Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

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.

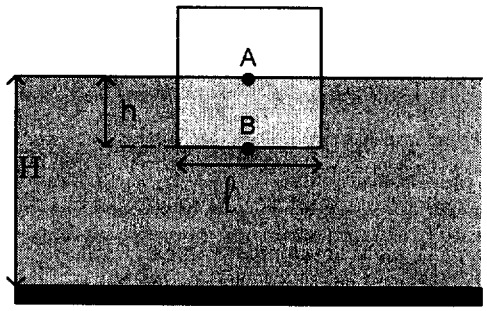
Important :
Ce sujet comporte six pages numérotées de 1 à 5. Assurez-vous qu'il est complet.

- ***La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part non négligeable dans l'appréciation des copies.***

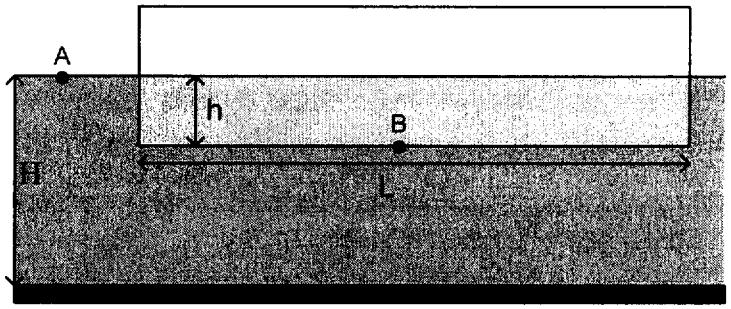
- Le premier problème est noté sur **10 points**.
- Le second problème est noté sur **10 points**.
- **Les deux problèmes sont indépendants.**

1ère 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 ℓ = 30 m. Ce paquebot se déplace dans un canal de profondeur H.



vue de face



vue de côté

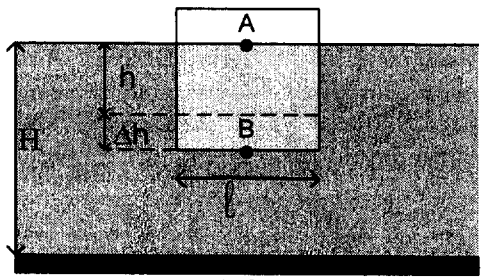
L'eau de mer du canal est de masse volumique $\rho = 1030\ kg.m^{-3}$.
L'accélération de la pesanteur est notée g ($g = 9{,}81\ m.s^{-2}$).

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).

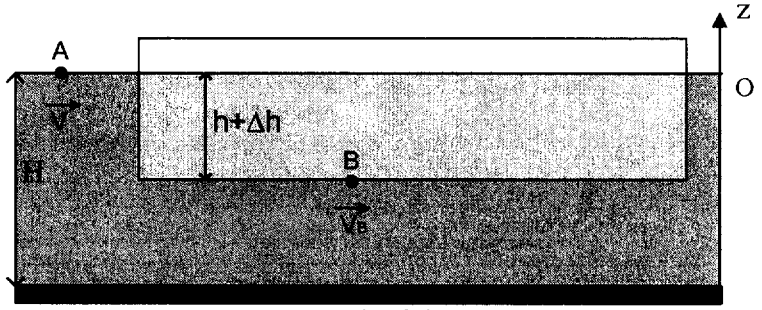
   1.1. Calculer le tirant d'eau h du paquebot.

   1.2. Exprimer l'écart de pression P_B-P_A en fonction des grandeurs ρ, 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+Δh. Δh est le surenfoncement du paquebot, il reste constant au cours du mouvement.



vue de face



vue de côté
schéma fait dans le référentiel du bateau.

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 Bernouilli 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+ Δh 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 Bernouilli 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 x ℓ et $(H - h - \Delta h) \times \ell$, montrer que : $V_B = \dfrac{V}{1 - \left(\dfrac{h + \Delta h}{H}\right)}$

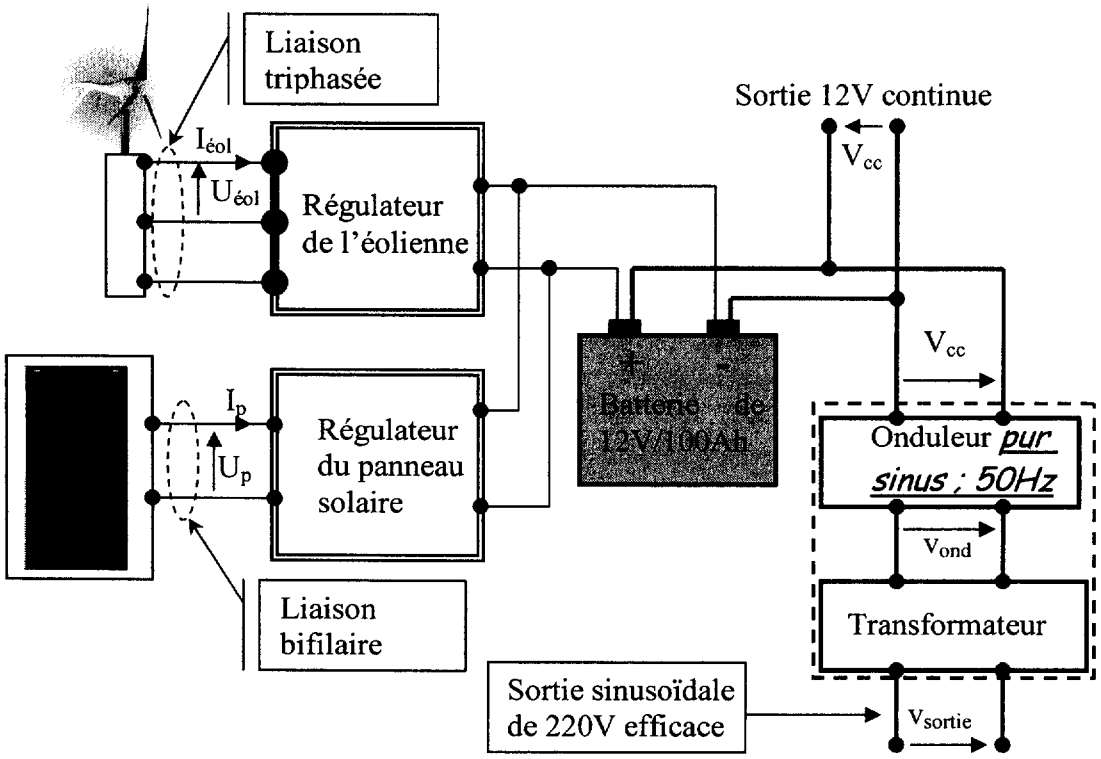
2.4. A partir des deux relations précédentes, donner l'expression de V en fonction de g, P, h et Δh.

Application numérique : pour H = 12 m et h = 8 m, à partir de quelle vitesse le surenfoncement 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 ?

2ème 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 :



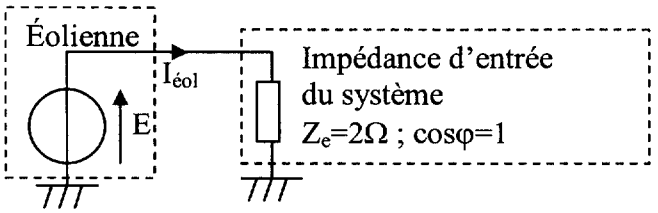
Description des éléments du système :

- 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×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 de1 heure, soit W=U×I×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 $u_{éol}(t)$ délivrée par la génératrice.

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



   1.4. En déduire l'intensité $I_{éol}$ par phase.
   1.5. En déduire la puissance $P_{éolienne}$ 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 $P_{panneau}$ 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 $\eta_{rég}$ 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_{ond} de sortie si son alimentation est assurée par la batterie, c'est-à-dire que $V_{ondmax}=V_{cc}$?