

Final exam of MA54-2017

Document allowed, 2h, copy your replies in separated sheets

A : thermo-electrical materials, glass (6 points)

1. Explain the principle of « thermoelectricity » of certain materials, which properties are important for this kind of materials, and give some typical applications.
2. Thermo-electrical materials are not new, why they attract many attentions now?
3. For a vehicle exhaust system, the typical temperature ranges from 200 to 500°C, which materials are suitable to be used for recovering the wasted heat to electricity?
4. Glass becomes a favorable material in many cases even in automobile industry because its transparence and hardness, but the glass is anyway a brittle material. For overcome this disadvantage, what techniques are often used for enhancing the glass? Give two or three examples.

Question about presentations of project: (1 point)

Please answer one of the questions, don't answer the question about your own project.

1. In a Brag sensor, what is the main element? How does this sensor measure the deformation?
2. Additive manufacturing process (AM) can be used in the frame of car body, which materials will be employed? please give the advantages of AM for this applications
3. For bone substitution, which materials are often employed? why?
4. What is the structure of the graphene? Give some examples for main applications of this material.

Question about the industrial seminar (1 point)

What is main alloy used in the gas turbine in high temperature zone? What is the best structure for the resistance to "creep"?

B: Barrières thermiques et Biomatériaux (6 points)

Barrières thermiques

- 1) Décrivez schématiquement le concept de barrière thermique
- 2) Quelle est l'utilité principale d'une barrière thermique et quelles sont les retombées additionnelles ?
- 3) Quelles sont les principales contraintes qui s'imposent dans le choix d'un matériau pour barrière thermique ?
- 4) Décrivez le rôle de l'architecture du dépôt dans la tenue en service d'une barrière thermique.

Biomatériaux

- 1) Quels sont les types de tissus concernés par un remplacement par des matériaux artificiels ?
- 2) Selon le type de tissu concerné, quelles sont les propriétés principales requises pour assurer la fonctionnalité du matériau de remplacement ?
- 3) Choisissez un exemple de prothèse et indiquer la démarche conceptuelle à suivre pour obtenir une prothèse fonctionnelle et durable.

C. Pile à combustible : (5 points)

Présenté pour la première fois en Europe, au salon nautique de Paris en décembre 2009, un voilier de 12 m a été équipé d'un moteur électrique auxiliaire alimenté par une pile à combustible à hydrogène. Ce projet permet de tester un bateau aux énergies renouvelables et au dihydrogène pour promouvoir un littoral économe et respectueux de l'environnement. L'industrie automobile a développé la pile GÉNÉPAC : c'est la pile à combustible choisie pour le projet « Zéro CO₂ ».

- Le principe de la pile à combustible est le suivant : une réaction électrochimique contrôlée, entre du dihydrogène et le dioxygène de l'air, produit simultanément de l'électricité, de l'eau et de la chaleur.
- Cette réaction s'opère au sein d'une cellule élémentaire composée de deux électrodes, de forme ondulée, séparées par un électrolyte (figure ci-dessous).
- L'électrolyte est constitué d'une membrane polymère échangeuse de protons H⁺.
- Cette pile est un empilement de 170 cellules élémentaires identiques.
- Le dihydrogène est stocké à bord sous forme de gaz comprimé à la pression de 700 bars ; le volume total du réservoir est V = 15,0 L.
- Lorsque le réservoir de dihydrogène est plein, la masse du dihydrogène disponible pour l'ensemble des 170 cellules élémentaires est de 3,0 kg.

1°) Les couples oxydant / réducteur mis en jeu lors de la réaction sont : H₊(aq) / H₂(g) ; O₂(g) / H₂O(l).
Ecrire la demi-équation rédox pour chaque couple

2°) Quelle est l'équation globale de la réaction qui a lieu quand la pile est en fonctionnement ?

3°) Citer l'un des intérêts de cette pile à combustible.

4°) Montrer que la pile GÉNÉPAC permet de générer de l'électricité mais que la durée de fonctionnement de cette pile est limitée à moins de 4 h.

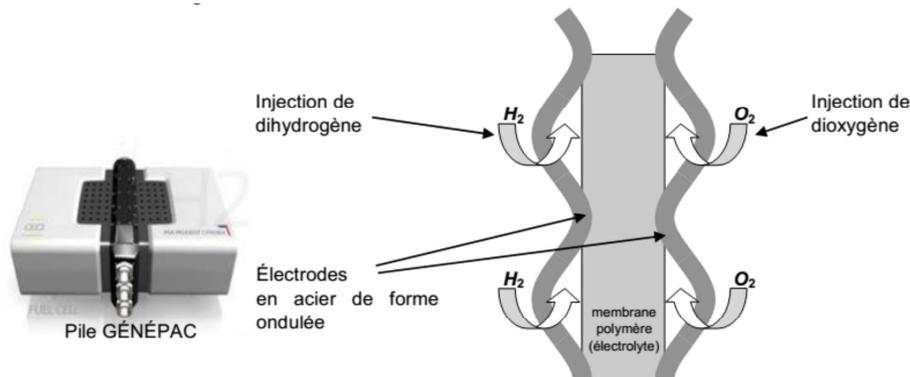


Figure. Schéma d'une des 170 cellules élémentaires

Données :

- Masses molaires atomiques : M(H) = 1,00 g.mol⁻¹ ; M(O) = 16,0 g.mol⁻¹
- Charge électrique transportée par une mole d'électrons : 1 faraday = 1 F = N_A x e = 96500 C/mol
- Couples d'oxydo-réduction mis en jeu dans la réaction : H₊(aq)/H₂(g) et O₂(g)/H₂O(l).
- La quantité d'électricité Q transportée par un courant constant d'intensité I pendant la durée Δt est : Q = I x Δt.
- Les 170 cellules élémentaires constituant la pile sont montées électriquement en série.
- Dans certaines conditions d'utilisation, on peut considérer que le courant circulant dans les cellules élémentaires est constant, d'intensité I = 120 A.