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

SESSION 2010

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

TRAITEMENTS DES MATERIAUX

SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Sous-épreuve spécifique à chaque option

Option A : Traitements Thermiques

- U4.3A -

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

DUREE : 2 HEURES

COEFFICIENT : 2

Les calculatrices de poche sont autorisées conformément à la circulaire n°99-186 du 16 novembre 1999

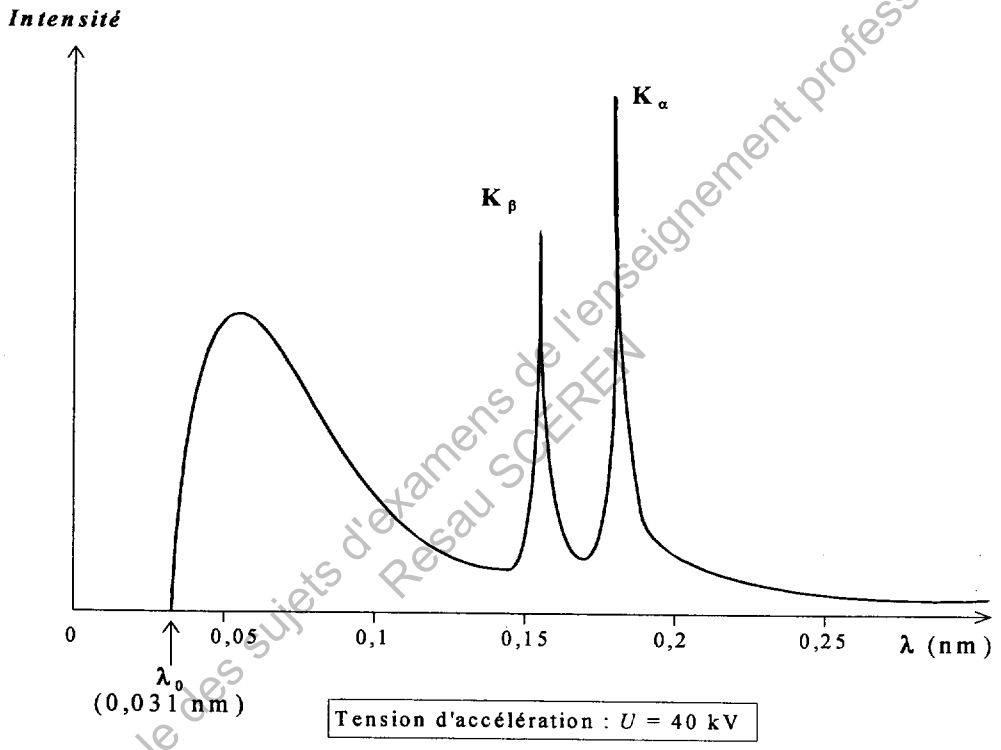
A fournir par le centre d'examen **: 1 feuille de papier millimétré**

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

Partie I : Dosage de l'austénite résiduelle au moyen des rayons X (10 points)

1. Production des rayons X

Rappel :
Dans une spectre d'émission habituel, les variations de l'intensité émise en fonction de la longueur d'onde présentent un "fond" continu, surmonté de plusieurs raies fines. Les raies sont caractéristiques du métal de l'anode (en général, on filtre pour ne garder que la raie K_α). Il n'y a pas d'émission continue en dessous de la longueur d'onde λ_0.



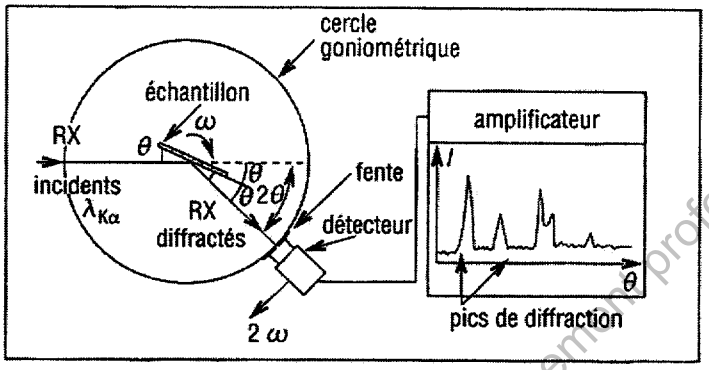
Base nationale des sujets d'examens de l'enseignement professionnel
Réseau SCEREN

1.1. Rappeler brièvement le principe de production des rayons X.
1.2. Calculer l'énergie W acquise par les électrons avec la tension d'accélération de 40 kV, exprimée en eV puis en J. On rappelle que l'énergie acquise par une charge q accélérée sous la différence de potentiel U est donnée par $|q.U|$.
1.3. Calculer par ailleurs l'énergie W' correspondant à un photon de longueur d'onde $\lambda_0 = 0{,}031$ nm.
1.4. Expliquer pourquoi il n'y a pas d'émission pour $\lambda < 0{,}031$ nm.

Données : *Charge élémentaire : $e = 1{,}6 \times 10^{-19}$ C*
Constante de Planck : $h = 6{,}62 \times 10^{-34}$ J.s
Vitesse de la lumière : $c = 3{,}0 \times 10^{8}$ m.s^{-1}

2. Diffraction dans l'austénite et dans la ferrite

On se propose d'estimer le pourcentage d'austénite résiduelle dans un acier après trempe par analyse des diagrammes de diffraction des rayons X.
On utilise un tube à rayons X à anode de cobalt dans un diffractomètre de Debye-Scherrer. La longueur d'onde de la raie K_α du cobalt est $\lambda_{Co} = 0{,}179$ nm.



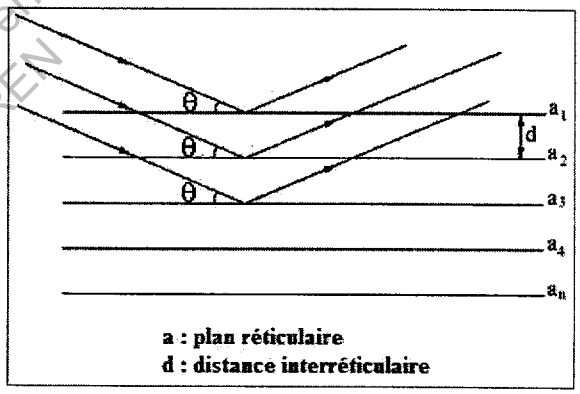
Diffractomètre à compteur

Rappels :

- Les plans cristallins donnent des réflexions sélectives. On obtient un pic, lorsque la relation de Bragg est satisfaite : $2d.\sin\theta = \lambda_{Co}$ (pour le premier ordre de diffraction) où d est la distance interréticulaire.
- La distance d s'exprime en fonction de la maille a du réseau par la relation :

$$d = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}}$$

où h, k et l sont les indices de Miller.



- Les règles de symétrie pour les familles de plans selon le système cristallin sont :
  - cubique centré : $h+k+l$ doit être pair.
  - cubique à faces centrées : h, k et l doivent être de même parité.

Données :
A 20°C, pour l'austénite : $a_\gamma = 0{,}3585$ nm ; pour la ferrite : $a_\alpha = 0{,}2866$ nm.

Compléter le tableau de l'annexe page 7 correspondant à l'austénite :

2.1. en déterminant les indices de Miller ;

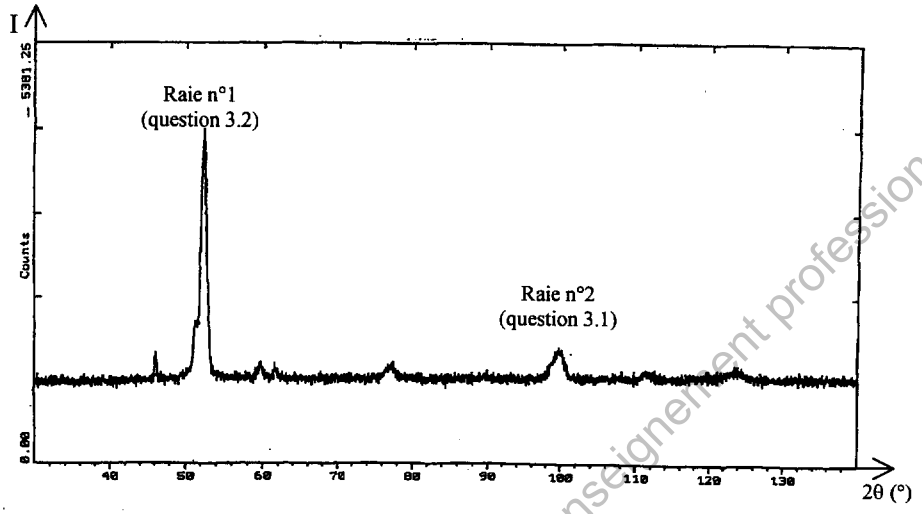
2.2. en calculant alors les distances d entre les plans réticulaires correspondantes ;

2.3. et en terminant par les deux dernières colonnes.

Base Nationale des Sujets d'examen de l'enseignement professionnel
Réseau SCEREN

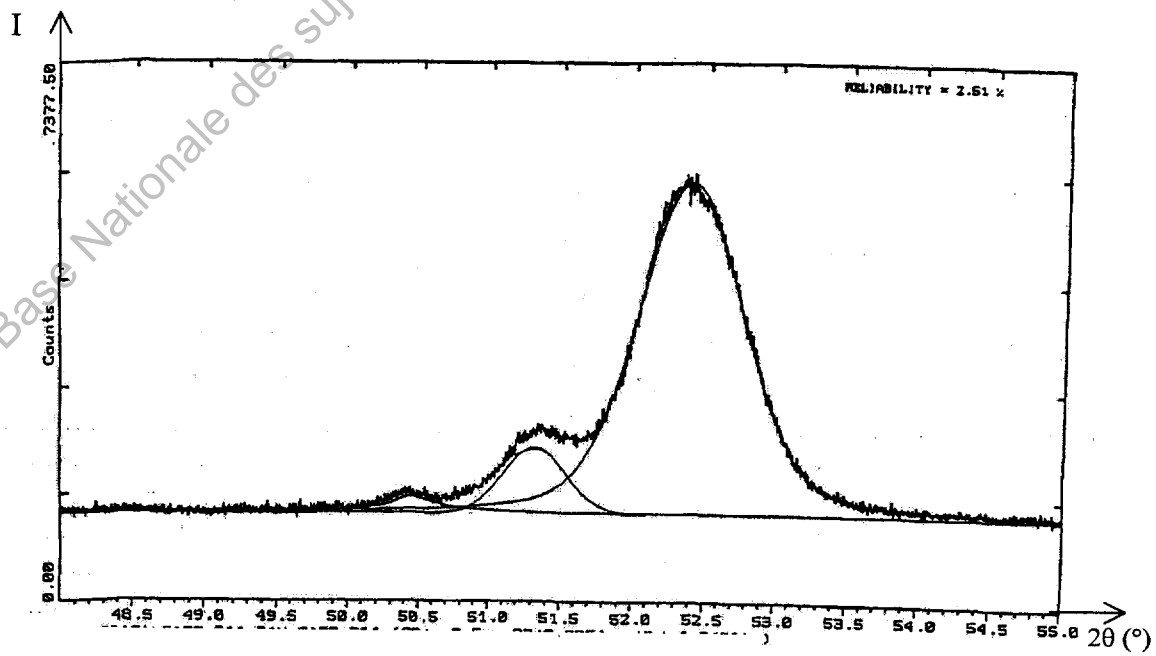
3. Dosage de l'austénite résiduelle

On reproduit ci-dessous le diagramme obtenu pour un acier trempé (pour information, la nuance de l'acier est X160CrMoV12). Il contient donc un mélange des deux phases, en raison de la présence d'austénite résiduelle. La figure ci-dessous représente l'intensité diffractée en fonction de l'angle 2θ. On y remarque un certain nombre de raies.



3.1. La raie n° 2 correspond à une raie de la ferrite. En vous aidant **des tableaux en annexe**, indiquer la famille de plans concernée.

3.2. **Les résultats des tableaux en annexe** montrent que les premières raies (111 pour l'austénite et 110 pour la ferrite) sont proches, mais non confondues. Ce sont aussi les plus intenses. On peut "zoomer" sur la raie n°1 pour n'observer que des angles 2θ compris entre 48° et 55°. C'est ce qui a été fait sur **la figure ci-dessous**. Un logiciel adapté a permis en outre de séparer les raies qui se recouvrent partiellement (trait fin).



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

Sur ce document, l'intensité est donnée en "coups/s" (« counts ») mais seul le rapport des intensités est utile puisque la concentration C_γ en austénite résiduelle est donnée par la relation suivante :

$$C_\gamma = \frac{1}{1+0{,}75\left(I_{110}/I_{111}\right)}.$$

De plus, les intensités devraient être mesurées par l'aire de leur pic. Pour des raisons de commodité, on admettra que ces intensités sont proportionnelles à la hauteur de leur pic. On peut donc utiliser le rapport des hauteurs.

Calculer la concentration relative en austénite résiduelle dans cet échantillon. L'exprimer en « pour cent ».

Base nationale des sujets d'examen de l'enseignement professionnel
Réseau SCEREN

Partie II : Etude d'une atmosphère de traitement thermochimique (10 points)

Un organisme de contrôle effectue l'analyse complète d'une atmosphère de traitement thermochimique utilisé dans une entreprise. Il annonce la composition suivante :

Gaz	*CO*	*H_2*	*CO_2*	*H_2O*	*CH_4*	*O_2*
« Teneur »	*5,0 %*	*9,0 %*	*0,2 %*	*– 20 °C*	*0,5 %*	*< 5 ppm*

Tableau 1 : Composition de l'atmosphère étudiée.

Le reste de l'atmosphère est constitué de diazote N_2.

1. **Dans le tableau 1** ci-dessus, la « teneur » en H_2O est donnée en °C.
   1.1. Que représente en réalité la valeur « – 20 °C » ?

   1.2. Pour quelle raison pratique, utilise t-on cette notation plutôt que la « teneur en % » ?

2. On donne la pression de vapeur saturante de l'eau en fonction de la température :

Température (en K)	*245*	*250*	*255*	*260*	*265*
P_{sat} (en bar)	*0,00046*	*0,00076*	*0,00124*	*0,00196*	*0,00306*

Tableau 2

   2.1. **Sur la feuille de papier millimétré fournie** (à rendre avec la copie), tracer la courbe donnant P_{sat} en fonction de T.

   2.2. En déduire la pression de vapeur saturante de l'eau à – 20 °C.

   2.3. Quelle est la teneur (en %) en eau dans l'atmosphère considérée sous une pression totale de 1 bar ?

3. Dans l'atmosphère portée à la température du four (800°C), on observe l'équilibre (1) suivant :

$$H_{2\,(g)} + \frac{1}{2}\,O_{2\,(g)} = H_2O_{(g)}$$

Pour cet équilibre, on a :

Constante d'équilibre : K_1 ; *$\Delta_r H°\ (298\ K) = -242\ kJ.mol^{-1}$*

$\Delta_r H°$ et $\Delta_r S°$ sont considérés comme indépendantes de la température.

On donne également :

	$H_{2\,(g)}$	$O_{2\,(g)}$	$H_2O_{(g)}$
$S°_f\,(J.K^{-1}.mol^{-1})$	131	205	189

Tableau 3

3.1. Déterminer la valeur de la variation d'entropie standard de réaction $\Delta_r S°$ à 298 K.

3.2. Calculer l'enthalpie libre standard $\Delta_r G°$ de l'équilibre (1) à 800 °C.

3.3. Montrer que la constante d'équilibre K_1 vaut environ $2,9 \times 10^9$ à cette température.

3.4. Exprimer la constante d'équilibre K_1 en fonction des activités des différentes espèces présentes à l'équilibre (1).

3.5. On suppose, en première approximation, que les teneurs en H_2 et H_2O indiquées dans le premier tableau restent valables dans le four à 800 °C. En déduire, dans cette hypothèse, la pression partielle de O_2 dans l'atmosphère à l'équilibre à 800 °C sous 1 bar.

3.6. En réalité, la teneur en O_2 est de 2 ppm d'après sa mesure in situ à la sonde à oxygène à 800°C. Dans quel sens se déplace l'équilibre (1) lorsqu'on porte le mélange depuis la température ambiante jusqu'à 800 °C sous 1 bar ?

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

Données :

0 °C correspond à − 273 K ; *$R = 8,314\ J.mol^{-1}.K^{-1}$.*

Annexe à rendre avec la copie

Diagrammes de diffraction X (anode de Cobalt)

Austénite (fer γ)
(CFC)

h k l	*d* (nm)	sinθ	2θ (°)
1 1 1	0,2070	0,4324	51,24

a = 0,3585 nm (à 20°C)
λ = 0,179 nm

Ferrite (fer α)
(CC)

h k l	d (nm)	sinθ	2θ (°)
1 1 0	0,2027	0,4416	52,42
2 0 0	0,1433	0,6246	77,30
2 1 1	0,1170	0,7649	99,80
2 2 0	0,1013	0,8833	124,08

a = 0,2866 nm (à 20°C)
λ = 0,179 nm

Base Nationale des sujets d'examens de l'enseignement professionnel
Resau 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.