

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

INDUSTRIES PAPETIERES

La calculatrice (conforme à la circulaire N°99-186 du 16-11-99) est autorisée.

Un document réponse est à remettre avec la copie

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

Sous-épreuve : SCIENCES PHYSIQUES

Durée : 3 heures

Coefficient : 3

ELECTRICITE : 7 points

La question 3 peut être traitée seule.

On veut vérifier si le moteur électrique à courant continu, M qui doit entraîner le rouleau égoutteur d'une ligne de production de papier peut correspondre à de nouvelles conditions de fonctionnement.

Les nouvelles conditions imposées sont les suivantes (notées par l'indice 1) :

puissance utile $P_{u1} = 37,5$ kW,

fréquence de rotation $n_1 = 2300$ tr/min réglable avec précision,

réseau d'alimentation disponible: continu réglable entre 0 et 440 V avec $I_{max} = 150$ A.

BTS INDUSTRIES PAPETIERES	SUJET	Session 2002
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 3
CODE : ITSPHY		Page 1/7

L'usine est déjà équipée de moteurs identiques à **M**. Il s'agit de moteurs à excitation séparée aux caractéristiques données ci-dessous (notées N pour l'indice N nominal):

- Puissance utile nominale $P_{uN} = 42,5 \text{ kW}$,
- Tension d'induit nominale $U_N = 460 \text{ V}$,
- Fréquence de rotation nominale $n_N = 2600 \text{ tr/min}$,
- Résistance de l'induit $R = 0,23 \Omega$,
- Puissance absorbée par l'inducteur $P_e = 0,80 \text{ kW}$,
- Le rendement global nominal d'un moteur **M** est: $\eta_N = 0,87$.

On étudie les performances du moteur **M** pour savoir s'il peut satisfaire les nouvelles conditions imposées.

Les adaptations proposées ne concerneront pas l'excitation : on pourra considérer que le flux est inchangé.

1. Etude des couples :

1.1. Calculer le couple utile T_{u1} imposé par les conditions 1.

1.2. Calculer le couple utile nominal T_{uN} du moteur **M**.

Le couple utile du moteur **M** peut-il répondre aux nouvelles conditions imposées ?

2. Intensité du courant absorbée par le moteur **M** au régime nominal :

2.1. Calculer la puissance totale absorbée par ce moteur P_{tN} .

2.2. Calculer la puissance P_N absorbée par l'induit de ce moteur.

2.3. En déduire l'intensité nominale I_N du courant absorbée par l'induit.

3. Adaptation de la vitesse du moteur **M** aux nouvelles conditions imposées :

3.1. Le moment du couple de pertes est considéré comme constant entre 2300 et 2600 tr/min.

Montrer que dans ces conditions l'intensité du courant qu'absorbera ce moteur si on l'installe sera :

$$I = I_N = 105 \text{ A.}$$

3.2. Calculer la f.é.m. E_N du moteur **M** dans les conditions nominales.

3.3. En déduire la f.é.m. E_1 qu'il développera dans ses nouvelles conditions de fonctionnement.

3.4. Sous quelle tension U_1 devra-t-on l'alimenter ?

BTS INDUSTRIES PAPETIERES	SUJET	Session 2002
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 3
CODE : ITSPHY		Page 2/7

CHIMIE : 7 points

Les questions 1, 2, 3, 4, 5 sont indépendantes.

On se propose d'analyser quelques caractéristiques de l'eau d'un forage pour son utilisation dans le process papetier.

On donne ci-dessous la composition ionique de cette eau (ions principaux seulement) :

ion	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
concentration massique (en mg/L)	20	126	125	30	165		156
concentration molaire (en mmol/L)	0,51	5,48	3,12	1,23	2,70	3,80	4,40

Cette eau a un pH voisin de 7,3.

1. On donne les masses molaires atomiques du soufre et de l'oxygène $M_s = 32,0 \text{ g/mol}$ et $M_o = 16,0 \text{ g/mol}$ /

1.1. Calculer la concentration massique en ions sulfate de cette eau.

1.2. Vérifier qu'aux incertitudes près ces concentrations vérifient la loi d'électroneutralité de la solution.

Les ions des colonnes grisées n'interviennent plus dans la suite du problème.

2. L'ion hydrogénocarbonate est un ampholyte appartenant aux deux couples

$\text{H}_2\text{CO}_3 / \text{HCO}_3^-$ et $\text{HCO}_3^- / \text{CO}_3^{2-}$ de pK_a respectivement $\text{pK}_{a1} = 6,3$ et $\text{pK}_{a2} = 10,3$.

On pourra considérer que H_2CO_3 représente ($\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$) c'est à dire le dioxyde de carbone dissous dans l'eau.

Déduire de la concentration en hydrogénocarbonate de cette eau la concentration en CO_2 dissous.

3. On définit la dureté d'une eau par la concentration totale en ions calcium et magnésium. Cette dureté est mesurée en France par le degré hydrotimétrique français (en °TH) égal à dix fois cette concentration exprimée en mmol/L.

Une eau est considérée comme dure si son degré hydrotimétrique est supérieur à 30 :

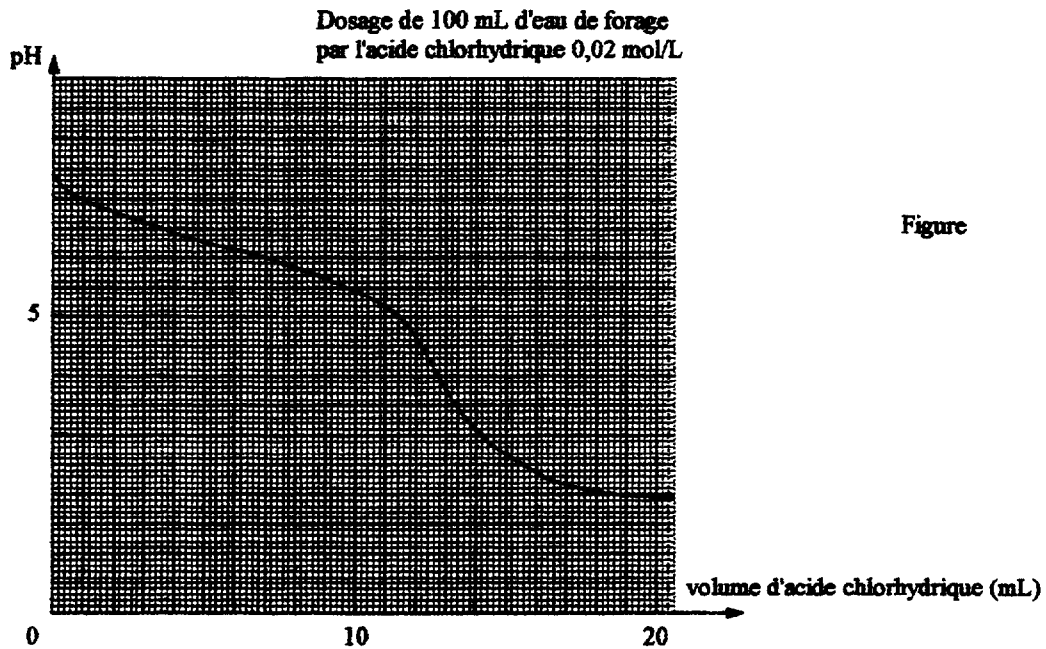
3.1. Calculer le degré hydrotimétrique de cette eau.

3.2. Quel est le risque industriel le plus fréquemment rencontré lors de l'utilisation d'une eau dure ?

BTS INDUSTRIES PAPETIERES	SUJET	Session 2002
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 3
CODE : ITSPHY		Page 3/7

4. On dose $V = 100 \text{ mL}$ de cette eau par de l'acide chlorhydrique de concentration $C_a = 0,02 \text{ mol/L}$ (il s'agit de la mesure du titre alcalimétrique total).
On obtient la courbe représentée sur la figure :

- 4.1. Quelle espèce a-t-on dosée ? Ecrire l'équation-bilan de la réaction de cette espèce avec l'acide fort utilisé.



En utilisant le document-réponse:

- 4.2. Justifier la valeur du pH obtenue à la demi-équivalence.
- 4.3. Calculer la concentration de l'espèce dosée. Est-elle conforme aux données de cette eau ?
5. Pour diminuer la dureté de cette eau on souhaite précipiter les ions Mg^{2+} sous forme d'hydroxyde. Pour cela on ajoute à cette eau une base forte (NaOH).
Le produit de solubilité K_s de $\text{Mg}(\text{OH})_2$ est tel que: $\text{p}K_s = 11$.

A partir de quel pH les ions magnésium commencent-ils à précipiter ?

BTS INDUSTRIES PAPETIERES	SUJET	Session 2002
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 3
CODE : ITSPHY		Page 4/7

PHYSIQUE : 6 points

A la partie supérieure d'un lessiveur continu « KAMYR » (voir schéma d'ensemble en annexe) ont lieu : l'admission des copeaux imprégnés (en S), leur imprégnation par la vapeur puis leur cuisson au cours de leur descente continue (de S à B).

Pour tout le problème on donne :

- accélération de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ N/kg}$;
- masse volumique moyenne de la solution : $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$.

1. La pression de la vapeur mesurée au-dessus du liquide est $P_v = 8,0 \text{ bars}$. La hauteur totale du liquide dans le lessiveur est $H = 70 \text{ m}$.

Exprimer et calculer en pascals et en bars la pression à la base du lessiveur.

2. Il est impératif de maintenir la température de la solution dans la zone de cuisson à $\theta = 165 \text{ }^\circ\text{C}$. Pour compenser les pertes thermiques on prélève donc une fraction de la solution de la zone de cuisson (en C) à travers une crépine. Cette fraction parcourt une boucle de réchauffage :

- elle est pompée (pompe notée M),
- réchauffée dans un échangeur thermique (noté E),
- retourne dans le lessiveur (en R), pratiquement à l'altitude où elle a été prélevée.

Le débit volumique de la pompe (M) est $q_v = 80 \text{ m}^3/\text{h}$.

2.1. Vérifier que le débit massique de la pompe est $q = 20 \text{ kg/s}$.

2.2. En traversant l'échangeur, la solution subit une élévation de température $\Delta\theta = 3 \text{ }^\circ\text{C}$.

Calculer la quantité de chaleur Q reçue par la solution qui a traversé l'échangeur en 1 seconde (flux thermique).

Donnée : capacité thermique massique de la solution: $c_s = 4,0 \text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$.

2.3. La chaleur est fournie à l'échangeur par de la vapeur haute pression qui entre dans l'échangeur à $\theta_1 = 200 \text{ }^\circ\text{C}$ et en ressort, après condensation totale, à $\theta_2 = 180 \text{ }^\circ\text{C}$.

Calculer la variation d'enthalpie massique Δh de la vapeur traversant l'échangeur.

Données :

- capacité thermique massique de la vapeur (valeur moyenne) : $C_v = 2,0 \text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$;
- enthalpie massique de vaporisation de l'eau à 180°C : $L_v = 2010 \text{ kJ/kg}$.

2.4. En déduire le débit massique de vapeur q_{vapeur} nécessaire au réchauffage de la solution (on néglige les pertes thermiques dans l'échangeur).

3. Les canalisations de la boucle de réchauffage entre crépine (C) et retour (R) ont pour longueur totale $L = 50 \text{ m}$.

Les pertes de charge régulières sont: $j = 10 \text{ cm}$ de hauteur de fluide par mètre de canalisation.

Les pertes singulières (crépine, échangeur,...) représentent une hauteur de fluide $h_s = 10 \text{ m}$.

Le diamètre de la canalisation de retour est calculé pour que la vitesse v soit $v_R = 1,5 \text{ m/s}$.

3.1. Appliquer le théorème de Bernoulli au circuit de réchauffage entre la crépine (C) et le retour (R) (on rappelle que ces deux points sont sensiblement au même niveau).

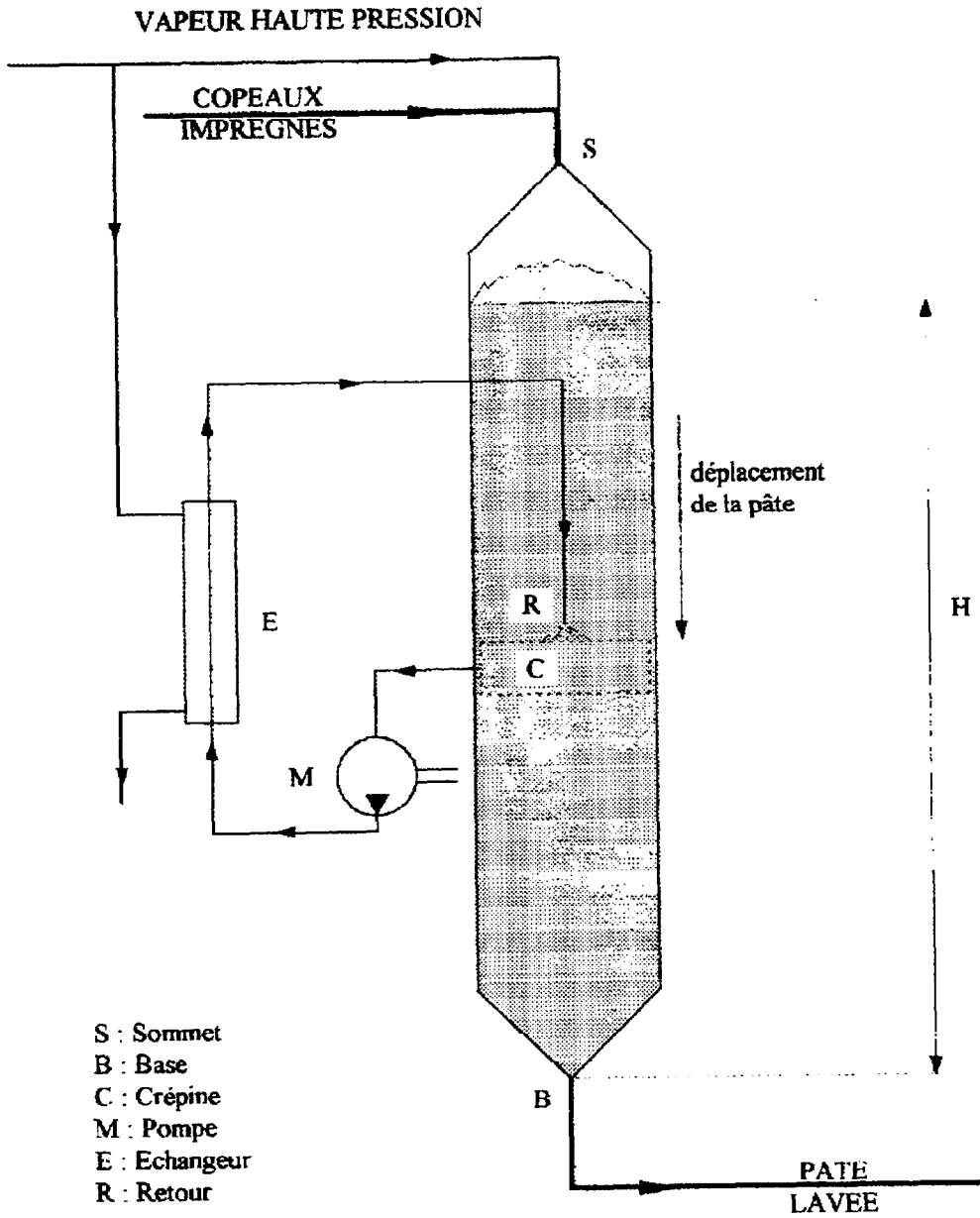
En déduire la hauteur manométrique totale H_T de la pompe.

3.2. Calculer la puissance P absorbée par cette pompe si son rendement est de $\eta = 85\%$.

BTS INDUSTRIES PAPETIERES	SUJET	Session 2002
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 3
CODE : ITSPHY		Page 5/7

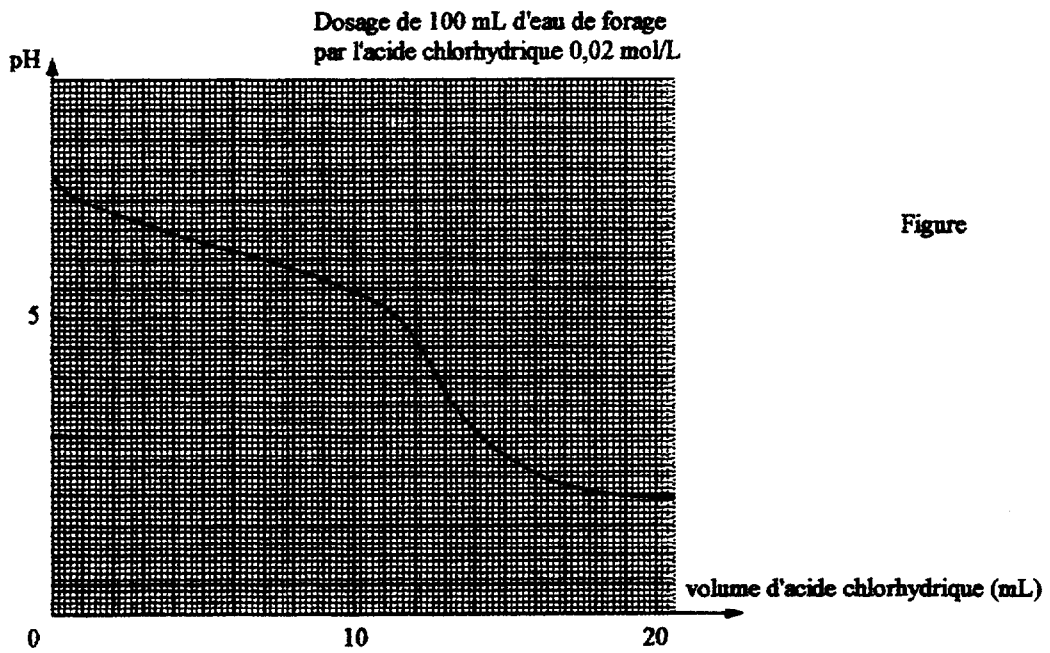
ANNEXE

LESSIVEUR KAMYR



BTS INDUSTRIES PAPETIERES	SUJET	Session 2002
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 3
CODE : ITSPHY		Page 6/7

DOCUMENT-REPONSE
(A rendre avec la copie)



BTS INDUSTRIES PAPETIERES	SUJET	Session 2002
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 3
CODE : ITSPHY		Page 7/7