



BLAISE PASCAL
PT 2022-2023

Préparation à l'oral

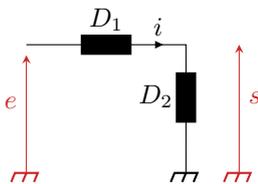
Problèmes ouverts

Un problème ouvert demande de l'initiative dans le raisonnement mené. Pour aborder un tel exercice, il peut notamment être utile de faire un schéma modèle, d'identifier et nommer les grandeurs pertinentes, de proposer des hypothèses simplificatrices, de décomposer le problème en des sous-problèmes simples, etc. Le candidat peut également être amené à proposer des valeurs numériques raisonnables pour les grandeurs manquantes ... et à l'inverse toutes les valeurs données ne sont pas forcément utiles. Le tout est évidemment à adapter à la situation proposée !

Exercice 1 : Dipôles masqués

oral CCINP MP | 💡 3 | ✂️ 1

 ▷ Problème ouvert.



Avec un résistor, une bobine et un condensateur on réalise deux dipôles D_1 et D_2 . En régime continu, on mesure $I = 1 \text{ mA}$ pour $E = 3 \text{ V}$. En régime sinusoïdal, le circuit présente un comportement passe-bande de fréquence de résonance $f_0 = 1 \text{ kHz}$ et de bande passante $\Delta f = 200 \text{ Hz}$.

Question : Identifier les dipôles et la valeur des composants utilisés.

Donnée : forme canonique de la fonction de transfert d'un filtre passe bande du second ordre :

$$\underline{H} = \frac{H_0}{1 + jQ \left(x - \frac{1}{x} \right)} = \frac{\frac{jx}{Q} H_0}{1 - x^2 + \frac{jx}{Q}}$$

Exercice 2 : Sieste en hamac

💡 3 | ✂️ 1

 ▷ Problème ouvert.



Pensez à vos prochaines vacances ... Pour vous reposer après une année bien remplie vous êtes partis au soleil et vous souhaitez vous accorder une petite sieste dans un hamac tendu entre deux arbres. Malheureusement, les cordes d'attache du hamac sont très usées et vous n'aimeriez pas vous retrouver par terre.

Question : Pour minimiser les risques, vaut-il mieux attacher le hamac presque à l'horizontale ou au contraire le laisser pendre largement ?

Exercice 3 : Chariot à niveau constant

💡 3 | ✂ 1


 ▷ *Problème ouvert.*

De nombreuses structures de restauration collective utilisent des chariots à niveau constant pour la distribution des plateaux, assiettes, verres, etc. Les plateaux sont posés sur un support plan maintenu par des ressorts de telle sorte que le haut de la pile soit toujours à la même hauteur, quel que soit le nombre de plateaux empilés, voir figure 1.

Question : Déterminer toutes les caractéristiques utiles de la machine. Des valeurs numériques vraisemblables sont attendues.

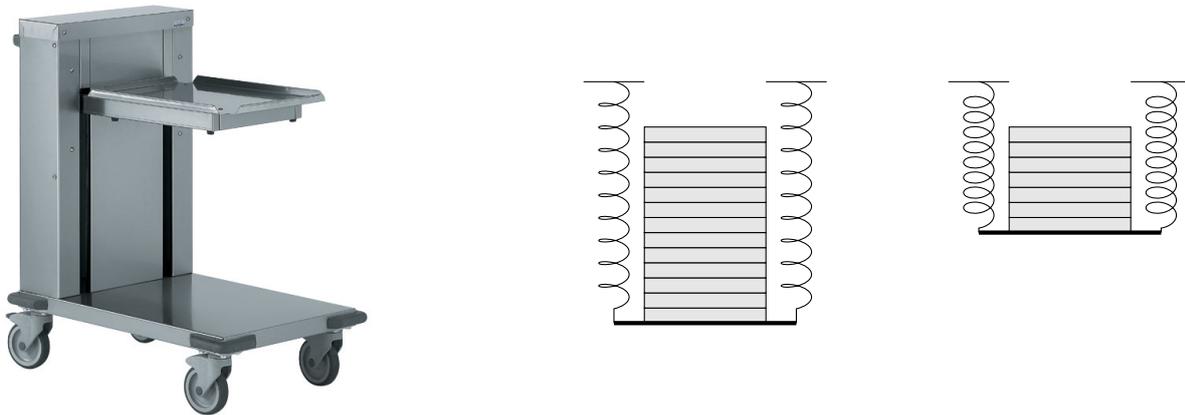


Figure 1 – Chariot à niveau constant d'un distributeur de plateaux.

Exercice 4 : Décollement du toit d'un cabanon

inspiré oral banque PT | 💡 3 | ✂ 2


 ▷ *Problème ouvert.*

On considère un cabanon de jardin haut de 2 m et de surface au sol 10 m² exposé au vent. Le toit de ce cabanon est constitué d'une plaque en tôle pesant 50 kg. On suppose que le cabanon n'a plus d'influence sur l'écoulement de l'air au delà de 1 m au dessus du cabanon.

Question : À partir de quelle vitesse le vent peut-il soulever le toit du cabanon ? Commenter.

Exercice 5 : Harfang des neiges

inspiré oral CCINP PSI | 💡 3 | ✂ 2


 ▷ *Problème ouvert.*


La chouette harfang (qui est en fait un hibou) est un rapace vivant principalement dans la toundra arctique. Il s'agit d'un oiseau de grande taille, possédant une envergure d'environ 150 cm, une longueur de 60 cm et une masse de 2 kg. Par grand froid, elle se recroqueville en boule de rayon 10 cm. Son plumage épais lui permet alors de maintenir sa température corporelle à 40 °C en toute circonstance, y compris lors de tempêtes de neige ou lorsque la température extérieure avoisine les -60 °C. L'énergie nécessaire lui est apportée par consommation de glucose selon la réaction



Des expériences réalisées en laboratoire ont permis de mesurer la consommation moyenne en dioxygène d'une chouette harfang, ramenée à sa masse corporelle : à une température de -30 °C, elle est de 0,7 L · h⁻¹ · kg⁻¹.

Question : Estimer l'épaisseur de son plumage. Des données thermodynamiques figurent au verso.

Données :

▷ enthalpies standard de formation :

$$\Delta_f H_{\text{glucose}}^\circ = -1273,3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \quad \Delta_f H_{\text{CO}_2}^\circ = -393,5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \quad \Delta_f H_{\text{H}_2\text{O}}^\circ = -285,10 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

▷ masses molaires : $M_{\text{H}} = 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ $M_{\text{C}} = 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ $M_{\text{O}} = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$;

▷ conductivité thermique apparente du plumage : $\lambda = 0,04 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;

▷ résistance thermique d'une coquille sphérique d'épaisseur e et de rayon $a \gg e$:

$$R_{\text{th}} = \frac{e}{4\pi\lambda a^2}.$$

▷ constante des gaz parfaits : $R = 8,3 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;

▷ nombre d'Avogadro : $N_{\text{A}} = 6,0 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Exercice 6 : Combinaison de plongée

oral CCINP PSI | 💡 3 | ✂ 2



▷ Résolution de problème.

Il y a risque d'hypothermie lorsque la température du corps passe en-dessous de 35 °C.

1 - Déterminer le temps au bout duquel il y a risque d'hypothermie pour un baigneur dans la Manche à 17 °C.

2 - Quelle doit être l'épaisseur d'une combinaison de plongée en néoprène pour éviter l'hypothermie lors d'une baignade infiniment longue ?

Données :

▷ capacité thermique massique du corps humain : $c_{\text{corps}} = 3,5 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$;

▷ résistance thermique de la peau : $R_{\text{peau}} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$;

▷ conductivité thermique du néoprène : $\lambda_{\text{néo}} = 0,2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;

▷ puissance produite par le métabolisme : $P_{\text{corps}} = 100 \text{ W}$;

▷ puissance surfacique de perte du corps humain dans l'eau (par convection) : $P_{\text{conv}} = \alpha(T_{\text{ext}} - T)$, avec T la température de la peau, T_{ext} la température de l'eau et $\alpha = 10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$.

Exercice 7 : Coût de fonctionnement d'un frigo

💡 3 | ✂ 2



▷ Problème ouvert.

Vous achetez six bouteilles de 1 L de jus de fruit que vous rangez dans votre réfrigérateur. Une heure plus tard, elles sont à la température du frigo.

Question : combien vous coûte ce refroidissement ?

Données :

▷ l'efficacité thermodynamique du réfrigérateur vaut 30 % de l'efficacité de Carnot ;

▷ l'isolation imparfaite du réfrigérateur se traduit par des fuites thermiques de puissance 10 W ;

▷ capacité thermique massique de l'eau liquide : $4,2 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$;

▷ tarifs EDF mai 2022 : 1 kWh coûte 0,17 €.

Exercice 8 : Antenne cadre

oral banque PT | 💡 2 | ✂ 1



▷ Problème ouvert.

Une antenne cadre est un type d'antenne simple, robuste, bon marché, convenant à de multiples usages : communication amateur à courte distance, sondes industrielles, radiologie médicale, etc. C'est une des premières structures d'antennes, dont l'usage remonte à Hertz, qui les a utilisées lors de ses expériences pionnières sur la propagation des ondes électromagnétiques. Il s'agit d'une simple boucle, presque fermée sur un voltmètre. On la suppose ici rectangulaire, destinée à recevoir une onde radio amateur de fréquence 27 MHz.

Question : Déterminer l'amplitude du champ électrique de l'onde incidente à partir de la tension efficace lue sur le voltmètre.



Figure 2 – Antenne cadre. Gauche : deux exemples d'antennes utilisables en radiocommunication. Droite : schéma de principe.

Exercice 9 : Rail gun

adapté oral Centrale PSI | 💡 3 | ✂ 2

 ▷ *Problème ouvert.*

Le canon électrique, connu aussi sous le nom anglais de *rail gun*, est une arme à projectile accéléré par une force électromagnétique. Le dispositif, schématisé dans le principe figure 3, revient à établir une différence de potentiel électrique entre deux rails parallèles conducteurs, longs de 3 m et séparés de 10 cm, et à insérer entre eux un projectile de 500 g, conducteur également, pouvant glisser ou rouler dessus. La source peut délivrer un courant de 10^6 A.

Question : Montrer que l'on peut accélérer la masse jusqu'à une vitesse supersonique sans utiliser de champ extérieur.

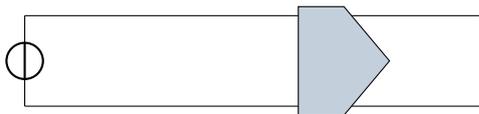


Figure 3 – Rail-gun. Gauche : schéma de principe. Droite : photo prise lors d'un essai d'un rail gun de la Navy américaine.

Exercice 10 : Mesure de l'intensité de la pesanteur

oral banque PT | 💡 3 | ✂ 2

 ▷ *Problème ouvert.*

Le dispositif représenté figure 4 permet une mesure extrêmement précise de l'intensité de la pesanteur g . Il s'agit d'un interféromètre constitué d'une lame séparatrice \mathcal{S} et de deux trièdres rétroreflecteurs identiques. Un trièdre est constitué de trois miroirs plans deux à deux orthogonaux, ce qui permet de renvoyer tout rayon incident dans la direction d'où il vient. Le trièdre \mathcal{T}_F est fixe et l'autre \mathcal{T}_M est mobile. L'appareil est éclairé par un laser hélium-néon de longueur d'onde dans le vide 632,8 nm.

À l'instant initial, le trièdre \mathcal{T}_M est lâché sans vitesse initiale depuis l'altitude $z = 0$ où le chemin optique parcouru dans les deux voies de l'interféromètre est égal. Le récepteur \mathcal{R} enregistre l'intensité lumineuse en fonction du temps.

Question : Déterminer g .

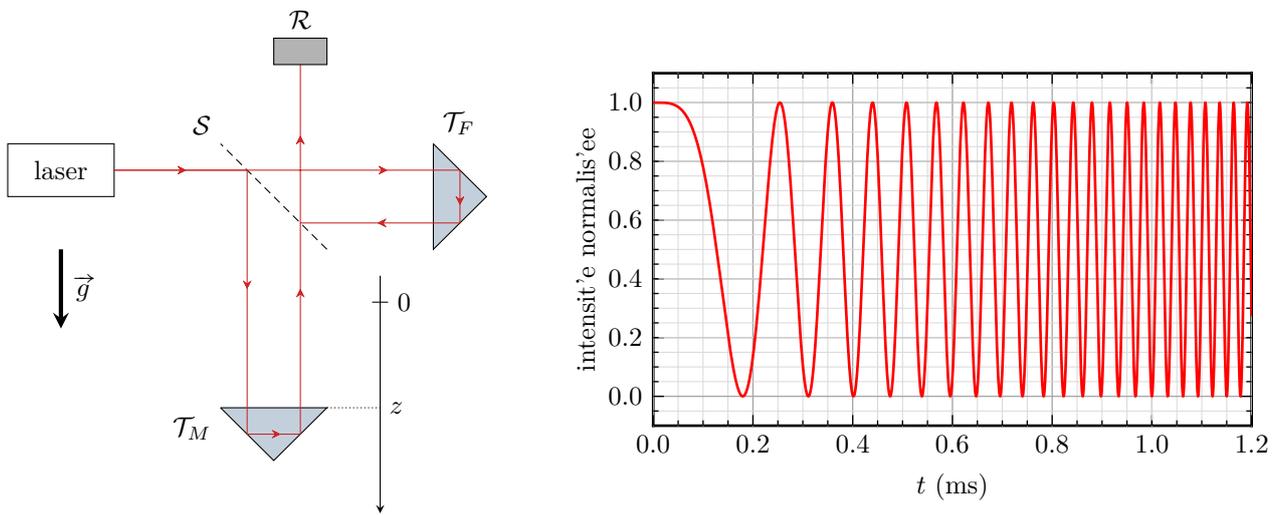


Figure 4 – Mesure interfométrique de l'intensité de la pesanteur.