

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

TRAITEMENTS DES MATÉRIAUX

SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES

Sous-épreuve spécifique à chaque option

Option B – Traitements de Surfaces

- U4.4B -

SESSION 2025

Durée : 2 heures
Coefficient : 2

Matériel autorisé :

- L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
- L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège », est autorisé.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet.
Le sujet comporte 10 pages, numérotées de 1/10 à 10/10

BTS TRAITEMENTS DES MATÉRIAUX Sciences et Techniques Industrielles		Session 2025
Sous-épreuve spécifique à chaque option – U4.4B Option B : Traitements de Surfaces	Code : 25TM44B	Page 1/10

Mise en situation

Le cadmium, comme le chrome hexavalent, sont des substances visées par le règlement européen **REACH**, portant sur l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des produits chimiques. Depuis 2009, les principaux sous-traitants aéronautiques s'engagent dans une démarche de substitution du procédé de cadmium électrolytique et de chromatisation.

L'objectif est de trouver de nouveaux procédés pour remplacer ceux qui entrent dans le périmètre REACH, sans que les performances des traitements soient altérées. Pour trouver une substitution au **cadmium**, on utiliserait un procédé de **zinc-nickel alcalin**.

Une entreprise souhaite étudier la substitution du revêtement de **cadmium** électrolytique par un revêtement de **zinc-nickel alcalin** sur un substrat en **acier inoxydable**.

Le système étudié est un assemblage d'un composant du train d'atterrissage d'un avion.

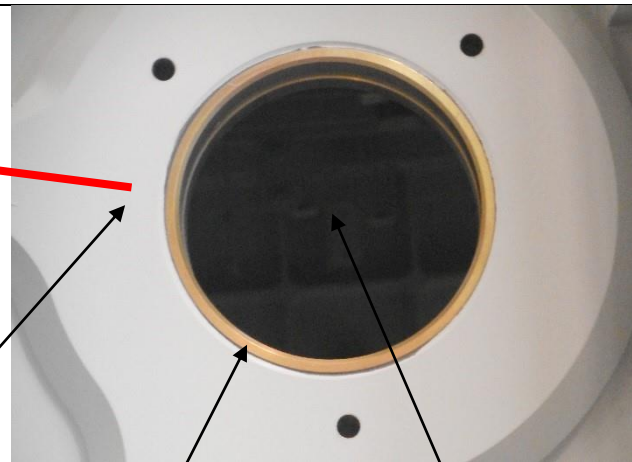
Il est constitué de trois éléments :

- Une structure en aluminium
- Une bague en acier inoxydable (pièce étudiée)
- Un axe en acier revêtu de chrome dur (pivot train d'atterrissage).

Photographie 1 : Train d'atterrissage
(source : le journal du pneumatique)



Photographie 2 : Assemblage étudié



Structure aluminium

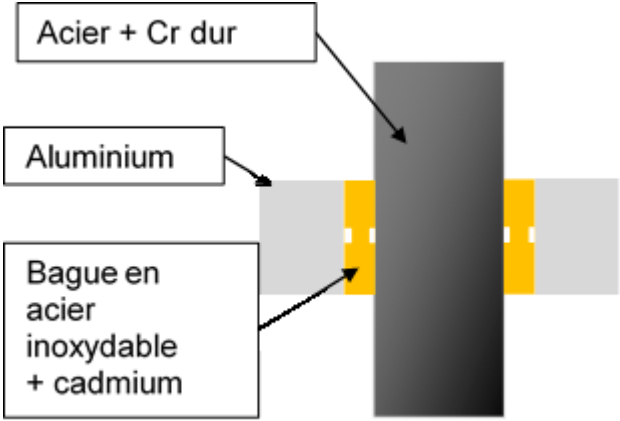
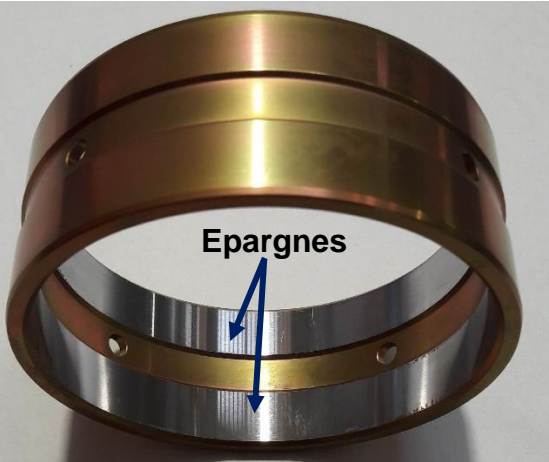
Bague acier inoxydable
(Pièce étudiée)

Emplacement axe acier

Bague acier inoxydable :

Nuance : X5CrNiCu15 5
Rm > 1100 MPa

BTS TRAITEMENTS DES MATÉRIAUX Sciences et Techniques Industrielles		Session 2025
Sous-épreuve spécifique à chaque option – U4.4B	Code : 25TM44B	Page 2/10
Option B : Traitements de Surfaces		

	
<p>Schéma 1 : coupe de l'assemblage des 3 éléments :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Structure aluminium - Axe acier + chrome - Bague acier inoxydable + cadmium 	<p>Photographie 3 : bague en acier inoxydable cadmiée avec 2 zones intérieures épargnées</p>

Gamme de traitement actuelle

- 010** – Lancement en production
- 020** – Dégraissage solvant en phase vapeur
- 030** – Détente 190°C pendant 3h
- 040** – Épargne traitement sur surfaces internes (voir photographie 3)
- 050** – Accrochage
- 060** – Gamme de cadmiage sur acier inoxydable
 - Dégraissage alcalin + Rinçage
 - Dégraissage électrolytique + Rinçage
 - Décapage sulfurique en phase anodique + Rinçage
 - Nickel de Wood + Rinçage
 - Cadmiage électrolytique + Rinçage
 - Séchage
- 070** – Contrôle dimensionnel
- 080** – Décrochage
- 090** – Désépargne
- 100** – Dégazage 190°C pendant 9h
- 110** – Contrôle magnétoscopique
- 120** – Accrochage
- 130** – Finition chromique jaune sur cadmiage
- 140** – Contrôle visuel
- 150** – Décrochage
- 160** – Emballage
- 170** – Visa contrôle libératoire

Partie I – Étude de la gamme de traitement

Dans la gamme de traitement, on observe un décapage électrolytique sulfurique en phase anodique.

I.1 Justifier l'utilisation de ce type de décapage.

Une fois la préparation de surface réalisée, on procède à un nickelage de Wood avant cadmiage.

I.2 Définir la fonction du nickel de Wood.

I.3 Donner sa composition qualitative et le rôle des différents composés du bain.

Le nickel de Wood est très sensible aux pollutions cuivreuses.

I.4 Indiquer la provenance de cette pollution.

I.5 Proposer une méthode d'élimination du cuivre du bain de nickel de Wood.

Le donneur d'ordre préconise également une finition chromique sur cadmium réalisée après dégazage phase 100.

I.6 Donner le rôle de la finition chromique jaune en phase 130.

I.7 Expliquer la nécessité de la réalisation d'un dégazage.

I.8 Expliquer pourquoi ce dégazage doit être fait avant la passivation chromique.

Partie II – Étude de l'assemblage

L'assemblage est constitué d'une pièce en aluminium, d'une bague en acier inoxydable cadmiée et d'un axe en acier.

La partie étudiée de l'assemblage est la pièce en aluminium et la bague en acier inoxydable cadmiée.

II.1 Donner le rôle d'un dépôt de cadmium sur acier inoxydable dans cette partie d'assemblage (**Photographie 2 page 2 et schéma 1 page 3**) en vous aidant des valeurs expérimentales fournies.

Considérer que les valeurs des nuances des aciers inoxydables sont proches et que le cadmium a un comportement sensiblement similaire au zinc pour ce point.

Données : Potentiels mesurés par rapport à ECS dans une solution de chlorure de sodium à 30 g.L⁻¹ à 20 °C

acier inoxydable : - 150 mV

aluminium : - 700 mV

zinc chromaté jaune : - 1200 mV

zinc-nickel : - 800 mV

BTS TRAITEMENTS DES MATÉRIAUX Sciences et Techniques Industrielles		Session 2025
Sous-épreuve spécifique à chaque option – U4.4B Option B : Traitements de Surfaces	Code : 25TM44B	Page 4/10

- II.2 Indiquer** si le remplacement du dépôt de cadmium par un dépôt de zinc nickel est sans risque, d'un point de vue corrosion.
Préciser ce qui est impératif de respecter sur le dépôt dans le cas de notre assemblage.

Partie III – Étude du traitement de la bague par un dépôt de Zn-Ni

*Dans l'optique de remplacer le dépôt de cadmium par un zinc-nickel, l'entreprise a fait le choix de retenir les produits « **PERFORMA 280.5** » du fournisseur COVENTYA (annexe page 7).*

*D'après la documentation technique, le co-dépôt Zn-Ni contient entre **12 et 15%** en masse de nickel.*

- III.1 Donner** les paramètres de travail qui influent sur le pourcentage de nickel.

*Le donneur d'ordre préconise une épaisseur de **10 $\mu\text{m} \pm 1$ intérieur/extérieur de la bague** et une épargne sur les deux surfaces de glissements intérieurs*

- III.2 Choisir** une méthode de contrôle d'épaisseur qui permet également de déterminer le pourcentage en nickel du dépôt.

- III.3 Proposer** une méthode pour vérifier l'adhérence du dépôt.

*L'entreprise décide d'installer un bain de **270 L** de Zn-Ni aux valeurs optimums.*

*Le zinc est apporté par une solution appelée **Zincate 75** et le nickel par la solution **PERFORMA 285 NiCPL à 100 g.L⁻¹** de nickel (annexe page 7)*

- III.4 Donner** la composition du zincate 75.

- III.5 Indiquer** les produits et les quantités à prévoir pour le montage du bain à l'optimum.

*La société procède au traitement des pièces par **lot de 6**.*

- III.6 Déterminer** l'intensité et la durée du traitement pour un montage.

Données :

- $Ddc = 2 \text{ A.dm}^2$
- Épaisseur = 10 μm
- Vitesse de déposition = 0,4 $\mu\text{m.min}^{-1}$
- Surface = 3,33 dm^2

*L'entreprise souhaite programmer un plan de surveillance du bain avec un suivi en A.h des consommations de produits. Grâce à une simulation des consommations, le seuil de concentration en ions zinc atteint sa valeur limite basse au bout de **350 A.h**.*

- III.7 Déterminer** le nombre de montages de 6 pièces que l'on peut traiter avant dépassement du seuil minimum de concentration en zinc.

BTS TRAITEMENTS DES MATÉRIAUX Sciences et Techniques Industrielles		Session 2025
Sous-épreuve spécifique à chaque option – U4.4B Option B : Traitements de Surfaces	Code : 25TM44B	Page 5/10

- III.8 Indiquer** l'impact sur le dépôt d'un maintien de production malgré la diminution de concentration en zinc. Justifier votre réponse.
- III.9** À l'aide d'un schéma annoté, **détailler** une méthode permettant de maintenir la concentration en zinc autour de sa valeur optimale.
- III.10** Le dépôt de zinc nickel doit assurer la protection contre la corrosion, **détailler** précisément le principe du test de brouillard salin.

Partie IV – Traitement des effluents

Le bain de cadmium cyanuré de l'atelier sera donc remplacé par un bain Zn-Ni, le traitement des rejets cyanurés ne sera plus nécessaire.

- IV.1 Indiquer** le produit chimique qui ne sera plus nécessaire.
- IV.2 Préciser** la fonction de ce produit lors de la décyanuration.
- IV.3 Donner** les paramètres de décyanuration à respecter.

Barème	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Partie 1	1	1,5	1	0,5	1	0,5	1	1	-	
Partie 2	1	1	-	-	-	-	-	-	-	
Partie 3	1	0,5	0,5	0,5	2	1	0,5	0,5	1	1
Partie 4	0,5	0,5	1	-	-	-	-	-	-	-

Annexe : Documentation technique du bain de Zn-Ni



1. Description du procédé

- **Introduction**

PERFORMA 280.5 fait partie d'une nouvelle génération de procédés de zinc-nickel alcalins (12-15 %) à haut rendement. Il offre une très haute résistance à la corrosion. Le contrôle du bain est aisé du fait d'un petit nombre d'additifs. La teneur en agents complexants est beaucoup plus faible que dans les procédés traditionnels.

PERFORMA 280.5 permet une bonne répartition des épaisseurs et a un très grand pouvoir couvrant. Les dépôts obtenus présentent peu de tensions internes et une bonne ductilité quelle que soit la densité de courant utilisée. Les résultats sont également excellents sur des pièces compliquées.

Ce procédé est utilisable au tonneau et au bain mort.

Le dépôt est composé de 85 à 88 % de zinc et de 12 à 15 % de nickel.

PERFORMA 280.5 permet l'utilisation de passivations Chrome (III) couleur acier, bleues irisées, noires, sans aucun problème ainsi que des chromations Chrome (VI) transparentes, jaunes ou noires.

Les dépôts présentent une excellente résistance à la corrosion même après un choc thermique de 24 heures à 120°C.
- **Avantages**
 - Haute résistance à la corrosion même après choc thermique
 - Haute performance – temps de traitement réduit même au tonneau
 - Excellent pouvoir couvrant et répartition uniforme des épaisseurs
 - Dépôts très brillants et ductiles
 - Facilité de maintenance des bains
 - Peut être utilisé avec succès avant passivations Chrome (III) et Chrome (VI)
 - Applicable au tonneau et au bain mort

PERFORMA 280.5



2 – MISE EN ŒUVRE DU PROCEDE

2.1 A partir de la solution ZINCATE 75 (75 g/L Zn – 400 g/L de soude)	2	2.2 A partir de la dissolution du zinc métal
-Remplir la cuve avec 1/3 du volume final en eau déminéralisée si possible - Ajouter la quantité nécessaire de Zincate 75 en fonction de la teneur en zinc souhaitée - Ajouter la valeur en soude après analyse		- Remplir la cuve avec 1/3 du volume final en eau déminéralisée si possible - Ajouter peu à peu la quantité de soude requise en agitant constamment (la réaction est fortement exothermique : éviter tout contact avec la solution ou les produits et prendre garde à la tolérance du revêtement de la cuve aux températures élevées - Dissoudre le zinc métal

2.3 Laisser refroidir la solution jusqu'à 25°C

2.4 POUR LE MONTAGE DE 100 LITRES DE BAIN OBTENUS A PARTIR DE LA DISSOLUTION DU ZINC METAL

Il est recommandé de constituer les bains au minimum des fourchettes de concentration en Zinc, Nickel et Soude puis de laisser atteindre progressivement leur palier de fonctionnement par consommation d'Ah.

Il existe deux possibilités pour le montage d'un bain de 100 Litres :

1^{ère} possibilité :

Montage à l'aide de la solution PERFORMA 285 NI-CPL à 100 g/L de Nickel.

Additifs	Bain Mort	Tonneau
PERFORMA 285 BASE	10,0 L	10,0 L
PERFORMA 285 BRI UNIVERSAL	0,2 L	0,15 L
PERFORMA 285 ADDITIVE K	0,07 L	---
PERFORMA 285 NI-CPL	1,2 L	1,4 L

Ajouter **PERFORMA 285 NI-CPL** préalablement dilué dans **PERFORMA 285 BASE** (2 parts de **PERFORMA 285 NI-CPL** pour 1 part de **PERFORMA 285 BASE**).

PERFORMA 280.5



2^{ème} possibilité :

Montage à l'aide de la solution PERFORMA 285 NI-CPL 175 à 175 g/L de Nickel.

Additifs	Bain Mort	Tonneau
PERFORMA 285 NI-CPL 175	0,7 L	0,8 L
PERFORMA 285 BASE 175	0,1 L	0,1 L
PERFORMA 285 BASE	9,8 L	9,8 L
PERFORMA 285 BRI UNIVERSAL	0,2 L	0,15 L

Remarque :

- Ajouter le PERFORMA 285 NI-CPL 175 préalablement dilué dans **PERFORMA 285 BASE** (2 parts de **PERFORMA 285 NI-CPL 175** pour 1 part de **PERFORMA 285 BASE**)
- Il est impératif de ne pas mélanger le **PERFORMA 285 NI-CPL 175** et le **PERFORMA 285 BASE 175** avant l'introduction dans le bain.

2.5 Compléter au volume final avec de l'eau déminéralisée.

SUIVI – ENTRETIEN DU BAIN

- La concentration en zinc doit être maintenue exactement dans les limites indiquées. Une cuve de dissolution du zinc est obligatoire.
- L'électrolyte doit être régulièrement analysé (au moins une fois par jour, si possible à chaque équipe, ajusté et maintenu par ajout de solution filtrée provenant de la cuve de dissolution).

D'importantes variations des concentrations de zinc ne sont pas autorisées !

- La concentration en soude doit être analysée et ajustée. Il est également possible d'utiliser une solution de soude caustique (la qualité doit auparavant être contrôlée par COVENTYA).
- Analyser également la concentration en Nickel et l'ajuster à l'aide des solutions PERFORMA 285 NI-CPL ou PERFORMA 285 NI-CPL 175.

10.0 mL/L de PERFORMA 285 NI-CPL augmentent la concentration en nickel de 1 g/L.

10.0 mL/L de PERFORMA 285 NI-CPL 175 augmentent la concentration en nickel de 1,75 g/L

PERFORMA 280.5



• Il est important de contrôler régulièrement l'alimentation des additifs afin d'obtenir une qualité de production constante. L'alimentation sera effectuée par une pompe doseuse.

3 – CONDITIONS OPERATOIRES

3.1 Au bain mort

Paramètres	Tolérances	Optimum
Zinc	7 – 10 g/L	8 g/L
Nickel*	1 – 1,8 g/L	1,2 g/L
Soude caustique	120 – 135 g/L	125 g/L
PERFORMA 285 BASE	90 – 110 mL/L	100 mL/L
PERFORMA 285 BRI UNIVERSAL	2 – 5 mL/L	2 mL/L
PERFORMA 285 ADDITIVE K	0,5 – 1 mL/L	0,7 mL/L
Température	21 – 25 °C	23 °C
Densité de courant cathodique	1 – 3 A/dm ²	2 A/dm ²
Densité de courant anodique	> 4 A/dm ²	
Agitation cathodique	4 – 6 m/min	

5 - MAINTENANCE DU BAIN POUR 10 000 AH

1^{ère} possibilité :

ADDITIFS	Bain Mort [L]	Tonneau [L]
PERFORMA 285 BASE	2,0 – 3,5	2,0 – 3,5
PERFORMA 285 ADDITIVE K*	0,1 – 0,5	*
PERFORMA 285 BRI UNIVERSAL	0,5 – 2,0	1,0 – 2,0
PERFORMA 285 NI-CPL **	8,0 – 12,0	8,0 – 12,0

* **PERFORMA 285 ADDITIVE K** ne doit être utilisé que pour des corrections selon instructions spéciales de nos laboratoires ou de nos techniciens.

** La consommation du **PERFORMA 285 NI-CPL** dépend du taux de déposition, de l'entraînement et du rendement.

Il est fortement recommandé de pré-mélanger **PERFORMA 285 NI-CPL** et **PERFORMA 285 BASE** avant l'addition dans le bain.