

# **BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR**

## **INDUSTRIES PAPETIERES**

### **Sous-épreuve : SCIENCES PHYSIQUES**

Durée : 3 heures

Coefficient : 3

Cette épreuve comporte trois problèmes indépendants :

Electricité : 7 points

Thermodynamique 6 points

Chimie : 7 points

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

**Les documents 1 et 4 sont à rendre avec la copie**

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

<b>BTS INDUSTRIES PAPETIERES</b>	<b>SUJET</b>	<b>Session 2000</b>
<b>Epreuve U32 Sciences Physiques</b>	<b>Durée : 3 heures</b>	<b>Coefficient : 3</b>
<b>CODE : ITSPHY</b>		<b>Page 1/10</b>

## ELECTRICITE

Avec un moteur triphasé, on a effectué deux essais sur le réseau 400 V, 50 Hz :

	Intensité	puissance absorbée	fréquence de rotation
essai à vide	$I_0 = 9,0 \text{ A}$	$P_0 = 2,24 \text{ kW}$	$n_0 \approx 1500 \text{ tr/min}$
essai en charge	$I = 49,6 \text{ A}$	$P = 28,5 \text{ kW}$	$n = 1447 \text{ tr/min}$

1°) Les enroulements du stator sont couplés en triangle et la résistance entre bornes, mesurée à chaud a donné :  $R^* = 0,33 \Omega$ .

- A quelle tension efficace est soumis chaque enroulement ?
- Quelle est l'intensité efficace du courant dans chacun d'eux lors de l'essai en charge ?
- La fréquence étant maintenue à 50 Hz, sous quelle tension devrait-on alimenter le moteur, ses enroulements étant couplés en étoile, pour obtenir le même fonctionnement ?

2°) Déterminer la fréquence de synchronisme et le nombre de pôles du moteur.

3°) Exploiter l'essai à vide pour vérifier que les pertes dans le fer et les pertes mécaniques, supposées égales, ont pour valeur commune 1,1 kW.

4°) Pour le fonctionnement en charge, calculer :

- le glissement et le facteur de puissance,
- les pertes par effet Joule au stator,
- la puissance transmise au rotor,
- les pertes par effet Joule au rotor,
- la puissance utile et le rendement.
- Vérifier que le couple utile est alors  $C_u = 160 \text{ N.m}$ .

5°) La caractéristique mécanique du moteur  $C_u = f(n)$  est rectiligne dans sa partie utile. Tracer cette caractéristique entre 1400 tr/min et 1500 tr/min sur le document réponse 1.

6°) Le couple résistant de la machine entraînée par ce moteur est indépendant de la fréquence de rotation :  $C_r = 120 \text{ N.m}$ .

- Déterminer graphiquement le point de fonctionnement  $M_1$  du groupe moteur machine, avec le réseau 400 V, 50 Hz.
- Indiquer la fréquence de rotation  $n_1$  et calculer la puissance utile du moteur.

BTS INDUSTRIES PAPETIERES	SUJET	Session 2000
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 3
CODE : ITSPHY		Page 2/10

7°) Pour faire varier la vitesse du groupe, le moteur est alimenté par un onduleur fonctionnant à V/f constant. Le groupe tourne à 1000 tr/min.

a) Indiquer sur le graphique le point de fonctionnement  $M_2$ . Tracer la nouvelle caractéristique mécanique du moteur. Déterminer la nouvelle fréquence de synchronisme.

b) En déduire la fréquence  $f_2$  et la valeur efficace  $U_2$  de la tension délivrée par l'onduleur.

## THERMODYNAMIQUE.

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

Dans le procédé kraft, afin d'optimiser la récupération d'énergie lors de l'incinération des résidus organiques et de réduire la pollution de l'air et de l'eau, on concentre la liqueur noire extraite des piles laveuses de pâte écrue dans des évaporateurs à effet multiple pour former une liqueur noire très forte. La majeure partie de l'eau est éliminée dans une série d'évaporateurs exploités à des pressions différentes de telles sortes que les buées sortant d'un étage soient la source de vapeur de l'étage suivant. Le principal avantage d'un tel système est sa capacité d'évaporation élevée, dépassant 5 kg d'eau évaporée par kg de vapeur vive pour un système à sept effets.

### Partie A.

Les caractéristiques globales d'un évaporateur à six effets sont les suivantes :

	Débit (kg/h)	Température (°C)	Pression relative (kPa)
Vapeur vive	$23 \times 10^3$	135	213

	Débit de liqueur (kg/h)	% de matières sèches
A l'entrée	$151,2 \times 10^3$	13,9
A la sortie	$40,4 \times 10^3$	52

On donne : pression atmosphérique  $p_{atm} = 1,0 \text{ bar}$  ;  $p_{normale} = 76 \text{ cm de Hg} = 1 \text{ atm} = 1,013 \text{ bar}$ .

A partir des données précédentes et à l'aide du document 2, répondre aux questions suivantes :

1°) Calculer la pression absolue de la vapeur vive.

2°) Cette vapeur vive est-elle sèche ou saturante ? En déduire sa masse volumique  $\rho$ .

BTS INDUSTRIES PAPETIERES	SUJET	Session 2000
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 3
CODE : ITSPHY		Page 3/10

3°) Calculer le débit volumique de vapeur vive (en  $\text{m}^3/\text{s}$ ).

4°) a) Déterminer l'enthalpie massique  $h_{\text{vap}}$  de la vapeur vive.

b) On suppose qu'à la sortie du circuit de vapeur, on récupère toute l'eau à la température de  $50^\circ\text{C}$ , à l'état liquide.

- Calculer la variation d'enthalpie massique de ce fluide
- En déduire la puissance thermique fournie par la vapeur (en MW).

5°) Quel est le débit horaire de matières sèches que contient la liqueur ?

6°) Calculer la masse d'eau (en kg) évaporée par kg de vapeur vive.

### Partie B.

On s'intéresse à l'étage IV de l'évaporateur (document 3).

1°) Montrer que la pression absolue (en bars) des vapeurs à l'entrée de l'étage IV de l'évaporateur est 0,72 bar.

2°) Vérifier qu'à l'entrée de l'étage IV, la vapeur est sèche. On fera une interpolation linéaire (voir document 2)

3°) Calculer la masse d'eau extraite de la liqueur par heure dans l'étage IV.

BTS INDUSTRIES PAPETIERES	SUJET	Session 2000
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 3
CODE : ITSPHY		Page 4/10

## CHIMIE.

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

### A) Dosage d'un mélange de deux acides.

A la sortie d'un réacteur industriel, on dose l'acide résiduaire de la solution, après dilution au centième, par de la soude de concentration  $C_B = 0,05 \text{ mol/L}$ . La solution renferme 2 acides : l'un est un acide fort, l'acide chlorhydrique, l'autre est un acide faible, l'acide éthanóique de  $pK_a > 4$ .

1°) Quelle est la conséquence de la différence de force des acides sur le dosage du mélange ?

2°) Ecrire l'équation de la réaction de l'acide éthanóique  $\text{CH}_3\text{COOH}$  sur l'eau. Donner l'expression de sa constante d'acidité  $K_a$ .

3°) Quel est le pH de la solution de soude utilisée pour le dosage ?

4°) Le dosage d'un volume  $V_A = 20 \text{ mL}$  de solution est réalisé à l'aide d'un équipement informatisé entièrement automatisé ayant fourni le document 4.

- Déterminer soigneusement les deux points d'équivalence  $E_1$  et  $E_2$  et les placer sur la courbe pHmétrique. (on pourra s'aider des deux courbes dérivées jointes au document 4).
- Calculer la concentration  $C_{A1}$  en acide chlorhydrique de la solution diluée.
- Calculer la concentration  $C_{A2}$  en acide éthanóique de la solution diluée.
- Vérifier que le  $pK_a$  de l'acide éthanóique est 4,7.

5°) Quel serait le pH de la solution diluée si elle ne renfermait que l'acide chlorhydrique ? Comparer cette valeur au pH réel du mélange initial. Conclure.

6°) Le dosage acido-basique de ce mélange aurait pu se faire par conductimétrie.

- Quel est le principe de cette méthode ? Décrire une sonde conductimétrique ?
- Pourquoi faut-il ajouter un grand volume d'eau distillée à la prise d'essai ?
- Cette condition étant remplie, tracer sur le document 4, sans calcul, l'évolution de la conductance  $G$  au cours du dosage de 20 mL de solution. Justifier à l'aide des équations des réactions successives l'allure des différentes parties de la courbe.

BTS INDUSTRIES PAPETIERES	SUJET	Session 2000
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 3
CODE : ITSPHY		Page 5/10

Valeurs des conductivités équivalentes à 25°C :

Ions	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>	OH <sup>-</sup>	CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>
$\lambda_0$ (mS.cm <sup>2</sup> .eq <sup>-1</sup> )	350	200	41	50

**B) Indice Kappa d'une pâte chimique.**

Lors de la détermination de l'indice Kappa, après réaction avec une masse de pâte connue, l'ion permanganate résiduel est dosé par iodométrie.

On donne les potentiels redox standard suivants :

$$E^\circ (\text{I}_2/\text{I}^-) = 0,62 \text{ V} \quad E^\circ (\text{S}_4\text{O}_6^{2-}/\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = 0,08 \text{ V} \quad E^\circ (\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}) = 1,51 \text{ V}.$$

1°) Réduction de l'ion permanganate.

- Ecrire les demi équations électroniques redox des couples  $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$  et  $\text{I}_2/\text{I}^-$ .
- En déduire l'équation de la réaction bilan entre l'ion permanganate et l'ion iodure.

2°) Les ions iodure ayant été mis en excès, on dose le diiode formé  $\text{I}_2$  par l'ion thiosulfate  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ .

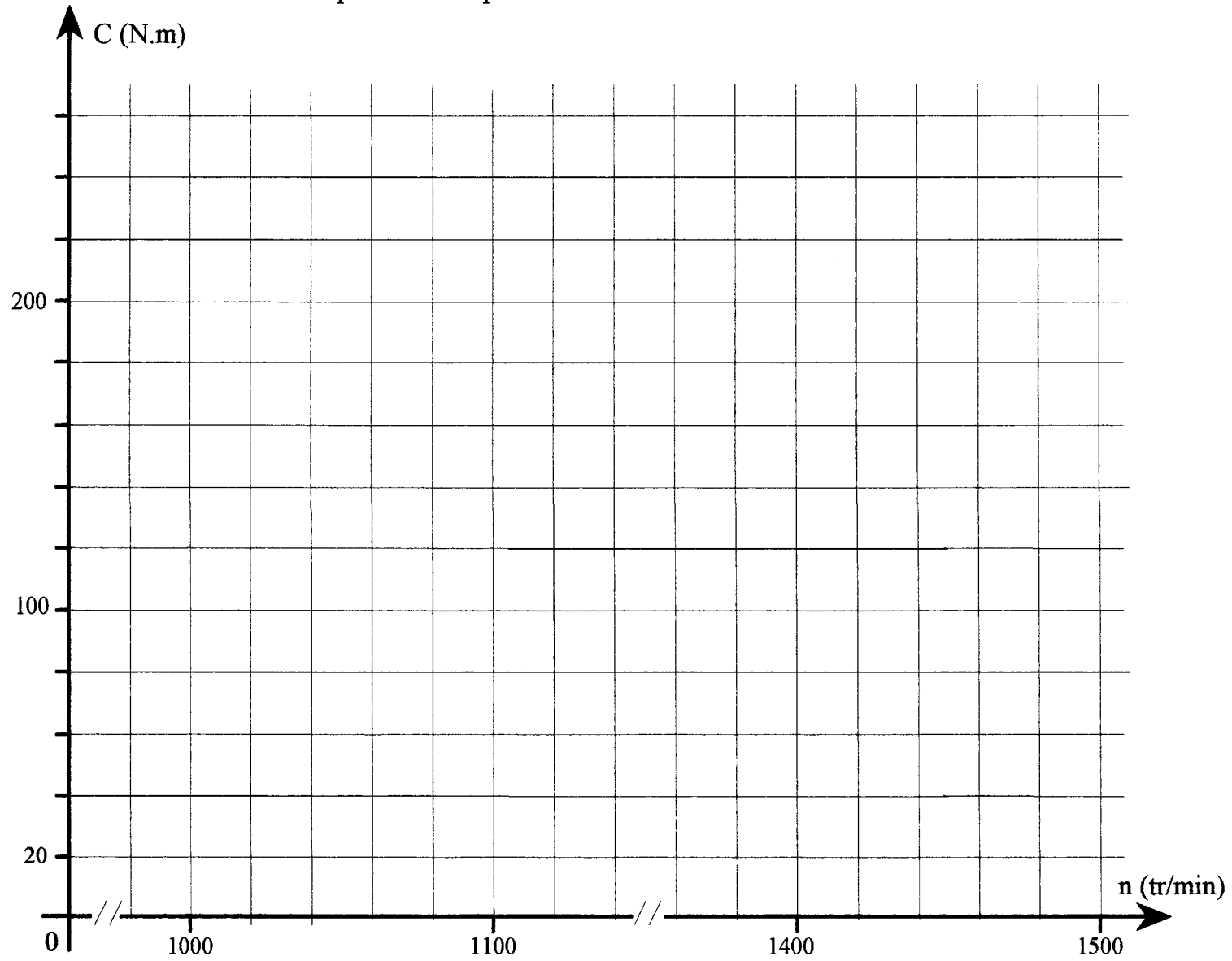
- Ecrire l'équation redox bilan entre ces deux espèces.
- Avec quel indicateur coloré repère-t-on l'équivalence ?

3°) Ayant opéré avec un volume  $V = 100 \text{ mL}$  de permanganate de potassium de concentration  $C = 0,020 \text{ mol/L}$ , il a fallu  $V' = 28 \text{ mL}$  de solution de thiosulfate de sodium de concentration  $C' = 0,20 \text{ mol/L}$  pour obtenir l'équivalence.

Calculer le nombre de mole de permanganate consommé par la pâte.

BTS INDUSTRIES PAPETIERES	SUJET	Session 2000
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 3
CODE : ITSPHY		Page 6/10

Caractéristiques mécaniques



## DOCUMENT 2.

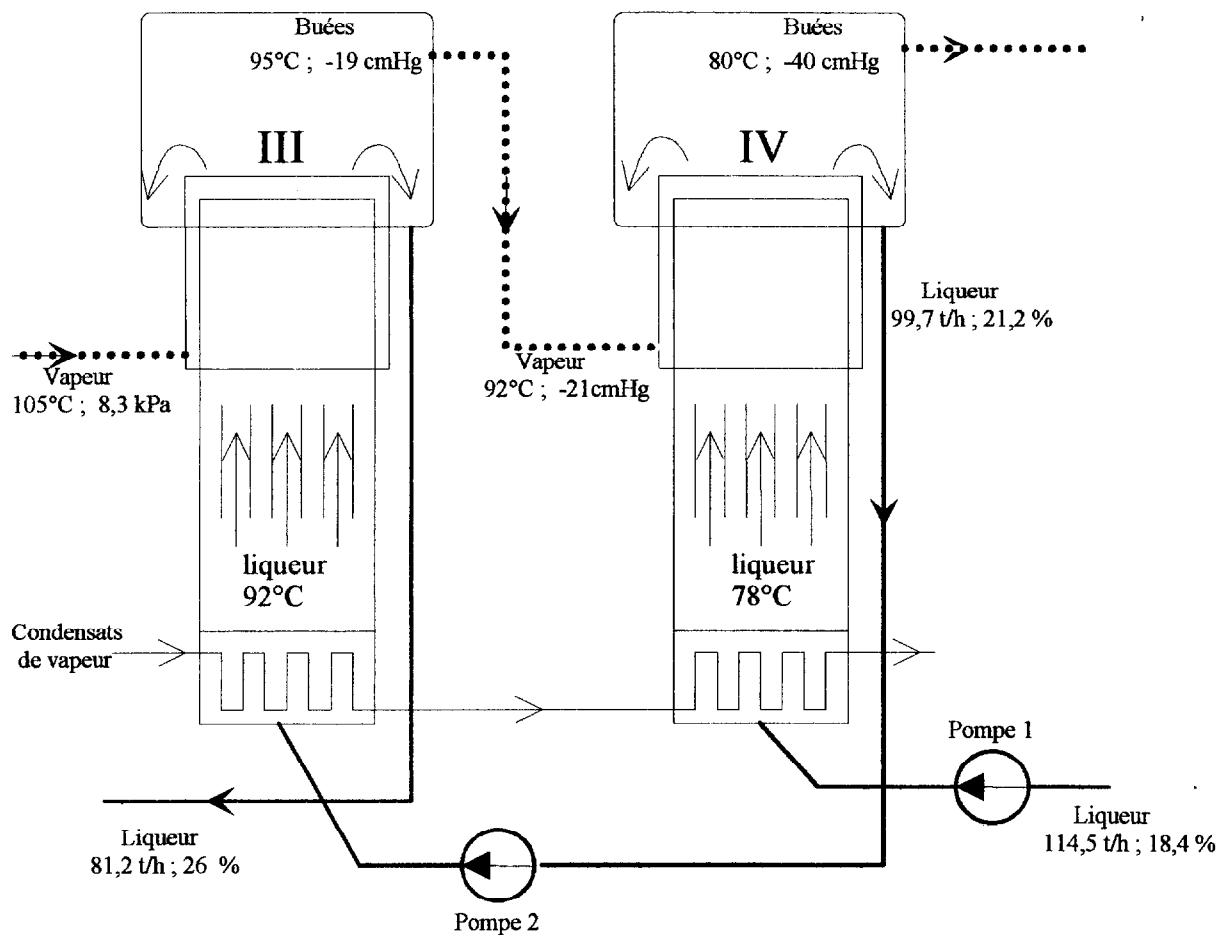
**CARACTERISTIQUES DE L'EAU A L'EQUILIBRE LIQUIDE VAPEUR.**

02Température (°C)	Pression absolue (bar)	Volume massique (m <sup>3</sup> /kg)		Enthalpie massique h (kJ/kg)	
		Liquide	Vapeur	Liquide	Vapeur
0,01	0,0061	0,001000	206,3	0,0	2501
5	0,0087	0,001000	147,2	21,1	2510
10	0,0123	0,001000	106,4	42,0	2519
15	0,0170	0,001001	78,0	63,0	2528
20	0,0234	0,001002	57,8	83,9	2537
25	0,0317	0,001003	43,4	104,8	2547
30	0,0424	0,001004	32,9	125,7	2556
35	0,0562	0,001006	25,2	146,6	2565
40	0,0737	0,001008	19,6	167,5	2574
45	0,0958	0,001010	15,3	188,4	2583
50	0,123	0,001012	12,0	209,3	2592
55	0,157	0,001014	9,58	230,2	2600
60	0,199	0,001017	7,68	251,1	2609
65	0,250	0,001020	6,20	272,1	2817
70	0,312	0,001023	5,05	293,0	2626
75	0,386	0,001026	4,13	314,0	2635
80	0,474	0,001029	3,41	334,9	2643
85	0,578	0,001032	2,83	355,9	2651
90	0,701	0,001036	2,36	377,0	2659
95	0,845	0,001040	1,96	398,0	2667
100	1,013	0,001044	1,67	419,1	2675
105	1,208	0,001047	1,42	440,2	2683
110	1,433	0,001052	1,21	461,3	2691
115	1,690	0,001056	1,04	482,5	2698
120	1,985	0,001060	0,892	503,7	2706
125	2,321	0,001065	0,770	525,0	2713
130	2,701	0,001070	0,668	546,3	2721
135	3,13	0,001075	0,582	567,5	2727
140	3,61	0,001080	0,507	589,0	2734
145	4,16	0,001085	0,446	610,5	2740
150	4,76	0,001090	0,393	632,2	2746
155	5,43	0,001096	0,347	653,9	2752
160	6,18	0,001102	0,307	675,6	2758
165	7,01	0,001108	0,273	697,3	2763
170	7,92	0,001114	0,243	719,2	2768
175	8,93	0,001121	0,217	741,1	2773
180	10,09	0,001128	0,194	763,3	2778
185	11,23	0,001134	0,173	785,2	2782
190	12,55	0,001142	0,156	807,5	2786
195	13,97	0,001149	0,141	829,9	2790
200	15,55	0,001157	0,127	852,4	2793
205	17,25	0,001164	0,115	875,0	2796
210	19,06	0,001173	0,104	897,7	2798

<b>BTS INDUSTRIES PAPETIERES</b>	<b>SUJET</b>	<b>Session 2000</b>
<b>Epreuve U32 Sciences Physiques</b>	<b>Durée : 3 heures</b>	<b>Coefficient : 3</b>
<b>CODE : ITSPHY</b>		<b>Page 8/10</b>



DOCUMENT 3. Schéma des étages III et IV de l'évaporateur.



Les pressions indiquées sont des pressions relatives.

BTS INDUSTRIES PAPETIERES	SUJET	Session 2000
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 3
CODE : ITSPHY		Page 9/10

**DOCUMENT 4 : Dosage acido-basique. (A rendre avec la copie)**

