

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

**Épreuve pratique de l'enseignement de spécialité physique-chimie
Évaluation des Compétences Expérimentales**

Cette situation d'évaluation fait partie de la banque nationale.

ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT

NOM :	Prénom :
Centre d'examen :	n° d'inscription :

Cette situation d'évaluation comporte **quatre** pages sur lesquelles le candidat doit consigner ses réponses. Le candidat doit restituer ce document avant de sortir de la salle d'examen.

Le candidat doit agir en autonomie et faire preuve d'initiative tout au long de l'épreuve.

En cas de difficulté, le candidat peut solliciter l'examineur afin de lui permettre de continuer la tâche.

L'examineur peut intervenir à tout moment, s'il le juge utile.

L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé. L'usage de calculatrice sans mémoire « type collègue » est autorisé.

CONTEXTE DE LA SITUATION D'ÉVALUATION

Afin de protéger les pièces en aluminium, les industriels de la filière utilisent un traitement de surface qui consiste à anodiser l'aluminium. Le revêtement d'alumine (Al_2O_3) formé par cette électrolyse est capable de résister aux attaques chimiques et aux rayures.

L'ADAL (Association pour le développement de l'aluminium anodisé ou laqué) a établi des recommandations concernant l'épaisseur de la couche d'alumine devant recouvrir l'aluminium des fenêtres selon l'atmosphère à laquelle celles-ci sont exposées.

Un fabricant reçoit une commande pour des fenêtres en aluminium anodisé destinées à être utilisées en extérieur dans une ville située à 15 km du littoral vendéen.

Le but de cette épreuve est de modéliser la fabrication du cadre de la fenêtre en aluminium répondant au cahier des charges et de discuter la méthode de contrôle qualité utilisée par les industriels.

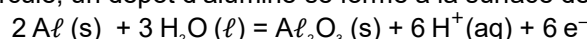
INFORMATIONS MISES À DISPOSITION DU CANDIDAT

Protocole d'anodisation de l'aluminium

L'anodisation est une technique qui consiste à réaliser un dépôt par oxydation, en surface d'une pièce d'aluminium, par le passage d'un courant électrique dans une solution dans laquelle l'objet est immergé. Le protocole est le suivant :

- l'objet à traiter est relié à l'une des bornes d'un générateur électrique qui délivre une tension continue.
- l'autre borne du générateur électrique est reliée à une électrode de graphite.
- ce circuit électrique est complété par un dispositif permettant de mesurer l'intensité du courant.
- pour fermer le circuit, les deux électrodes sont placées dans une solution aqueuse d'acide sulfurique à $2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.
- une agitation en continu est nécessaire pour assurer l'homogénéité du milieu.

Lorsque le courant électrique circule, un dépôt d'alumine se forme à la surface de l'objet selon la demi-équation :



Épaisseur minimale de la couche d'alumine basée sur la norme NF P 24-351

Atmosphères extérieures directes	Classe	épaisseur
Atmosphère rurale non polluée	Classe 15	5 μm
Atmosphère normale urbaine ou industrielle	Classe 15	15 μm
Atmosphère sévère urbaine ou industrielle	Classe 15	15 μm
Atmosphère des constructions situées entre 10 km et 20 km du littoral	Classe 15	15 μm
Atmosphère des constructions situées entre 3 km et 10 km du littoral	Classe 20	20 μm
Bord de mer	Classe 20	20 μm
Atmosphère mixte normale	Classe 20	20 μm
Atmosphère mixte sévère	Classe 20	20 μm

Test d'identification de l'ion aluminium Al^{3+}

En présence d'ion aluminium $\text{Al}^{3+}(\text{aq})$, l'ajout de quelques gouttes de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq})$, $\text{HO}^-(\text{aq})$) entraîne la formation d'un précipité blanc. En cas d'ajout excessif, le précipité se redissout.

Résistivité et résistance d'un matériau

	Aluminium	Alumine
Résistivité (ordre de grandeur en $\Omega\cdot\text{m}$ à 20 °C)	10^{-8}	10^{12}
Caractéristique	Très bon conducteur	Isolant

Plus la résistivité d'un matériau est élevée, plus une plaque constituée de ce matériau aura une grande résistance, mesurable à l'aide d'un ohmmètre.

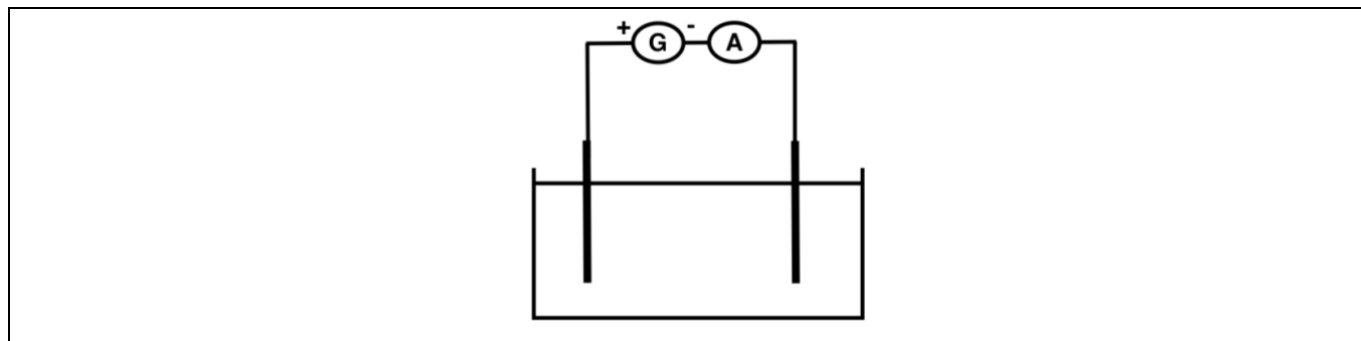
Données utiles

- Couples oxydant/réducteur de l'Aluminium :
 - $\text{Al}^{3+}(\text{aq})/\text{Al}(\text{s})$
 - $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})/\text{Al}(\text{s})$
- Masse volumique de l'alumine : $\rho_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 3,97 \times 10^6 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$
- Masse molaire de l'alumine : $M_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 102,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Constante de Faraday : $F = 96500 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Surface des deux faces immergées de la plaque d'aluminium : $S = \boxed{\dots\dots\dots} \text{ m}^2$

TRAVAIL À EFFECTUER

1. Schématisation de l'expérience (10 minutes conseillées)

1.1. À partir du matériel mis à disposition, proposer un schéma légendé d'un montage qui permet de recouvrir d'alumine une plaque d'aluminium tout en mesurant l'intensité du courant.





1.2. Justifier le choix de la borne du générateur à laquelle doit être connectée la plaque d'aluminium.

L'alumine se forme à partir d'aluminium selon l'équation :





L'aluminium perd donc des électrons : il est oxydé. La plaque d'aluminium doit donc être l'anode et être connectée à la borne positive du générateur.

APPEL n°1		
	Appeler l'évaluateur pour lui présenter le schéma ou en cas de difficulté	

2. Anodisation de la plaque (20 minutes conseillées)

Ne pas allumer le générateur avant vérification du montage par l'examineur.

2.1. Mettre en œuvre le montage permettant l'anodisation de la plaque d'aluminium conformément au schéma validé précédemment, en prenant soin d'immerger la plaque jusqu'au trait et de garder l'écartement entre les plaques constant. **A faire expérimentalement**

APPEL n°2		
	Appeler l'évaluateur pour la vérification du montage et le démarrage de l'expérience ou en cas de difficulté	

2.2. Procéder à l'électrolyse pendant une durée $\Delta t = 10$ minutes, en imposant une intensité du courant I quasiment constante et qui soit comprise entre **0,2 et 0,3 A**.

Noter la valeur moyenne observée de l'intensité I : $I = \dots 0,24 \text{ A} \dots$

Pendant l'électrolyse, traiter la partie 3 tout en surveillant le déroulement de l'expérience.

3. Étude de la couche d'alumine (30 minutes conseillées)

En supposant qu'une seule réaction a lieu à l'anode et qu'elle conduit à la formation d'alumine, l'épaisseur théoriquement déposée peut être calculée à partir de la formule suivante :

$$e \text{ (en m)} = \frac{M_{Al_2O_3} \cdot I \cdot \Delta t}{6 \times F \cdot S \cdot \rho_{Al_2O_3}}$$

avec S la surface immergée qui a été anodisée exprimée en m^2 , I l'intensité en A et Δt la durée d'électrolyse en s .

3.1. Calculer l'épaisseur de la couche d'alumine théoriquement déposée sur la plaque d'aluminium :

Si la plaque immergée a : une longueur immergée de 3,5 cm et une largeur de 2,0 cm (valeurs prise pour les besoins du calcul, vos valeurs seront els valeurs expérimentales)

$$S_{face} = 3,5 \times 2,0 = 7,0 \text{ cm}^2$$

Comme les deux faces sont immergées : $S = 2 \times 7,0 = 14,0 \text{ cm}^2$

$$e = \frac{M(Al_2O_3) \times I \times \Delta t}{6F \times \rho(Al_2O_3) \times S} = \frac{102,0 \times 0,24 \times 10 \times 60}{6 \times 96500 \times 3,97 \times 10^6 \times 14 \times 10^{-4}} = 4,6 \times 10^{-6} \text{ m}$$

3.2. Exploiter ce résultat pour conclure quant à la possibilité d'utiliser cette plaque à 15 km du littoral vendéen.

À 15 km du littoral, le tableau indique : classe 15, donc une épaisseur minimale de 15 μm . Or on a trouvé : $e = 4,6 \times 10^{-6} \text{ m} = 4,6 \mu m$. Ainsi, la couche d'alumine obtenue est insuffisante pour utiliser cette plaque à 15 km du littoral vendéen.

Si la réaction de formation de l'alumine était la seule ayant lieu à l'anode, on devrait pouvoir mesurer la masse d'alumine déposée et en déduire l'épaisseur correspondante.

3.3. Mettre en œuvre le test d'identification des ions aluminium (III) Al^{3+} sur le bain d'anodisation usagé à disposition. **A faire expérimentalement**

En s'appuyant sur ce test, justifier que le calcul précédent ne permet pas d'effectuer le contrôle qualité du procédé d'anodisation d'une plaque d'aluminium et qu'il faut utiliser d'autres techniques.



On réalise le test d'identification des ions aluminium sur le bain d'anodisation usagé en ajoutant quelques gouttes de solution d'hydroxyde de sodium. L'apparition d'un précipité blanc indique la présence d'ions $Al^{3+}(aq)$ dans la solution.

Ainsi, une partie de l'aluminium oxydé ne forme pas une couche d'alumine sur la plaque, mais devient des ions aluminium. Le calcul théorique de l'épaisseur suppose que toute le courant électrique sert uniquement à former de l'alumine. Cette hypothèse n'est donc pas vérifiée. Il faut donc utiliser d'autres techniques.

3.4. Proposer un protocole pour vérifier que la plaque d'aluminium est bien recouverte d'une couche isolante d'alumine.

On peut vérifier que la plaque est recouverte d'une couche isolante en mesurant sa résistance électrique car l'aluminium et l'alumine ont des résistivités différentes.

Si la résistance mesurée est très grande, cela montre que la surface est isolante : la plaque est donc recouverte d'une couche d'alumine.

APPEL n°3		
	Appeler si besoin l'évaluateur pour lui présenter votre protocole ou en cas de difficulté.	

3.5. Une fois l'électrolyse terminée, mettre en œuvre le protocole. Noter la mesure et conclure.

La résistance mesurée est très grande. Cela montre que la surface de la plaque est devenue isolante. On peut donc conclure que la plaque d'aluminium est bien recouverte d'une couche d'alumine.

Défaire le montage et ranger la paillasse avant de quitter la salle.