



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel**

session 2011

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR : PRODUCTIQUE BOIS

SCIENCES PHYSIQUES

SESSION 2011

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 2h

COEFFICIENT : 1,5

Matériel autorisé :

Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Circulaire n°99-186, 16/11/1999°

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 7 pages, numérotées de 1 sur 7 à 7 sur 7

Les deux parties sont indépendantes. Les questions sont dans leur ensemble largement indépendantes.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part importante dans l'appréciation des copies.

Étude simplifiée d'une usine de transformation du bois

Une usine de transformation du bois de 14 000 m² comprend des bureaux, une zone «usine» et les différents process la composant, ainsi que des zones de process extérieur. La conception de l'usine résulte d'un projet s'inscrivant dans une démarche environnementale poussée.

L'installation comprend entre autres :

- des cuves de rétention des eaux pluviales en vue d'une réutilisation pour l'ensemble du process de transformation du bois (autonomie 80 %),
- une chaudière à bois, utilisant les 7000 tonnes annuelles de copeaux de bois (supposés anhydre) issus du process de transformation du bois. Le rendement de cette chaudière est de 90 %.

L'objectif est la valorisation des déchets de bois par la production d'énergie électrique. Cette énergie électrique, E_w, produite grâce à une centrale représente 50 % de l'énergie Q_c produite par la chaudière.

Une partie de la production d'eau chaude de cette usine est réalisée par l'apport d'énergie provenant d'une surface de 50 m² de capteurs solaires thermiques à fluide caloporteur placés sur le toit de l'usine (voir annexe 1). L'énergie moyenne apportée par le rayonnement solaire pour chauffer l'eau est de 2 kWh.m⁻² par jour.

L'usine fonctionne 15 heures par jour durant 300 jours par an.

Partie 1 : Étude de quelques échanges énergétiques (10 points)

1. Énergie utile produite par la chaudière

Le tableau ci-dessous donne le pouvoir calorifique inférieur (PCI) de quelques combustibles

Contenu énergétique PCI indicatif de divers combustibles

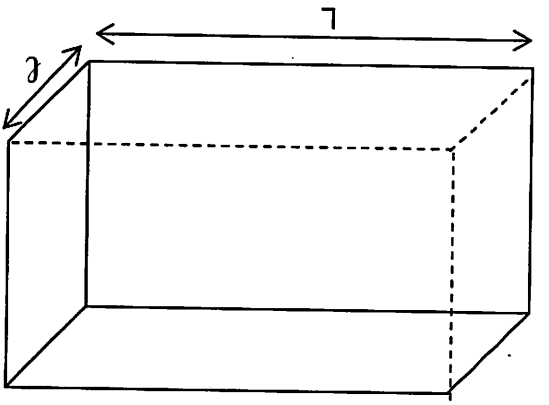
(Sources : Institut wallon 2002)

1 m ³	gaz naturel	36,1 MJ
1 L	mazout	36 MJ
1 kg	charbon	25 à 33 MJ
1 kg	bois anhydre	18 MJ

On rappelle que 1,00 kWh vaut 3,60 MJ.

Le PCI du bois anhydre (c'est-à-dire contenant 0% d'eau), et dépourvu de matière minérale, est relativement constant, sa valeur est de 18 MJ.kg⁻¹.

- une plaque de gypse-cellulose (type FERMACELL) d'épaisseur $e_1 = 1,5$ cm,
 - de la laine de bois d'épaisseur $e_2 = 20$ cm,
 - du bois de pin d'épaisseur $e_3 = 2,5$ cm.
- Chaque paroi verticale (schéma page suivante) est constituée de trois épaisseurs de matériaux différents :



Le bâtiment est parallélépipédique de dimensions :

- longueur $L = 45$ m,
- largeur $l = 30$ m
- hauteur $H = 7,0$ m

Le schéma ci-contre est représenté sans souci d'échelle.

4. Pertes énergétiques à travers les façades du bâtiment

- 3.1. Calculer en kWh l'énergie quotidienne E_j reçue par la surface des capteurs solaires.
- 3.2. Calculer en kWh l'énergie annuelle E_a reçues par la surface des capteurs solaires pendant la durée de fonctionnement de l'usine.

3. Energie solaire

- 2.1. Déterminer la masse d'eau utilisée par cycle de 3 jours.
- 2.2. Calculer, en J puis en kWh, l'énergie Q_2 nécessaire pour porter les 15000 L d'eau consommées par cycle, de la température θ_1 à la température θ_2 .
- 2.3. Calculer, en J puis en kWh, l'énergie Q_3 nécessaire pour vaporiser entièrement la masse d'eau consommée à la question 2.2.
- 2.4. En déduire l'énergie totale annuelle Q_e en kWh, nécessaire lors de ces cycles de préparation du bois.

2. Chauffage de l'eau

- Une partie de l'eau de pluie stockée dans les cuves de rétention est utilisée pour préparer le bois lors de la phase de déroulage de celui-ci.
- Ce processus consomme 15000 L d'eau par cycle de 3 jours. Cette eau liquide de capacité thermique massique $c = 4,19$ kJ.kg⁻¹.K⁻¹ est initialement à la température $\theta_1 = 10,0^\circ\text{C}$. Sa masse volumique ρ supposée constante est de 1000 kg.m⁻³.
- À la température $\theta_2 = 100^\circ\text{C}$, la chaleur latente de vaporisation de l'eau L_v vaut 2,26 MJ.kg⁻¹.
- 1.1. Justifier que la valeur du pouvoir calorifique inférieur ou PCI du bois anhydre est de 5,0 kWh.kg⁻¹.
 - 1.2. Déterminer, en kWh, l'énergie Q_1 transférée par chaleur annuellement lors de la combustion des copeaux de bois.
 - 1.3. En déduire :
 - 1.3.1. L'énergie Q_e en kWh produite annuellement par la chaudière de l'usine.
 - 1.3.2. L'énergie électrique E_w produite par la centrale.

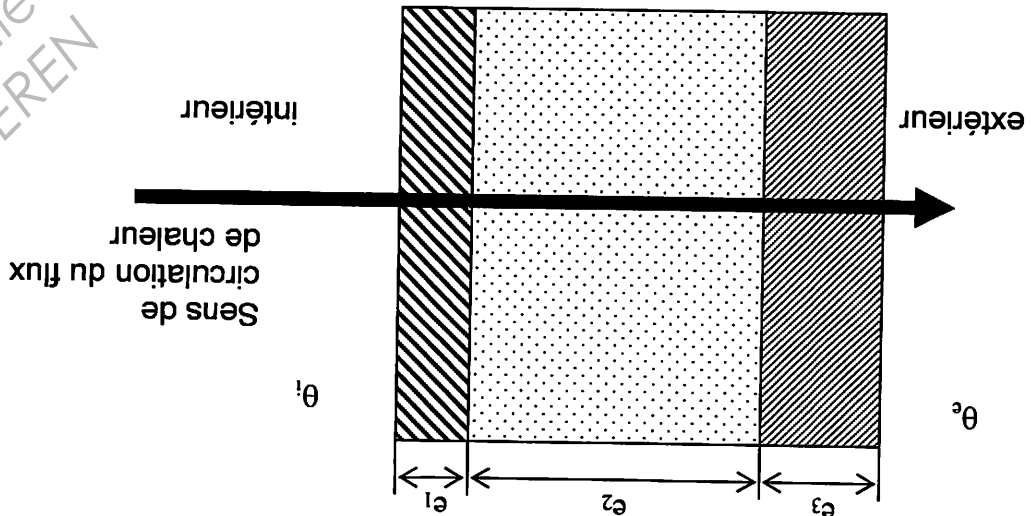
On néglige toute déperdition thermique à travers le sol et le plafond et on suppose le flux thermique constant et permanent lorsque l'usine fonctionne.

4.1. En tenant compte des résistances thermiques d'échange superficiel externe et interne et des différentes valeurs des conductivités thermiques λ données en **annexe 2**, exprimer littéralement puis calculer la résistance thermique R_{th} des parois verticales de ce bâtiment.

4.2. Déterminer la déperdition thermique totale P_{th} en watt de ce local.

4.3. En déduire l'énergie **annuelle** transférée par chaleur Q_p , en kWh, à travers les parois sachant que le transfert de chaleur se fait 24 heures par jour durant 300 jours par an.

- Données :
- Résistances thermiques d'échange superficiel intérieur et extérieur : $r_{si} = 0,11 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ et $r_{se} = 0,060 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$.
 - Résistance thermique d'un matériau : $r = \frac{e}{\lambda}$
 - avec e l'épaisseur du matériau, λ conductivité thermique du matériau constituant la paroi.
 - Température moyenne à l'intérieur de la zone usine : $\theta_i = 30 \text{ }^\circ\text{C}$,
 - Température moyenne extérieure $\theta_e = 5,0 \text{ }^\circ\text{C}$.
 - **Annexe 2** : coefficients de conductivité thermique de différents matériaux de construction.



Partie 2 : Installation électrique de l'atelier(10 points)

L'installation électrique de l'atelier et des bureaux, comporte différents récepteurs : des tubes fluorescents compensés modélisés par des résistances, et des moteurs asynchrones nécessaires aux phases de déroulage du bois et d'alimentation de la chaudière à bois.

L'atelier est alimenté par un réseau électrique triphasé de tensions 230 V/400 V, 50 Hz.

1. Installation électrique

- 1.1. Quelle est l'unité de la puissance active ?
- 1.2. Quels sont, parmi les récepteurs ci-dessus, ceux qui consomment de la puissance réactive ?
- 1.3. Expliquer qualitativement pourquoi le facteur de puissance global de l'installation électrique doit être le plus proche possible de 1.

2. Phase de déroulage du bois.

La plaque signalétique du moteur asynchrone tétrapolaire (4 pôles) utilisé, affiche les caractéristiques nominales suivantes :

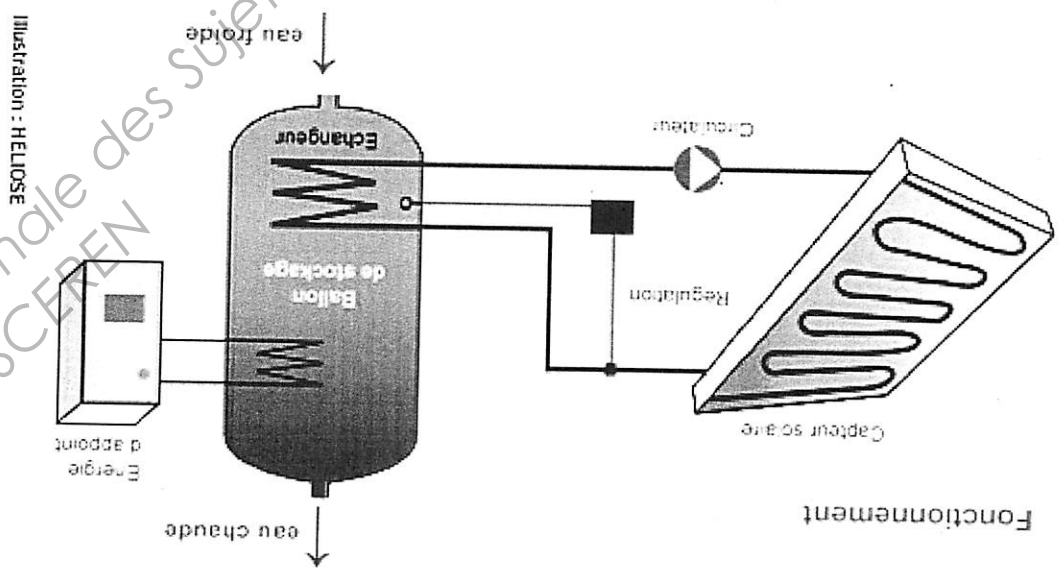
4,3 kW	50 Hz	230 V / 400 V	15,6 A / 9 A
$\eta = 86\%$	1400 tr.min ⁻¹	$\cos \varphi = 0,80$	

- 2.1. Déterminer les valeurs nominales des puissances active, réactive et apparente consommées par ce moteur.
- 2.2. Le réseau permet d'alimenter ce moteur sous une tension composée de valeur efficace $U = 400$ V.
 - 2.2.1. Vérifier par un calcul que l'intensité efficace du courant traversant les fils de ligne alimentant ce moteur vaut $I = 9$ A.
 - 2.2.2. Quel doit être le couplage des enroulements du moteur sur le réseau ? Expliquer clairement votre choix ?
- 2.3. Calculer la fréquence de synchronisme nominale n_s de cette machine.
- 2.4. Calculer la valeur du moment du couple utile nominal T_{uN} .
- 2.5. Lors de la phase de déroulage du bois, le moteur qui met en rotation le tronc d'arbre augmente progressivement sa fréquence de rotation grâce à un convertisseur.
Quel est le nom du convertisseur permettant de faire varier la fréquence de rotation du moteur ? Quelle est la conversion réalisée par ce convertisseur.
- 2.6. Les caractéristiques mécaniques du moteur $T_u(n)$ (évolution du moment du couple utile en fonction de la fréquence de rotation du moteur) et celle de la charge qu'il entraîne $T_r(n)$ (moment du couple résistant de la charge en fonction de la fréquence de rotation) sont données en **annexe 3**.
Pour la caractéristique mécanique du moteur $T_{u2}(n)$:
 - 2.6.1. Déterminer la fréquence de synchronisme n_{s2} et la fréquence électrique f_2 d'alimentation.
 - 2.6.2. Déterminer les coordonnées (T_{u2} et n_2) du point de fonctionnement stable du groupe (moteur+charge).
 - 2.6.3. En déduire la puissance mécanique utile P_{u2} .

Matériaux	Conductivité thermique λ ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)
Bois de pin	0,15
Air sec et immobile	0,025
Liège	0,040
Laine de bois ou fibragglos	0,050
Chanvre en vrac	0,060
Laine de lin	0,035
Bois de chêne	0,16
Plaque de gypse-cellulose proposée par FERMACELL	0,32

Coefficients de conductivité thermique de matériaux de construction

ANNEXE 2



La production d'eau chaude sanitaire par capteurs solaires thermiques

ANNEXE 1

ANNEXE 3

Caractéristiques mécaniques du moteur et de la charge entraînée

