de puissance 0,37 kW,
- L'extraction, effectuée grâce à un moteur monophasé à 2 vitesses (230 V / 90 W).

La partie chauffage est constituée de :

- Un gradateur à train d'ondes EUROTHERM TC 2000 (*DT III.7 à III.8*),
- Un régulateur EUROTHERM 906HP,
- Un enregistreur EUROTHERM 4101C,
- Deux convertisseurs EUROTHERM Q488 (*DT III.9*),
- Un thermostat EUROTHERM série 92,
- Quatre thermocouples de type K (*DT III.10*).

SCHEMA FONCTIONNEL DE LA PARTIE CHAUFFAGE :



III.1) Étude théorique des formes d'ondes.

La modulation d'énergie réalisée par un gradateur peut être à découpage de phase ou à train d'ondes entières.

On vous demande en complétant le *Dossier Réponse DR III.1* :

III.1.1) Pour chaque type de gradateur, de représenter la forme de l'onde de tension $u_{\text{CHARGE}} = f(t)$ dans le cas d'une charge monophasée purement résistive.

III.1.2) D'exprimer la valeur efficace de la tension aux bornes de la charge pour chaque type de gradateur.

Rappels : Tension de réseau : $u(t) = \hat{U} \cdot \sin(\omega t)$ **T** : période du réseau
 α : angle de retard à l'amorçage des thyristors **τ** : rapport cyclique
Tc : période ou temps de cycle **tc** : temps de conduction.

III.2) Alimentation des éléments chauffants / Réglage de puissance.

Le gradateur EUROTHERM de série TC 2000 fonctionne en train d'ondes rapides, il comporte un dispositif de contrôle de déséquilibre entre phases.

On donne les *Documents Techniques DT III.1 à III.10*.

On vous demande en complétant le *Document Réponse DR III.1* :

III.2.1) D'établir la codification permettant de choisir le gradateur, en respectant les spécifications techniques et les contraintes du système.

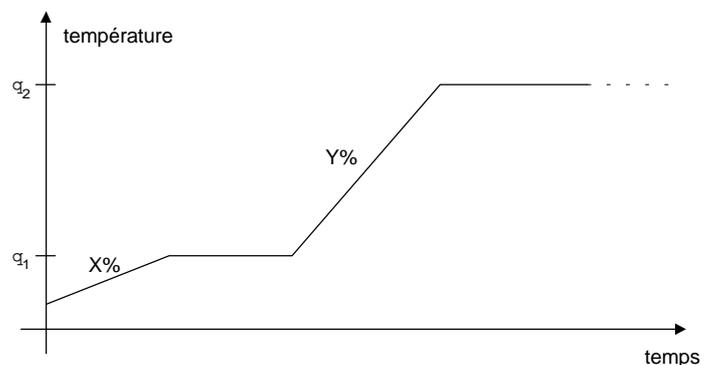
III.2.2) Pour une durée de cycle de 600 ms puis de 12 s, de calculer la puissance distribuée **P**, le temps de conduction **tc** et le rapport cyclique **τ** .

III.3) Commande allure de chauffe / acquisition de la température.

La puissance transmise aux résistances chauffantes est proportionnelle à la consigne d'allure de chauffe. Le signal analogique 0-10 V est fourni par le régulateur vers le circuit de commande du gradateur. Une allure de chauffe de 100 % correspond à une puissance transmise à la charge de 109 kW.

Les thermocouples de mesure (type K) sont raccordés à un convertisseur. Ce dernier délivre un courant 4-20 mA (image de la température) à un enregistreur.

On donne un exemple de cycle de traitement :



On donne les Documents Techniques DT III.1 à 10.

On vous demande en complétant le Document Réponse DR III.2 :

III.3.1) De déterminer dans chaque cas :

- la consigne d'allure de chauffe,
- la puissance transmise à la charge,
- la valeur analogique de commande,
- la valeur numérique du régulateur,
- la température dans l'étuve,
- la f.é.m. délivrée par le capteur,
- la valeur analogique en sortie du convertisseur.

III.3.2) De préciser quels sont les autres signaux analogiques paramétrables sur le convertisseur Q488, puis d'indiquer les avantages de l'utilisation du signal 4-20 mA, par rapport à d'autres types de transmission.

III.4) Étude mathématique d'une régulation de température.

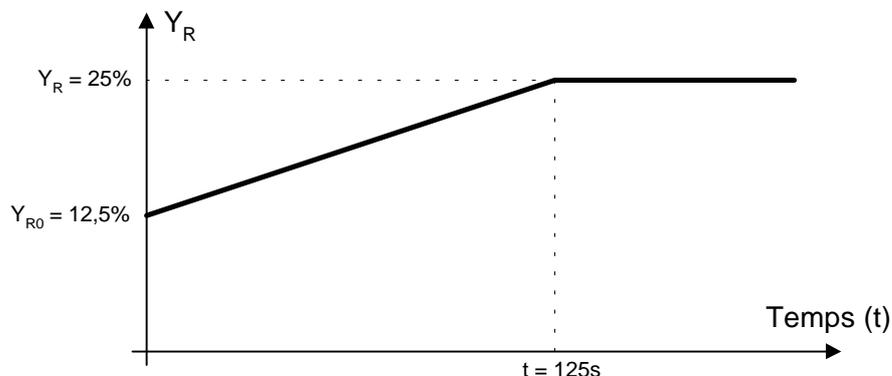
L'étuve est chauffée par un ensemble de résistances électriques contrôlées par une unité de puissance (Gradateur), elle-même commandée par un signal au gabarit 4 – 20 mA. Le transmetteur de température délivre un courant d'intensité 4 – 20 mA pour une étendue d'échelle 0 - 500 °C. Pour une commande fixe $Y_{R0} = 12,5\%$, le signal de mesure $M(t)$ se stabilise au bout d'un certain temps à une valeur $M0 = 25\%$ qui correspond au point de fonctionnement. Autour de ce point, une identification préalable a permis de déterminer l'équation différentielle liant une variation $y_R(t)$ du signal de commande $Y_R(t)$ à la variation $m(t)$ qui en découle pour le signal de mesure $M(t)$:

$$400 \cdot dm(t) / dt + m(t) = 2 \cdot y_R(t)$$

On vous demande en complétant votre feuille de composition :

III.4.1) De donner l'expression de la fonction de transfert isomorphe du procédé, autour du point de fonctionnement considéré.

III.4.2) De déterminer la transformée de Laplace $Y_R(p)$ de la fonction $y_R(t)$, sachant que pour éviter des contraintes thermiques trop importantes au niveau des résistances, on réalise une variation du signal de commande évoluant suivant la courbe ci-dessous :



Remarque : Dans toute l'application, on raisonnera en pourcentages des échelles de commande ou de mesure, indépendamment des supports physiques. On peut à tout moment revenir aux grandeurs physiques, en tenant compte des échelles.

PARTIE IV

ETUVE DE CALCINATION MODIFICATION DE L'EQUIPEMENT

PRESENTATION GENERALE DE L'ETUVE (*Voir partie III*)

IV.1) Remplacement du transformateur T2 et de sa protection.

Pour des raisons de sécurité des personnes, la tension de commande de 230 V doit être changée en T.B.T. 48 V, 50 Hz (*voir schémas électriques Dossier Technique DT III.1 à III.6*).

On donne *les Documents Techniques DT IV.1 à IV.8*.

On vous demande en complétant votre feuille de composition :

IV.1.1) D'indiquer la signification des abréviations T.B.T.S., T.B.T.P. et T.B.T.F., puis de justifier leur utilisation.

IV.1.2) De choisir le nouveau transformateur de commande et sa protection, à l'aide des fiches techniques sur les transformateurs et des documents constructeurs.

Expliquez et détaillez votre choix. Tout remplacement de matériel sera obligatoirement notifié.

IV.2) Modification de la fonction recyclage.

Dans le but d'optimiser le fonctionnement de l'étuve, on décide de remplacer le moteur M1 à 2 vitesses, par un ensemble moto-variateur. Ainsi le recyclage s'effectuera à vitesse variable en fonction du cycle de traitement.

On donne *les Documents Techniques DT IV.9 à IV.15*.

On vous demande en complétant votre feuille de composition et *le Document Réponse DR IV.1* :

IV.2.1) D'expliquer la solution technologique, utilisée dans le moteur M1, permettant d'obtenir 2 vitesses. De représenter, pour les deux vitesses, un schéma de principe.

IV.2.2) De choisir le groupe moto-ventilateur et le variateur. Les principales caractéristiques sont : le débit maxi : 4,16 m³/s et la pression totale : 930 Pa.

Le tableau de choix de ventilateur (*Doc. Technique DT IV.9*) donne la pression totale en millimètre de colonne d'eau. La relation entre pression et hauteur de colonne d'eau est la suivante :

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

P : pression (Pa)
 ρ : masse volumique (pour l'eau $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$)
g : accélération de la pesanteur (m/s^2)
h : hauteur de la colonne du fluide (m)

- a) *Déterminez le type de ventilateur EM. Expliquez et détaillez votre choix.*
- b) *Choisissez la référence du moteur d'entraînement type LS. Justifiez votre choix, puis calculez le couple nominal, le couple maximal et la puissance absorbée.*
- c) *Choisissez la référence du variateur Altivar 66 à associer au moteur. Justifiez votre choix.*

IV.2.3) D'établir le schéma de raccordement du sous ensemble réseau-variateur-moteur en respectant la configuration suivante : (*Complétez le Document Réponse DR IV.1*)

- Alimentation réseau triphasé 400 V – 50 Hz ;
- Variateur de vitesse de type ATV 66 ;
- Protection par disjoncteur Q2 ;
- Commande par contacteur de ligne KM2 ;
- Limitation taux d'harmoniques de courant par inductances H1 ;
- Consigne vitesse P.V. pré réglée sur terminal de l'ATV ;
- Paramétrage de 3 vitesses présélectionnées.

Précisez le rôle des entrées logiques (LI) utilisées.