



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 ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES

Sous-épreuve spécifique à chaque option

Option A – Traitements Thermiques

- U4.4A -

SESSION 2011

DUREE : 2 heures

COEFFICIENT : 2

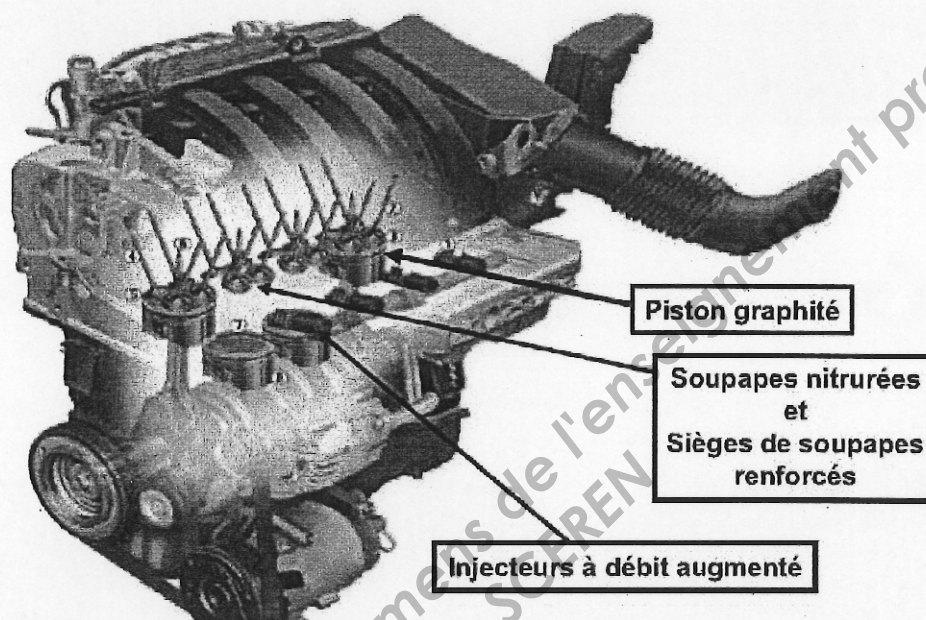
Les calculatrices sont interdites

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet.  
Le sujet comporte 13 pages, numérotées de 1 à 13 dont 9 annexes.

<b>BTS TRAITEMENTS DES MATERIAUX Sciences et Techniques Industrielles</b>	<b>Session 2011</b>
Sous-épreuve spécifique à chaque option – U4.4A Option A : Traitements Thermiques	Code : TMSTI A Page 1/13

Pour adapter leur motorisation à l'arrivée de véhicules consommant du bioéthanol, les constructeurs automobiles ont été confrontés à de nombreux problèmes techniques.

Le bioéthanol est plus corrosif, possède un pouvoir de lubrification plus faible que les carburants traditionnels. Possédant un indice d'octane plus élevé que celui de l'essence, il a fallu renforcer un certain nombre d'éléments moteur.



Les pistons et sièges de soupapes sont renforcés pour résister à la hausse de la température, à la pression de combustion plus importante due à la chaleur latente de vaporisation et à l'indice d'octane du bioéthanol plus élevé.

Des modifications sont également apportées aux systèmes d'injection et d'allumage.

L'étude portera sur la fabrication et le renforcement des soupapes et des sièges de soupapes.

### Partie I : Etude des matrices d'estampage à chaud pour la fabrication de soupapes

La nuance d'acier utilisée est la suivante : X30WCrV9-3.

La fiche technique fournisseur est présentée en annexe 1.

Les matrices sont usinées puis traitées thermiquement avant de subir une nitruration.

**Cahier des charges :**  $47 \leq HRC \leq 49$  avant nitruration  
Diamètre de la matrice : 60 mm

BTS TRAITEMENTS DES MATERIAUX Sciences et Techniques Industrielles		Session 2011
Sous-épreuve spécifique à chaque option – U4.4A	Code : TMSTI A	Page 2/13
Option A : Traitements Thermiques		

## Sous-épreuve spécifique option A : Sciences et Techniques Industrielles

I.1 Cet acier appartient à la classe des aciers à outils pour travail à chaud. Pour quelle(s) raison(s) ?

I.2 Cet acier nécessite un double revenu. Justifier le rôle du deuxième revenu.

I.3 Soit, en annexe 1, les courbes "dureté / température de revenu" (après double revenu) obtenues sur un diamètre de 30 mm. Justifier les différences de duretés constatées après revenus en fonction des températures d'austénitisation.

I.4 A l'aide de l'annexe 1, décrire le cycle thermique complet (préchauffage, trempe et revenu(s)) permettant de respecter le cahier des charges de la matrice. Justifier tous vos paramètres (températures, temps et types de refroidissement).

I.5 Une atmosphère de protection est-elle nécessaire ? Pourquoi ? Dans l'affirmative, laquelle serait recommandée pour ce type de pièce ?

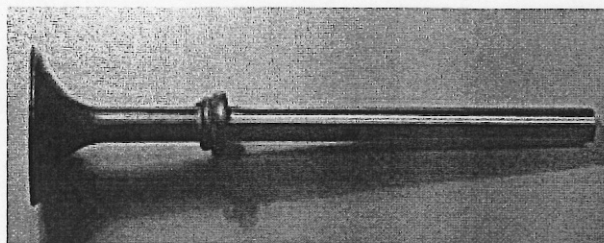
### Partie II : Etude des soupapes d'échappement bimétalliques

Les soupapes d'échappement sont soumises à de fortes contraintes thermiques accompagnées d'un risque de corrosion chimique au moment du cycle d'expulsion. Elles peuvent être attaquées par les gaz brûlés. Les soupapes d'admission ont une température de travail située environ entre 300°C et 550°C, les soupapes d'échappement peuvent, pour certaines motorisations, atteindre jusqu'à 1000°C.

Les soupapes monométalliques sont fabriquées dans un seul matériau ou alliage, généralement l'alliage chrome-silicium dont la gamme de fabrication est donnée en annexe 2. Les termes spécifiques associés aux soupapes sont présentés en annexe 3.

Une autre solution plus appropriée est, surtout pour les moteurs au bioéthanol, d'utiliser des soupapes bimétalliques fabriquées, comme leur nom l'indique, à partir de deux nuances d'acier différentes.

La liaison entre la tige et la tête de la soupape est obtenue par soudage par friction. La tête de soupape est en acier fortement allié à grande résistance thermique, tandis que la tige est fabriquée dans un autre alliage d'acier pouvant être trempé.



Les matériaux utilisés et étudiés sont l'acier X45CrSi9-3 nitruré pour la tige et l'acier austénitique à durcissement par précipitation X53CrMnNi21-9 pour la tête.

La tête et la tige sont traitées thermiquement séparément **avant** soudage par friction.

<b>BTS TRAITEMENTS DES MATERIAUX Sciences et Techniques Industrielles</b>		<b>Session 2011</b>
Sous-épreuve spécifique à chaque option – U4.4A	<b>Code : TMSTI A</b>	<b>Page 3/13</b>
<b>Option A : Traitements Thermiques</b>		

**Cahier des charges :**

$D$  (Diamètre de la face) =  $46,1 \pm 0,05$  mm

$d$  (diamètre de la tige) =  $10,98 \pm 0,01$  mm

$L$  (Longueur totale) =  $167,2 \pm 0,06$  mm

Soit la tête de soupape d'échappement en acier austénitique à durcissement par précipitation X53CrMnNiN21-9 dont le cycle thermique est donné en annexe 4.

II.1 Indiquer, d'après sa désignation normalisée, la composition chimique exacte de cet acier et préciser le caractère (alphagène, gammagène, carburigène) de chacun des éléments d'addition.

II.2 A l'aide de la composition chimique minimale de l'acier et du diagramme de Pryce et Andrew ci-dessous, justifier du titre d'acier austénitique.

$$(\text{Ni})_{\text{eq}} = (\% \text{Ni}) + 0,5 \times (\% \text{Mn}) + 11,5 \times (\% \text{N}) + 21 \times (\% \text{C})$$

$$(\text{Cr})_{\text{eq}} = (\% \text{Cr}) + (\% \text{Mo}) + 3 \times (\% \text{Si})$$

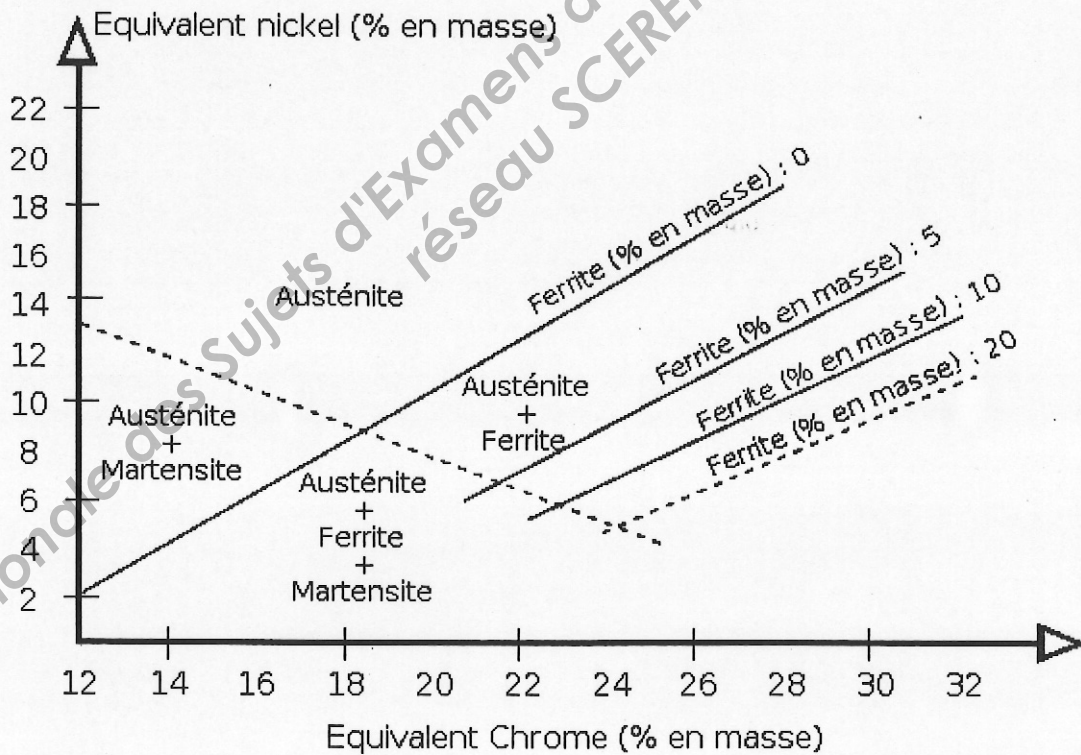


Diagramme de Pryce et Andrew

II.3 Justifier le but de chaque étape du cycle de traitement thermique donné en annexe 4. Comment expliquer le durcissement après chauffage à  $760^\circ\text{C}$  ? Justifier.

BTS TRAITEMENTS DES MATERIAUX Sciences et Techniques Industrielles		Session 2011
Sous-épreuve spécifique à chaque option - U4.4A		Code : TMSTI A
Option A : Traitements Thermiques		Page 4/13

Soit la tige de soupape en acier X45CrSi9-3 nitruré dont le cycle thermique non complet est donné en annexe 5.

**Cahier des charges :**  $30 \leq HRC \leq 32$   
Profondeur de nitruration conventionnelle  $\geq 20 \mu\text{m}$

II.4 Déterminer les paramètres du revenu à effectuer afin de respecter le cahier des charges.

II.5 La couche nitrurée est obtenue par nitruration ionique. Expliquer le principe de nitruration ionique. Réaliser un schéma sommaire commenté d'un tel four avec quelques propriétés (pression, gaz, précision...).

II.6 Quel est le rôle de la nitruration ?

II.7 A l'aide de la filiation de dureté donnée en annexe 6. Déterminer la profondeur conventionnelle de nitruration obtenue. La pièce respecte-t-elle le cahier des charges ?

**Soit la soudure obtenue par friction**

II.8 Expliquer la technique de soudage par friction par rotation ainsi que les avantages et les inconvénients de cette technique.

II.9 Après soudage par friction, la courbe de microdureté obtenue est donnée en annexe 7 ainsi qu'une micrographie. Justifier :

- le pic de dureté côté tige
- la chute de dureté côté tête

**Partie III : Etude des sièges de soupapes**

Les bagues de sièges de soupapes adaptées à la motorisation bioéthanol peuvent être obtenues en alliage CuBe2.



## Sous-épreuve spécifique option A : Sciences et Techniques Industrielles

**Cahier des charges :** 40 à 43 HRC  
Épaisseur : moins de 3 mm

A l'aide des données techniques fournisseur de l'annexe 8,

**III.1** On propose 3 températures de mise en solution : 780, 825 et 850°C. Indiquer et justifier la température de mise en solution de cet alliage qui paraît la plus adaptée.

**III.2** Déterminer et schématiser un cycle thermique permettant de respecter le cahier des charges.

**III.3** Expliquer les différences entre les mécanismes de durcissement intervenant dans les cycles E1 et TR.

### BAREME

Partie	Partie I					Partie II									Partie III		
Questions	I.1	I.2	I.3	I.4	I.5	II.1	II.2	II.3	II.4	II.5	II.6	II.7	II.8	II.9	III.1	III.2	III.3
Points	0,5	1	1	2	1	1,5	1	1,5	0,5	1,5	1	1,5	1	2	1	1	1