Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

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

Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau SCEREN

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.

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

Données :

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

1 eV = $1{,}602 \times 10^{-19}$ J

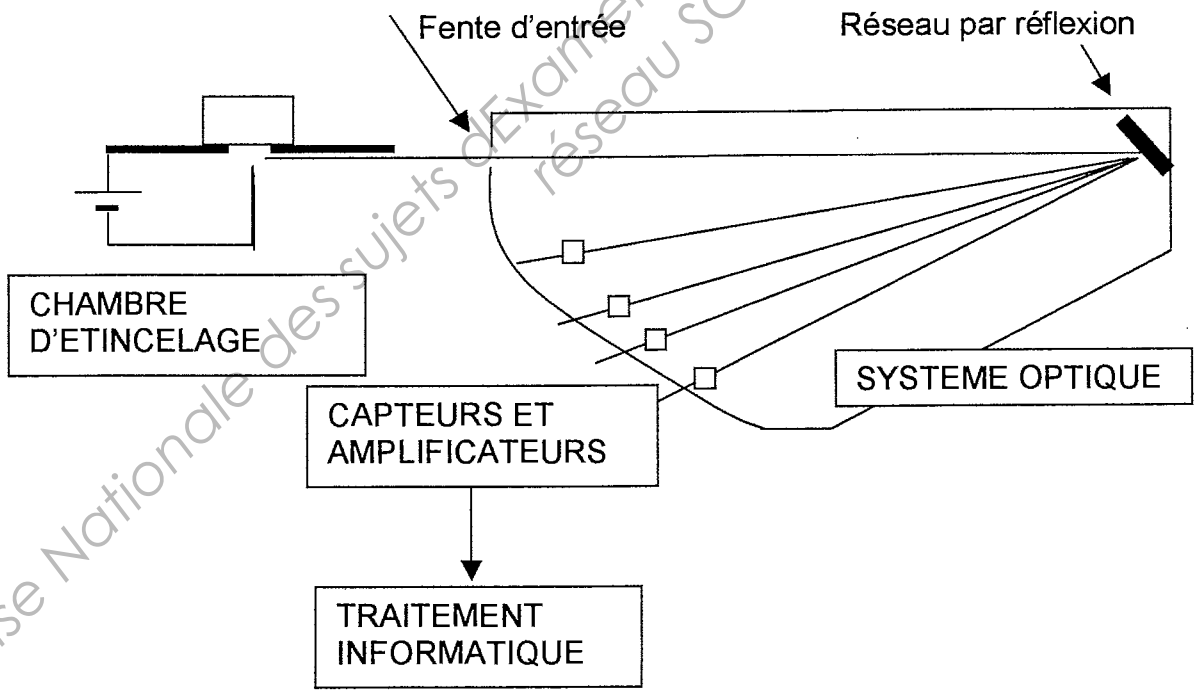
On rappelle que l'énergie associée à un rayonnement de longueur d'onde λ est donnée par :

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

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

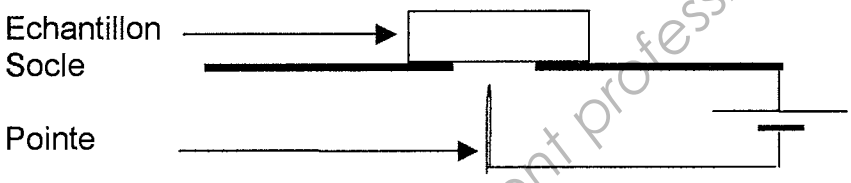


Base Nationale des sujets d'examens de l'enseignement professionnel réseau SCEREN

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 $Cu_{(s)} \rightarrow Cu_{(g)}$ vaut 339 $kJ.mol^{-1}$. 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.

Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau SCEREN

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 µm).

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 :

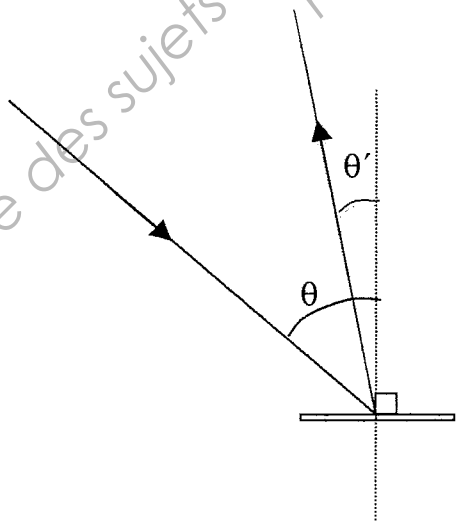
$$\boxed{\sin\theta + \sin\theta' = \frac{k\lambda}{a}}$$ (Voir figure 3 ci-dessous)

avec θ l'angle d'incidence
θ' l'angle diffracté pour une radiation de longueur d'onde λ.

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°.

Calculer l'angle θ' avec lequel est diffractée la raie caractéristique du cuivre de longueur d'onde 223,0 nm.

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



Réseau par réflexion

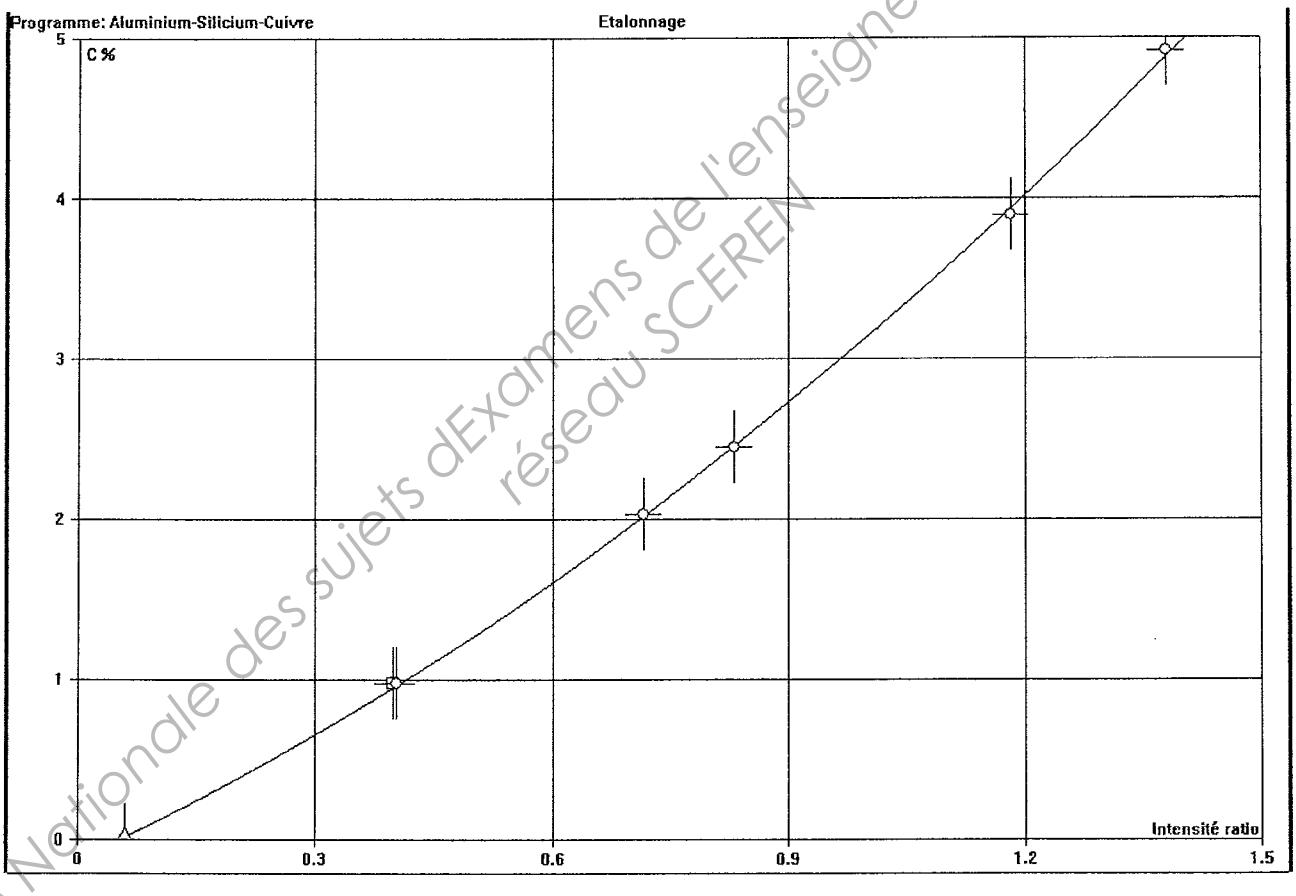
Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
réseau SCEREN

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 : %



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

EXERCICE 2 : REALISATION D'UNE ATMOSPHERE PROTECTRICE N_2 - 5%H_2 (11 points)

Données :

On rappelle que $1m^3$ (CNTP) désigne le volume de $1m^3$ de gaz mesuré dans les conditions normales de température et de pression.

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

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

Extrait des tables thermodynamiques à 298 K :

	N_2	H_2	NH_3
S^0 (en $J.K^{-1}.mol^{-1}$)	191,5	130,6	192,5
$\Delta_f H^0_{298}$ (en $kJ.mol^{-1}$)	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_2.

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_2-H_2 à 5% de H_2.

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_2 – H_2 (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^3 (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_2.

Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau SCEREN

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 NH_3 en diazote N_2 et dihydrogène H_2. Le coefficient stœchiométrique de 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°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 m^3(CNTP).
Données : Densité de l'ammoniac liquide : d = 0,590
Masse molaire de l'ammoniac : M = 17,0 $g.mol^{-1}$

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°C avec un facteur d'air $n_a = 0,25$ (pour lequel on n'obtient que CO, H_2 et 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 :

$$CH_{4(g)} + ... (O_2 + 3,76\ N_2) \rightarrow ... CO + ... H_2 + ... N_2$$

Justifier la présence du facteur 3,76.

2.4.3. Dans certains cas, il se forme des suies (formées de carbone 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.

Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau SCEREN

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.