



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**

**Campagne 2009**

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

# SESSION 2009

## ***BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR*** *de* ***CONSTRUCTION NAVALE***

**EPREUVE : SCIENCES PHYSIQUES**

Durée : **2 heures**

Coefficient : **2**

Conformément aux dispositions de  
la circulaire n° 99-018 du 01/02/1999,  
**l'usage de la calculatrice est autorisé.**

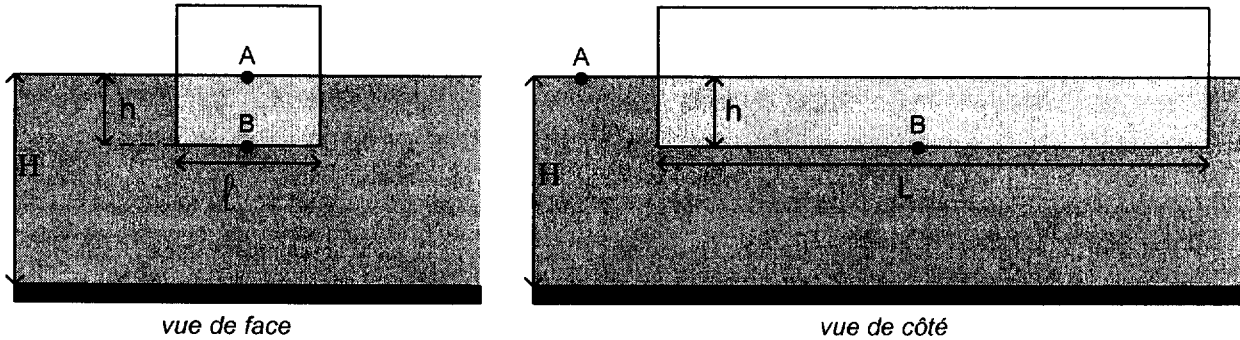
### **Important :**

Ce sujet comporte six pages numérotées de 1 à 5. Assurez-vous qu'il est complet.

- *La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part non négligeable dans l'appréciation des copies.*
- Le premier problème est noté sur **10 points**.
- Le second problème est noté sur **10 points**.
- **Les deux problèmes sont indépendants.**

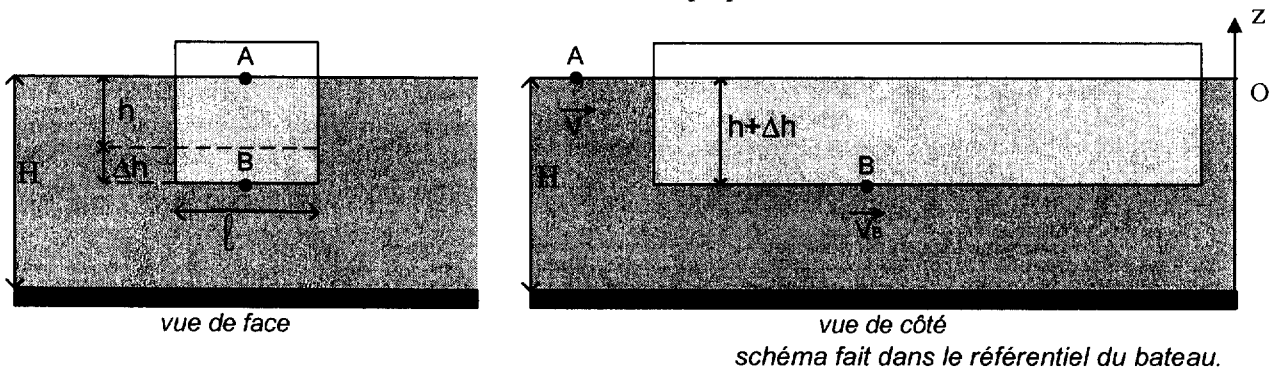
# 1<sup>ère</sup> Partie : Hydrodynamique (10 points)

Un paquebot de masse  $M = 72\,000$  tonnes est assimilé à un parallélépipède de longueur  $L = 290$  m et de largeur  $\ell = 30$  m. Ce paquebot se déplace dans un canal de profondeur  $H$ .



L'eau de mer du canal est de masse volumique  $\rho = 1030 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .  
L'accélération de la pesanteur est notée  $g$  ( $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ).

1. Le paquebot est immobile et on note  $P_A$  et  $P_B$ , les pressions aux points A (point à la surface libre) et B (point sous la coque).
  - 1.1. Calculer le tirant d'eau  $h$  du paquebot.
  - 1.2. Exprimer l'écart de pression  $P_B - P_A$  en fonction des grandeurs  $\rho$ ,  $g$  et  $h$ .
2. Lorsque le paquebot se déplace à la vitesse  $V$ , on constate que son tirant d'eau n'est plus le même et devient égal à  $h + \Delta h$ .  $\Delta h$  est le surenfoncement du paquebot, il reste constant au cours du mouvement.



On considèrera que l'écoulement d'eau se fait uniquement sous le bateau : on négligera l'écoulement sur les côtés du bateau. On suppose l'écoulement parfait.

Dans le repère lié au paquebot, on note  $V_B$  la vitesse de l'écoulement sous le bateau. On note  $z$  l'altitude du point étudié par rapport à la surface de l'eau.

En considérant un repère lié au paquebot, l'équation de Bernoulli pour l'eau de mer en écoulement permanent entre les points A et B donne :

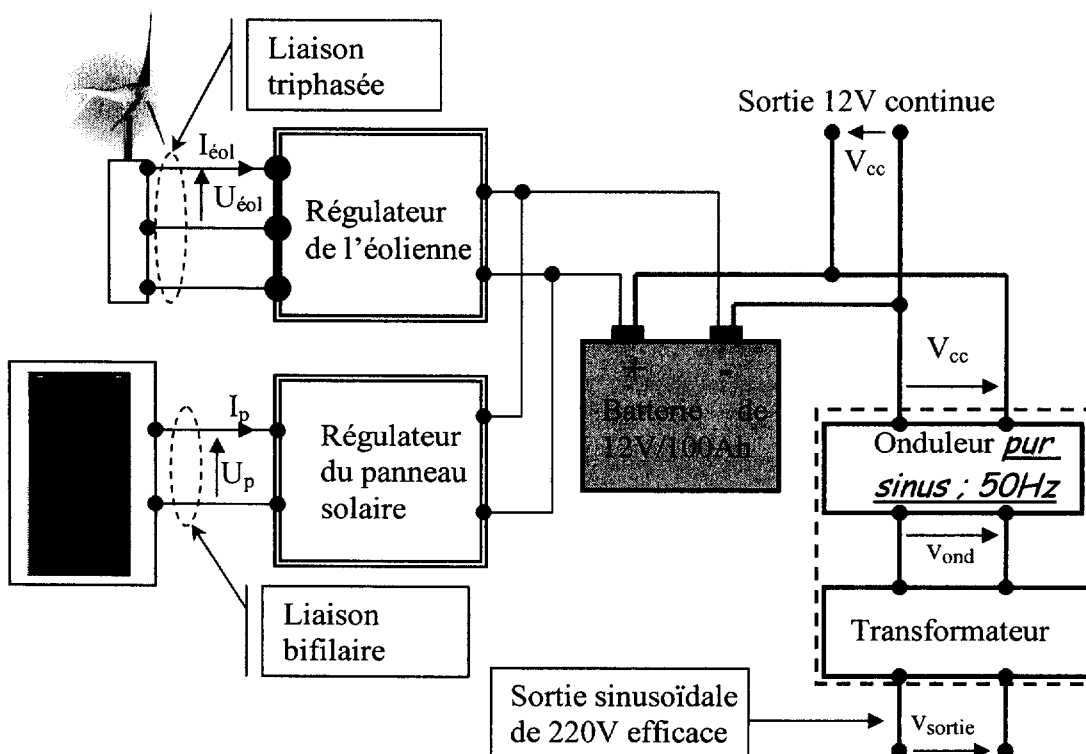
$$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_A^2 + P_A + \rho \cdot g \cdot z_A = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_B^2 + P_B + \rho \cdot g \cdot z_B$$

Dans toute cette partie, on considèrera que malgré l'enfoncement du bateau, l'expression la variation de surpression  $P_B - P_A$  reste rigoureusement identique à celle calculée en 1.2.

- 2.1. Donner un argument physique qui permet de justifier que la pression en  $h + \Delta h$  quand le bateau avance est la même que la pression en  $h$  quand le bateau est à l'arrêt.
- 2.2. A partir de l'équation de Bernoulli et en considérant un repère lié au paquebot ( $V_A = V$ ), montrer que :  $V_B^2 - V^2 = 2 \cdot g \cdot \Delta h$ .
- 2.3. A partir de l'équation de conservation de la masse (équation de continuité) et en considérant les sections  $H \times l$  et  $(H - h - \Delta h) \times l$ , montrer que :  $V_B = \frac{V}{1 - \left(\frac{h + \Delta h}{H}\right)}$
- 2.4. A partir des deux relations précédentes, donner l'expression de  $V$  en fonction de  $g$ ,  $P$ ,  $h$  et  $\Delta h$ .  
Application numérique : pour  $H = 12$  m et  $h = 8$  m, à partir de quelle vitesse le surfoncement du paquebot devient-il supérieur à 1m ?
- 2.5. Quelle conséquence pratique en déduit-on quant à la navigation des paquebots dans les zones de bas fond ?

## 2<sup>ème</sup> Partie : Électricité (10 points)

L'étude réalisée ici est une chaîne de production d'énergie embarquée sur un bateau de plaisance ; le voilier ne dispose pas de groupe diesel mais d'une éolienne et d'un panneau solaire. Le principe simplifié est indiqué sur le schéma suivant :



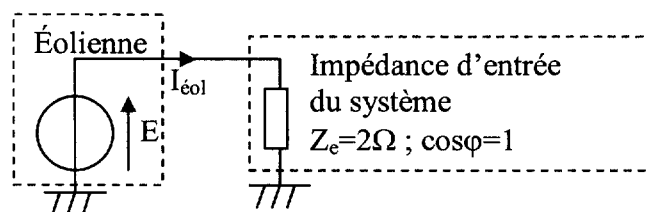
## Description des éléments du système :

- L'éolienne est une génératrice synchrone **bipolaire** triphasée de type « brushless », c'est-à-dire que son inducteur (le rotor) est un aimant permanent ; le flux qu'il délivre est donc constant. Chaque enroulement délivre une f.é.m.  $E$  telle que  $E=0,033 \times n$  en valeur efficace ( $n$  en tours/min).  
**L'impédance de chaque enroulement est considérée comme négligeable.**
- Le panneau solaire peut produire une tension de  $U_p=17V$  et débiter un courant d'intensité  $I_p=5,88A$  lorsque l'ensoleillement est standard.
- Chaque régulateur assure la charge de la batterie. La batterie possède les caractéristiques suivantes : 12V/100Ah. Lorsque la charge de la batterie est jugée satisfaisante, le système la rend « autonome ». Lorsque la puissance électrique appelée par l'installation de bord est trop importante, ou la « décharge » de la batterie est jugée excessive, les deux régulateurs s'accouplent à nouveau à la batterie, et réassurent sa recharge et ainsi de suite... Le régulateur lié à l'éolienne est de type « à absorption sinusoïdale », c'est-à-dire que le courant est quasiment sinusoïdal.
- Une source  $V_{cc}$  continue est assurée en sortie de batterie. On admet que cette tension  $V_{cc}$  est constante dans le temps et égale à 12V. Cette source peut alimenter des lampes, des instruments de bord, etc..
- Ensuite, un onduleur « pur sinus » (c'est-à-dire que la tension de sortie est sinusoïdale), couplé à un transformateur, permet d'obtenir une tension sinusoïdale de 220V efficace ; 50Hz. Cette source peut permettre d'alimenter un ordinateur par exemple.

Pour une batterie dont les caractéristiques sont 12V/100Ah, l'énergie maximale  $W$  qu'elle peut fournir correspond à celle libérée par générateur de tension continue  $U=12V$  fournissant un courant  $I=100A$  pendant une durée  $t$  de 1 heure, soit  $W=U \times I \times t$ .

1. Éolienne : la vitesse de rotation moyenne par bon vent est de 400 tours par minutes.
  - 1.1. Déterminer la f.é.m. par phase  $E$ .
  - 1.2. La valeur de la tension efficace entre phases doit être de 23V. Quel doit être le couplage du stator de la génératrice ?
  - 1.3. Calculer la fréquence  $f$  et la période  $T$  de chacune des tensions composées  $u_{\text{éol}}(t)$  délivrée par la génératrice.

Chaque phase de l'ensemble {éolienne + régulateur} correspond au schéma suivant :



- 1.4. En déduire l'intensité  $I_{\text{éol}}$  par phase.
  - 1.5. En déduire la puissance  $P_{\text{éolienne}}$  délivrée par l'éolienne à l'installation. On vérifiera qu'elle est de l'ordre de 260W.
2. Le panneau solaire :  
Calculer la puissance électrique  $P_{\text{panneau}}$  que fournit le panneau lorsque l'ensoleillement est satisfaisant.
3. Charge de la batterie :
  - 3.1. Quelle énergie maximale peut fournir la batterie lorsqu'elle est totalement chargée ?

En considérant maintenant que la batterie est déchargée à 50% et que chaque régulateur dispose d'un rendement  $\eta_{\text{rég}}$  de 80% dans un fonctionnement normal :

3.2. De combien de temps faut-il disposer pour recharger la batterie si l'éolienne et le panneau fonctionnent simultanément (*en secondes, puis heures et minutes*) ?

3.3. Même question par temps sans vent où seul le panneau solaire peut délivrer de l'énergie.

#### 4. Utilisation de l'alimentation 12V continue :

Cette source de tension alimente un ensemble d'équipements répertoriés dans le tableau suivant :

| Équipement            | Puissance consommée | Durée de consommation journalière |
|-----------------------|---------------------|-----------------------------------|
| Feu tricolore         | 10W                 | 8h                                |
| Table à cartes        | 6W                  | 1h                                |
| Veilleuses couchettes | 2×6W                | 1h                                |
| Chauffage             | 40W                 | 1h                                |
| Pilote automatique    | 40W                 | 12h                               |
| Éclairage carré       | 20W                 | 3h                                |

4.1. Si tous ces éléments fonctionnent simultanément, calculer la puissance  $P_C$  réclamée à la batterie.

4.2. En déduire l'intensité du courant  $I_{cc}$  appelée.

4.3. Si la tension aux bornes de la batterie reste autour des 12V pendant cette décharge, au bout de combien de temps le régulateur réenclenche le processus de recharge sachant que la décharge maximale de la batterie ne peut dépasser 50% (*en secondes, puis heures et minutes*) ?

4.4. Calculer l'énergie  $W_c$  consommée par l'installation de bord sur une journée (*résultat donné en joules et en Wh*). La charge de la batterie est-elle active tous les jours (dans les conditions de temps optimales, bien sûr)? Justifiez votre réponse.

#### 5. L'onduleur « pur sinus »:

5.1. De quel type de convertisseur s'agit-il ?

5.2. Quel est le rôle d'un tel convertisseur ?

5.3. La tension de sortie de cet onduleur particulier est parfaitement sinusoïdale. Quelle doit être la valeur efficace de sa tension  $V_{\text{ond}}$  de sortie si son alimentation est assurée par la batterie, c'est-à-dire que  $V_{\text{ondmax}}=V_{cc}$ ?