Ministère
des Transports
de l'Equipement
du Tourisme
et de la Mer

ANNALES
DES CONCOURS ET EXAMENS

ORGANISES PAR LE MINISTERE DES TRANSPORTS, DE L'EQUIPEMENT
DU TOURISME ET DE LA MER

Direction Générale
du Personnel
& de l'Administration
service du personnel

Bureau Recrutement
des Concours et
de la Formation
DGPA/SP/RCF2-SE

Intitulé du Concours ou de l'Examen Professionnel :
INSPECTEUR DES AFFAIRES MARITIMES

Année **2005**

Mode d'Accès : **EXTERNE**

Epreuve n° **2**

Filière, Option ou Spécialité : **Navigation et sécurité**

Intitulé de l'Epreuve :
Questions (math, physique, résistance des matériaux, mécanique et vibrations)

Durée : **3 Heures**

Coefficient : **4**

Détail :
Document, calculatrice non admis

Code DGPA/SP/RCF2 : **IAM_05_E_2_Q**

Tour Pascal B - 92055 La Défense cedex - Téléphone : 01 40 81 21 22
Site du recrutement : www.equipement.gouv.fr/recrutement

Ministère de l'équipement, des transports, de l'aménagement du territoire,
du tourisme et de la mer

CONCOURS EXTERNE

D'INSPECTEUR DES AFFAIRES MARITIMES

Option technique relative à la sécurité de la navigation

SESSION 2005

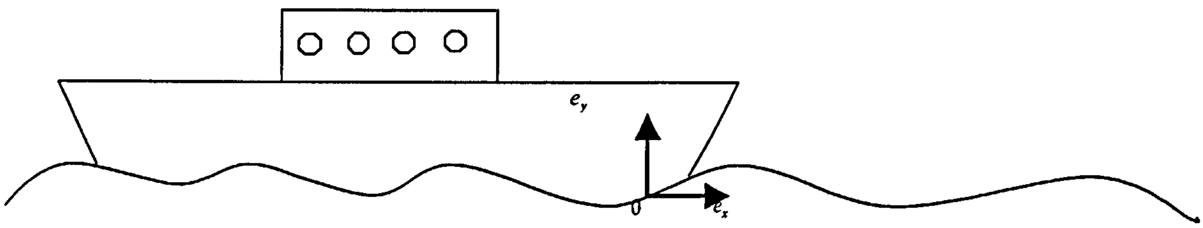
Questions destinées à évaluer à la fois les connaissances générales des candidats et leurs connaissances des éléments fondamentaux de mathématiques, physique, résistance des matériaux, de mécanique et de vibrations.

(durée : trois heures ; coefficient 4)

L'UTILISATION DE LA CALCULATRICE N'EST PAS AUTORISÉE
AUCUN DOCUMENT N'EST AUTORISÉ

Exercice 1 : Mécanique

Un navire se déplace à la vitesse constante $\vec{v}_{nav} = v_0\,\vec{e}_x$ par rapport au référentiel terrestre. L'équipage mouille l'ancre à la date $t = 0$. L'ancre est repérée par son centre de gravité G, sa masse m et on note les vecteurs position, vitesse et accélération respectivement par $\vec{r}(t), \vec{v}(t)$ et $\vec{a}(t)$. Le champ de pesanteur terrestre $\vec{g} = -g\,\vec{e}_y$ est uniforme et constant. L'action de l'eau sur l'ancre se résume à la force d'Archimède que l'on notera $Mg\,\vec{e}_y$ et à la force de frottement visqueux $-\alpha\,\vec{v}(t)$. Dans tout l'exercice, on néglige l'action de la houle, des courants marins et de la chaîne sur l'ancre. Pour les projections, on utilisera le repère $(0, \vec{e}_x, \vec{e}_y)$ attaché au référentiel terrestre, O étant le point où l'ancre touche la surface de l'eau à $t = 0$. Le référentiel terrestre est supposé galiléen.



1. Quel doit être le signe du coefficient de frottement α ? Justifier votre réponse par un argument physique et sans calculs.

2. Selon le principe d'Archimède, que représente M et quelle condition doit être réalisée sur m et M pour que l'ancre coule ? On supposera évidemment cette condition réalisée dans la suite.

3. Ecrire le Principe Fondamental de la Dynamique de Newton appliqué à l'ancre G, vectoriellement puis en projection dans le repère $(0, \vec{e}_x, \vec{e}_y)$.

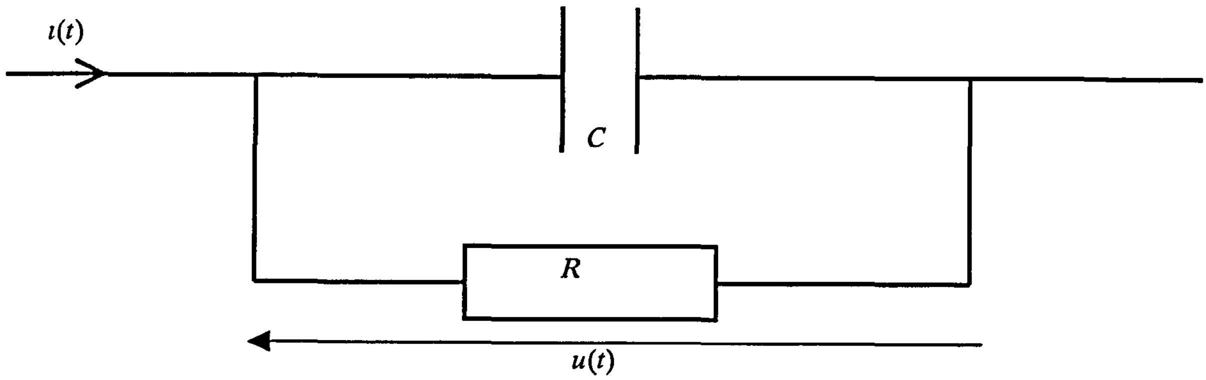
4. Quel est le vecteur vitesse de l'ancre dans le régime permanent ?

5. Intégrer les équations du mouvement (obtenues à la question 3.) avec la condition initiale $\vec{v}(t = 0) = \vec{v}_{nav}$ en introduisant la notation $\tau = m/\alpha$ pour alléger les expressions. On s'intéresse seulement à l'évolution de la vitesse et on ne demande donc pas le calcul de $\vec{r}(t)$. Donner la dimension et la signification physique de τ ?

6. Dessiner schématiquement la trajectoire de l'ancre dans le référentiel terrestre en supposant l'eau assez profonde pour que le régime permanent soit atteint avant que l'ancre ne touche le fond.

Exercice 2 : Electrocinétique

On modélise un condensateur réel par l'association en parallèle d'un condensateur idéal de capacité C et d'une résistance élevée R dite d'isolement.



1. Donner l'expression de l'impédance d'un condensateur idéal en fonction de sa capacité C et de la fréquence f. On notera j le nombre complexe de module unité et d'argument $\pi/2$.

2. Donner le schéma électrique du condensateur réel dans la limite de très haute fréquence $f \to \infty$. Comment se comporte le condensateur réel dans cette limite ?

3. Mêmes questions que 2. dans la limite opposée de très basse fréquence $f \to 0$.

4. Calculer l'admittance Y (inverse de l'impédance) du condensateur réel et dessiner la représentation de Fresnel de Y.

5. Calculer le courant $i(t)$ lorsqu'on applique une tension $u(t) = u_m \cos 2\pi f t$.

6. Calculer l'angle de perte δ du condensateur (réel) sachant qu'il est donné par la formule générale $\tan\delta = A/|B|$ pour un dipôle d'admittance $Y = A + jB$.

7. <u>Application numérique</u> : calculer l'angle de perte pour $C = 1\mu F$ et $R = 1M\Omega$ à la fréquence $f = 50Hz$. Commenter.

Exercice 3 : Magnétostatique

On considère une bobine constituée d'un fil de cuivre enroulé autour d'un cylindre à raison de n spires par unité de longueur.

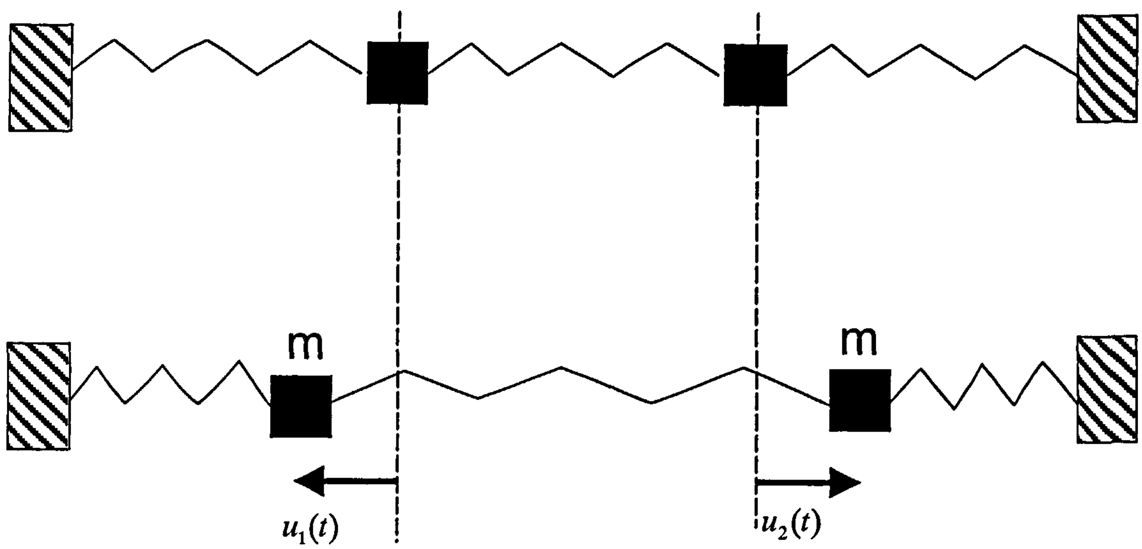
1. Soit un circuit filiforme fermé parcouru par un courant d'intensité I. Rappeler le théorème d'Ampère qui relie le champ magnétique $\vec{B}$ créé par ce circuit à I.

2. En supposant que la bobine est infiniment longue, quelle est la direction du champ magnétique à l'intérieur de la bobine ? Dessiner les lignes de champ.

3. En admettant que le champ magnétique est confiné à l'intérieur de la bobine et donc nul à l'extérieur, déterminer le champ magnétique régnant dans la bobine.

Exercice 4 : Oscillations couplées

On considère deux masses égales m, reliées entre elles et aux parois fixes par 3 ressorts de raideur k comme indiqué sur la figure ci-dessous. La première ligne représente le système au repos et la seconde le même système dans une configuration quelconque caractérisée par les déplacements ou élongations algébriques $u_1(t)$ et $u_2(t)$.



1. Ecrire les équations du mouvement pour les élongations $u_1(t)$ et $u_2(t)$.

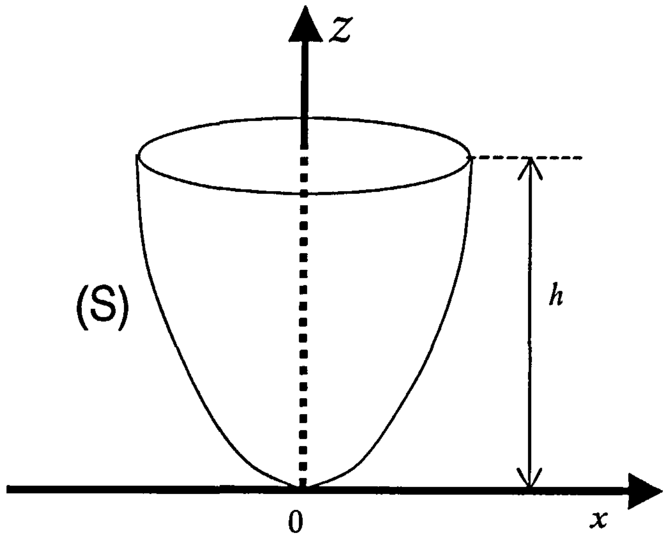
2. Mettre les équations 1. sous forme matricielle.

3. Quelles sont les fréquences propres de ce système ? Sans calculs, dire ce qu'il se passe si on excite ce système en faisant vibrer une paroi à une de ces fréquences propres ?

4. Trouver les modes propres associées à chaque fréquence propre et décrire (phrase + dessin) comment vibrent les deux masses dans chacun de ces modes.

Exercice 5 : Centre de gravité et moment d'inertie

Le solide (S) ci-dessous est limité par un paraboloïde de révolution tronqué obtenu en faisant tourner la parabole d'équation $z = hx^2/\mathrm{R}^2$ autour de l'axe Oz et par le plan $z = h$.



1. Calculer le volume du solide (S) en fonction de h.

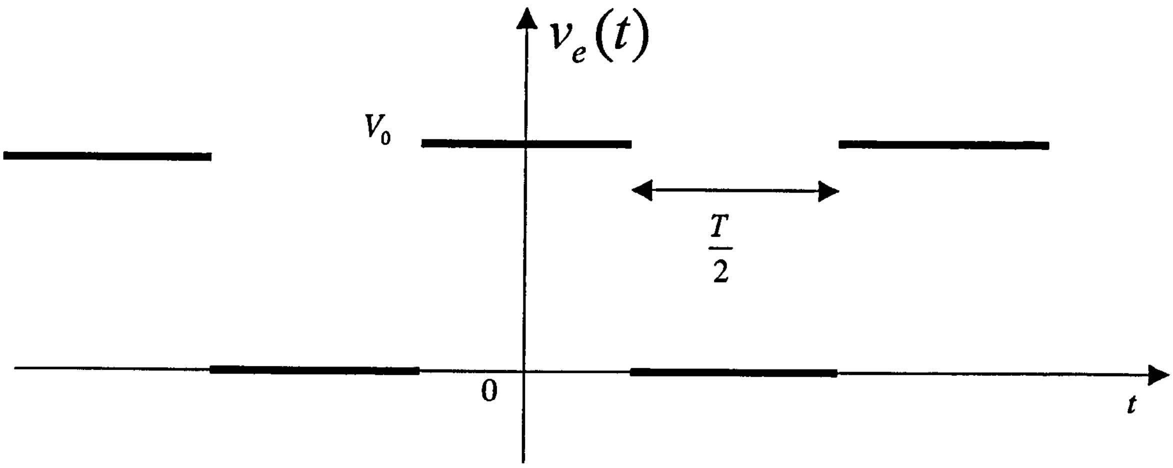
2. Calculer le centre de gravité de (S) en supposant que la distribution de masse est uniforme et caractérisée par une masse volumique ρ_0 .

3. Calculer le moment d'inertie de (S) par rapport à l'axe z toujours dans l'hypothèse de répartition uniforme de la masse.

4. Mêmes questions que 2. et 3. pour une distribution de masse non uniforme caractérisée par un profil de masse volumique $\rho(z) = \rho_0\, z / h$.

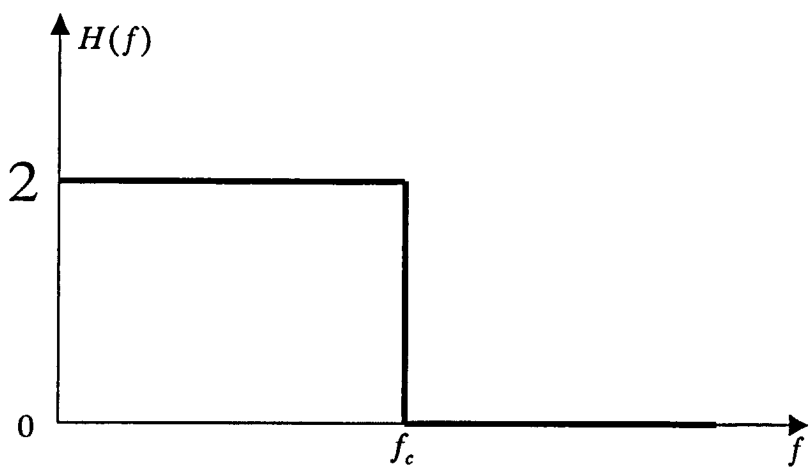
Exercice 6 : Séries de Fourier

La figure suivante représente un signal $v_e(t)$ de période T .



1. Indiquer la parité de $v_e(t)$. Calculer les coefficients de Fourier de $v_e(t)$.

2. On envoie le signal $v_e(t)$ à l'entrée d'un filtre linéaire dont la fonction de transfert $H(f)$ est représentée ci-dessous en fonction de la fréquence f



Ce filtre est-il passe-bande ? Passe-haut ? Passe-bas ?
Comment appelle-t-on usuellement f_c ?

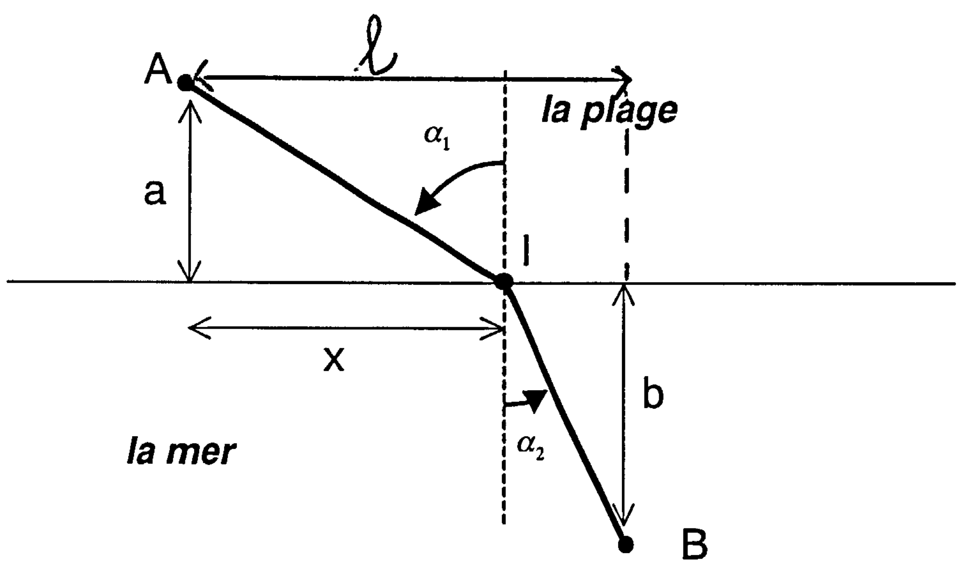
3. Calculer et dessiner le signal à la sortie du filtre dans chacun des cas suivants :

a) $f_c = \dfrac{1}{2T}$ b) $f_c = \dfrac{3}{2T}$ c) $f_c = \dfrac{5}{2T}$

4. On envoie le signal d'entrée sur un multiplieur qui délivre la tension de sortie $v_s(t) = k\,v_e^2(t)$. Quelle est l'unité du coefficient k ? Le multiplieur est-il un composant linéaire ou non linéaire ? En utilisant l'identité de Bessel, écrire le signal de sortie moyen en fonction des coefficients de Fourier de $v_e(t)$ (inutile de remplacer par leurs valeurs obtenues en 1).

Exercice 7 : Sauvetage d'un baigneur, minimisation et optique géométrique

A la date $t = 0$, une monitrice de natation située sur la plage en A remarque un baigneur en difficulté dans l'eau en B. La monitrice court sur le sable à la vitesse v_1 et nage à la vitesse $v_2 < v_1$ dans l'eau.



1. Quelle serait la meilleure trajectoire pour sauver le nageur, si on avait égalité des vitesses v_1 et v_2 ?

2. Calculer le temps nécessaire $t(x)$ à la monitrice pour effectuer le trajet composé des deux segments de droite AI sur le sable et IB dans l'eau. On suppose que le baigneur se débat sur place sans dériver.

3. Quelle relation doit satisfaire x pour minimiser le temps $t(x)$? Réécrire cette relation en fonction des angles α_1 et α_2, et des vitesses v_1 et v_2 .

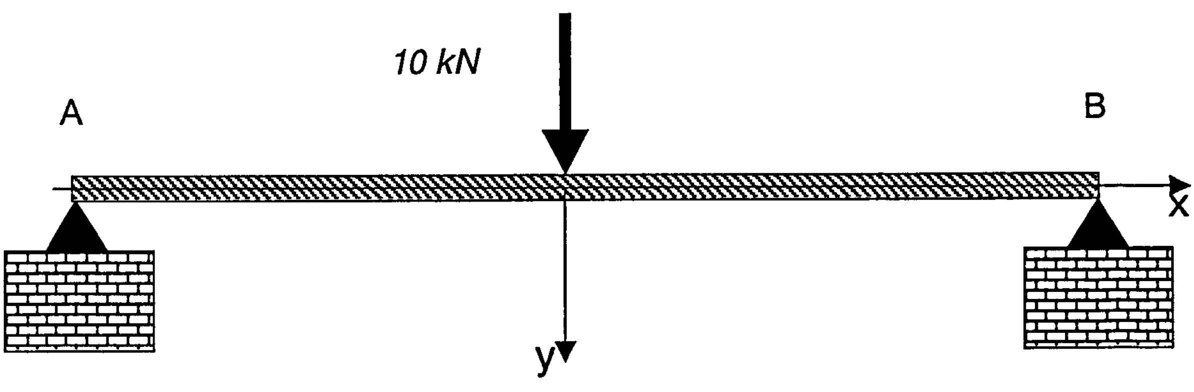
4. Remplaçons la plage et la mer par des milieux optiques transparents d'indices respectifs n_1 et n_2. Rappeler la définition de l'indice optique n d'un milieu en fonction de la vitesse de la lumière c dans le vide et de la vitesse de la lumière v dans ce milieu. Comparer les vitesses de la lumière dans le vide et dans un milieu (culture générale, pas de calculs) et en déduire une inégalité sur l'indice optique.

5. En utilisant les notations de la figure ci-dessus, énoncer les lois de la réfraction qui permettent de construire le rayon lumineux émis en A et reçu en B. Quel principe d'Optique Géométrique vous évoque cette analogie entre le sauvetage en mer et les lois de la réfraction ?

6. Problème inverse :
le baigneur remarque une monitrice séduisante sur la plage, quelle trajectoire optimale doit-il emprunter pour la rejoindre (elle est immobile et le baigneur a exactement les mêmes capacités physiques que la monitrice, c'est-à-dire mêmes vitesses de pointe sur le sable et dans l'eau) ? A quel principe de l'optique géométrique cette situation vous fait-elle penser ?

Exercice 8 : Résistance des matériaux

Une poutre de longueur $l = AB = 4m$ supporte une charge $F = 10^4 N$ concentrée en son milieu. Les extrémités A et B de la poutre sont posées sur deux appuis simples. On néglige la masse de la poutre.



1. Calculer les réactions R_A et R_B aux appuis. Dessiner le polygone des forces en statique.

2. Tracer le diagramme des efforts tranchants $T(x)$.

3. Calculer et tracer le diagramme des moments fléchissants $M(x)$.

4. Calculer la valeur maximale du moment fléchissant dans la poutre.

La déformée $y(x)$ au point P d'abscisse x de la poutre est reliée au moment fléchissant $M(x)$ en ce point par l'équation

$$\frac{d^2y}{d^2x}(x) = -\frac{M(x)}{EI},$$

où E et I sont respectivement les module d'élasticité longitudinal et le moment d'inertie quadratique de la section droite de la poutre.

5. Déterminer la déformée $y(x)$.

6. Déterminer l'expression littérale de la flèche maximale f en fonction de F, l, E et I, ainsi que sa valeur numérique pour : $E = 20000\ daN.mm^{-2}$ et $I = 1000\ cm^4$.

FIN DU DOCUMENT