



**LE RÉSEAU DE CRÉATION  
ET D'ACCOMPAGNEMENT PÉDAGOGIQUES**

**Ce document a été numérisé par le Canopé de l'académie de Bordeaux  
pour la Base nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

**BREVET TECHNICIEN SUPÉRIEUR**  
**ENVELOPPE DU BÂTIMENT : FAÇADES-ÉTANCHEITÉ**

**U32 – SCIENCES PHYSIQUES**

SESSION 2014

---

Durée : 2 heures  
Coefficient : 2

---

**Matériel autorisé :**

- Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique sous réserve que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Cirulaire n°99-186, 16/11/1999).
- Tout autre matériel est interdit.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Le sujet se compose de 6 pages, numérotées de 1/6 à 6/6.

|  |                  |              |
|--|------------------|--------------|
| BTS ENVELOPPE DU BÂTIMENT : FAÇADES-ÉTANCHEITÉ |                  | Session 2014 |
| U32 – SCIENCES PHYSIQUES                       | Code : 14EBE3SC1 | Page : 1/6   |

## Thème : Étude d'un mur rideau

Le sujet est constitué de 3 parties indépendantes qui peuvent être traitées dans n'importe quel ordre.

On étudie l'isolation thermique d'un mur rideau, le fonctionnement d'un palonnier à ventouses pour la pose de vitrage et enfin le procédé d'anodisation de l'aluminium de la menuiserie.

|                 |   |                   |
|-----------------|---|-------------------|
| <b>Partie 1</b> | <b>Étude thermique d'un mur rideau</b>                | <b>(7 points)</b> |
| <b>Partie 2</b> | <b>Étude de l'éjecteur d'un palonnier à ventouses</b> | <b>(7 points)</b> |
| <b>Partie 3</b> | <b>Procédé d'anodisation de l'aluminium</b>           | <b>(6 points)</b> |

### Partie 1 Étude thermique d'un mur rideau (7 points)

Dans cette partie, on négligera les pertes par pont thermique.

Le mur rideau considéré, est composé d'une surface de clair (vitrage)  $S_v$  et d'une surface de menuiserie  $S_m$ . Le rapport  $S_v/S_{\text{totale}}$  est de 83,3 %. Les dimensions du mur rideau à savoir, sa longueur totale  $L$  et sa hauteur totale  $H$ , sont respectivement  $L=20$  m et  $H=3,0$  m.

La température extérieure est fixée à  $\theta_e = -4$  °C (température minimale annuelle sur le site) et la température intérieure à  $\theta_i = 21$  °C.

On donne le coefficient de transmission thermique du vitrage :

$U_v = 1/R_v = 1,1$  W·m<sup>-2</sup>·K<sup>-1</sup>, où  $R_v$  est la résistance thermique du vitrage.

La menuiserie a un coefficient de transmission thermique :

$U_m = 1/R_m = 2,4$  W·m<sup>-2</sup>·K<sup>-1</sup>, où  $R_m$  est la résistance thermique de la menuiserie.

- 1.1. Déterminer la valeur de la surface totale  $S_{\text{totale}}$  du mur rideau.
- 1.2. En déduire la valeur de la surface de clair  $S_v$  ainsi que celle de menuiserie  $S_m$ .
- 1.3. Donner l'expression littérale du flux thermique de déperdition  $\Phi_v$  à travers le vitrage en fonction de la surface  $S_v$ , du coefficient de transmission  $U_v$  et de la différence de température, de part et d'autre du vitrage,  $\Delta\theta$ . Calculer la valeur de  $\Phi_v$ .
- 1.4. Déterminer l'expression littérale du flux thermique de déperdition  $\Phi_m$  à travers la menuiserie. Calculer la valeur de  $\Phi_m$ .
- 1.5. Exprimer le flux thermique de déperdition totale  $\Phi_{\text{totale}}$  à travers le mur rideau en fonction de  $\Phi_v$  et  $\Phi_m$ . Trouver la valeur de  $\Phi_{\text{totale}}$ .
- 1.6. Déterminer sans calcul, mais en justifiant votre réponse, la puissance de chauffage nécessaire afin de maintenir la température de la pièce constante sachant qu'on considère que cette dernière n'est en contact avec l'extérieur que par l'intermédiaire du mur rideau étudié.

On appelle  $U_{total}$  le coefficient de transmission thermique du mur rideau.

1.7. Montrer que  $U_{total} = U_v \cdot S_v / S_{totale} + U_m \cdot S_m / S_{totale}$ .

1.8. Calculer  $U_{total}$ .

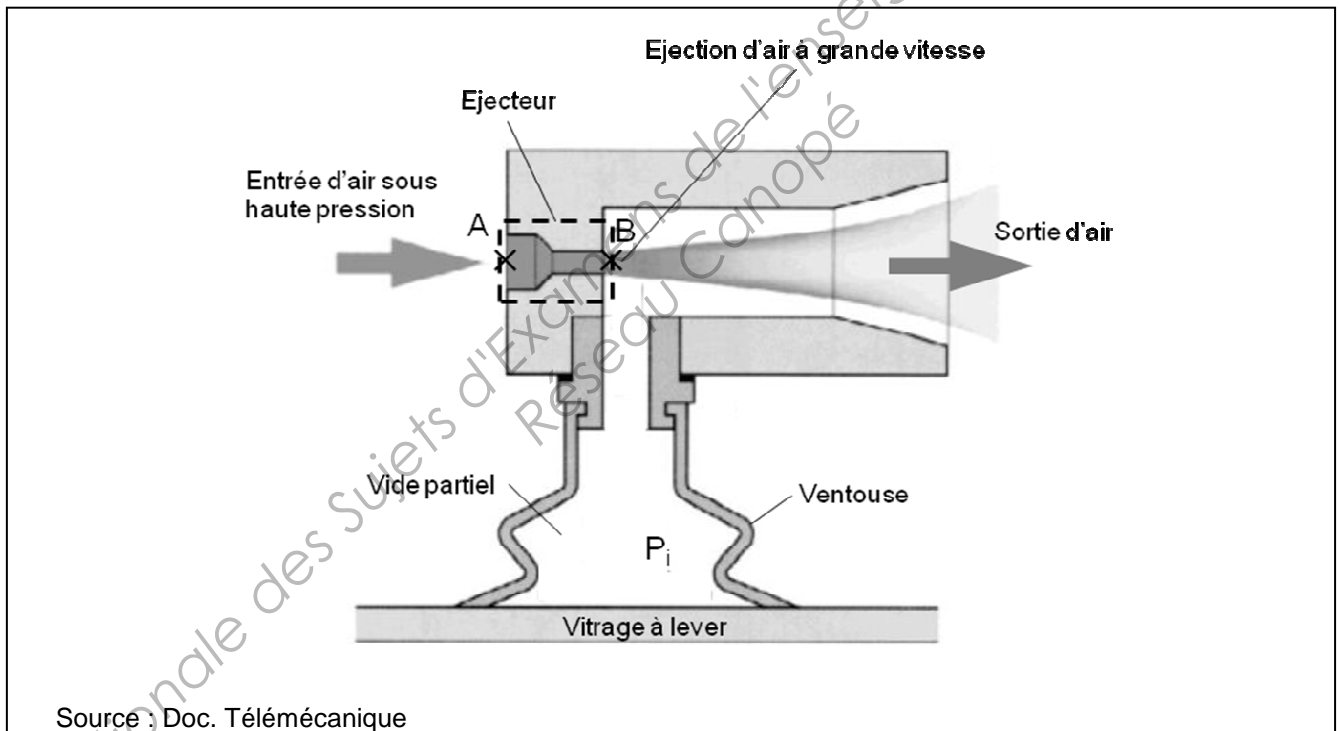
1.9. Comment modifier le rapport des surfaces du vitrage et de la menuiserie, à surface totale constante, pour diminuer le coefficient  $U_{total}$  ?

## Partie 2 Étude de l'éjecteur d'un palonnier à ventouses (7 points)

Une des techniques couramment utilisées pour positionner un élément de mur rideau est la manutention par palonnier à ventouses.

Nous nous proposons d'étudier son principe de fonctionnement.

Le palonnier retenu est composé de **4 ventouses** chacune surmontée d'un éjecteur « Venturi ». Ce dernier permet d'obtenir un vide partiel dans la ventouse. Un compresseur apporte de l'air sous haute pression à l'entrée A de l'éjecteur et cet air passe à grande vitesse en B, créant une dépression dans la ventouse (voir Fig.1).



**Fig. 1 – Système d'aspiration par éjecteur Venturi**

On appelle  $S$  la surface de contact de chaque ventouse avec le vitrage :  $S = 3,2 \cdot 10^2 \text{ cm}^2$ . La pression atmosphérique est prise égale à  $P_0 = 1,00 \text{ bar}$ . La pression à l'intérieur de la ventouse sera notée  $P_i$ . L'intensité de la pesanteur vaut  $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

Le dimensionnement d'un palonnier est calculé de façon à ce que celui-ci exerce sur l'élément à soulever une force d'aspiration, par ses quatre ventouses, supérieure ou égale à **deux fois le poids de cet élément**. La masse de l'élément de mur rideau considéré est  $m_{élément} = 60 \text{ kg}$ .

- 2.1. Calculer le poids  $P_{\text{élément}}$  de l'élément de mur rideau à soulever.
- 2.2. Justifier que dans le cas d'un vitrage horizontal, la force d'aspiration  $F$  exercée au niveau de **chaque ventouse** sur le vitrage est  $F = (P_0 - P_i).S$ .
- 2.3. Montrer que la relation entre la pression  $P_i$  à l'intérieure de chaque ventouse et le poids de l'élément  $P_{\text{élément}}$  est :  

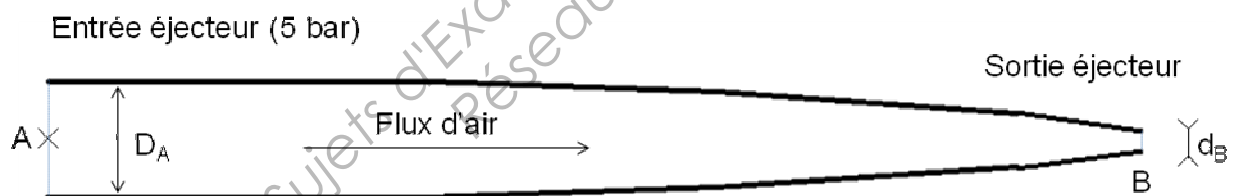
$$P_{\text{élément}} = 2 (P_0 - P_i).S.$$
- 2.4. Montrer que  $P_i = 0,91\text{bar}$ .

La dépression  $\Delta P = P_0 - P_i$  produite au niveau de la ventouse, dépend de la vitesse d'éjection de l'air comprimé en sortie d'éjecteur, selon le tableau suivant (données constructeur) :

| Vitesse de l'air $v_B$ en sortie d'éjecteur ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) | Dépression $\Delta P$ en A (mbar) |
|--|-----------------------------------|
| 50   | 25                                |
| 70   | 50                                |
| 80   | 90                                |
| 90   | 195                               |

- 2.5. Trouver la valeur de la vitesse minimale de l'air  $v_B$  en sortie d'éjecteur afin d'obtenir un vide suffisant dans les ventouses.

Le schéma simplifié de l'éjecteur est donné en figure 2.



**Fig. 2 - Éjecteur**

Le diamètre en A, point d'entrée de l'éjecteur vaut  $D_A = 15 \text{ mm}$ . Au point A, la pression de l'air est  $P_A = 5,00 \text{ bar}$ . À la sortie B, la pression de l'air est  $P_B = 4,96 \text{ bar}$  et la vitesse  $v_B$  est prise à  $80 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . La masse volumique de l'air, considérée comme constante est égale à  $\rho = 1,3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

- 2.6. Déterminer la vitesse  $v_A$  de l'air à l'entrée de l'éjecteur. On considère l'éjecteur horizontal pour ce calcul.
- 2.7. Les vitesses d'écoulement nous permettent de considérer que le débit volumique de l'air dans l'éjecteur est constant.

En déduire le diamètre maximal  $d_B$  de sortie de l'éjecteur, afin de soulever l'élément de mur rideau étudié.

Données :  $1\text{bar} = 10^5 \text{ Pa}$  ; Théorème de Bernoulli :  $\frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g z + P = \text{constante}$

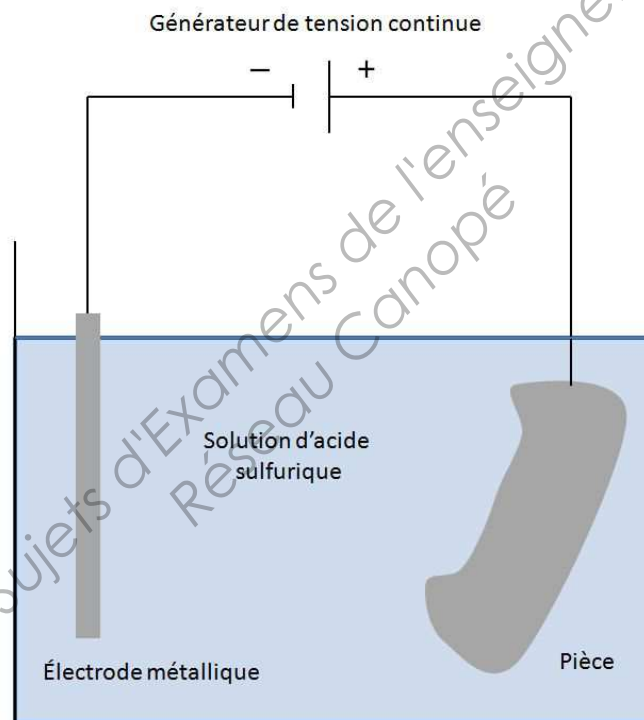
### Partie 3 - Procédé d'anodisation de l'aluminium (6 points)

La menuiserie du mur rideau est composée en grande partie d'aluminium anodisé. Dans cette partie, nous allons étudier le procédé d'anodisation de l'aluminium.

L'anodisation est un traitement de surface qui permet à l'aide d'une réaction d'oxydation du métal (ici l'aluminium), de créer une couche protectrice de quelques micromètres d'épaisseur. L'oxyde d'aluminium (ou alumine) a des propriétés de dureté et d'imperméabilité qui améliorent la résistance à l'usure et à la corrosion.

Le procédé consiste en une succession de différents bains chimiques et électrochimiques.

L'une des étapes est l'oxydation proprement dite : on plonge la pièce en aluminium à traiter dans un bain d'acide sulfurique et on la relie à la borne plus d'un générateur de tension continue. À l'autre borne, on place une tige métallique (en aluminium par exemple) que l'on plonge dans la solution (voir Fig. 3).

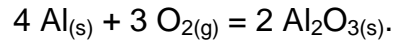


**Fig. 3 - Étape d'oxydation de l'aluminium**

- 3.1. En s'aidant du schéma de la figure 3, expliquer dans quel sens circulent les électrons dans les fils électriques.
- 3.2. En déduire, en justifiant, où se produit l'oxydation et la réduction.
- 3.3. Les demi-équations d'oxydo-réduction des couples de l'eau  $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$  et  $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$  sont :  
$$\text{H}_2\text{O}_{(l)} + 2 \text{H}^+_{(aq)} + 2 \text{e}^- = \text{H}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$$
et  
$$2 \text{H}_2\text{O}_{(l)} = \text{O}_{2(g)} + 4 \text{H}^+_{(aq)} + 4 \text{e}^-.$$

Quel gaz se dégage à l'électrode métallique ? Justifier la réponse.

3.4. La réaction chimique de formation de l'alumine  $\text{Al}_2\text{O}_3$  est modélisée par l'équation :



L'alumine a une masse volumique  $\rho = 4000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

La pièce à traiter a une surface  $S = 1,2 \text{ m}^2$ . L'épaisseur de la couche d'alumine désirée est  $e = 10 \text{ }\mu\text{m}$  ( $1 \text{ }\mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$ ).

Calculer la masse d'alumine formée lors de la réaction.

3.5. En déduire la quantité de matière (en mole) d'alumine créée.

3.6. Trouver la masse d'aluminium consommée lors de la réaction.

Données : masses molaires atomiques ( $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) :  $M(\text{O})=16,0$  ;  $M(\text{Al}) = 27,0$ .

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel  
Réseau Canopé