

BREVET DE TECHNICIEN
SUPÉRIEUR
INDUSTRIE PAPETIERE

ÉPREUVE : SCIENCES PHYSIQUES

Durée : 3 heures

Coefficient : 3

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

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

IMPORTANT : Ce sujet comporte 7 pages numérotées de 1/7 à 7/7 + la page de présentation.
Assurez-vous qu'il est complet.

S'il est incomplet, veuillez le signaler au surveillant de la salle qui vous en remettra un autre exemplaire.

I – Chimie (9 points)

Pour tout le problème :

Elément	H	C	O	Na	S	Ca
Masse molaire (g.mol ⁻¹)	1,0	12,0	16,0	23,0	32,0	40,1

- Pour les calculs on assimilera les solutions à des solutions diluées.
- L'ion Na⁺ est un ion spectateur (sans action) sur le plan acido-basique et en oxydoréduction.

On se propose d'étudier quelques propriétés de la liqueur blanche.

On prépare en laboratoire une liqueur blanche simplifiée, solution aqueuse de NaOH et de Na₂S.

Elle sera notée (S₀).

On prépare v₀ = 6 L de solution (S₀) de composition :

Espèce	Nom	Ions en solution	Concentration (mol.L ⁻¹)	Masse pesée (g)
NaOH	Hydroxyde de sodium (soude)	Na ⁺ + OH ⁻	1,50	360
Na ₂ S	Sulfure de (di)sodium	2 Na ⁺ + S ²⁻	0,250	voir plus bas
Eau	pour 6 L de solution			

Pour étudier les propriétés acido-basiques de la solution (S₀) on réalise une solution dix fois plus diluée à partir d'une prise d'essai.

On notera (S₁) cette solution diluée.

I-1 Généralités

I-1.1 Calculer la concentration totale en ions sodium de la solution (S₀).

I-1.2 Le sulfure de sodium apporté est en fait du sulfure hydraté de formule Na₂S, 6 H₂O. Quelle masse de ce sel faut-il peser pour préparer les 6 L de la solution (S₀)?

I-1.3 On prépare v₁ = 100 mL de solution (S₁) par dilution de (S₀) ; indiquer la liste du matériel (verrerie...) à utiliser et la méthode employée (tout schéma annoté est admis).

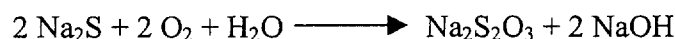
I-2 Oxydoréduction

On considère les deux couples d'oxydoréduction : S₂O₃²⁻ / S²⁻ et O₂ / H₂O.

I-2.1 Écrire les deux demi équations redox associées à chacun de ces couples.

I-2.2 En déduire l'équation bilan de la réaction entre S²⁻ et O₂ en tenant compte du fait que les réactions se produisent ici en milieu basique.

I-2.3 L'équation bilan établie ci-dessus est conforme à celle écrite ci-dessous sous forme globale :



BTS INDUSTRIE PAPETIERE	SUJET	Session 2004
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 3
CODE : ITSPHY		Page 1/7

A partir de cette dernière équation bilan, calculer la masse m_s de sulfure de sodium que consommera la formation de $m_t = 15,8$ kg de thiosulfate de sodium ?

On donne $M(\text{Na}_2\text{S}) = 78 \text{ g.mol}^{-1}$ $M(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 158 \text{ g.mol}^{-1}$

I-3 Solubilité

Au cours du procédé Kraft les ions HO^- sont régénérés par caustification. Cette opération produit du carbonate de calcium CaCO_3 (blanc) très peu soluble qui précipite, son élimination par filtration donne la liqueur blanche.

Le produit de solubilité du carbonate de calcium est caractérisé par $\text{pKs}(\text{CaCO}_3) = 8,6$.

I-3.1 Écrire l'équation bilan de dissolution du carbonate de calcium.

I-3.2 Calculer la concentration molaire en Ca^{2+} dans la liqueur blanche en la considérant comme une solution saturée en carbonate de calcium (on négligera toutes les autres réactions possibles dans cette liqueur).

I-3.3 En déduire la masse maximale de carbonate de calcium en solution dans 1 m^3 de liqueur blanche (on donne $M(\text{CaCO}_3) = 100,1 \text{ g.mol}^{-1}$).

I-4 Dosage acido-basique de la solution diluée

I-4.1 L'ion sulfure S^{2-} est une dibase : en effet H_2S (sulfure de di-hydrogène) est un diacide de pK_a successifs :

$$\text{pK}_{a1} = 6,9 \quad \text{et} \quad \text{pK}_{a2} = 12,0$$

I-4.1.1 Représenter sur un axe en fonction du pH, les domaines de prédominance des espèces H_2S , HS^- (ion hydrogénosulfure) et S^{2-} ; on utilisera le DOCUMENT – REPONSE N° 1, page 5/7.

I-4.1.2 Représenter sur le même graphe, les domaines de prédominance de l'eau H_2O et des ions HO^- et H_3O^+ ; on utilisera le DOCUMENT - REPONSE N° 1, page 5/7.

I-4.1.3 Quelles sont les espèces prédominantes à $\text{pH} \approx 10$?

I-4.2 Calculer les quantités de matière d'ions HO^- et d'ions S^{2-} contenus dans le volume $v_1 = 100 \text{ mL}$ de la solution diluée (S_1).

I-4.3 On dose ce volume de la solution diluée (S_1) par une solution d'acide chlorhydrique HCl de concentration $c_a = 0,100 \text{ mol.L}^{-1}$.

Sous quelle forme l'acide chlorhydrique est-il présent en solution aqueuse ?

I-4.4 La courbe jointe, DOCUMENT - REPONSE N° 1, page 5/7, représente une simulation de ce dosage.

I-4.4.1 Déterminer sur la courbe les volumes v_{e1} et v_{e2} et les pH_{e1} et pH_{e2} lors deux équivalences successives.

I-4.4.2 Déduire de pH_{e1} et des domaines de prédominance les espèces qui ont réagi avec l'acide au cours de la première partie (jusqu'à la première équivalence).

I-4.4.3 Écrire les équations des deux réactions :

- entre l'acide H_3O^+ et HO^-
- entre l'acide H_3O^+ et S^{2-}

BTS INDUSTRIE PAPETIERE	SUJET	Session 2004
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 3
CODE : ITSPHY		Page 2/7

II - Electricité (6 points)

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

Une usine de fabrication de carton recyclé vient de s'équiper de nouvelles pompes doseuses à vis (les vieilles pompes à engrenages généraient trop de frais de maintenance). Les questions qui suivent proposent une étude sommaire du moteur d'entraînement de ces nouvelles pompes.

II-1 Etude du moteur seul

On donne ses principales caractéristiques :

$$P_N = 2,2 \text{ kW} \quad U = 230 / 400 \text{ V} \quad I = 7,3 / 4,2 \text{ A} \quad \cos\phi = 0,83 \quad n_N = 1440 \text{ tr.min}^{-1} \text{ à } 50 \text{ Hz}$$

II-1.1 Préciser le type de moteur utilisé. Ce choix est-il judicieux ?

II-1.2 L'alimentation étant le réseau 400 V, préciser le couplage des enroulements du stator.

Justifier.

II-1.3 Que signifient les indications 230 / 400 V et 7,3 / 4,2 A ?

II-1.4 Cette machine réalise une conversion électromécanique. Préciser le type de puissance reçue, le type de puissance fournie.

II-1.5 Pour ce moteur, calculer :

II-1.5.1 Le nombre p de paires de pôles.

II-1.5.2 Le moment T_u du couple utile nominal.

II-1.5.3 La puissance absorbée P_{abs} et l'énergie W consommée en une journée de 24 heures (résultat en kilowatt.heure) pour le fonctionnement nominal.

II-1.5.4 Le rendement η .

II-2 Etude de l'ensemble moteur-variateur

Le moteur est associé à un variateur de vitesse ($\frac{V}{f} = \text{cte}$) qui permet une variation automatique ou manuelle par potentiomètre.

II-2.1 Quel est l'intérêt de pouvoir faire varier la vitesse du moteur de cette pompe doseuse ?

II-2.2 Quel convertisseur permet d'obtenir une variation à $\frac{V}{f} = \text{cte}$?

BTS INDUSTRIE PAPETIERE	SUJET	Session 2004
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 3
CODE : ITSPHY		Page 3/7

II-3 Etude de la machine complète (pompe doseuse)

Le moment du couple résistant imposé par la charge mécanique est tel que :

n (tr.min ⁻¹)	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
T _r (N.m)	940	10,2	11,0	11,9	12,7	13,5	14,3	15,1

II-3.1 Tracer la caractéristique mécanique de la charge sur le DOCUMENT REPONSE N° 2 page 6/7.

II-3.2 Tracer la caractéristique mécanique du moteur à $f = 50$ Hz sur le DOCUMENT REPONSE N° 2 , page 6/7.

II-3.3 Déterminer graphiquement le point de fonctionnement F de la machine.

II-3.4 Afin de modifier le dosage, on diminue la vitesse de rotation du moteur. Déterminer le nouveau point de fonctionnement F' correspondant à $f' = 35$ Hz.

II-3.5 Ces nouvelles pompes sont « entièrement plastique », cela signifie qu'aucune partie métallique n'est en contact avec le liquide. Quel est l'intérêt de cette technologie ?

III - Mécanique des fluides (5 points)

Exploitation du diagramme de l'air humide

L'air d'un atelier contenant une machine à papier est renouvelé.

Il entre de l'air frais et relativement sec : $\theta_A = 10$ °C ; humidité relative HR_A ou $\varphi_A = 60\%$; pression atmosphérique normale (1013 mbar).

III-1 Situer cet état (A) sur le diagramme de l'air humide, DOCUMENT REPONSE N° 3, page 7/7.

III-2 En déduire la masse de vapeur d'eau par kilogramme de cet air (humidité absolue HA_A ou teneur en eau x_A) et son humidité saturante HS_A à cette température.

III-3 Au contact de la machine à papier cet air se réchauffe et absorbe de la vapeur : sa température passe à $\theta_B = 26$ °C et son humidité relative à $HR_B = 85\%$.

III-3.1 Situer cet état (B)

III-3.2 Quelle masse de vapeur d'eau aura absorbé 1 kg de cet air entre les états (A) et (B) ?

III-3.3 Déduire du graphe la variation d'enthalpie de cet air entre ces deux états.

III-4 Cet air monte dans l'atelier et vient en contact avec les tôles du toit à $\theta_t = 10$ °C.

III-4.1 En utilisant le diagramme montrer que le refroidissement de l'air au contact des tôles doit se traduire par un phénomène de condensation.

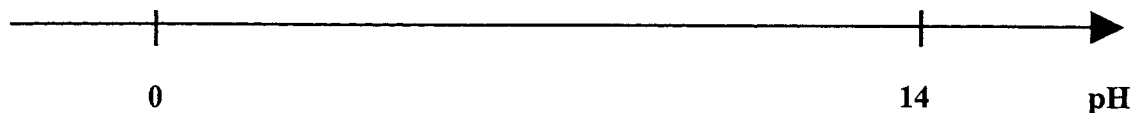
III-4.2 A quelle température θ_C cette condensation commencera-t-elle ?

III-4.3 Déterminer la masse d'eau condensée par kg d'air si la température de l'air chute jusqu'à $\theta_D = 15$ °C.

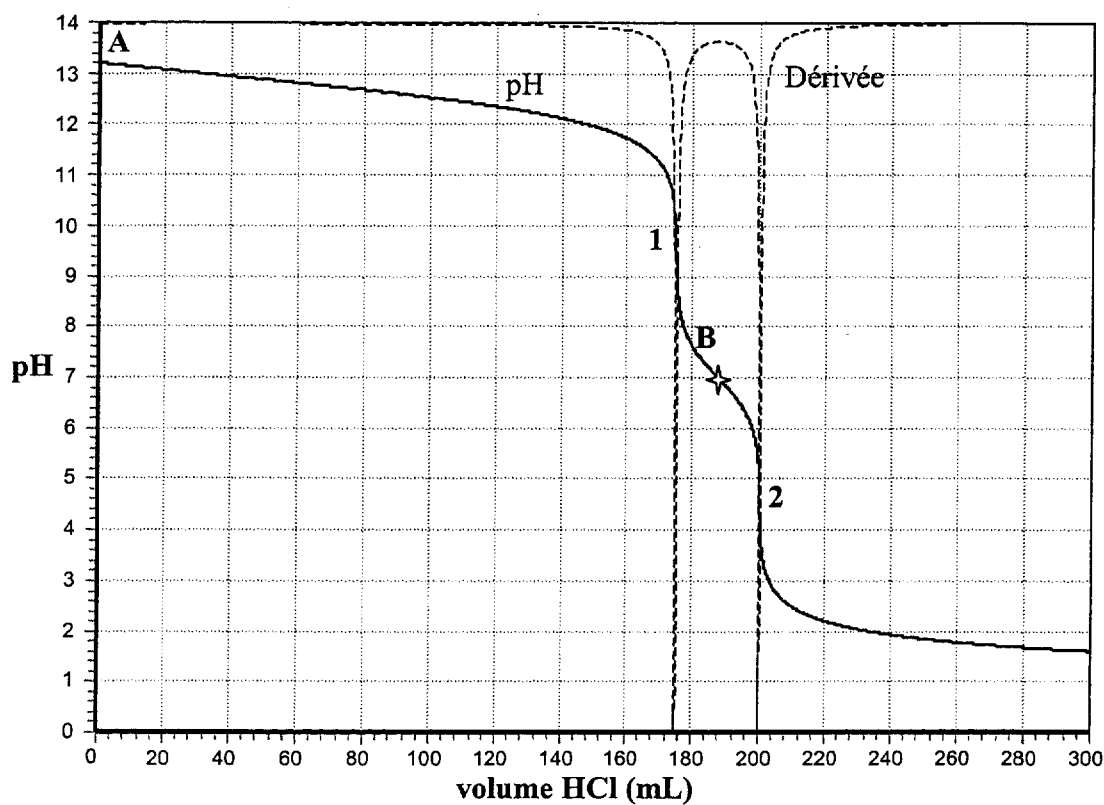
BTS INDUSTRIE PAPETIERE	SUJET	Session 2004
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 3
CODE : ITSPHY		Page 4/7

**DOCUMENT REPONSE N° 1
A REMETTRE AVEC LA COPIE**

Domaines de prédominances des espèces en fonction du pH (à compléter)



Dosage de 100 mL de la solution diluée (S₁) par l'acide chlorhydrique 0,100 mol.L⁻¹



$V_{e1} =$

$V_{e2} =$

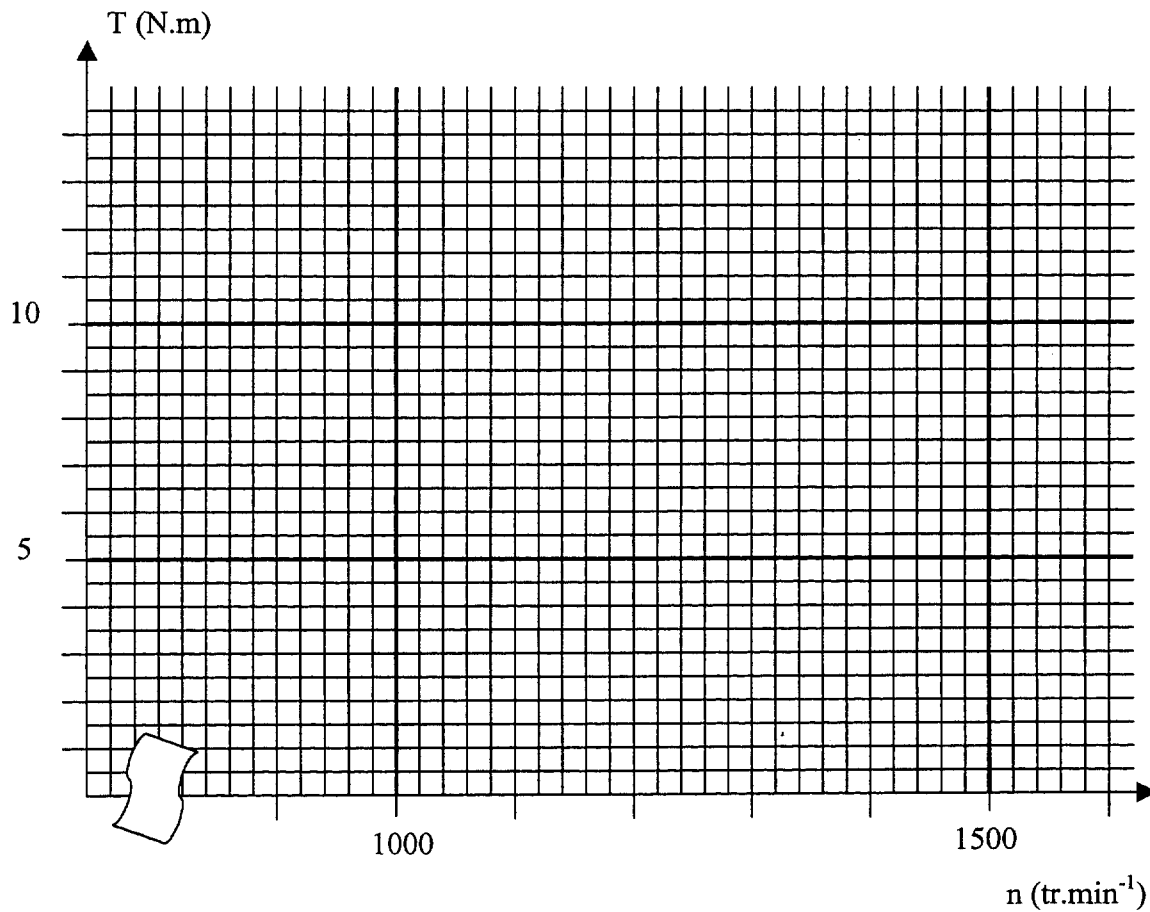
$pH_{e1} =$

$pH_{e2} =$

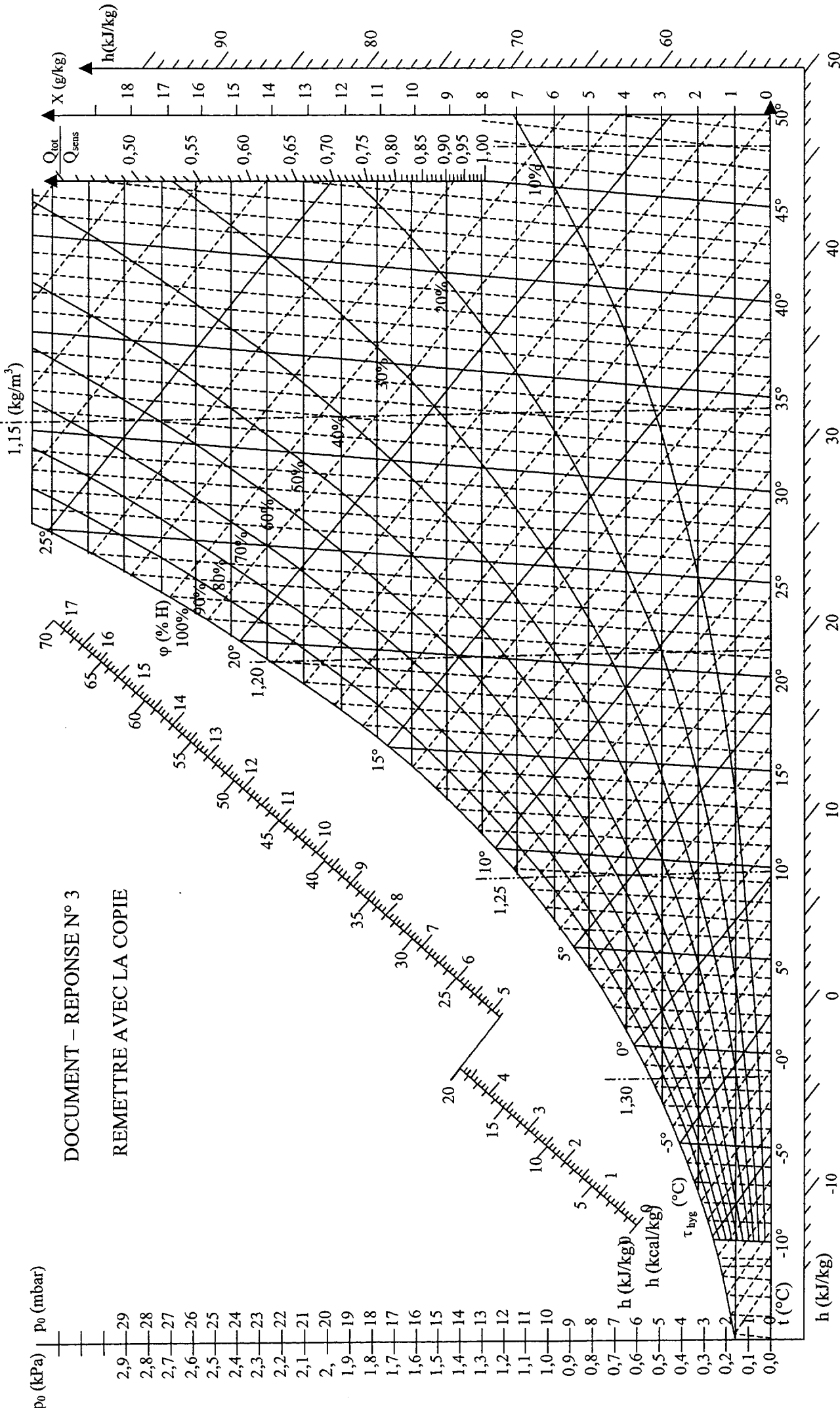
BTS INDUSTRIE PAPETIERE	SUJET	Session 2004
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 3
CODE : ITSPHY		Page 5/7

A REMETTRE AVEC LA COPIE

Caractéristique mécanique



BTS INDUSTRIE PAPETIERE	SUJET	Session 2004
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 3
CODE : ITSPHY		Page 6/7



DOCUMENT - REPONSE N° 3
 REMETTRE AVEC LA COPIE

BTS INDUSTRIE PAPETIERE	SUJET	Session 2004
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 3
CODE : ITSPHY		Page 7/7