



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**

# BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

## TRAITEMENTS DES MATERIAUX

### SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Sous-épreuve spécifique à chaque option

Option A : Traitements Thermiques

- U4.3A -

SESSION 2011

DUREE : 2 HEURES

COEFFICIENT : 2

**Matériel autorisé :**

Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Circulaire n°99-186, 16/11/1999).

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Le sujet comporte 7 pages, numérotées de 1 à 7.

<b>BTS TRAITEMENTS DES MATERIAUX Sciences Physiques et Chimiques</b>	<b>Session 2011</b>
Sous-épreuve spécifique à chaque option – U4.3 A	Code : TMPC A Page 1 sur 7

## EXERCICE 1 : ETUDE D'UN SPECTROMETRE A ETINCELLES (9 points)

**Données :**

Constante de Planck	$h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J.s}$
Vitesse de la lumière	$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
Charge élémentaire	$e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$
Constante d'Avogadro	$N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
1 eV = $1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$	

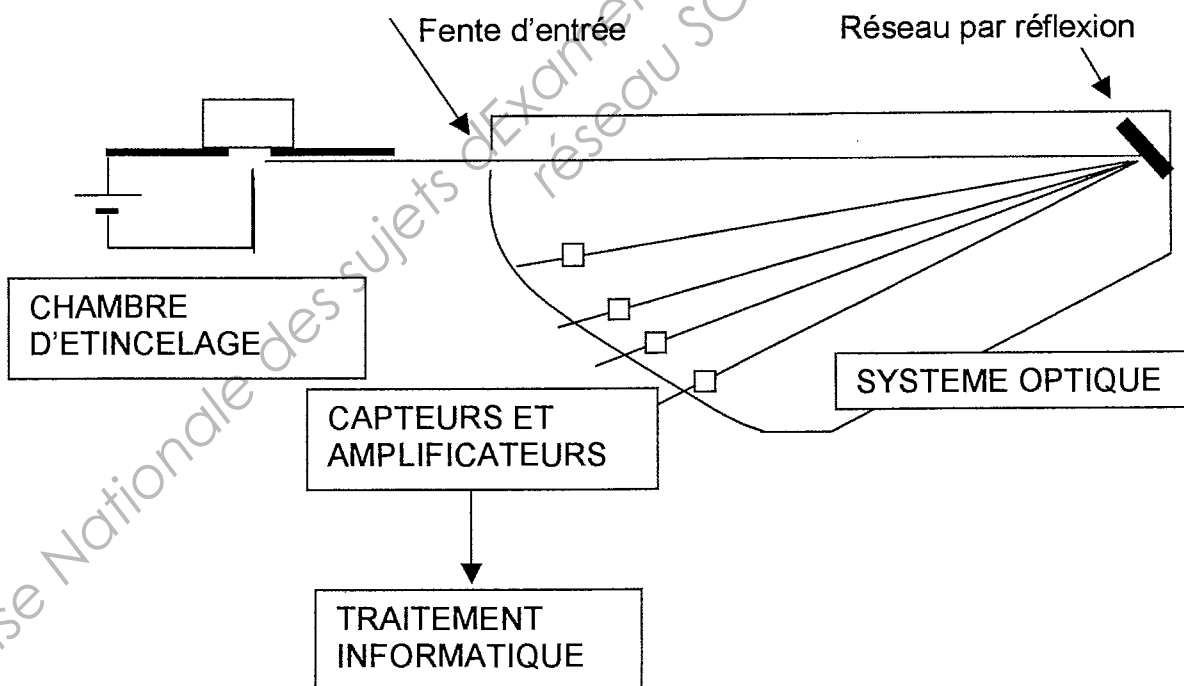
On rappelle que l'énergie associée à un rayonnement de longueur d'onde  $\lambda$  est donnée par :

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

Actuellement, les analyses élémentaires d'alliages sont pour la plupart, réalisées avec un spectromètre à étincelles, qui est un appareil de spectroscopie d'émission optique (SEO).

L'objet de ce sujet est de comprendre le principe du fonctionnement de ce spectromètre, schématisé ci-dessous (voir figure 1).

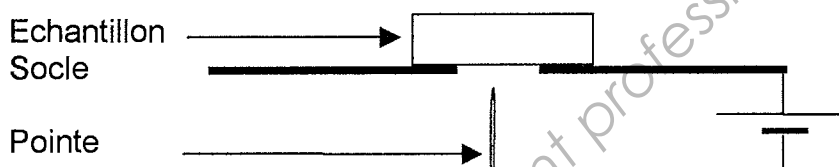
**FIGURE 1 : schéma de principe du spectromètre à étincelles**



De très nombreuses questions sont indépendantes.

### 1.1. Etincelage

**FIGURE 2 :**  
Principe de l'étincelage



L'échantillon est posé sur le socle de la chambre d'étincelage, à un centimètre environ d'une pointe en tungstène. Un flux d'argon est injecté pendant toute la durée de l'analyse. Une étincelle entre la pointe et l'échantillon va vaporiser et exciter les atomes de l'échantillon.

1.1. Proposer une raison pour laquelle un flux d'argon est injecté pendant l'analyse.

### 1.2. Emission d'un rayonnement caractéristique

L'échantillon analysé est un alliage d'aluminium contenant du silicium et du cuivre, destiné à l'aéronautique.

Lors de l'étincelage, certains atomes de l'alliage sont vaporisés et excités.

En se désexcitant, chaque type d'atome émet un rayonnement caractéristique.

Dans cette partie, on s'intéresse à l'émission caractéristique du cuivre.

1.2.1. L'enthalpie de sublimation du cuivre, correspondant à la réaction  $\text{Cu}_{(s)} \rightarrow \text{Cu}_{(g)}$  vaut  $339 \text{ kJ.mol}^{-1}$ . Calculer l'énergie qu'il faut fournir à un seul atome de cuivre en phase solide pour le vaporiser (en J puis en eV).

1.2.2. Un rayonnement couramment utilisé pour l'analyse du cuivre a une longueur d'onde de 223 nm. En rappelant les limites du spectre visible, indiquer à quel domaine du spectre électromagnétique appartient cette radiation ?

1.2.3. Calculer (en J puis en eV) l'énergie de la transition correspondante.

1.2.4. A l'aide des questions précédentes, calculer l'énergie totale à fournir à un atome de cuivre pour le sublimer puis l'exciter, de sorte qu'il émette un rayonnement de 223 nm.

### 1.3. Diffraction par un réseau

Le réseau par réflexion utilisé comporte 3600 traits par millimètre.

- 1.3.1. Le pas (noté  $a$ ) du réseau est la distance entre deux traits consécutifs. Calculer  $a$  (en  $\mu\text{m}$ ).
- 1.3.2. Quel est le rôle du réseau dans le montage ?
- 1.3.3. Quel est l'aspect d'un spectre d'émission d'atome ? (on suggère de faire un schéma).
- 1.3.4. Dans le cas étudié la formule des réseaux s'écrit :

$$\sin\theta + \sin\theta' = \frac{k\lambda}{a} \quad (\text{Voir figure 3 ci-dessous})$$

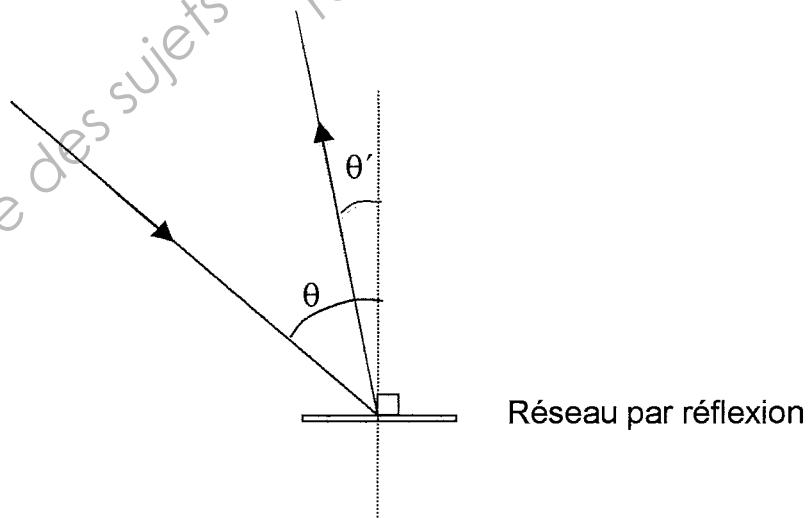
avec  $\theta$  l'angle d'incidence

$\theta'$  l'angle diffracté pour une radiation de longueur d'onde  $\lambda$ .

Le réseau par réflexion utilisé permet de n'obtenir que le spectre d'ordre 1 ( $k = 1$ ). L'angle d'incidence est égal à  $50^\circ$ .

Calculer l'angle  $\theta'$  avec lequel est diffractée la raie caractéristique du cuivre de longueur d'onde  $223,0 \text{ nm}$ .

**FIGURE 3 :** Diffraction d'un faisceau monochromatique par un réseau par réflexion



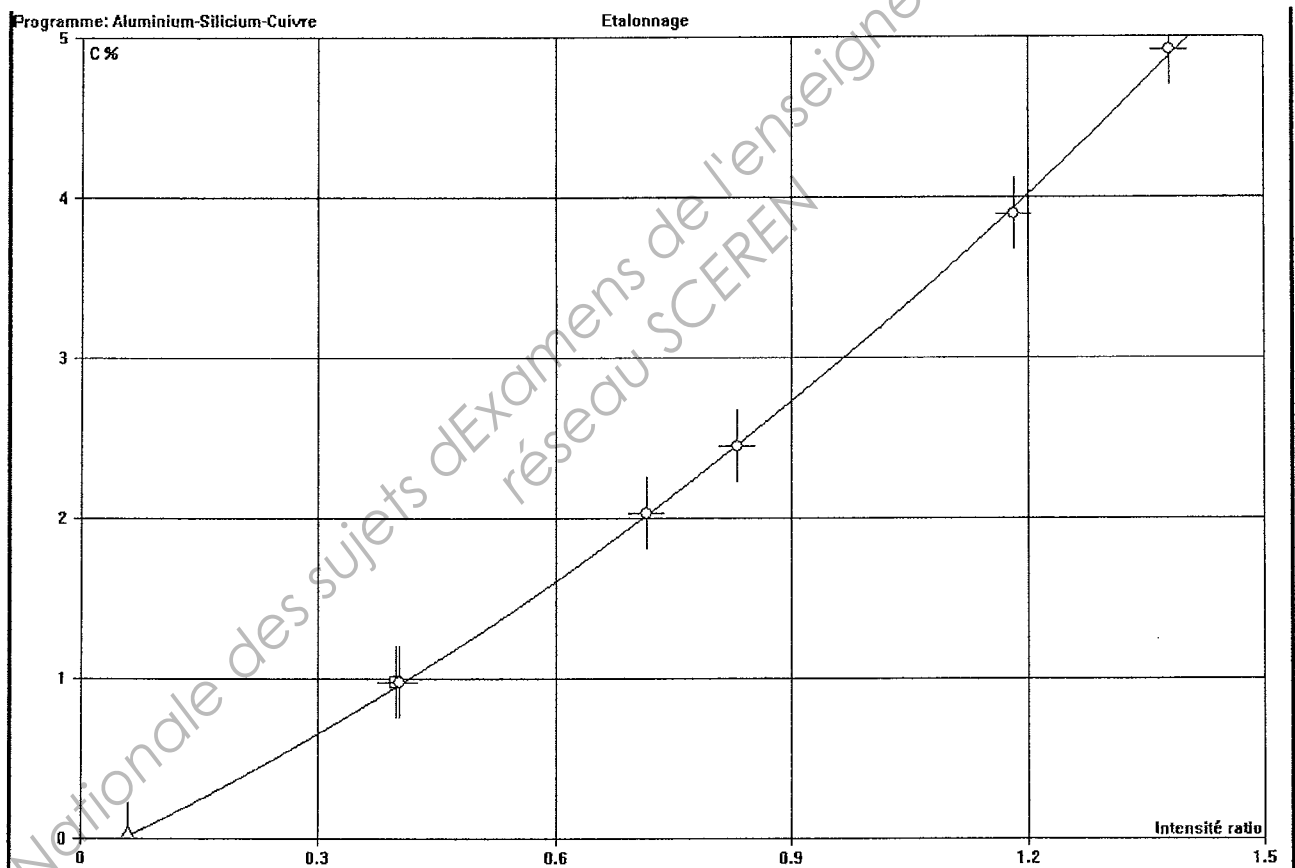
#### 1.4. Détermination du taux de cuivre dans l'alliage

Des capteurs CCD captent le signal de chaque raie étudiée. Après amplification, l'intensité du signal (mesurée en « Intensité Ratio ») est comparée à une courbe d'étalonnage préenregistrée (voir figure 4 ci-dessous).

Pour l'alliage étudié, on mesure une « intensité ratio » de 1,3.

En déduire le taux de cuivre dans l'alliage. Expliquer le raisonnement.

**FIGURE 4 :** Courbe d'étalonnage du cuivre dans un alliage Aluminium-Silicium-Cuivre  
En abscisse : « Intensité ratio »  
En ordonnée : %



**EXERCICE 2 : REALISATION D'UNE ATMOSPHERE PROTECTRICE N<sub>2</sub> - 5% H<sub>2</sub>**  
**(11 points)**

**Données :**

On rappelle que 1m<sup>3</sup> (CNTP) désigne le volume de 1m<sup>3</sup> de gaz mesuré dans les conditions normales de température et de pression.

Volume molaire des gaz (dans les CNTP) :  $V_m = 22,4 \text{ L.mol}^{-1}$

On donne  $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$ .

Extrait des tables thermodynamiques à 298 K :

	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>
S <sup>0</sup> (en J.K <sup>-1</sup> .mol <sup>-1</sup> )	191,5	130,6	192,5
Δ <sub>f</sub> H <sub>298</sub> <sup>0</sup> (en kJ.mol <sup>-1</sup> )	0	0	-46,19

On considèrera que les variations d'enthalpie et d'entropie standard de réaction sont indépendantes de la température (hypothèses d'Ellingham).

L'air sera considéré comme étant formé de deux gaz : 21 % de dioxygène et 79 % de diazote N<sub>2</sub>.

Pour assurer la protection des aciers lors de certains traitements thermiques, on peut utiliser une atmosphère protectrice à base d'« azote hydrogéné ».

L'exercice proposé ici s'intéresse à trois méthodes différentes d'obtention d'un mélange N<sub>2</sub>-H<sub>2</sub> à 5% de H<sub>2</sub>.

**2.1. Préliminaires**

2.1.1. Quel est l'intérêt d'avoir un peu de dihydrogène dans une atmosphère protectrice à base de diazote ?

2.1.2. Rappeler les valeurs de la température et de la pression correspondant aux « CNTP ».

**2.2. Mélange N<sub>2</sub> – H<sub>2</sub> (1 point)**

Une entreprise dispose d'un réservoir de diazote liquide et d'un autre de dihydrogène liquide. Si l'entreprise a besoin d'un débit de 120 m<sup>3</sup> (CNTP) par heure pour alimenter l'ensemble de ses fours de traitements thermiques, déterminer le débit à régler sur chacune des vannes des réservoirs de diazote et dihydrogène, de manière à respecter un pourcentage de 5% en H<sub>2</sub>.

### 2.3. Utilisation d'un craqueur d'ammoniac

La méthode la plus utilisée est sans doute celle basée sur le craquage de l'ammoniac puis de la dilution de l'atmosphère obtenue avec du diazote.

- 2.3.1. Ecrire l'équation correspondant à cette réaction de dissociation de  $\text{NH}_3$  en diazote  $\text{N}_2$  et dihydrogène  $\text{H}_2$ . Le coefficient stœchiométrique de  $\text{NH}_3$  sera pris égal à 2.
- 2.3.2. Déterminer la variation d'enthalpie standard de la réaction. La réaction de dissociation est-elle endothermique ou exothermique ? Justifier la réponse.
- 2.3.3. Dans quel sens se déplace l'équilibre, si l'on augmente la température  $T$  ? Justifier la réponse.
- 2.3.4. Les craqueurs à ammoniac fonctionnent habituellement à une température de  $950^\circ\text{C}$ . Déterminer la valeur de la constante d'équilibre à cette température.
- 2.3.5. On considère que la réaction de craquage est totale. Montrer que le craquage de 10 L d'ammoniac liquide génère respectivement des volumes de diazote et de dihydrogène de 3,9 et  $11,7 \text{ m}^3$  (CNTP).  
*Données : Densité de l'ammoniac liquide :  $d = 0,590$   
Masse molaire de l'ammoniac :  $M = 17,0 \text{ g.mol}^{-1}$*
- 2.3.6. Calculer le volume de diazote à rajouter afin que le mélange final ait la teneur annoncée en dihydrogène (à savoir 5%).

### 2.4. Etude d'une méthode récente

Une solution récente consiste à générer le dihydrogène via la combustion catalytique d'un hydrocarbure gazeux (méthane, propane,...) en présence d'air dans un générateur endothermique.

La combustion catalytique du méthane dans un générateur endothermique est réalisée à  $1050^\circ\text{C}$  avec un facteur d'air  $n_a = 0,25$  (pour lequel on n'obtient que  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  et  $\text{N}_2$ ).

- 2.4.1. Rappeler la définition du facteur d'air dans le cas général.
- 2.4.2. Equilibrer l'équation de la réaction (après l'avoir reproduite sur votre copie) modélisant ce qu'il se passe lors de la combustion ci-dessus :  
$$\text{CH}_4(\text{g}) + \dots (\text{O}_2 + 3,76 \text{ N}_2) \rightarrow \dots \text{CO} + \dots \text{H}_2 + \dots \text{N}_2$$
  
Justifier la présence du facteur 3,76.
- 2.4.3. Dans certains cas, il se forme des suies (formées de carbone  $\text{C}$ ) qui encrassent le générateur endothermique. Ce dépôt est-il provoqué par un facteur d'air plus grand ou plus petit que  $n_a = 0,25$  ? Justifier la réponse.