

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Session 2000

## PHYSIQUE APPLIQUÉE

**Série : Sciences et Technologies Industrielles**

**Spécialité : Génie Électrotechnique**

Durée de l'épreuve : 4 heures

coefficient : 7

*L'usage de la calculatrice est autorisé.*

*Le sujet comporte 8 pages numérotées de 1 à 8. La page 8 des documents-réponse est à rendre avec la copie.*

*Le sujet est composé de trois problèmes pouvant être traités de façon indépendante.*

Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des raisonnements entreront pour une part importante dans l'appréciation des copies.

## Problème 1

### MOTEUR À COURANT CONTINU ALIMENTÉ PAR UN HACHEUR

*( La partie A et la partie B sont indépendantes )*

#### ***PARTIE A : Étude du moteur***

Un moteur à courant continu à excitation indépendante fonctionne à flux constant ; son courant inducteur a une intensité  $i_e = 0,35$  A. Dans ces conditions, la force électromotrice  $E$  peut s'exprimer sous la forme  $E = k.n$ , relation dans laquelle  $n$  désigne la fréquence de rotation exprimée en tr/min ; on donne  $k = 0,11$  V/tr.min<sup>-1</sup>. La résistance de l'induit, mesurée à chaud est  $R = 6,3$  Ω.

#### **1 - Fonctionnement à vide**

Sous tension d'induit nominale  $U = 250$  V, l'induit absorbe un courant d'intensité  $I_0 = 0,28$  A.

- a) Calculer la force électromotrice  $E_0$  de l'induit dans ces conditions.
- b) En déduire la fréquence de rotation  $n_0$  du moteur.
- c) Évaluer les pertes par effet Joule dans l'induit, notées  $p_{j0}$ .
- d) Déterminer le moment  $T_p$  du couple de pertes que l'on considérera constant dans la suite du problème.

#### **2 - Fonctionnement en charge**

Le moteur, toujours alimenté sous tension nominale  $U = 250$  V, développe un couple électromagnétique de moment  $T_e = 2,1$  N.m.

- a) Montrer que l'induit absorbe alors un courant d'intensité  $I = 2,0$  A.
- b) Calculer la force électromotrice  $E$  du moteur.
- c) En déduire sa fréquence de rotation,  $n$ .
- d) Le schéma du document-réponse 1, page 8 représente le bilan des puissances de l'induit en charge ; en justifiant les calculs effectués, compléter ce schéma en donnant la valeur des différentes puissances mises en jeu.
- e) Calculer le rendement de l'induit du moteur en charge.
- f) Calculer le moment  $T_u$  du couple utile développé par le moteur.

**PARTIE B : Étude du hacheur**

L'induit du moteur étudié dans la partie A est alimenté par un hacheur série dont le schéma est représenté sur la figure 1, page 5. Les interrupteurs électroniques utilisés sont supposés parfaits. Une bobine de lissage, B, de résistance négligeable, est placée en série avec l'induit ; la résistance de celui-ci est  $R = 6,3 \Omega$  ; il est caractérisé par la relation  $E = k.n$  dans laquelle E est exprimée en V et n en tr/min. On donne  $k = 0,11 \text{ V/tr.min}^{-1}$ .

Commande de l'interrupteur K ; T désigne la période de fonctionnement :

$0 < t < \alpha T$  : K fermé.

$\alpha T < t < T$  : K ouvert.

En charge, pour un certain régime de fonctionnement, on a relevé à l'oscilloscope les variations de u et i conformément au schéma de la figure 1, page 5. Les oscillogrammes obtenus sont représentés sur la figure 2, page 5. Pour relever ces oscillogrammes on a utilisé une sonde de tension de rapport 1/50 et une sonde de courant de sensibilité 100 mV/A.

- 1 - Déterminer la fréquence de fonctionnement f du hacheur.
- 2 - Quelle est la valeur du rapport cyclique  $\alpha$  pour le régime étudié ?
- 3 -  $\langle u \rangle$  désigne la valeur moyenne de la tension aux bornes de l'ensemble moteur + bobine de lissage ; montrer que  $\langle u \rangle = 150 \text{ V}$ .
- 4 - Déterminer la valeur maximale  $I_M$  et la valeur minimale,  $I_m$ , de l'intensité du courant absorbé par l'induit du moteur.
- 5 - En déduire l'ondulation  $\Delta i = I_M - I_m$  du courant et sa valeur moyenne  $\langle i \rangle$ .
- 6 - Écrire la relation entre  $\langle u \rangle$ ,  $\langle i \rangle$ , n, R et k.
- 7 - Calculer la fréquence de rotation n du moteur.

**Problème 2****TRANSFORMATEUR MONOPHASÉ**

Le primaire du transformateur étudié est alimenté par le réseau EDF sous une tension de valeur efficace  $V_{1N} = 225 \text{ V}$  et de fréquence  $f = 50 \text{ Hz}$ .

**1 - Essai n°1**

On a réalisé un essai en continu ; le schéma du montage est représenté sur la figure 3, page 6.  $S_c$  désigne une source de tension continue réglable.

On a mesuré :  $V_{1c} = 12 \text{ V}$  ;  $I_{1c} = 3,64 \text{ A}$ .

Calculer la valeur de la résistance  $R_1$  du primaire.

**2 - Essai n°2**

Il s'agit d'un essai à vide réalisé sous tension primaire nominale,  $V_{10} = V_{1N}$ .

On a mesuré les grandeurs suivantes :

$I_{10} = 0,24 \text{ A}$  : valeur efficace de l'intensité du courant absorbé par le primaire.

$V_{20} = 48,2 \text{ V}$  : valeur efficace de la tension secondaire à vide.

$P_{10} = 10,2 \text{ W}$  : puissance absorbée par le primaire.

a) Calculer le rapport de transformation ou rapport du nombre de spires  $m = \frac{N_2}{N_1}$ .

b) Évaluer les pertes par effet Joule dans ce fonctionnement.

c) En déduire la valeur des pertes dans le fer à vide et justifier l'emploi de cette même valeur en charge sous tension primaire nominale.

**3 - Essai n°3**

Le secondaire est court-circuité et le primaire alimenté sous tension réduite. Le courant secondaire de court-circuit,  $I_{2cc}$  est égal au courant secondaire nominal,  $I_{2n}$  pour  $V_{1cc} = 8,3$  V. Le courant absorbé par le primaire est alors  $I_{1cc} = 0,86$  A.

- Sachant que, dans cet essai, le transformateur peut être considéré comme parfait pour les courants, calculer la valeur du courant secondaire de court-circuit,  $I_{2cc}$ .
- Calculer la valeur de l'impédance totale ramenée au secondaire,  $Z_s$ .

**4 - Essai en charge nominale**

Le schéma du montage est représenté sur la figure 4, page 6 ; le transformateur est alimenté sous tension primaire nominale. Pour simuler la charge, on utilise une bobine sans noyau de fer, équivalente à un circuit RL série. Son impédance est  $Z = 11,6 \Omega$  et son facteur de puissance  $\cos\phi = 0,89$ .

Le wattmètre mesure  $P_1 = 180$  W et la pince ampèremétrique  $I_2 = 4,0$  A.

- Calculer la tension secondaire en charge,  $V_2$ .
- Montrer que la résistance R de la bobine est  $R = 10,3 \Omega$ . En déduire la puissance active  $P_2$  consommée par cette charge.
- Déterminer le rendement du transformateur au cours de cet essai.
- En déduire la valeur des pertes par effet Joule du transformateur.
- Le modèle équivalent du transformateur, ramené au secondaire, est donné sur le document-réponse 2, page 8 ; compléter ce document en précisant la valeur de  $R_s$  et de  $X_s$ . Les calculs seront justifiés.

**Problème 3****CONTRÔLE DE DÉBIT D'AIR**

Pour contrôler le débit d'air dans un appareillage médical, on utilise un capteur dont la caractéristique est représentée sur la figure 5, page 7 : cette courbe représente les variations de la tension de sortie  $V_F$  du capteur en fonction du débit d'air F exprimé en  $\text{cm}^3/\text{min}$ . Le fonctionnement normal de l'installation nécessite un débit d'air compris entre 150 et 550  $\text{cm}^3/\text{min}$  ; pour détecter une insuffisance ou un excès d'air, on utilise le montage représenté sur la figure 6, page 7. Les amplificateurs opérationnels utilisés sont supposés parfaits : les tensions de saturation sont égales à +15 V et -15 V. On donne  $V = 15$  volts et  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ .  $R_2$  et  $R_3$  représentent deux résistances réglables.

$D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_1'$  et  $D_2'$  sont des diodes électroluminescentes.

- Exprimer  $V_1^-$  en fonction de  $R_1$ ,  $R_2$  et V.
- Quelle est la valeur de la tension de sortie  $V_F$  du capteur quand le débit d'air est  $F = 550 \text{ cm}^3/\text{min}$  ?
- La sortie de AO<sub>1</sub> change d'état quand le débit d'air devient supérieur à 550  $\text{cm}^3/\text{min}$ . Calculer la valeur de la résistance  $R_2$ .
- Exprimer  $V_2^+$  en fonction de  $R_1$ ,  $R_3$  et V.
- La sortie de AO<sub>2</sub> change d'état si F devient inférieur à 150  $\text{cm}^3/\text{min}$ . Calculer la valeur de la résistance  $R_3$ .
- Compléter le tableau du document-réponse 3, page 8, en plaçant un 0 dans la case d'une diode bloquée et un 1 dans celle d'une diode conductrice. On justifiera seulement le raisonnement utilisé pour déterminer l'état de la diode  $D_1$ .

Problème n°1

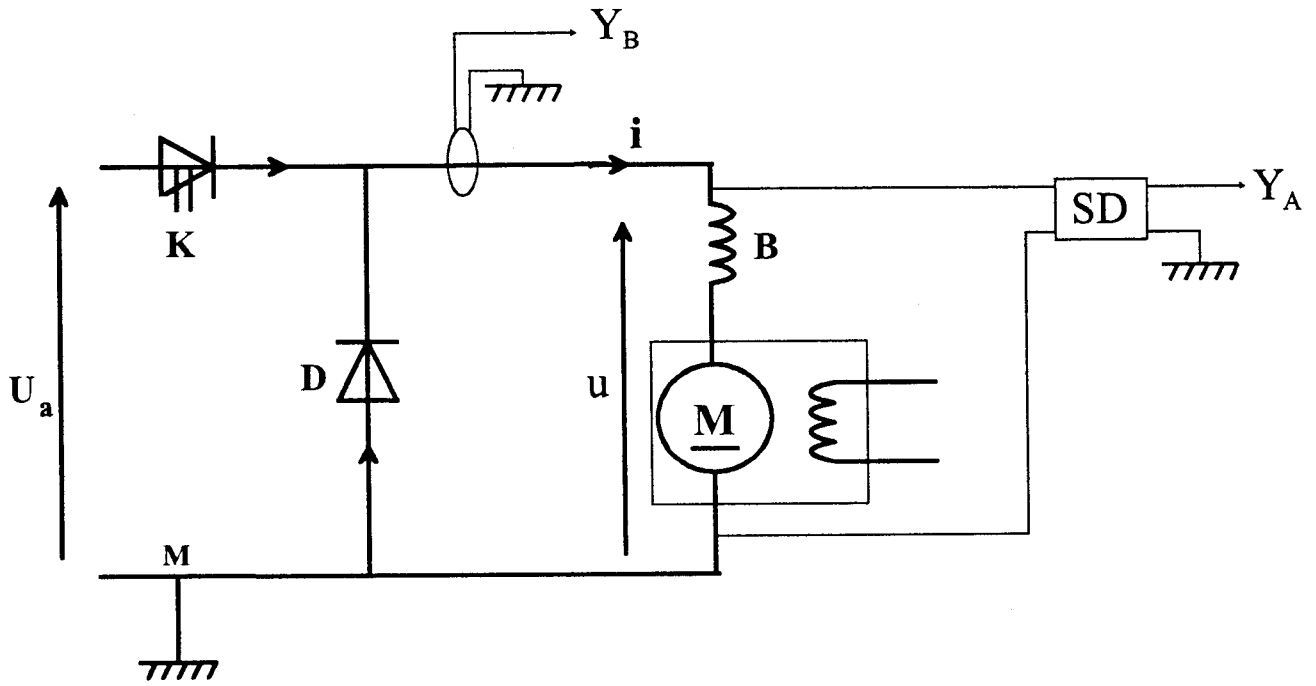
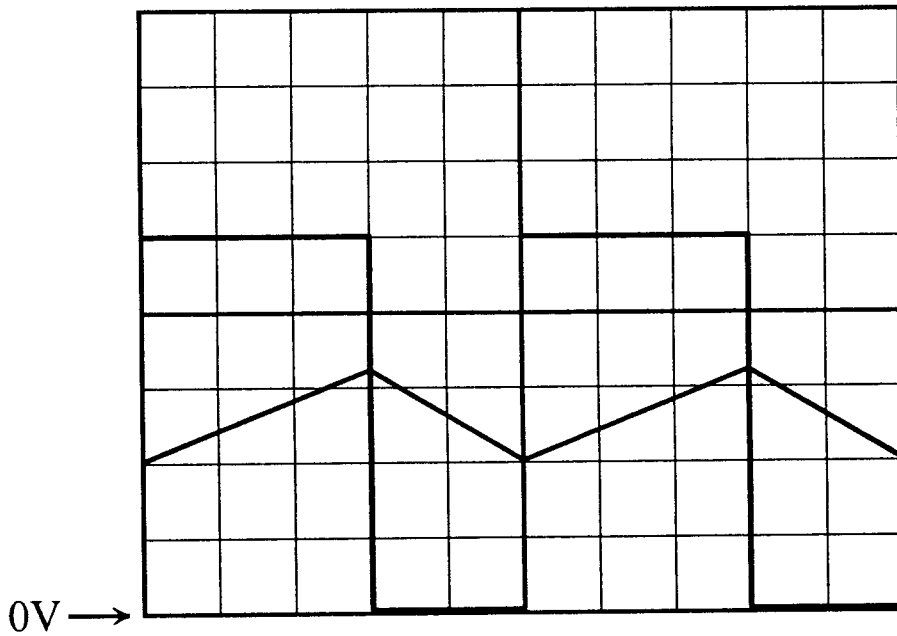


Figure 1



calibres :  $Y_A : 1V/cm$   
 $Y_B : 50 mV/cm$   
 $0,2 ms/cm$

Figure 2

Problème n°2

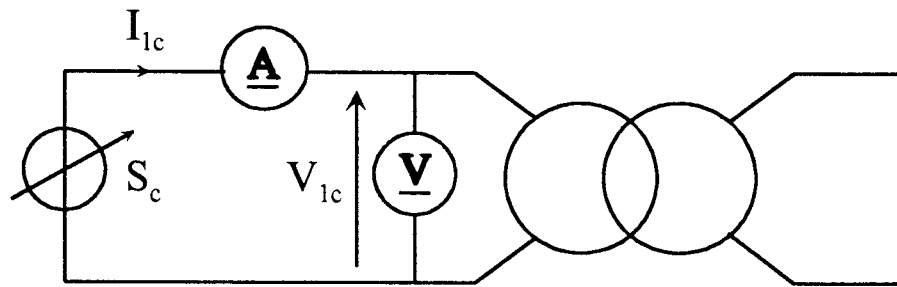


Figure 3

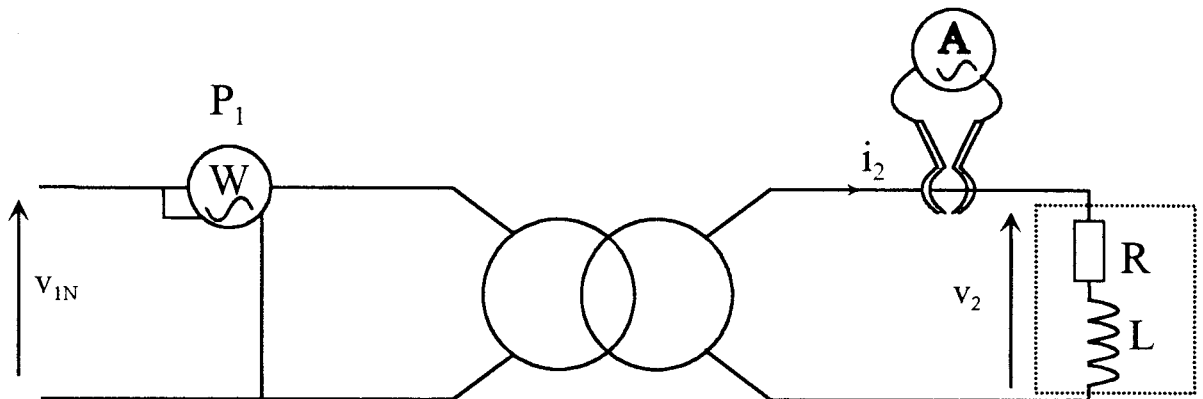


Figure 4

Problème n°3

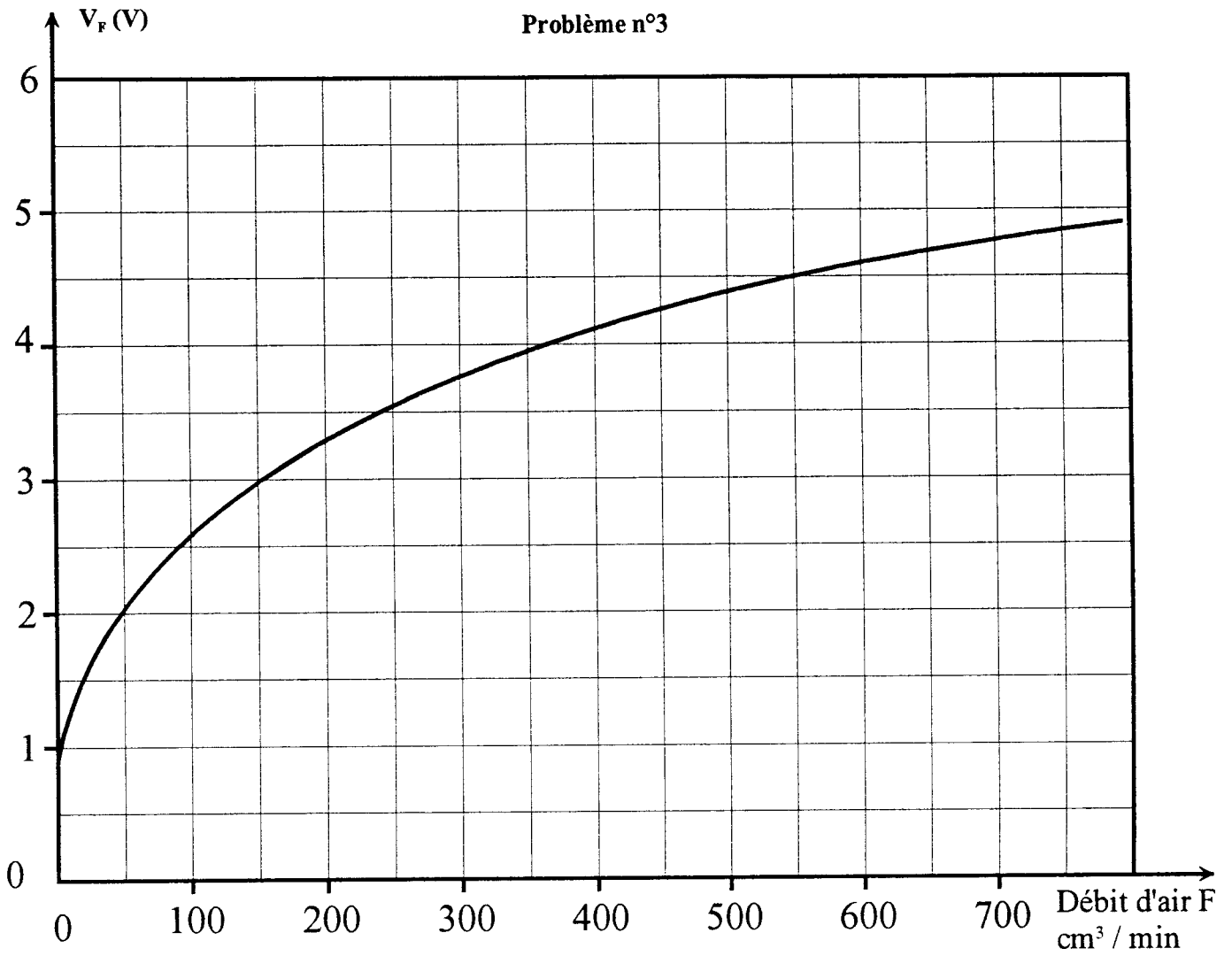


Figure 5

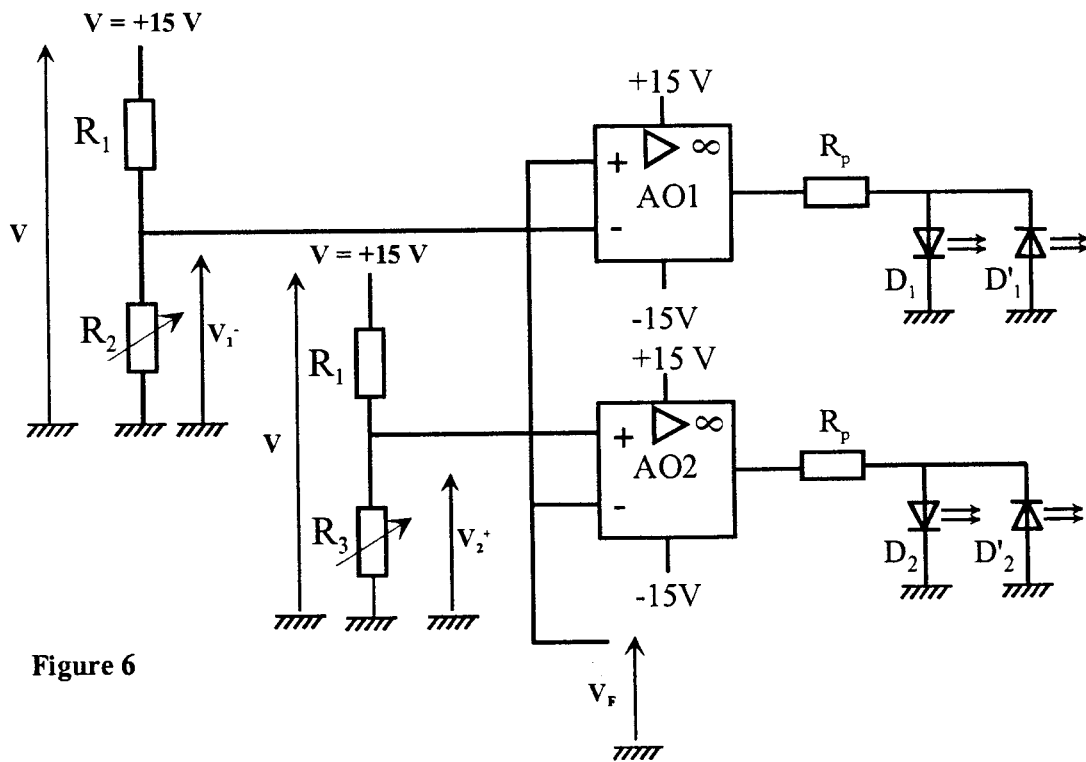
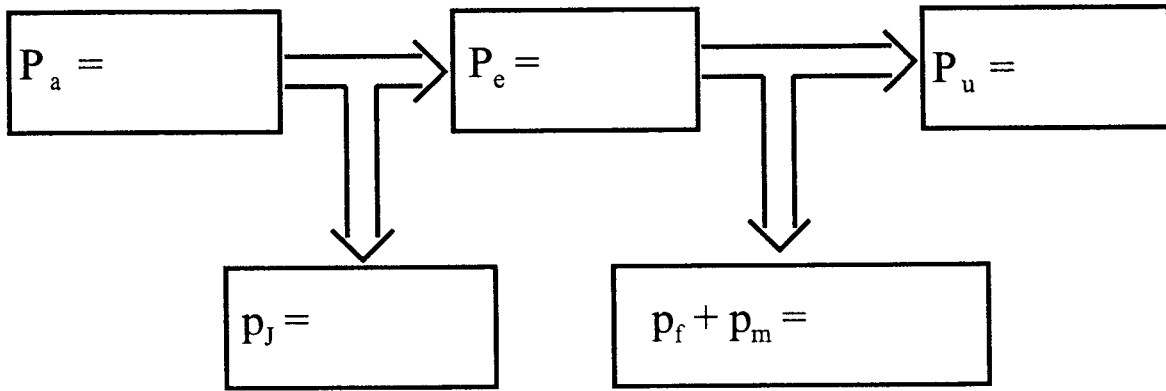
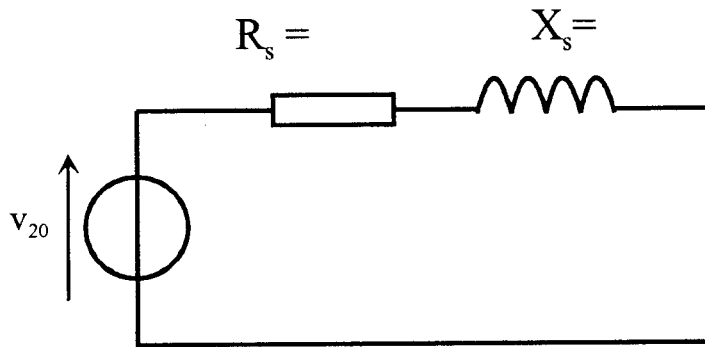


Figure 6



Document-réponse 1  
(Problème n°1)



Document-réponse 2  
(Problème n°2)

Valeur du débit d'air F cm <sup>3</sup> /min	Etat de D <sub>1</sub>	Etat de D' <sub>1</sub>	Etat de D <sub>2</sub>	Etat de D' <sub>2</sub>
F < 150				
150 < F < 550				
F > 550				

Document-réponse 3  
(Problème n°3)