

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

ÉLECTROTECHNIQUE

SESSION 2012

-----  
ÉPREUVE E.4.1.

Étude d'un système technique industriel  
Pré-étude et modélisation

Durée 4 heures – Coefficient 3

Calculatrice à fonctionnement autonome autorisé conformément à la circulaire N° 99-186 du 16/11/99. L'usage de tout autre matériel ou document est interdit.

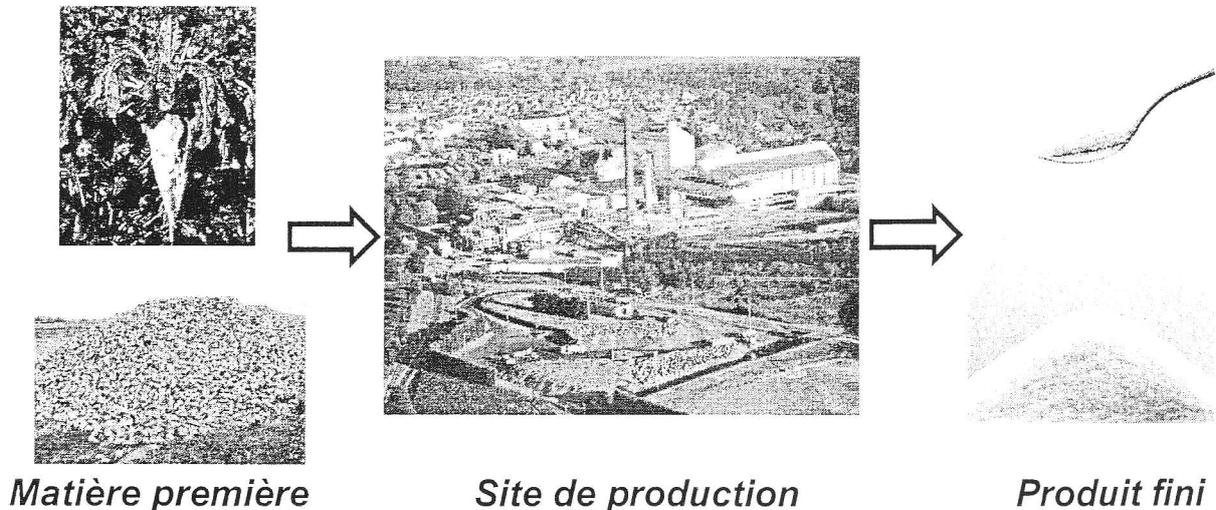
-----  
Le sujet comporte 18 pages.

**Le document réponse (page 18) est à remettre avec la copie.**

- 
- Il sera tenu compte de la qualité de la rédaction, en particulier pour les réponses aux questions ne nécessitant pas de calcul. Le (la) correcteur (trice) attend des phrases construites respectant la syntaxe de la langue française. Chaque réponse sera clairement précédée du numéro de la question à laquelle elle se rapporte.
  
  - Les notations du texte seront scrupuleusement respectées.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION 2012
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel. Pré-étude et modélisation	Repère : 12 – EQPEM	Page 1/18

# Augmentation de la productivité dans une sucrerie



## Présentation générale

La sucrerie de Pithiviers-Le-Vieil qui fait partie du Groupe VERMANDOISE est l'une des plus anciennes sucreries françaises. Sa production n'a jamais cessé d'augmenter pour atteindre aujourd'hui 125 000 tonnes de sucre par an.

La sucrerie extrait le sucre des betteraves produites localement. Une fois le produit fini, sous forme de sucre blanc cristallisé, celui-ci est stocké sur place en vrac puis commercialisé et expédié à l'industrie agroalimentaire.

## Campagne de production

L'activité de production de la sucrerie est très saisonnière. Elle commence dès la récolte des betteraves (octobre) et ne dure en moyenne que 70 jours en traitant environ 10 000 tonnes de betteraves par jour.

Face à une progression constante des volumes à traiter, l'objectif de la sucrerie est de passer à 12 000 tonnes de betteraves par jour.

Cette activité très ponctuelle, liée à la durée de conservation de la matière première, nécessite un fonctionnement continu 24h/24h et un objectif « zéro panne » pendant cette période.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION 2012
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel. Pré-étude et modélisation	Repère : 12 – EQPEM	Page 2/18

## Processus d'extraction du sucre

Après réception des betteraves, il faut les nettoyer et les couper pour en extraire le jus. Il faut ensuite réduire le jus par évaporation afin de le concentrer pour qu'il cristallise. Les cristaux de sucre seront enfin séchés par centrifugation.

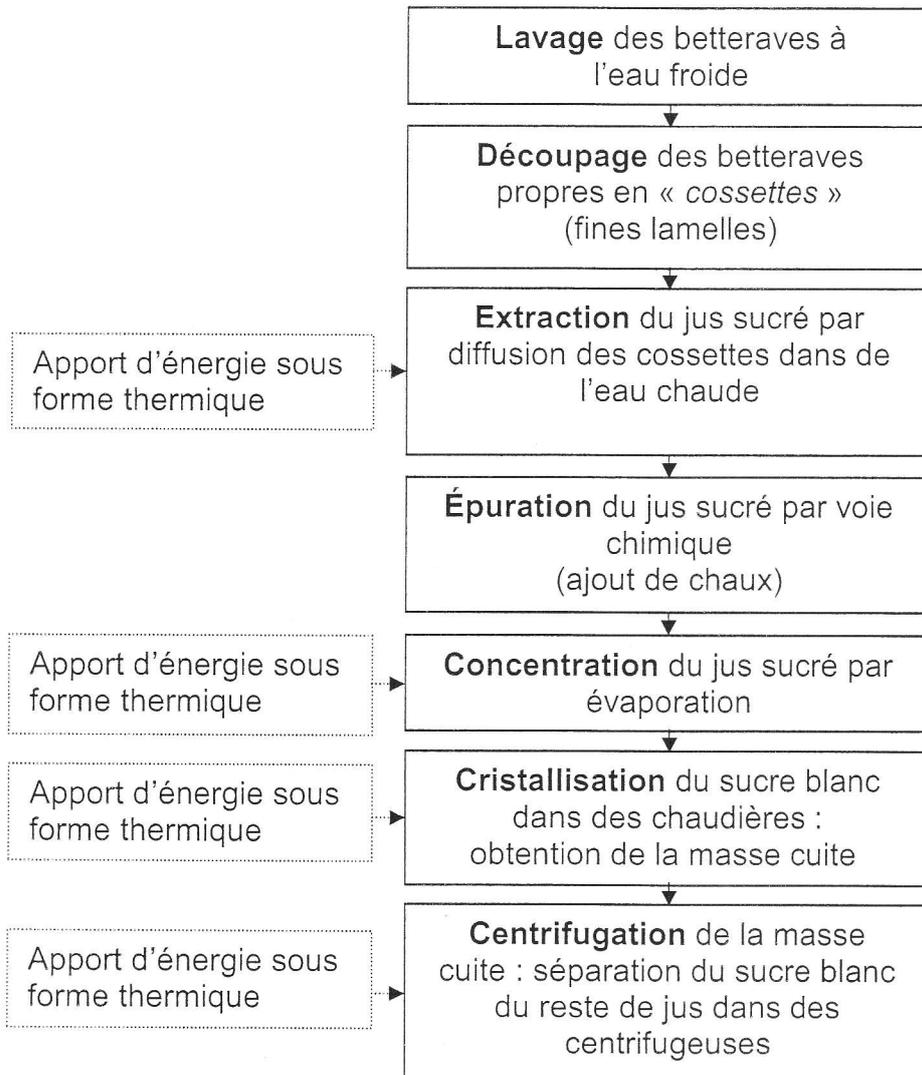


Figure 1

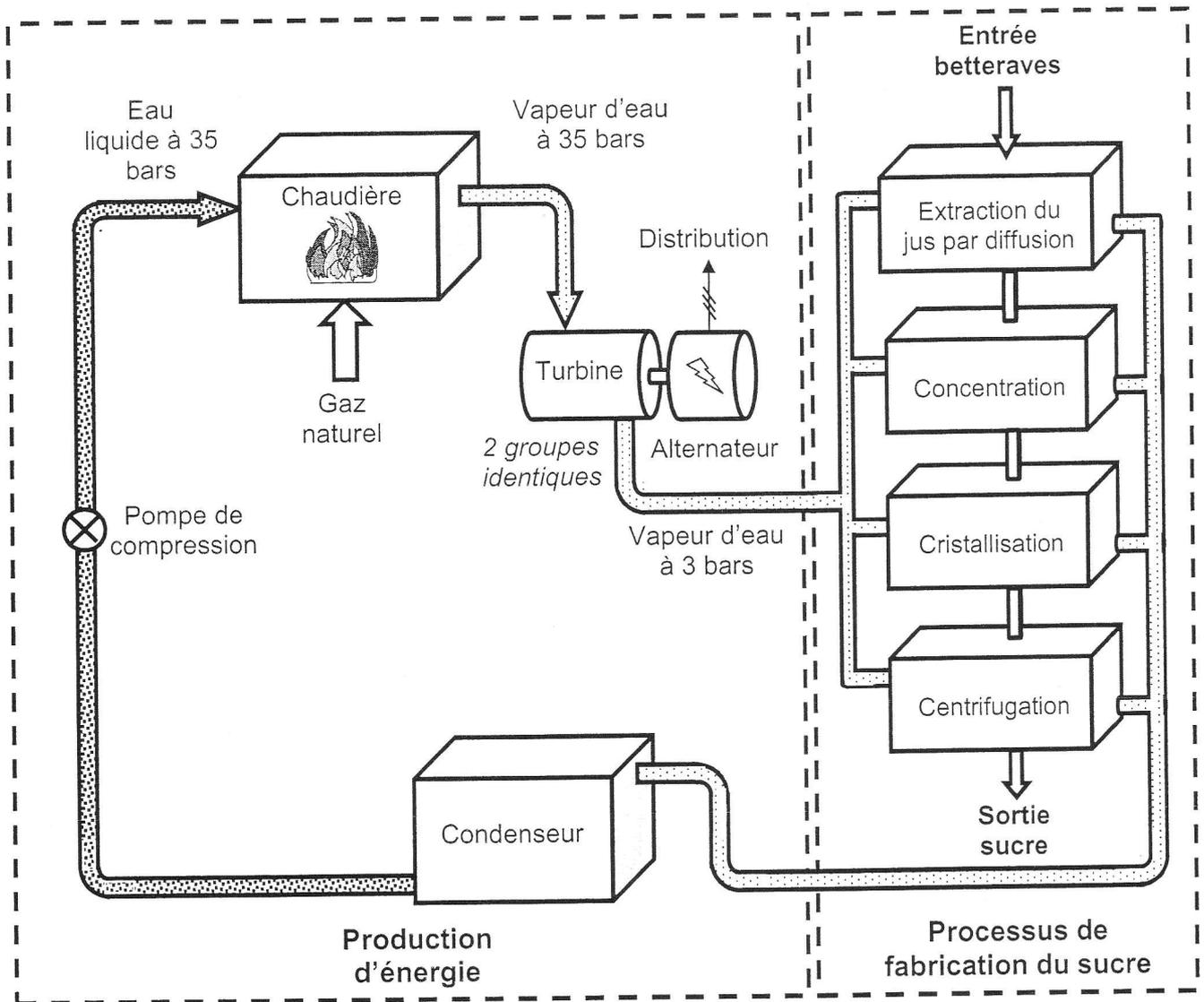
La **Figure 1** résume les différentes étapes de la production qui, pour plusieurs d'entre elles, nécessitent un important apport d'énergie sous forme thermique.

## Cogénération

La sucrerie profite de son installation de production de vapeur d'eau nécessaire au processus de fabrication, pour produire également sa propre énergie électrique. Cette double utilisation de la vapeur d'eau s'appelle « cogénération » et permet de fournir 90% de l'énergie électrique nécessaire au fonctionnement du site. Le reste est acheté à un fournisseur local d'énergie électrique.

D'un point de vue économique, cela permet de limiter le coût d'abonnement et la facture énergétique.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION 2012
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel. Pré-étude et modélisation	Repère : 12 – EQPEM	Page 3/18



Légende	
	Circuit d'eau liquide
	Circuit de vapeur

Figure 2

Une chaudière alimentée en eau (**Figure 2**) permet de générer de la vapeur d'eau à la pression de 35 bars à partir de la combustion de gaz naturel.

Cette vapeur entraîne deux groupes turboalternateurs identiques (turbines + alternateurs) qui assurent la production d'énergie électrique.

En sortie de turbine, la vapeur détendue à 3 bars est distribuée pour alimenter le processus de production.

Il est ainsi possible de répondre au double objectif de l'entreprise en matière d'énergie :

- assurer l'essentiel de la production d'énergie électrique nécessaire à l'alimentation des moteurs installés;
- assurer l'apport d'énergie thermique pour le processus de fabrication du sucre grâce à l'utilisation de la vapeur d'eau récupérée en sortie de turbine.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION 2012
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel. Pré-étude et modélisation	Repère : 12 – EQPEM	Page 4/18

## Centrifugation

Pour produire du sucre cristallisé, il faut extraire les cristaux d'un sirop concentré (appelé « *masse cuite* ») par centrifugation. La masse cuite est placée dans un malaxeur tampon qui la distribue ensuite dans six centrifugeuses. Un décalage du fonctionnement entre chacune d'elles assure un flux de production constant.

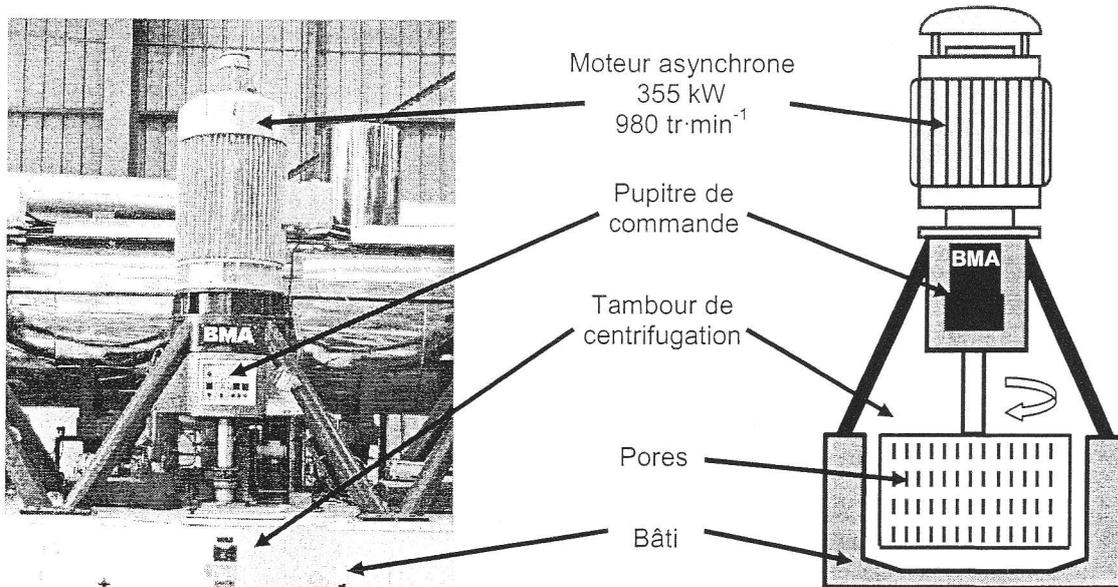


Figure 3

Un moteur asynchrone commandé en vitesse variable (**Figure 3**) permet de mettre en rotation le tambour de centrifugation. Le sucre cristallisé reste alors dans le tambour, tandis que le jus s'échappe par les pores.

## Enjeu

La quantité de betteraves traitée est en progression constante. Afin de ne pas augmenter la durée de la campagne pour des raisons économiques, il y a nécessité d'augmenter la productivité de l'usine.

Or, celle-ci est limitée par la dernière phase de fabrication : la centrifugation.

Actuellement, l'entraînement de la centrifugeuse est réalisé par un ensemble moteur-variateur de technologie ancienne, dont la maintenance devient difficile à assurer.

**L'enjeu pour l'entreprise est donc d'augmenter la productivité afin de passer de 10 000 à 12 000 tonnes de betteraves traitées par jour tout en maintenant une parfaite continuité de service.**

## Problématiques

Dans la première partie de cette épreuve, on vérifiera si la chaudière permet d'assurer l'autonomie électrique de la sucrerie durant la production et on verra comment l'entreprise assure la maintenance préventive des turboalternateurs.

Dans la deuxième partie, on déterminera les paramètres permettant l'augmentation de la productivité.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION 2012
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel. Pré-étude et modélisation	Repère : 12 – EQPEM	Page 5/18

## A : Cogénération de l'énergie électrique

On souhaite vérifier si l'autonomie électrique est assurée par la cogénération pendant la période de production.

La chaudière à gaz naturel est dimensionnée afin de répondre aux besoins du processus de production, essentiellement la concentration et la cristallisation. L'énergie électrique nécessaire est produite à partir de la vapeur d'eau générée par la chaudière.

La vapeur est produite à la pression de 35 bars, puis détendue dans les turboalternateurs et enfin disponible pour le processus de fabrication à la pression de 3 bars.

**Les parties A1, A2 et A3 sont indépendantes.**

### A.1. Débit en vapeur de la chaudière

La distribution de la vapeur fonctionne en circuit fermé. Après utilisation, celle-ci est recondensée et ramenée à l'entrée de la chaudière à une température de 100 °C. Une pompe permet de la comprimer à la pression de 35 bars. Nous allons calculer le débit massique de vapeur nécessaire à la production.

L'obtention de la vapeur s'obtient alors en 3 étapes :

- a. **Chauffage de l'eau liquide à 35 bars** de 100 °C à 240 °C
- b. Transformation de l'eau liquide en vapeur à 240°C : **ébullition à une pression de 35 bars.**
- c. **Chauffage de la vapeur d'eau à 35 bars** jusqu'à 410 °C.

On rappelle que l'énergie thermique nécessaire pour élever la température de  $\Delta T$  d'une masse  $M$  d'un fluide (gaz ou liquide) se calcule à partir de la relation :  $W_{th} = M.C.\Delta T$  où  $C$  désigne la capacité thermique massique du fluide.

On donne :

capacité thermique massique de l'eau liquide	$C_{Liq} = 4\,320 \text{ J.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$
capacité thermique massique de la vapeur d'eau	$C_{Vap} = 2\,090 \text{ J.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$

#### A.1.1. Énergie thermique nécessaire pour la production de 1 kg de vapeur

##### A.1.1.1. **Chauffage de l'eau liquide à 35 bars**

Calculer l'énergie thermique  $W_{ath}$  nécessaire pour chauffer 1kg d'eau liquide de 100 °C à 240 °C.

##### A.1.1.2. **Chauffage de la vapeur d'eau à 35 bars.**

Calculer l'énergie thermique  $W_{cth}$  nécessaire pour chauffer 1 kg de vapeur d'eau de 240 °C à 410 °C.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION 2012
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel. Pré-étude et modélisation	Repère : 12 – EQPEM	Page 6/18

A.1.1.3. L'énergie thermique  $W_{bth}$  nécessaire pour faire passer 1 kg d'eau liquide à l'état de vapeur à 240 °C est de 1 740 kJ (attenti on à l'unité).

Déduire des questions précédentes l'énergie thermique totale  $W_{Tth}$  nécessaire à la production de 1 kg de vapeur à 410 °C à partir d'eau liquide à 100 °C.

### A.1.2. Débit massique de la chaudière en vapeur

L'entreprise annonce une consommation moyenne journalière de gaz naturel de 170 000 m<sup>3</sup>. Le pouvoir calorifique du gaz naturel est de 11,54 kW.h.m<sup>-3</sup>.

A.1.2.1. Calculer l'énergie thermique journalière  $W_{jth}$  (exprimée en kW.h) libérée par la combustion du gaz.

A.1.2.2. Calculer la puissance thermique  $P_{th}$  disponible sachant que la production est assurée 24h / 24h de façon constante.

A.1.2.3. Déterminer le débit massique  $Q$  (exprimé en kg.s<sup>-1</sup>) de vapeur d'eau de la chaudière en considérant que le rendement de l'installation est de 75 % et en sachant que l'énergie thermique nécessaire pour produire 1 kg de vapeur est de 2700 kJ.

## A.2. Production d'énergie électrique

L'énergie électrique produite résulte de la transformation de l'énergie mécanique libérée sur l'arbre des turbines des alternateurs lors de la détente de la vapeur dans ces turbines.

Cette vapeur est admise à une pression de 35 bars et tombe à 3 bars en sortie.

Compte tenu de cette variation de pression, l'énergie transmise aux turbines est de 350 kJ par kg de vapeur détendue.

On souhaite vérifier si les besoins de la production sont couverts par les turboalternateurs.

A.2.1. Calculer la puissance mécanique  $P_{méca}$  disponible en prenant un débit massique de vapeur d'eau de 22,7 kg.s<sup>-1</sup>.

A.2.2. Calculer la puissance électrique  $P_{élec}$  disponible en considérant que le rendement des turboalternateurs est de 92 %.

Afin de maîtriser au mieux sa consommation énergétique, l'entreprise en tient un relevé journalier. En voici un extrait pour une journée type de la dernière campagne de production :

Énergie électrique consommée en MW.h	Durée de fonctionnement en h
174	24

A.2.3. Calculer  $P_{cons}$ , la puissance électrique active moyenne consommée.

A.2.4. L'objectif d'autonomie énergétique électrique est-il atteint ?

Dans le cadre de l'augmentation de la productivité, l'entreprise prévoit à court terme la récupération des pertes thermiques. Ceci permettra de conserver la chaudière actuelle.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION 2012
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel. Pré-étude et modélisation	Repère : 12 – EQPEM	Page 7/18

### A.3. Maintenance des alternateurs

La production d'énergie électrique est assurée par 2 turboalternateurs triphasés identiques. Afin de tenir l'objectif « zéro panne » pendant la période de production, ils sont régulièrement contrôlés par une société extérieure à l'entreprise.

Les essais sont réalisés dans les locaux de cette société. L'alternateur est entièrement démonté afin de vérifier l'état d'usure des pièces, l'isolement des circuits induit et inducteur. Après remontage, les essais classiques (essai à vide et essai en court circuit) sont réalisés sur un banc spécifique. Pour cela, un moteur est accouplé à l'alternateur en test et permet l'entraînement jusqu'à la vitesse de synchronisme. La puissance électrique absorbée par ce moteur (parfaitement connu de la société de maintenance) permet de remonter aux différentes pertes de l'alternateur.

On se propose de prédéterminer le rendement d'un alternateur à partir de ces essais.

#### A.3.1. Analyse du rapport d'essai d'un alternateur

<b>CONVERTEAM</b> THE POWER CONVERSION COMPANY		<b>RAPPORT D'ESSAI / TESTING REPORT</b>		Certif. Body 1 Ref. :	NA
MOTORS SA		<b>MOTEUR SYNCHRONE / SYNCHRONOUS MOTOR</b>		Certif. Body 2 Ref. :	NA
				CONVERTEAM FNOXR	22135
				Page	0 / 2
PROJET / Project	: PITHIVIERS	No Cmde / Order no.	: 07D885		
Client / Customer	: SUCRERIE DE PITHIVIERS	N° Moteur / Serial n°	: 001		
Type / Type	: MSHD 800 L4C				
<b>ELECTRICAL DATA</b>					
Nb of Stators	: 1	Couplage / Coupling	: ETOILE /		
Puissance / Power	: 1 x 5 000 Kva	Phase angle/stators	: 0		
Tension / Voltage	: 1 x 5 500 V	Service Factor	: S1		
Courant / Current	: 1 x 525 A	Cl. Echauffement Stator	: 115(S)° K		
Vitesse / Speed	: 1500 rpm	Cl. Echauffement Rotor	: NA K		
Couple / Torque	: 31.8 kN.m	Cooler water temp.	: 25 °C		
Rendement / Efficiency	: 0.954				
Cos Phi	: 0.8				
Freq.	: 50 Hz				

**rpm** : « rotation per minute » soit tours par minute

A.3.1.1. La vitesse de rotation des turbines est de  $9\,000\text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$ . Justifier la nécessité d'installer un réducteur de vitesse en sortie de turbine et calculer son rapport de

réduction défini par  $r = \frac{n_{\text{alternateur}}}{n_{\text{turbine}}}$ .

A.3.1.2. Calculer le nombre de pôles d'un alternateur.

A.3.1.3. Vérifier la valeur du courant nominal de l'induit à partir de la puissance apparente nominale.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION 2012
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel. Pré-étude et modélisation	Repère : 12 – EQPEM	Page 8/18

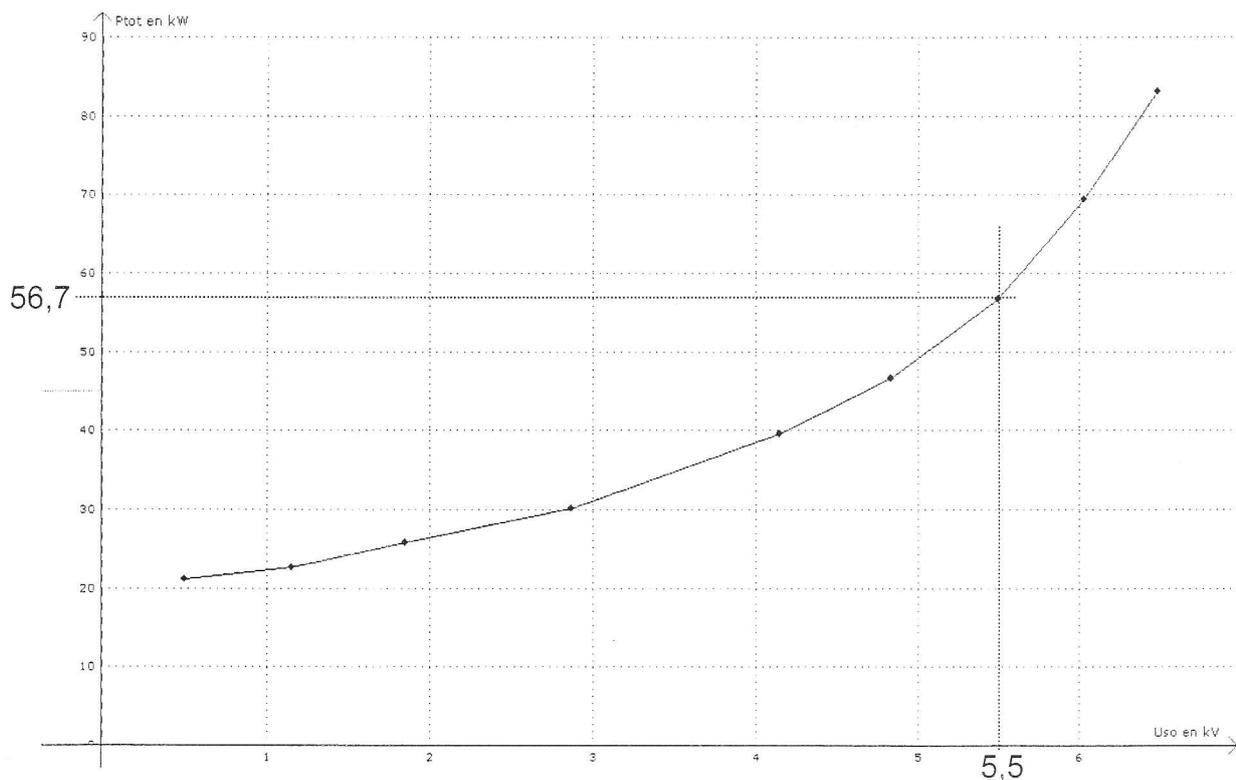
### A.3.2. Prédétermination du rendement d'un alternateur

La société de maintenance procède à la mesure des résistances des bobinages statoriques (entre phases) et du bobinage rotorique à la température ambiante. Elle les corrige ensuite pour la température de fonctionnement (75°C). Les résultats sont les suivants :

$$R_{ph\ stator} = 93,2\ m\Omega$$

$$R_{rotor} = 245,5\ m\Omega$$

Lors de l'essai à vide à la vitesse de synchronisme, on mesure les pertes totales de l'alternateur pour différentes valeurs de la tension à vide  $U_{S0}$  :



On souhaite prédéterminer le rendement de l'alternateur pour son point de fonctionnement nominal avec une charge sinusoïdale triphasée équilibrée dont le facteur de puissance est 0,8.

A.3.2.1. Calculer la puissance électrique active fournie pour ce point de fonctionnement.

A.3.2.2. À partir de la courbe donnant les pertes totales en fonction de la tension à vide, justifier que l'on peut estimer les pertes mécaniques  $p_{méc}$  à 20 kW.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION 2012
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel. Pré-étude et modélisation	Repère : 12 – EQPEM	Page 9/18

A.3.2.3. Donner alors la valeur des pertes fer  $p_{\text{fer}}$  pour une tension à vide égale à la tension nominale.

A.3.2.4. Calculer les pertes Joule statoriques  $p_{\text{Js}}$ .

A.3.2.5. *La modélisation de l'alternateur (non traitée ici) permet d'estimer le courant continu rotorique à 276,5 A pour le point de fonctionnement choisi.*

Calculer les pertes Joule rotoriques  $p_{\text{Jr}}$ .

*On réalise un essai en court-circuit à la vitesse de synchronisme et on mesure des pertes fer dites « supplémentaires » créées par le courant statorique. Elles valent 25,9 kW pour un courant statorique de 525 A.*

A.3.2.6. En déduire alors la somme  $P_{\text{T}}$  de toutes les pertes.

A.3.2.7. Calculer le rendement de l'alternateur. Comparer avec la valeur donnée sur le rapport d'essai de l'alternateur.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION 2012
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel. Pré-étude et modélisation	Repère : 12 – EQPEM	Page 10/18

## B. Augmentation de la productivité

La sucrerie veut augmenter sa production de 10 000 à 12 000 tonnes par jour sans modification majeure de la structure. Une pré-étude a montré que la productivité est limitée par la dernière étape de production, la **centrifugation de la masse cuite**.

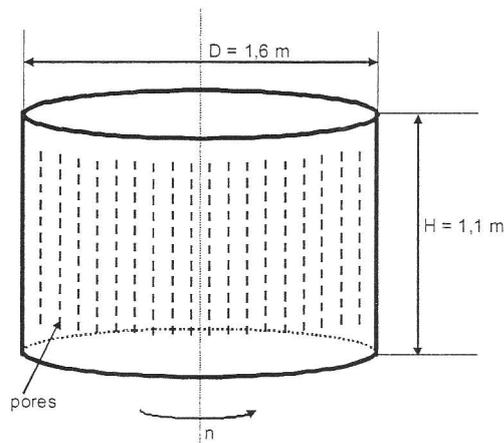
On va déterminer dans cette partie les paramètres sur lesquels on peut agir afin de répondre au cahier des charges et proposer une solution technique conservant la structure mécanique des centrifugeuses.

**Les parties B1, B2, B3 et B4 sont indépendantes.**

**La partie B5 tient compte pour partie du profil du couple mécanique trouvé à la partie B4.**

### B.1. Analyse du cycle de centrifugation existant

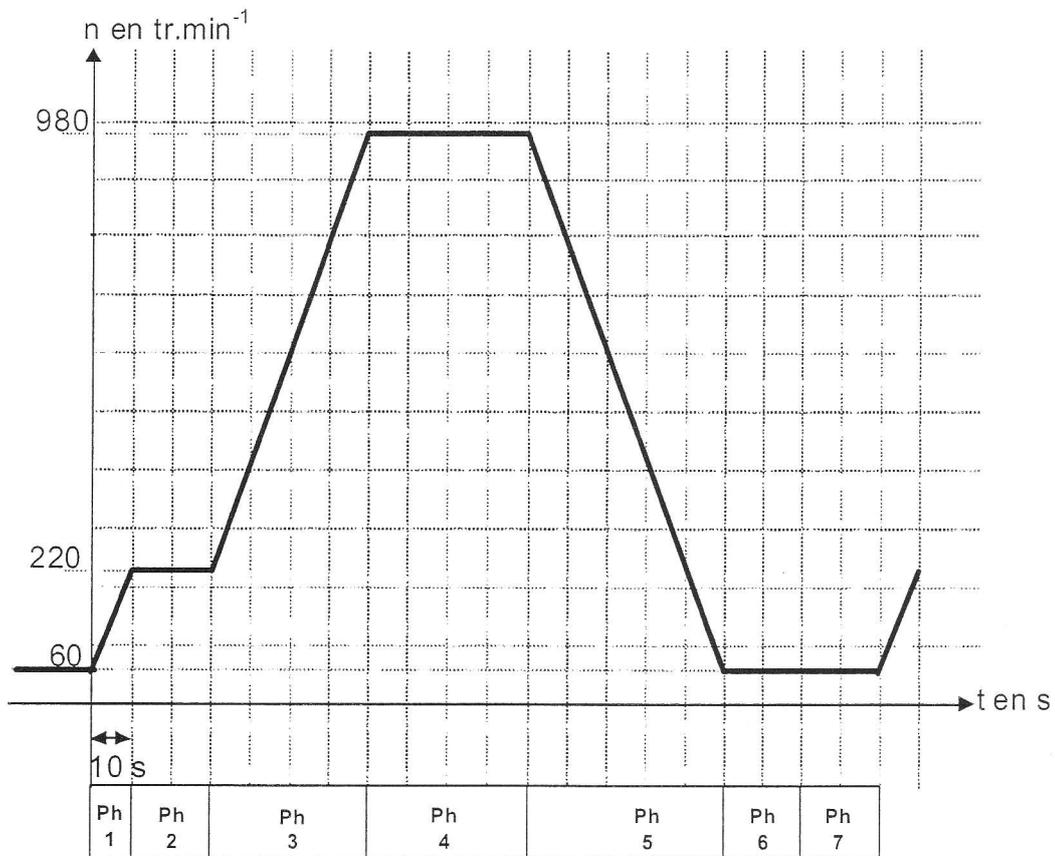
La centrifugeuse permet d'assécher le sucre cristallisé de la « masse cuite » en éliminant le reste de jus non cristallisé.



La figure ci-dessus représente le tambour de centrifugation cylindrique de hauteur  $H = 1,1 \text{ m}$  et de diamètre  $D = 1,6 \text{ m}$  dans lequel la masse cuite est introduite par la partie supérieure.

Ce tambour en acier inoxydable est percé de pores qui permettent l'écoulement du jus lors de sa mise en rotation. Sa masse est  $M_{tam} = 1\,250 \text{ kg}$ .

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION 2012
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel. Pré-étude et modélisation	Repère : 12 – EQPEM	Page 11/18



**Cycle de centrifugation actuel**

Le schéma ci-dessus représente le cycle de fonctionnement actuel d'une phase de centrifugation.

On notera que la vitesse de rotation du tambour est de **60 tr.min<sup>-1</sup>** lorsqu'il est vide.

**Phase 1** : accélération constante « tambour vide » pour atteindre **220 tr.min<sup>-1</sup>** ; durée 10 s.

**Phase 2** : chargement de la masse cuite à **220 tr.min<sup>-1</sup>** par la partie supérieure du tambour à vitesse constante ; durée 20 s.

**Phase 3** : accélération constante « tambour plein » pour atteindre **980 tr.min<sup>-1</sup>** ; durée 40 s.

**Phase 4** : centrifugation à vitesse constante ; durée 40 s.

**C'est la phase essentielle : trop courte, le sucre ne serait pas suffisamment séché, trop longue, le sucre se prendrait en masse.**

**Phase 5** : décélération constante pour atteindre **60 tr.min<sup>-1</sup>** ; durée 50 s.

**Phase 6** : déchargement du sucre blanc cristallisé par la partie inférieure du tambour à vitesse constante ; durée 20 s.

**Phase 7** : phase inactive permettant de lancer un cycle pour l'une des autres centrifugeuses ; durée 20 s.

B.1.1. Calculer la durée T d'un cycle complet.

B.1.2. Donner le nombre de cycles par heure de fonctionnement.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION 2012
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel. Pré-étude et modélisation	Repère : 12 – EQPEM	Page 12/18

## **B.2. Prise en compte de l'augmentation de la productivité**

Afin de porter la capacité de production de 10 000 à 12 000 tonnes, la sucrerie doit augmenter le nombre de cycles de fonctionnement de la centrifugeuse qui est actuellement de 18.

B.2.1. Calculer le nombre minimum de cycles par heure de fonctionnement permettant de passer la production de 10 000 à 12 000 tonnes par heure.

B.2.2. Le choix de l'entreprise se porte sur 22,5 cycles par heure afin d'avoir un peu de souplesse de fonctionnement.

Donner la nouvelle durée  $T'$  d'un cycle de fonctionnement.

## **B.3. Construction du nouveau cycle de centrifugation**

L'entreprise exclut toute modification des éléments de structure suivants :

- amenée de la masse cuite
- évacuation du sucre cristallisé
- taille du tambour de la centrifugeuse

B.3.1. Justifier dans ces conditions que la durée des phases 2, 4 et 6 ne peut être modifiée.

On choisit de modifier les phases d'accélération ou de décélération de façon à obtenir les durées de fonctionnement suivantes :

**Phase 1** : durée 5 s.

**Phase 3** : durée 30 s.

**Phase 5** : durée 30 s.

**Phase 7** : durée 15 s.

B.3.2. Vérifier que ces modifications permettent d'obtenir la durée de cycle  $T'$  calculée à la question B.2.2.

## **B.4. Contraintes dues au nouveau cycle de centrifugation**

Le **document en annexe page 17** représente le cycle actuel de centrifugation et le profil du moment du couple que développe la motorisation actuelle.

Le **document réponse page 18** représente dans sa partie haute le nouveau cycle de centrifugation. On se propose dans cette partie de construire le profil du moment du couple imposé par le nouveau cycle de fonctionnement.

### **B.4.1. Phases 2, 4 et 6**

Rien n'étant modifié pour ces phases, reporter sur le document réponse la valeur du moment du couple à partir de l'annexe.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION 2012
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel. Pré-étude et modélisation	Repère : 12 – EQPEM	Page 13/18

Pour les questions suivantes, on rappelle le principe fondamental de la dynamique pour les systèmes en rotation:  $C_{mot} = J \cdot \frac{d\Omega}{dt} + C_{res}$

où  $C_{mot}$  et  $C_{res}$  sont respectivement le moment du couple moteur imposé par la motorisation et le moment du couple résistant opposé par la charge,  $J$  le moment d'inertie de l'ensemble des éléments en rotation et  $\Omega$  la vitesse angulaire de rotation (exprimée en  $\text{rad.s}^{-1}$ ).

B.4.2. Dédire de la courbe du moment du couple pour les phases 2, 4 et 6 la valeur de  $C_{res}$ .

### B.4.3. Phase 1

Le moment d'inertie du tambour  $J_{tam}$  est donné par la relation  $J_{tam} = M_{tam} \cdot R_{tam}^2$

avec  $M_{tam}$ , la masse du tambour et  $R_{tam}$ , le rayon du tambour (voir données numériques page 11)

B.4.3.1. Calculer  $J_{tam}$  en donnant explicitement son unité légale.

B.4.3.2. Calculer  $\frac{d\Omega}{dt}$  lors de la phase 1.

B.4.3.3. En déduire alors que le moment du couple mécanique pendant cette phase est proche de 3020 N·m.

### B.4.4. Phase 3

Durant la phase 2, on a introduit 1 750 kg de « masse cuite » de masse volumique  $\rho_{mc} = 1\,450 \text{ kg.m}^{-3}$  dans le tambour. Compte tenu de la rotation, cette masse va se « coller » sur la périphérie du tambour modifiant ainsi le moment d'inertie de l'ensemble. Sa valeur devient  $J'_{tam} = 1\,530 \text{ USI}$  (unité du système international) en fin de remplissage.

On fait l'hypothèse simplificatrice que la valeur du moment d'inertie (1530 USI) ne varie pas durant la phase 3 (en réalité, elle diminue car le jus commence à être éliminé lors de la montée en vitesse).

B.4.4.1. Calculer  $\frac{d\Omega}{dt}$  lors de la phase 3.

B.4.4.2. En déduire alors que le moment du couple mécanique pendant cette phase est proche de 4400 N·m.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION 2012
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel. Pré-étude et modélisation	Repère : 12 – EQPEM	Page 14/18

### B.4.5. Phase 5

À la fin de la phase de centrifugation, le jus a été extrait et le moment d'inertie est donc modifié. Sa valeur devient  $J''_{tam} = 1\,270 \text{ USI}$ .

B.4.5.1. Calculer  $\frac{d\Omega}{dt}$  lors de la phase 5.

B.4.5.2. En déduire alors que le moment du couple mécanique pendant cette phase est proche de -3740 N.m.

### B.4.6. Détermination des modes de fonctionnement moteur ou générateur

B.4.6.1. Dessiner sur le **document réponse page 18** le profil du moment du couple mécanique  $C_{mot}$  à fournir par la motorisation sur tout le cycle de centrifugation.

B.4.6.2. Compléter le **document réponse page 18** en hachurant les cases correspondant à un mode de fonctionnement moteur (M) ou générateur (G) de la machine d'entraînement.

## B.5. Choix d'un nouveau moto variateur

*Un bureau d'étude consulté pour répondre à l'augmentation de la productivité a préconisé de changer l'ensemble moteur et variateur par un matériel SIEMENS nouvelle génération, ce qui résoudra les problèmes actuels de maintenance.*

*Le moteur retenu a les caractéristiques nominales suivantes :*

$$P_{UN} = 315 \text{ kW}$$

$$U_N = 400 \text{ V}$$

$$I_N = 580 \text{ A}$$

$$\cos \varphi_N = 0,82$$

$$n_N = 741 \text{ tr.min}^{-1}$$

$$\eta_N = 0,96$$

$$f_N = 50 \text{ Hz}$$

*Le variateur de vitesse et le moteur ont la particularité de pouvoir absorber une surcharge de 50 % pendant une durée de 60 s. Il existe plusieurs versions de ce variateur : 1 quadrant, 2 quadrants et 4 quadrants.*

B.5.1. Calculer le moment du couple nominal du nouveau moteur proposé.

B.5.2. Préciser la version du variateur que l'entreprise doit commander pour remplir le cahier des charges.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION 2012
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel. Pré-étude et modélisation	Repère : 12 – EQPEM	Page 15/18

### B.5.3. Tenue en surcharge du moto-variateur

B.5.3.1. À partir du **document réponse page 18**, relever le moment du couple maximum nécessaire à l'entraînement de la centrifugeuse.

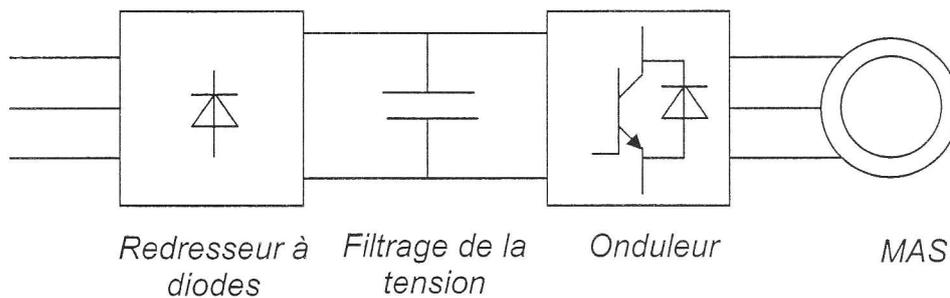
B.5.3.2. Exprimer alors en % la surcharge en couple du moteur.

B.5.3.3. Justifier le choix du couple moteur-variateur en termes de surcharge et de durée de la surcharge.

B.5.3.4. Sur quelles grandeurs physiques appliquées au moteur le variateur agit-il pour permettre la rotation à  $980 \text{ tr.min}^{-1}$  ?

### B.5.4. Réversibilité du moto-variateur

*On propose ci-dessous une structure classique de moto variateur.*

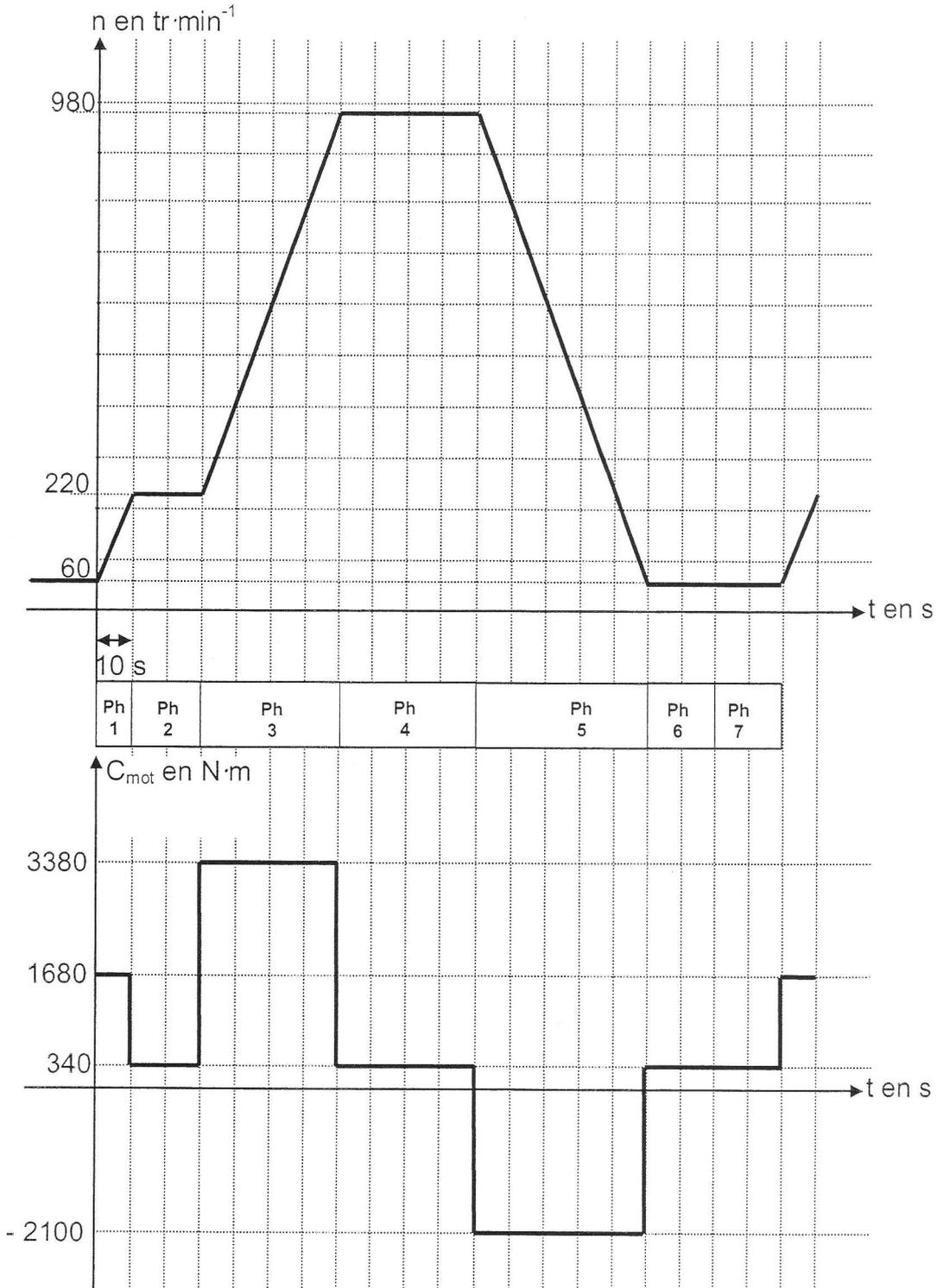


B.5.4.1. Cette structure permet-elle la réversibilité mécanique nécessaire ? Justifier la réponse.

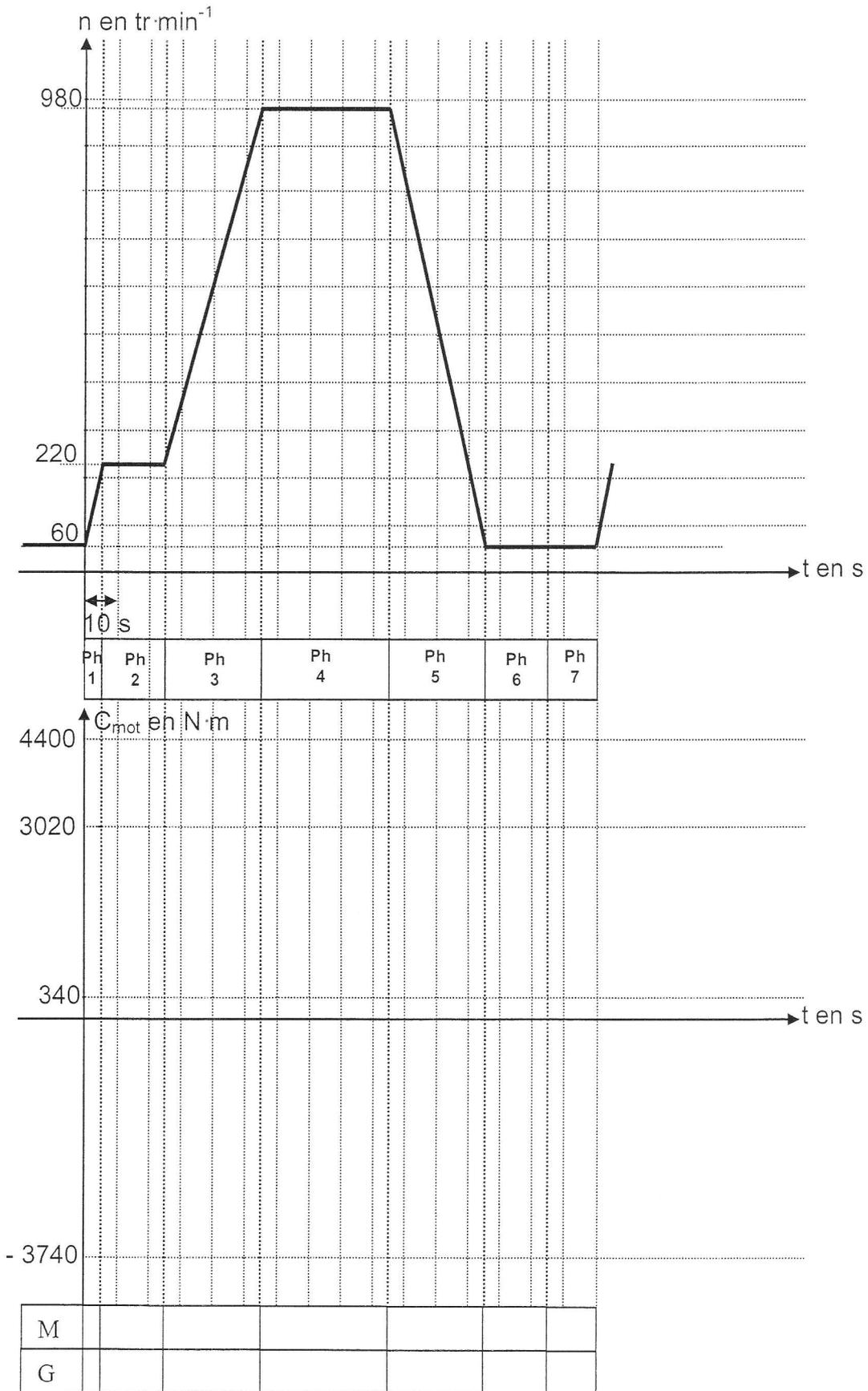
B.5.4.2. Si la réponse est négative, proposer une solution.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION 2012
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel. Pré-étude et modélisation	Repère : 12 – EQPEM	Page 16/18

# Annexe



**Profil de vitesse actuel et profil de couple moteur associé**



M : moteur ; G : générateur