



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel**

session 2011

Session 2011

BREVET TECHNICIEN SUPÉRIEUR

CHIMISTE

PHYSIQUE

Durée : 2 heures

Coefficient : 3

CALCULATRICE AUTORISÉE

Sont autorisées toutes les calculatrices de poche, y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimantes.

Le candidat n'utilise qu'une seule machine sur la table. Toutefois, si celle-ci vient à connaître une défaillance, il peut la remplacer par une autre.

Afin de prévenir les risques de fraude, sont interdits les échanges de machines entre les candidats, la consultation des notices fournies par les constructeurs ainsi que les échanges d'informations par l'intermédiaire des fonctions de transmission des calculatrices.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Le sujet comporte 9 pages, numérotées de 1 à 9.

Les annexes pages 8/9 et 9/9 sont à rendre avec la copie.

CODE SUJET : CHPHY1-11

La sonde Cassini, lancée en 1997, fournit depuis 2004 des données incomparables sur le système de Saturne. Elle contient notamment le *Cosmic Dust Analyzer* (C.D.A.) chargé d'y analyser les poussières.

L'exercice 1 étudie la calibration d'un spectromètre de masse appelé spectromètre à temps de vol (T.O.F.) de l'analyseur CDA.

L'exercice 2 étudie quelques propriétés du diazote liquide, utilisé pour refroidir l'analyseur CDA.

Ces deux exercices sont indépendants.

Exercice 1 Étude de poussières par un spectromètre de masse à temps de vol

Il s'agit ici d'étudier expérimentalement, au laboratoire, la réponse du spectromètre de masse à temps de vol, ou Time Of Flight (T.O.F.) à l'impact de glaces éventuelles de méthane détectées autour de Saturne. Pour simuler la présence de ces glaces, du méthane gazeux est condensé, pour former un dépôt solide, sur une cible à base de fer, en contact avec du diazote liquide à 77 K (Figure 1).

Le spectromètre TOF utilise un faisceau LASER, de longueur d'onde dans le vide λ_1 , qui bombarde la cible et provoque la création d'ions positifs de vitesse considérée comme nulle. Ces ions sont accélérés entre des grilles G_1 et G_2 , puis pénètrent dans une zone sans champ électrique (zone de vol) et atteignent enfin un détecteur. L'objet de l'expérience est de caractériser la réponse des différents ions issus de la glace de méthane.

On considère que les ions évoluent dans le vide et on négligera toute influence de la pesanteur devant les autres forces mises en jeu.

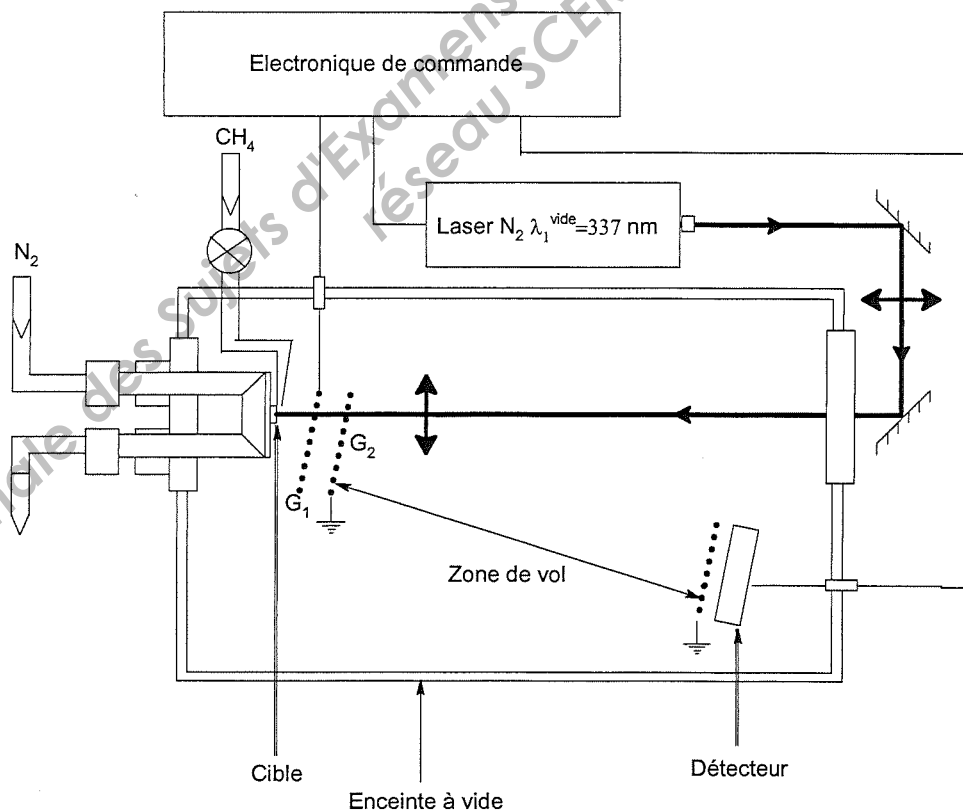


Figure 1 : Schéma général de l'analyseur CDA

1. Ionisation par LASER

1.1. À quel domaine du spectre électromagnétique les ondes émises par LASER de longueur d'onde λ_1 appartiennent-elles ?

1.2. Exprimer littéralement en fonction des données l'énergie E_p d'un photon de cette onde LASER. Faire l'application numérique.

1.3. On note τ la durée d'une impulsion et N le nombre de photons par seconde. Exprimer littéralement l'énergie d'une impulsion E_i . Faire l'application numérique.

1.4. Exprimer littéralement en fonction des données la puissance P du LASER durant l'impulsion et faire l'application numérique.

2. Accélération des ions

On note d la distance entre les grilles G_1 et G_2 , et U la tension d'accélération appliquée entre ces grilles (voir le schéma 1 de l'annexe 1). On considère qu'en A les ions émis n'ont pas de vitesse initiale.

2.1. Indiquer en justifiant sur le schéma 1 à compléter en annexe 1 (à rendre avec la copie), l'orientation du champ \vec{E} en représentant le vecteur correspondant, de façon que les ions soient accélérés vers la plaque G_2 entre les points A et B.

2.2. Exprimer littéralement et calculer l'intensité E du champ électrique appliqué.

2.3. Redémontrer l'expression de l'énergie cinétique $E_{C(B)}$ acquise par les ions à leur passage en B à travers la grille G_2 .

2.4. En déduire la vitesse v_B atteinte en B au niveau de la plaque G_2

2.5. Faire l'application numérique des vitesses $v_B(H^+)$, $v_B(C^+)$ et $v_B(CH_4^+)$ des ions H^+ , C^+ et CH_4^+ .

2.6. Exprimer les masses $m(H^+)$, $m(C^+)$ et $m(CH_4^+)$ de ces ions en unité de masse atomique u . Les schémas 2 a) et 2b) de l'annexe 1 correspondent à deux mesures successives. Identifier sur ces schémas les ions présents pour chacune de ces mesures.

3. Vol des ions

3.1. Décrire en justifiant le mouvement des ions en l'absence de champ électrique. Représenter sur le schéma 1 en annexe 1, la trajectoire des ions, dans la zone de vol, depuis le point B jusqu'au point C où les ions coupent la grille G_3 .

3.2. Exprimer littéralement le temps de vol t , mis par les ions pour parcourir la distance entre la grille G_2 et la grille G_3 du détecteur, en fonction de v_B .

3.3. Montrer que le temps de vol peut se mettre sous la forme $t = L \sqrt{\frac{m}{2eU}}$. Quelle serait l'allure de la courbe t^2 en fonction de m . Justifier l'allure de la courbe obtenue.

3.4. Calculer numériquement les temps de vol respectifs t_{H^+} , t_{C^+} et $t_{CH_4^+}$ des ions H^+ , C^+ et CH_4^+ .

Données :

Longueur d'onde du LASER dans le vide $\lambda_1 = 337 \text{ nm}$;

Constante de Planck $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$;

Célérité de la lumière dans le vide $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$;

Charge élémentaire : $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$;

Tension d'accélération : $U = 700 \text{ V}$;

Distance d'accélération : $d = 50 \text{ mm}$;

Durée d'impulsion LASER : $\tau = 4,00 \text{ ns}$;

Nombre de photons par seconde du LASER : $N = 1,23 \times 10^{23} \text{ s}^{-1}$;

Longueur de la zone de vol : $L = 230 \text{ mm}$;

Masse des ions :

$m(\text{H}^+) = 1,6726 \times 10^{-27} \text{ kg}$; $m(\text{C}^+) = 2,0089 \times 10^{-26} \text{ kg}$; $m(\text{CH}_4^+) = 2,6783 \times 10^{-26} \text{ kg}$;

Unité de masse atomique : $1 \text{ u} = 1,6605 \times 10^{-27} \text{ kg}$.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
réseau SCEREN

Exercice 2 Quelques propriétés du diazote liquide.

1. Viscosité du diazote liquide

Un rhéomètre rotatif cylindrique (Figure 2) permet de mesurer la viscosité dynamique η_{N_2} du diazote liquide, supposé newtonien. Il est constitué d'un cylindre intérieur, de rayon R_1 , de hauteur h , immergé dans l'échantillon liquide à l'intérieur d'un cylindre extérieur de rayon R_2 . On mesure pour cela un couple M , en fonction d'une vitesse de rotation du cylindre extérieur imposée ω .

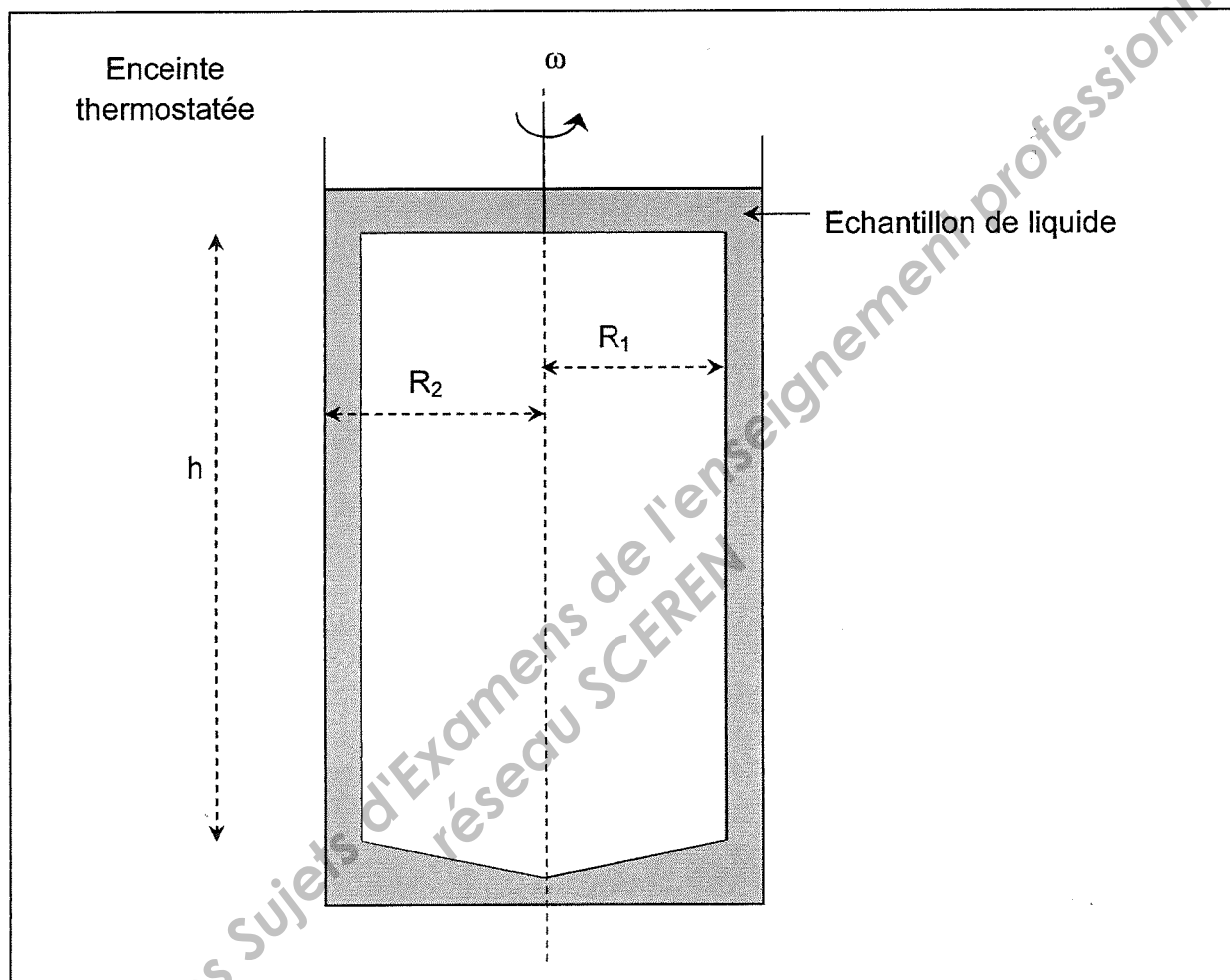


Figure 2 : Rhéomètre rotatif cylindrique

1.1. Généralités

On étudie la variation d'une contrainte de cisaillement τ en fonction d'une vitesse de déformation D . La loi reliant τ et D est écrite sous la forme $\tau = k D^n$.

1.1.1. Que peut-on dire de n pour un fluide rhéofluidifiant ?

1.1.2. Que peut-on dire de n pour un fluide newtonien ?

1.2. Dans le cas d'un fluide newtonien, on peut montrer la relation suivante entre les paramètres du rhéomètre, et les grandeurs mesurées :

$$M = 2 \pi h \omega \eta \frac{R_1^3}{R_2 - R_1} \quad (1)$$

où ω est exprimée en rad.s^{-1} , M en N.m , et les autres grandeurs également dans les unités S.I.

1.2.1. Vérifier l'homogénéité de l'expression (1).

1.2.2. Mettre la relation (1) sous la forme $M = K\eta$; Donner l'expression de K et calculer sa valeur numérique.

1.2.3. On utilise comme fluide étalon du dioxygène liquide, de viscosité connue η_{O_2} . Le couple mesuré est alors M_{O_2} . À la même vitesse de rotation, on mesure pour le diazote liquide M_{N_2} .

En appliquant l'expression (1) à chaque espèce, exprimer la viscosité dynamique η_{N_2} en fonction de M_{O_2} , η_{O_2} , et M_{N_2} . Faire l'application numérique. Comment varie la viscosité dynamique avec la température ?

Données :

Fluides : $\eta_{\text{O}_2} = 1,90 \times 10^{-4} \text{ Pa.s}$; $M_{\text{O}_2} = 1,66 \times 10^{-6} \text{ mN.m}$ $M_{\text{N}_2} = 1,40 \times 10^{-6} \text{ mN.m}$.

Rhéomètre : $R_1 = 5,50 \text{ mm}$; $R_2 = 6,00 \text{ mm}$; $h = 8,00 \text{ mm}$; $\omega = 1,0 \text{ rad.s}^{-1}$.

2. Équilibre liquide/vapeur du diazote

On étudie le diazote au voisinage de la courbe de saturation, fournie en annexe 2. Le tableau de la figure 3 donne les valeurs de la pression de vapeur saturante P_s en fonction de T .

T (K)	P (bar)	T (K)	P (bar)	T (K)	P (bar)	T (K)	P (bar)
63,15	0,1253	80	1,3699	97	6,2855	114	18,367
64	0,1460	81	1,5265	98	6,7607	115	19,387
65	0,1741	82	1,6961	99	7,2613	116	20,448
66	0,2063	83	1,8795	100	7,7881	117	21,551
67	0,2432	84	2,0000	101	8,3419	118	22,697
68	0,2850	85	2,2903	102	8,9234	119	23,888
69	0,3324	86	2,5191	103	9,5334	120	25,000
70	0,3857	87	2,7644	104	10,000	121	26,410
71	0,4456	88	3,0270	105	10,842	122	27,747
72	0,5125	89	3,3074	106	11,543	123	29,136
73	0,5870	90	3,6066	107	12,275	124	30,582
74	0,6696	91	3,9252	108	13,040	125	32,000
75	0,7610	92	4,2639	109	13,839	126	33,664
76	0,8617	93	4,6235	110	14,672	126,19	33,978
77	0,9723	94	5,0000	111	15,540		
78	1,0935	95	5,4082	112	16,445		
79	1,2258	96	5,8349	113	17,387		

Figure 3 : Table de la vapeur saturante du diazote

2.1. Étude graphique

L'annexe 2 présente la courbe de saturation dans les axes (P,u) , où u est la volume massique.

2.1.1. Définir le point critique, noté X. Placer le point X sur la courbe de l'annexe 2.

2.1.2. Placer sur cette même courbe donnée en annexe 2, les points de rosée R et d'ébullition E du diazote à la température $T_1 = 104$ K.

2.1.3. On note u_L et u_V les volumes massiques, respectivement du liquide et de la vapeur. Déterminer u_L et u_V aux températures T_1 et T_4 données **dans le tableau ci-dessous qu'on reproduira et complètera sur sa copie.**

T	$T_1 = 104$ K	$T_4 = 120$ K
$\frac{dP_s}{dT}$ (bar.K ⁻¹)	0,6543	1,261
u_L (SI)		
u_V (SI)		
L_V (SI)		

Tableau-réponse à reproduire et à compléter sur sa copie.

2.1.4. Que peut-on dire de u_L et u_V au point X ?

2.2. Étude énergétique

2.2.1. La chaleur latente massique L_V est donnée par la relation de Clapeyron :

$$L_V = T \cdot (u_V - u_L) \cdot \frac{dP}{dT}$$

Préciser les unités des grandeurs intervenant dans cette relation.

2.2.2. Calculer numériquement cette chaleur latente massique L_V aux températures T_1 , et T_4 . en complétant le tableau-réponse en annexe 1.

2.2.3. Que vaut la chaleur latente au point X ?

2.2.4. Décrire l'évolution de L_V en fonction de la température T.

Académie : _____ Session : _____ Modèle EN.

Examen ou Concours : _____ Série* : _____

Spécialité/option : _____ Repère de l'épreuve : _____

Épreuve/sous-épreuve : _____

NOM : _____

(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms : _____ N° du candidat

Né(e) le : _____ (le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

DANS CE CADRE

ANNEXE 1 (À COMPLETER ET À RENDRE AVEC LA COPIE)

Exercice 1

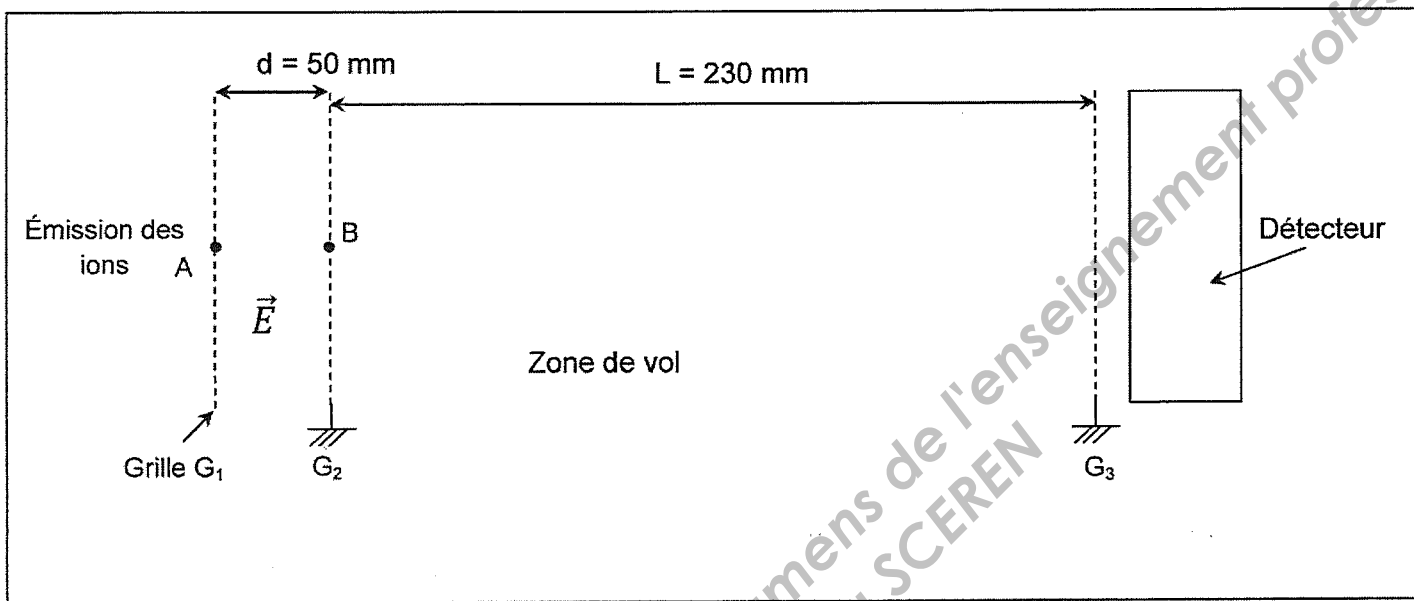
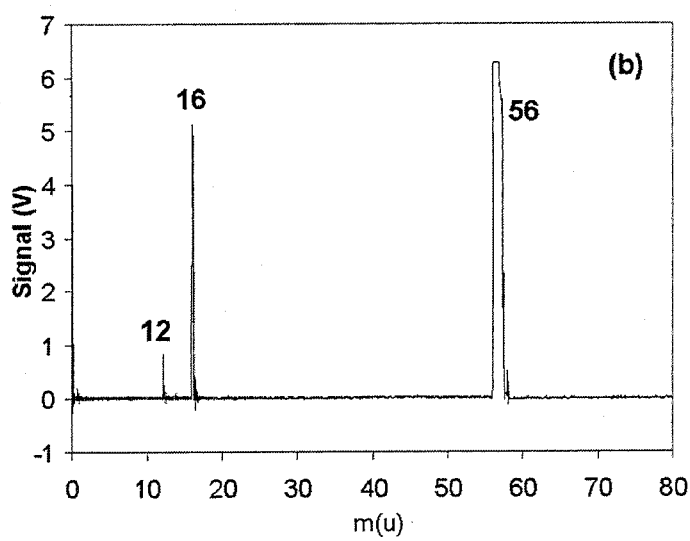
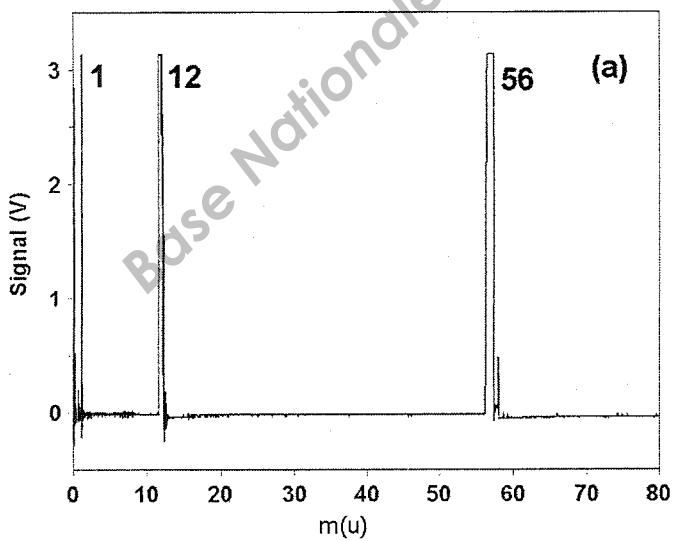


Schéma n°1 (à compléter) : Spectromètre à temps de vol



Schémas n°2 a et b (à compléter) : Signaux détectés

Académie :

Session :

Modèle EN.

Examen ou Concours

Série* :

Spécialité/option :

Repère de l'épreuve :

Épreuve/sous-épreuve :

NOM :

(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms :

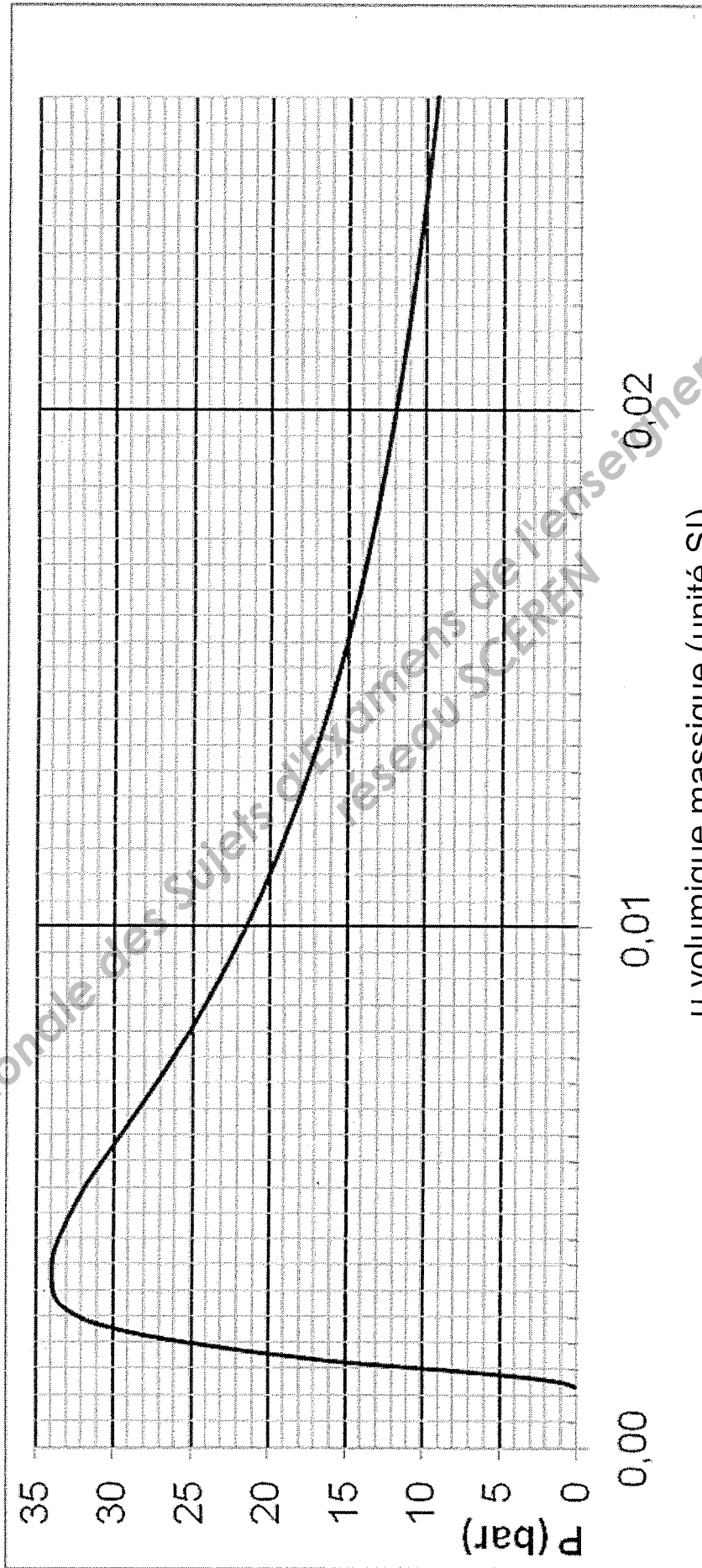
N° du candidat

Né(e) le :

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

DANS CE CADRE

ANNEXE 2 (À COMPLETER ET À RENDRE AVEC LA COPIE)



Courbe de saturation du diazote

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Niveau SCEREN