

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

PRODUCTIQUE BOIS

SESSION 2003

EPREUVE DE SCIENCES PHYSIQUES

durée : 2 heures - coefficient : 1,5

Le sujet comprend 6 pages, numérotées de 1/6 à 6/6

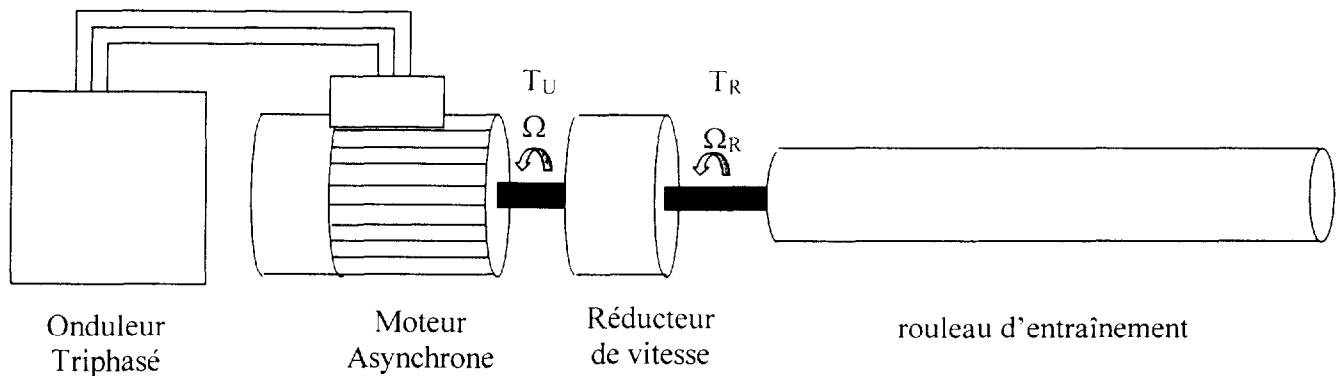
La page 6/6 est à rendre avec la copie

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

PROBLEME 1 : ETUDE DU MOTEUR ASYNCHRONE D'ENTRAÎNEMENT D'UNE RABOTEUSE.

Une raboteuse est constituée d'une table monobloc en fonte et d'un rouleau d'entraînement à vitesse de rotation variable, couplé à un moteur électrique alimenté par un onduleur triphasé. Cet onduleur se comporte comme un réseau triphasé dont on peut faire varier la valeur efficace et la fréquence de la tension distribuée.

La vitesse d'amenage du bois est donc réglable en agissant sur la fréquence de l'onduleur alimentant un moteur asynchrone.



Un réducteur, considéré parfait est placé entre le moteur asynchrone et le rouleau d'entraînement afin de réduire la vitesse angulaire de rotation Ω et d'augmenter le moment du couple T_U tel que :

$$\Omega_R = \Omega / 25 \quad \text{et} \quad T_R = 25 \cdot T_U$$

II] Couplage des enroulements : A partir des informations données en **annexe 2**, déterminez le couplage du moteur asynchrone au réseau de l'onduleur et expliquez votre choix.

On pourra s'aider d'un schéma représentant les liaisons à établir entre le système triphasé de tensions (onduleur) et les entrées et sorties de chacun des 3 enroulements du moteur.

III] Etude du moteur asynchrone en fonctionnement nominal (voir plaque signalétique en annexe 1)

II.1. Déterminez la fréquence de synchronisme n_s en tr/min.

II.2. Calculez numériquement le moment du couple utile nominal T_{UN} du moteur.

II.3. Les pertes mécaniques du moteur sont négligeables.

La caractéristique mécanique du moteur $T_U(n)$ est assimilée à une droite dans sa partie utile.

Tracez sur le **document réponse** qui sera rendu avec la copie, cette portion rectiligne de la caractéristique mécanique, en utilisant deux points particuliers pour lesquels on précisera les valeurs de la fréquence de rotation et du moment du couple T_U .

II.4. Vérifiez que le glissement au point de fonctionnement nominal vaut $g = 4,5 \%$

III] Etude pour diverses essences

Lorsque l'on augmente la vitesse d'amenage du bois, le rouleau d'entraînement doit fournir un couple plus grand (car on augmente aussi l'épaisseur du copeau).

On admettra que le moment du couple résistant ramené sur l'arbre du moteur (à l'entrée du réducteur, coté moteur) est fonction de la vitesse de rotation du moteur selon les relations suivantes :

- pour le sapin : $T_{\text{Sapin}} = \frac{n}{97}$ (n en tr/min)
- pour le chêne : $T_{\text{Chêne}} = \frac{11.n}{467}$ (n en tr/min)

III.1. Tracez les deux caractéristiques $T_{\text{Sapin}}(n)$ et $T_{\text{Chêne}}(n)$ sur **le document réponse**.

III.2. Le moteur étant alimenté à la fréquence de 50 Hz, déterminez graphiquement, en utilisant sa caractéristique mécanique $T_U(n)$, les deux points de fonctionnement (valeurs de n et T) pour les deux types d'essence .

Que constate-t-on pour le point de fonctionnement du moteur relatif au rabotage du chêne ? Conséquence ?

IV]Variation de vitesse par l'onduleur

IV.1. Pour diverses fréquences, quelle condition entre V (tension simple efficace) et f (fréquence) doit respecter l'onduleur pour que les portions rectilignes des caractéristiques mécaniques $T_U(n)$ soient parallèles ?

IV.2. Tracez la partie utile de la caractéristique mécanique $T_U(n)$ permettant le rabotage du chêne pour un couple nominal de 15 N.m.

IV.3. Déterminez alors la fréquence de synchronisme n'_s et la fréquence d'alimentation f' .

IV.4 Compléter le tableau du document réponse.

PROBLEME 2 : ETUDE D'UN SECHOIR A BOIS

Dans cet problème, on s'intéresse au système de chauffage d'un séchoir haute température représenté en **annexe 2**.

La source de chaleur est un brûleur à gaz, à flamme directe. Le gaz utilisé est du propane. La flamme est en contact direct avec l'air qui circule à travers les piles de bois.

Le mélange carburant – comburant (propane- oxygène) est réalisé grâce à un ventilateur centrifuge.

Les deux autres ventilateurs assurent la circulation de l'air à travers les piles de bois.

Caractéristique du séchoir :

- capacité de séchage : 27 m³ de bois

Caractéristiques du brûleur :

- puissance thermique $P_{th} = 700$ kW
- rendement énergétique $r = 87,5$ %
- pouvoir calorifique du propane dans les conditions d'utilisation $P_c = 2037$ kJ.mol⁻¹.

Données : Masses molaires atomiques :
 $M(\text{Oxygène}) = 16$ g.mol⁻¹
 $M(\text{Carbone}) = 12$ g.mol⁻¹
 $M(\text{Hydrogène}) = 1$ g.mol⁻¹

Formule brute du propane : **C₃H₈**

Partie 1 : Etude sur une heure de fonctionnement.

- 1.1 Ecrivez l'équation bilan équilibrée de la combustion complète du propane avec le dioxygène de l'air.
- 1.2 Calculez l'énergie calorifique Q_1 produite en une heure de fonctionnement du brûleur; vous l'exprimerez en kJ.
- 1.3 Calculez la quantité de propane (exprimée en mol) consommée en une heure.
- 1.4 Montrer que la masse d'eau produite en une heure est de 89 kg.
- 1.5 Lors d'une phase de préchauffage du bois à sécher, il est souvent nécessaire d'humidifier l'air ce qui peut se faire :
 - soit par pulvérisation d'eau froide dans les cases de séchage
 - soit par injection de vapeur d'eau chaude (meilleur pour la coloration du bois). Pourquoi le chauffage direct au gaz est-il avantageux lors de la phase de préchauffage que d'autres moyens de chauffage ?

Partie 2 : Mélange air-propane.

- 2.1 Montrez que le volume de dioxygène nécessaire à la combustion pendant une heure vaut :
$$V(\text{O}_2) = 148,4 \text{ m}^3.$$

Rappel : Volume Molaire standard du gaz $V_M = 24 \text{ L.mol}^{-1}$

- 2.2 En déduire le volume d'air correspondant, sachant que l'air est composé à 20% (en volume) de dioxygène.
- 2.3 En réalité le ventilateur centrifuge aspire à l'extérieur 1000 m^3 d'air frais par heure. Cela est-il bon pour la combustion du propane ? Justifiez votre réponse.

Partie 3 : Temps de séchage.

On veut sécher 27 m^3 de pin maritime duquel il faut retirer 11 tonnes d'eau.

On ne tient pas compte ici de la phase de préchauffage qui a permis de chauffer le bois de la température ambiante jusqu'à 100°C .

On part donc du bois humide à 100°C . L'eau se vaporise à 100°C . Sa chaleur latente de vaporisation est L_v .

On donne : $L_v = 2260 \text{ kJ.kg}^{-1}$.

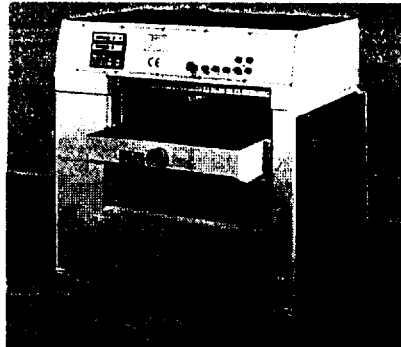
On rappelle que le rendement du brûleur est : $r = 87,5 \%$

- 3.1 Calculez l'énergie calorifique Q_{27} nécessaire pour sécher les 27 m^3 de pin. Exprimez le résultat en mégajoules.
- 3.2 En utilisant les résultats de la première partie, calculez le temps de séchage des 27 m^3 de pin.

Annexes

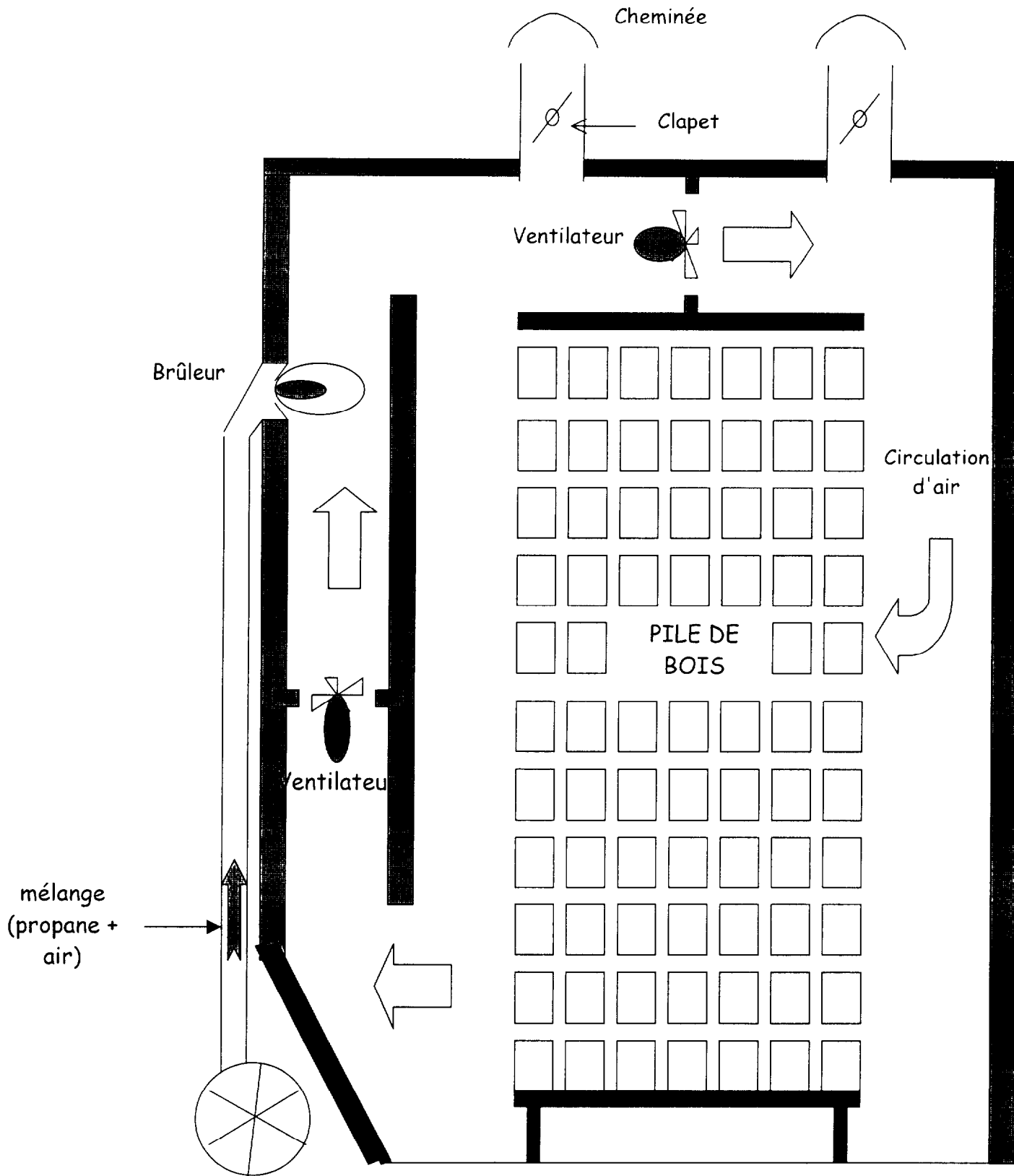
Annexe 1

RABOTEUSE À FACE SIMPLE ENTRAÎNEMENT À VITESSE VARIABLE



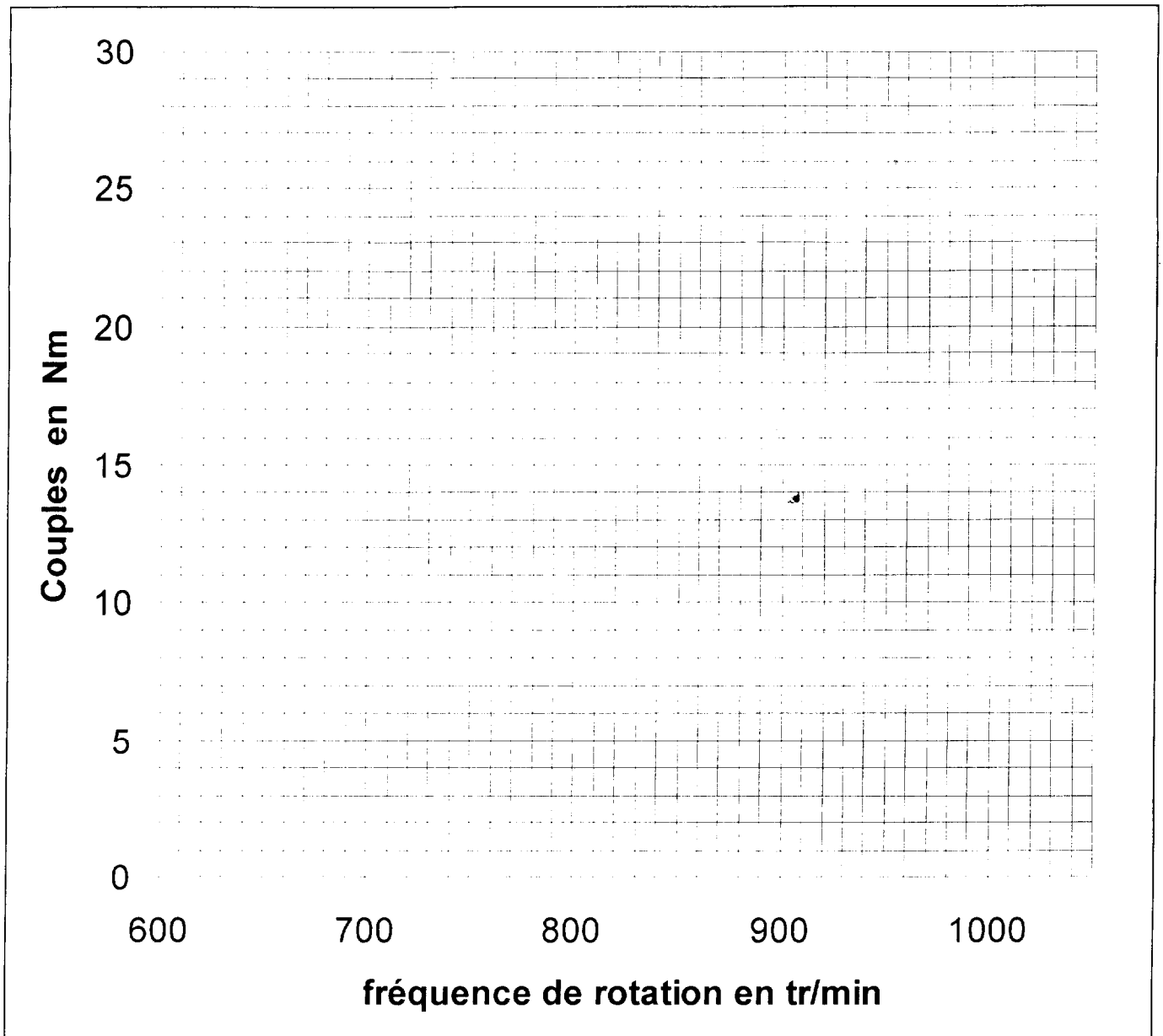
	Caractéristiques techniques	
Plan de travail et Outil de coupe	Largeur de rabotage (mm)	825
	Epaisseur de rabotage max. (mm)	300
	Prise de passe max. (mm)	10
	Epaisseur de rabotage min. (mm)	3
	Longueur de la table (mm)	1200
	Diamètre de l'arbre (mm)	120
	Vitesse de rotation (tr / mn)	5000
	Puissance moteur (kW)	9
	Dimensions des 4 lames (mm)	830 x 35 x 3
Système d'entraînement	Rouleaux d'entraînement de grand diamètre	150 mm
	Plaque signalétique du moteur asynchrone (fonctionnement nominal)	Machine asynchrone hexapolaire 220V / 380V, 50 Hz 1500 W 955 tr/min 3,6A / 6,2A
	Onduleur	127V / 220V de 0 à 50 Hz
Positionnement automatique de la table	affichage digital des épaisseurs : précision	0,1 mm
Divers	Ø départ d'aspiration (mm)	200
	Encombrement (m)	1.20x1.40x1.17
	Poids (kg)	1200

Système de chauffage d'un séchoir haute température



Ventilateur centrifuge

Problème 1 , questions III-1 , III-2 et IV-2.



Problème 1, question IV.4 :

Essence	Onduleur	Moteur asynchrone			
		n_s tr.min ⁻¹	n tr.min ⁻¹	T_U N.m	Ω rad.s ⁻¹
Sapin	50			10	
Chêne				15	