

# BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

## INDUSTRIES PAPETIERES

SESSION 2001

Durée : 3 heures

Coefficient : 3

La calculatrice (conforme à la circulaire N°99-186 du 16-11-99) est autorisée  
2 documents-réponses à remettre avec la copie

### PHYSIQUE (7 points)

L'installation thermique motrice schématisée sur le document 1 fonctionne suivant le cycle suivant :

- le générateur de vapeur produit de la vapeur saturée qui subit une surchauffe isobare dans le surchauffeur ;
- cette vapeur surchauffée alimente la turbine dans laquelle elle se détend avant de se condenser complètement dans le condenseur ;
- puis l'eau retourne au réservoir du générateur de vapeur à travers la pompe d'alimentation.

Les différentes transformations de ce cycle sont les suivantes :

\* Dans le générateur de vapeur :

- $A \Rightarrow B$  : échauffement isobare depuis l'état A ( $\theta_A = 50 \text{ °C}$  ; pression  $p_1 = 16 \text{ bars}$ ) ;
- $B \Rightarrow C$  : vaporisation à la pression  $p_1 = 16 \text{ bars}$  ;
- $C \Rightarrow D$  : surchauffe isobare de la vapeur jusqu'à l'état D ( $\theta_D = 450 \text{ °C}$  ; pression  $p_1 = 16 \text{ bars}$ ).

\* Dans la turbine :

- $D \Rightarrow E$  : détente adiabatique réversible (isentropique), avec condensation partielle de la vapeur, jusqu'à  $p_2 = 0,3 \text{ bar}$ .

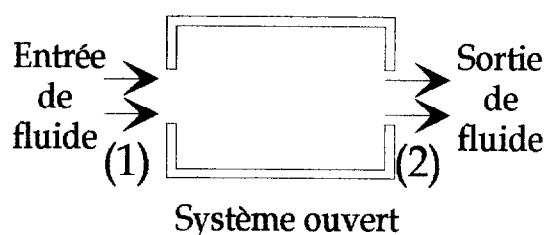
\* Dans le condenseur :

- $E \Rightarrow F$  : fin de la condensation et refroidissement de l'eau jusqu'à  $\theta_F = 50 \text{ °C}$ .

\* Dans la pompe :

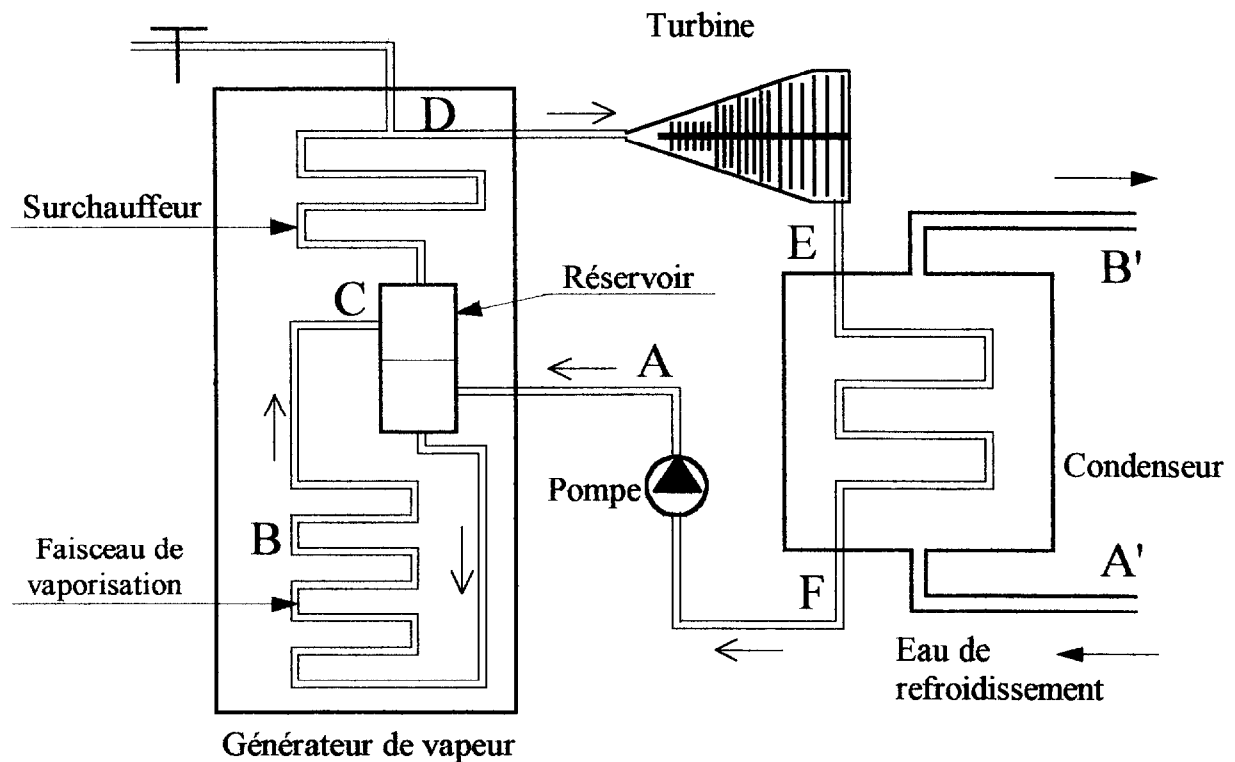
- $F \Rightarrow A$  : compression adiabatique de l'eau de  $p_2 = 0,3 \text{ bar}$  à  $p_1 = 16 \text{ bars}$ .

On admettra que l'on peut appliquer la relation  $\Delta H_{12} = W_{12} + Q_{12}$  au système ouvert ci-dessous quand l'eau reçoit le travail algébrique  $W_{12}$  et la chaleur algébrique  $Q_{12}$  de la turbine représentée à la page suivante.



# DOCUMENT 1

## INSTALLATION THERMIQUE MOTRICE



BTS INDUSTRIES PAPETIERES	SUJET	Session 2001
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 3
CODE : ITSPHY		Page 2/9

1°) On convient d'attribuer à l'eau liquide à 0 °C une enthalpie nulle :

$$H_{\text{eau liquide, 0 °C}} = 0 \text{ kJ/kg}$$

La capacité thermique massique de l'eau liquide est  $c_{\text{eau}} = 4,19 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ .

Montrer que l'enthalpie d'un kilogramme d'eau liquide à la température  $\theta_A = 50 \text{ °C}$  est  $H_A = 210 \text{ kJ/kg}$ .

2°)

- Placer le point représentatif de l'état D sur le diagramme de Mollier (document 2).
- En déduire l'enthalpie massique  $H_D$  de la vapeur à l'état D.
- Quelle est la quantité de chaleur reçue par chaque kilogramme d'eau dans le générateur de vapeur ?

3°)

- Placer le point représentatif de l'état E sur le diagramme de Mollier. On rappelle qu'une transformation adiabatique réversible se fait à entropie  $S$  constante.
- En déduire l'enthalpie massique  $H_E$  du mélange liquide-vapeur.

4°)

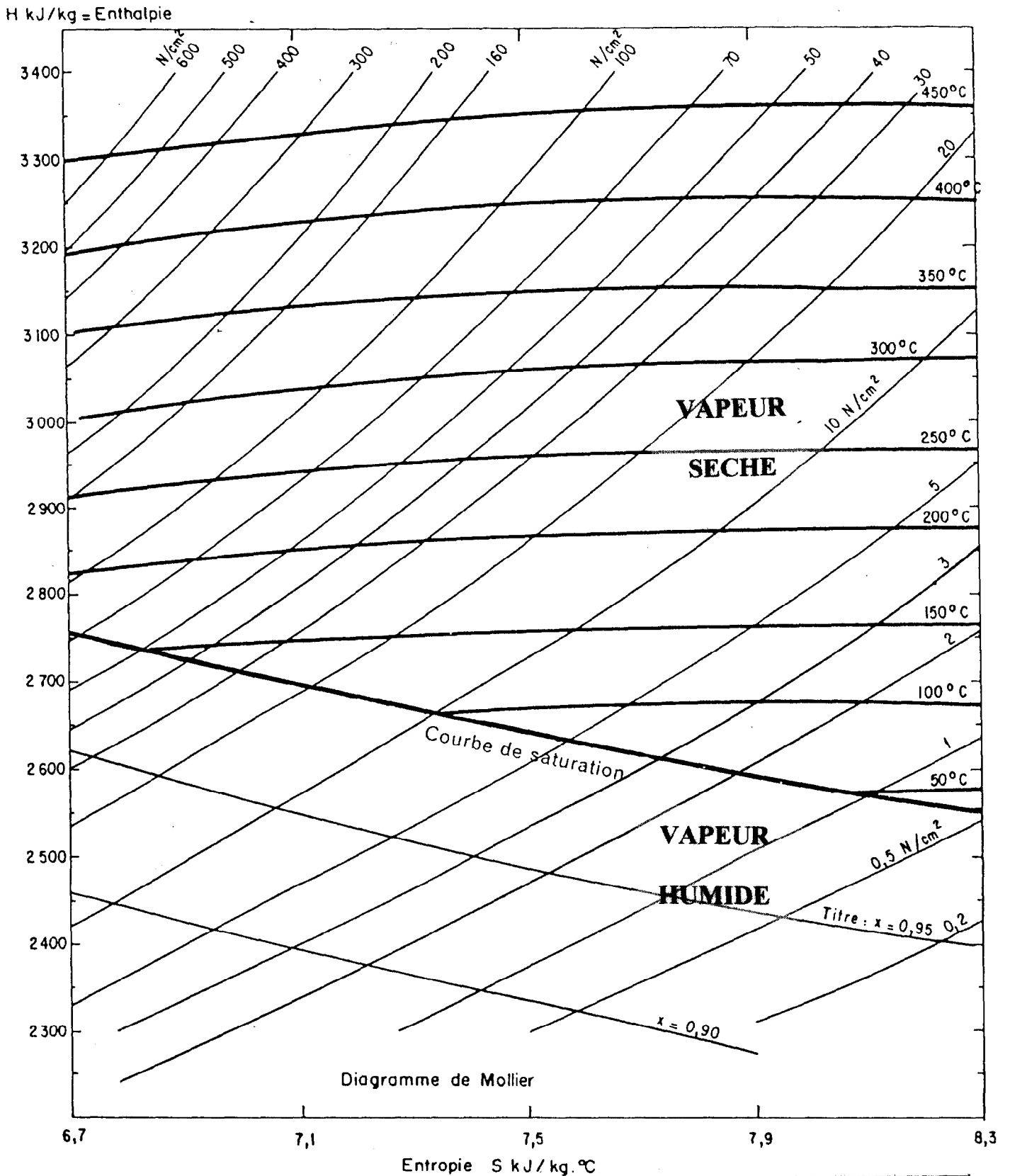
- Quelle est la variation d'enthalpie massique de la vapeur lors de la traversée de la turbine ?
- On rappelle que la turbine est un système ouvert. Déterminer le travail échangé par un kilogramme de vapeur lors de son passage dans la turbine.
- Le rendement de la turbine est  $\eta = 0,85$ . Calculer le travail recueilli sur l'arbre de la turbine par kilogramme de fluide l'ayant traversé.
- Le générateur fournit  $M = 3,0$  tonnes de vapeur par heure. Calculer la puissance disponible sur l'arbre de la turbine.

BTS INDUSTRIES PAPETIERES	SUJET	Session 2001
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 3
CODE : ITSPHY		Page 3/9

# DOCUMENT 2

## DIAGRAMME DE MOLLIER

On précise : 1 bar  $\approx$  10 N.cm<sup>-2</sup>



## ELECTRICITE (7 points)

*Les parties A, B et C sont indépendantes, ainsi que la plupart des questions dans chacune de ces parties.*

Un atelier est alimenté par un réseau triphasé 400 V, 50 Hz (document 3). L'installation est équilibrée, elle comprend :

- 60 lampes de tension d'usage 230 V, absorbant chacune une puissance  $P_1 = 100$  W;
- 2 moteurs triphasés identiques M dont les caractéristiques nominales sont :
  - \* puissance utile  $P_u = 8,1$  kW
  - \* rendement  $\eta = 0,90$
  - \* facteur de puissance  $\cos\varphi = 0,80$
  - \* glissement  $g = 3,0$  %.
- 6 moteurs asynchrones monophasés 400 V identiques M', absorbant chacun une puissance active  $P_a' = 2,0$  kW et de facteur de puissance  $\cos\varphi' = 0,70$ .

A) Tous les éléments fonctionnent au régime nominal.

1°) Calculer les puissances actives et réactives reçues par :

- une lampe
- un moteur triphasé M
- un moteur monophasé M'.

Reporter ces valeurs sur le document-réponse n°1.

2°) Calculer pour l'ensemble de l'installation :

- la puissance active totale
- la puissance réactive totale
- la puissance apparente totale.

3°) Calculer la valeur efficace I de l'intensité dans chaque fil de phase.

4°) Calculer le facteur de puissance de l'installation.

B) Chaque moteur triphasé M est un moteur asynchrone hexapolaire ( $2p = 6$ ) bitension : 230 V ou 400 V.

1°) Avec le réseau triphasé 400 V, 50 Hz, comment le stator est-il couplé ?

2°) Calculer la valeur efficace  $I_M$  de l'intensité absorbée par un moteur triphasé M lorsqu'il fonctionne au point nominal.

3°) Calculer la fréquence de rotation nominale.

4°) Calculer le moment  $T_u$  du couple utile nominal.

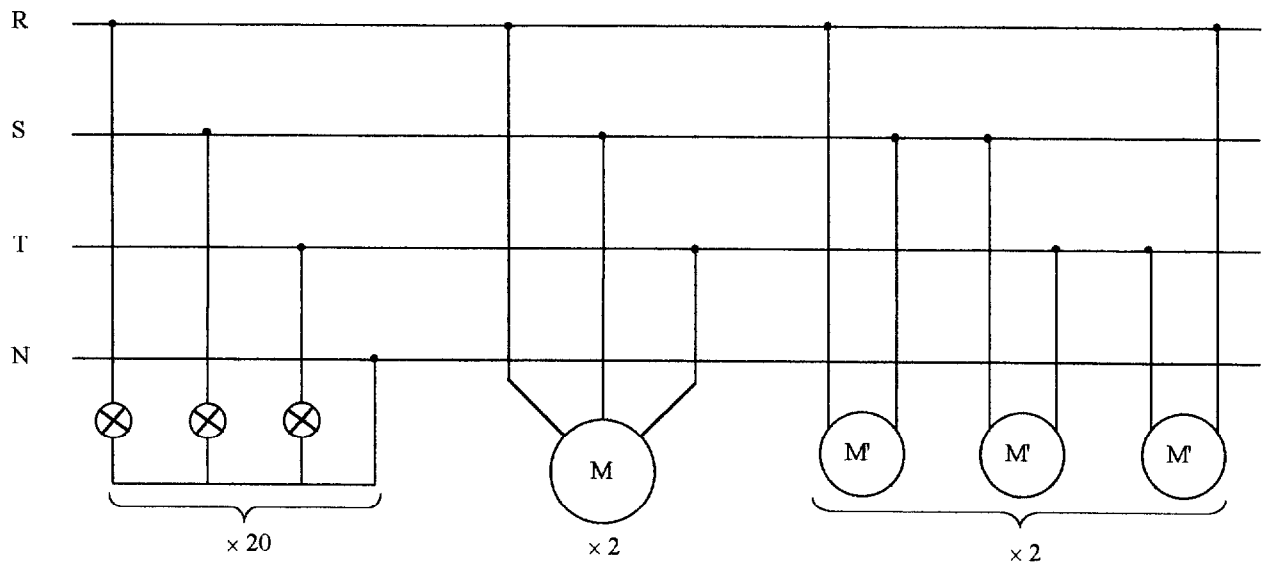
C) La caractéristique mécanique nominale  $T_u(n)$  d'un moteur triphasé M, alimenté par le réseau 400 V, 50 Hz, est assimilable dans sa partie utile à une portion de droite passant par le point M de coordonnées :  $n = 970 \text{ tr.min}^{-1}$ ,  $T_u = 80 \text{ N.m}$ .

1°) Tracer sur le document-réponse n°2 la portion de caractéristique pour :  
 $970 \text{ tr.min}^{-1} < n < 1000 \text{ tr.min}^{-1}$

2°) Le moteur, alimenté sous tension et fréquence nominales, fonctionne à charge réduite, entraînant une machine ayant un couple résistant indépendant de la vitesse et de moment  $T_r = 53 \text{ N.m}$ .

Déterminer graphiquement le point de fonctionnement  $P_1$ . Quelle est alors la fréquence de rotation  $n_1$  de l'ensemble ?

**DOCUMENT 3 :**



BTS INDUSTRIES PAPETIERES	SUJET	Session 2001
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 3
CODE : ITSPHY		Page 6/9

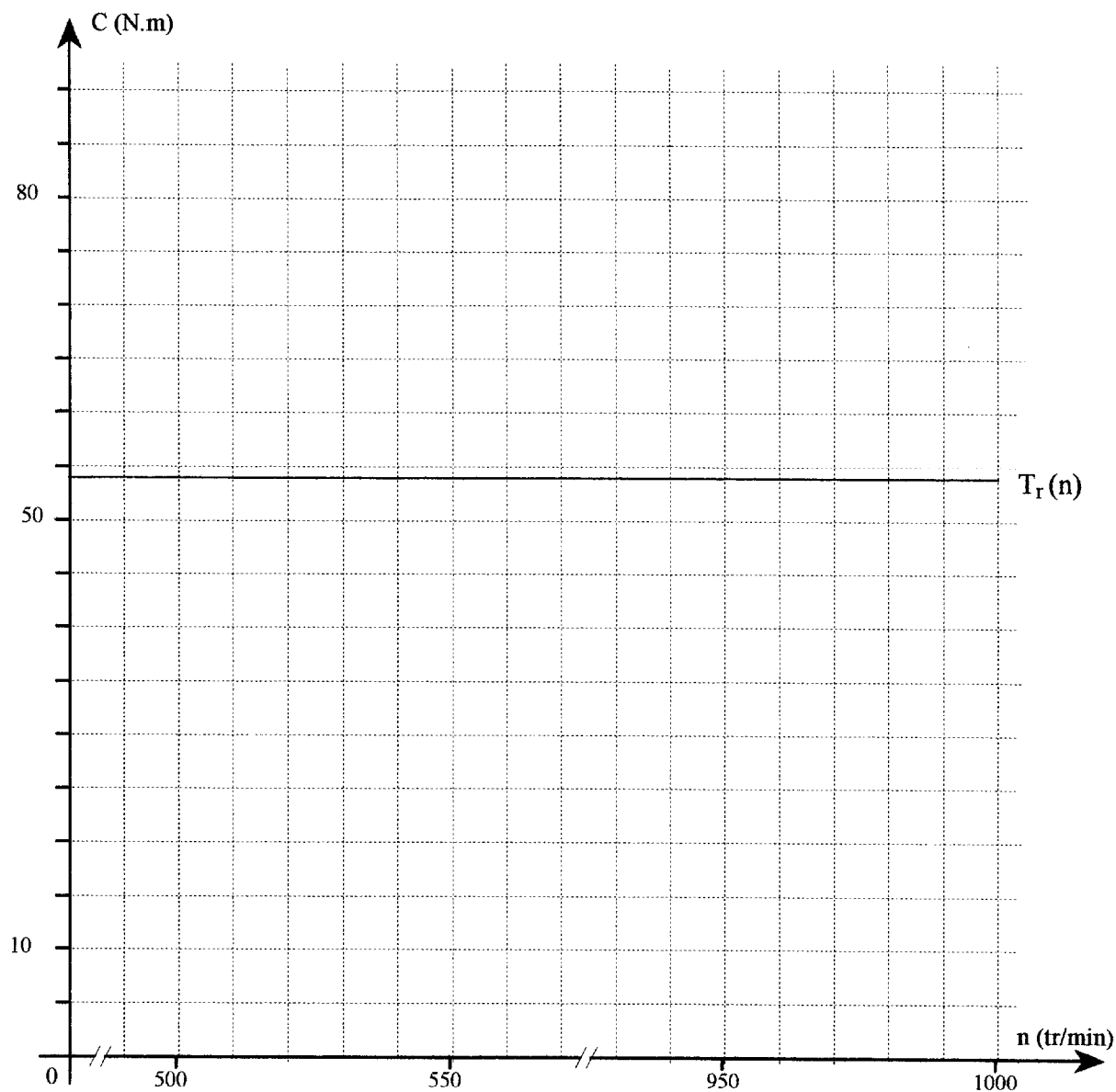
**DOCUMENT-REPONSE N° 1**

Récepteur	P	Q
Lampe		
Moteur triphasé M		
Moteur monophasé M'		

<b>BTS INDUSTRIES PAPETIERES</b>	<b>SUJET</b>	<b>Session 2001</b>
<b>Epreuve U32 Sciences Physiques</b>	<b>Durée : 3 heures</b>	<b>Coefficient : 3</b>
<b>CODE : ITSPHY</b>		<b>Page 7/9</b>

## DOCUMENT-REPONSE N°2

### Caractéristiques mécaniques



BTS INDUSTRIES PAPETIERES	SUJET	Session 2001
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 3
CODE : ITSPHY		Page 8/9



## CHIMIE (6 points)

Le produit de solubilité de l'hydroxyde de calcium (chaux)  $\text{Ca(OH)}_2$  à 20 °C est  $K_s = 8 \times 10^{-6}$ .

- 1°) Calculer la solubilité  $S$  (en  $\text{mol.L}^{-1}$ ) et  $s$  (en  $\text{g.L}^{-1}$ ) de l'hydroxyde de calcium dans l'eau pure.
- 2°) Dans un litre ( $V = 1 \text{ L}$ ) de solution bien agitée de chlorure de calcium  $\text{CaCl}_2$  de concentration molaire  $C = 0,25 \text{ mol.L}^{-1}$ , on ajoute goutte à goutte de la soude de concentration  $C' = 6,0 \text{ mol.L}^{-1}$ . Soit  $v$  le volume de soude à ajouter pour que débute la précipitation de l'hydroxyde de calcium.
- En supposant que  $v$  est beaucoup plus petit que  $V$ , calculer le pH de début de précipitation.
  - En déduire le volume  $v$  de soude versé.
- 3°) On dose un volume  $V_B = 20,0 \text{ mL}$  d'une solution de chaux (non saturée) par une solution d'acide sulfurique  $\text{H}_2\text{SO}_4$  de concentration molaire  $0,010 \text{ mol.L}^{-1}$ . L'équivalence se produit pour  $12,0 \text{ mL}$  d'acide versé.
- Quelle est la valeur du pH à l'équivalence ? Pourquoi ?
  - Calculer la concentration molaire  $C_B$  de la solution de chaux ainsi dosée.

On donne les masses molaires atomiques suivantes en  $\text{g.mol}^{-1}$ :

$$\text{H} = 1 ; \text{O} = 16 ; \text{Ca} = 40,1.$$

BTS INDUSTRIES PAPETIERES	SUJET	Session 2001
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 3
CODE : ITSPHY		Page 9/9