Concours Commun INP (CCINP), France

Session 2026, filière TPC

Physique

Durée : 4 heures

Ce que traite le sujet

- Problème I, partie I : diffusion thermique dans un grain de maïs
- Problème I, partie II : éclatement et saut du grain
- Problème I, partie III : le pop du pop-corn
- Problème II, partie I : modélisation du condensateur terrestre
- Problème II, parties II et III : courant ionique et décharge
- Problème II, parties IV et V : recharge par les orages

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années :
prepahelp.com/annales/ccinp/tpc/2026/physique

Prepa Help ne revendique aucun droit sur le sujet, propriété de l'organisateur du concours.

ÉPREUVE SPÉCIFIQUE - FILIÈRE TPC

PHYSIQUE

Durée : 4 heures

N.B. : le candidat attachera la plus grande importance à la clarté, à la précision et à la concision de la rédaction. Si un candidat est amené à repérer ce qui peut lui sembler être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et devra poursuivre sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

RAPPEL DES CONSIGNES

- *Utiliser uniquement un stylo noir ou bleu foncé non effaçable pour la rédaction de votre composition ; d'autres couleurs, excepté le vert, bleu clair ou turquoise, peuvent être utilisées, mais exclusivement pour les schémas et la mise en évidence des résultats.*
- *Ne pas utiliser de correcteur.*
- *Écrire le mot FIN à la fin de votre composition.*

Les calculatrices sont interdites.

Le sujet est composé de deux problèmes indépendants.

PROBLÈME I - Physique du pop-corn

Dans ce problème, nous étudions la physique du pop-corn. En effet, derrière cet aliment familier se cachent en réalité plusieurs processus physiques remarquables : lorsqu'un grain de maïs est chauffé, la chaleur se diffuse lentement vers son cœur à travers l'amidon. Cette montée progressive en température finit par vaporiser l'eau enfermée dans le grain, entraînant une brusque augmentation de pression. Lorsque la coque cède, l'expansion rapide de la vapeur provoque l'explosion caractéristique du pop-corn (**figure 1**).

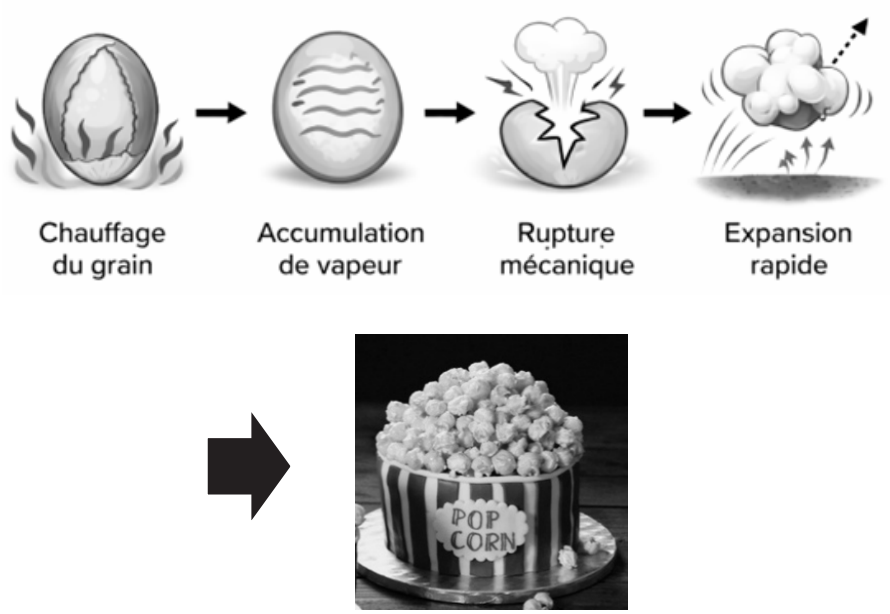


Figure 1 - Schéma du processus de production du pop-corn

Partie I - Diffusion thermique dans un grain de maïs

On étudie un grain de maïs pour pop-corn assimilé à une sphère.

Données numériques associées au grain (valeurs arrondies) pour une modélisation homogène :

- rayon moyen du grain : $a \simeq 3\,\text{mm}$
- masse volumique : $\rho = 1 \cdot 10^3\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- capacité thermique massique : $c = 2 \cdot 10^3\ \text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$
- conductivité thermique : $\lambda = 0,2\ \text{W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$

Le grain est plongé dans de l'huile considérée comme un thermostat à la température $T_{ext} = 200\,°\text{C}$.

On donne l'expression de la diffusivité thermique D_{th} :

$$D_{th} = \frac{\lambda}{\rho c}.$$

Q1. Quelle est l'unité usuelle de D_{th} ?

Q2. Par analyse dimensionnelle, montrer que la durée nécessaire pour que la chaleur diffuse dans tout le grain de maïs est donnée par :

$$\tau_{diff} = \frac{a^2}{D_{th}}.$$

Q3. En déduire la valeur de τ_{diff}. Sachant que les temps de cuisson sont de l'ordre de la minute, peut-on considérer le régime de la diffusion thermique comme permanent pour le grain de maïs ?

L'étude plus approfondie d'un grain de maïs montre qu'il est constitué, de l'extérieur vers l'intérieur, d'une enveloppe protectrice, d'une amande vitreuse, d'une amande farineuse et du germe (**figure 2**).

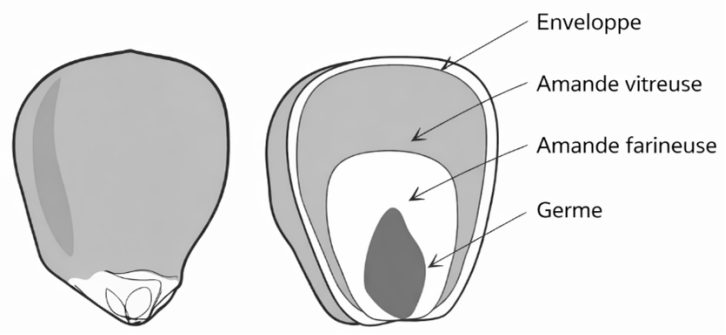


Figure 2 - Anatomie simplifiée d'un grain de maïs

Le tableau suivant donne les durées caractéristiques pour que la diffusion thermique se propage dans chaque zone.

	enveloppe	amande vitreuse	amande farineuse	germe
épaisseur (en mm)	0,1	0,85	2,1	3,0
durée τ_{diff} (en s)	0,1	7	45	90

Tableau 1 - Valeurs pour un grain de maïs de rayon moyen de 3 mm

Q4. Justifier que la diffusion thermique dans l'enveloppe peut être modélisée par un régime quasi-stationnaire.

On modélise l'enveloppe par une calotte homogène délimitée par deux coquilles sphériques de rayon R_1 et R_2 (**figure 3**).

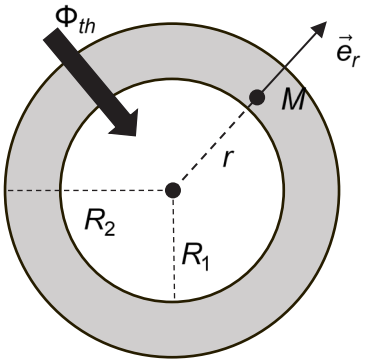


Figure 3 - Modélisation d'une partie de la graine de maïs

Elle est traversée par un flux thermique Φ_{th} positif et constant auquel on associe un vecteur densité volumique de courant $\vec{j}_{th}$ dont l'expression est donnée par la loi de Fourier :

$$\vec{j}_{th}(M) = -\lambda \overrightarrow{grad}[T(M)]$$

où M est un point de la calotte repéré par ses coordonnées sphériques.

Q5. Montrer, par une étude des invariances, que le vecteur $\vec{j}_{th}$ s'écrit en coordonnées sphériques :

$$\vec{j}_{th} = j_{th}(r)\vec{e}_r .$$

Quel est le signe de $j_{th}(r)$?

Q6. À l'aide d'un bilan thermique, justifier que le flux thermique Φ_{th} est indépendant du rayon r dans la calotte sphérique.

Q7. Montrer que la température dans l'enveloppe, à une distance r du centre, s'écrit :

$$T(r) = -\frac{\Phi_{th}}{4\pi\lambda}\frac{1}{r} + K$$

avec K une constante d'intégration que l'on ne cherchera pas à déterminer.

Q8. Donner l'expression de la résistance thermique R_{th} en fonction du flux thermique Φ_{th} et de l'écart de température $\Delta T = T(R_2) - T(R_1)$. Rappeler les équivalents électrocinétiques de ces trois grandeurs physiques.

Q9. Exprimer R_{th} en fonction des données puis montrer, à l'aide des données du **tableau 1**, qu'elle peut se mettre sous la forme simplifiée :

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda S}$$

où l'on donnera les expressions de e et de S en fonction des paramètres géométriques du modèle. Commenter.

Le flux thermique précédent provient d'un échange conducto-convectif avec le bain d'huile à la température T_{ext} dans lequel est plongé le grain de maïs. Il peut se modéliser par une loi dite de Newton :

$$\Phi_{th} = h[T_{ext} - T_S]S_S$$

où T_S est la température en surface du grain, h un coefficient conducto-conductif et S_S la surface de contact avec le bain d'huile.

Q10. Proposer une expression pour la résistance thermique conducto-convective notée R_{cc}.

Q11. Donner, en fonction de e, S_S, λ et de h, l'expression approchée de la résistance thermique équivalente R_{eq} issue de l'association avec R_{th}. On justifiera le modèle utilisé, en série ou en dérivation.

Q12. En étudiant seulement l'enveloppe, justifier que les grains de maïs n'explosent pas tous en même temps lors de leur cuisson.

Partie II - Éclatement et saut du grain de maïs

L'éclatement du pop-corn est déclenché lorsque l'eau confinée dans l'amande farineuse, riche en eau, atteint une température suffisante pour que la pression de vapeur atteigne environ 9 bars. Cette surpression est transmise mécaniquement à l'enveloppe provoquant sa rupture.

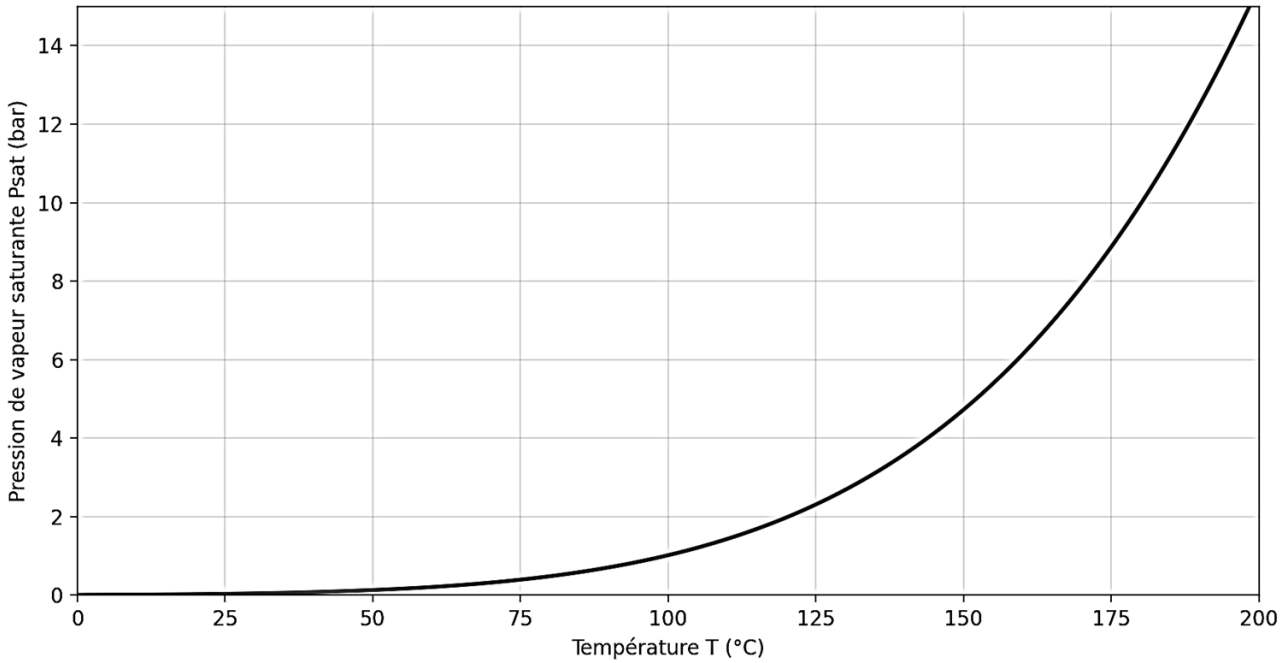


Figure 4 - Évolution de la pression de vapeur saturante de l'eau en fonction de la température

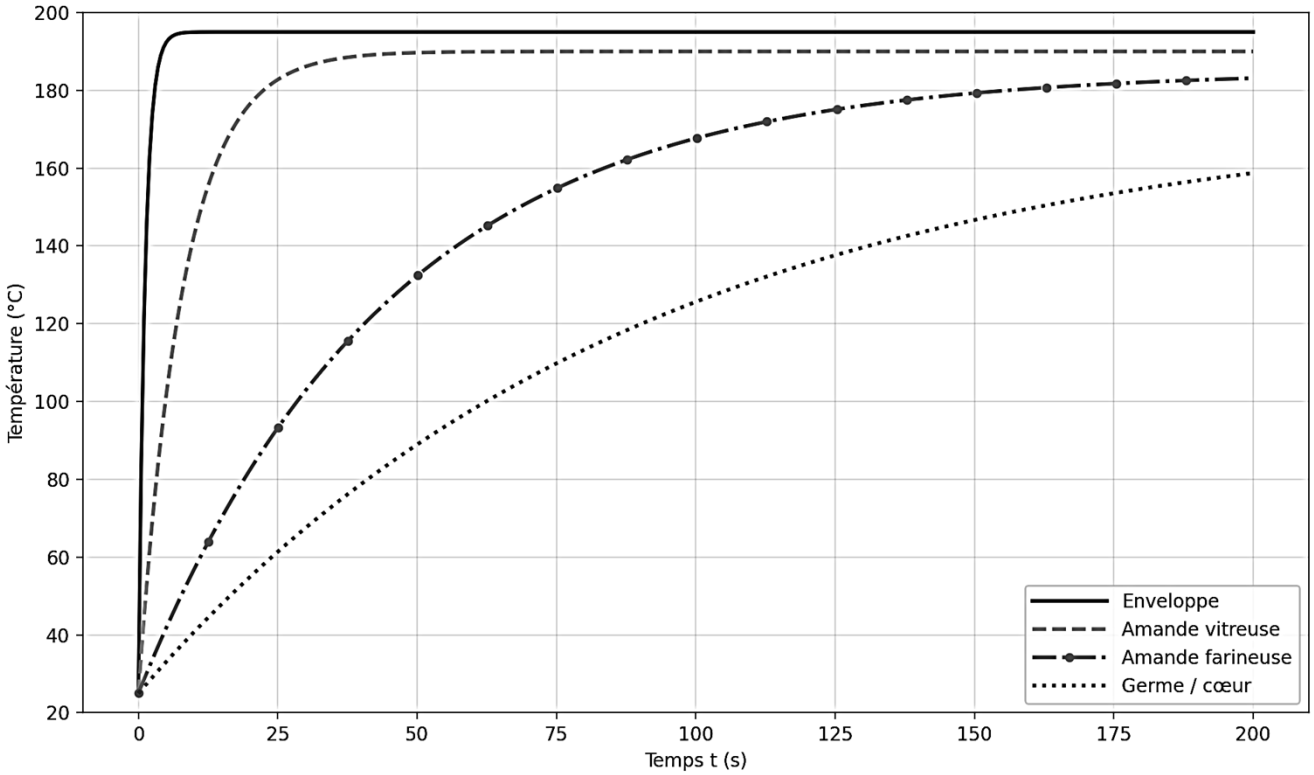


Figure 5 - Évolution temporelle de la température
d'un point médian de chaque zone du grain de maïs

Q13. À partir des **figures 4** et **5**, déterminer le temps nécessaire à l'éclatement d'un grain de maïs. Commenter.

Q14. Lors de l'éclatement, le régime permanent était-il établi pour toutes les zones ? L'augmentation de la température de l'huile de cuisson permet-elle de raccourcir la durée nécessaire à l'éclatement ?

On modélise la vapeur d'eau produite dans l'amande farineuse, juste avant l'éclatement, comme un gaz parfait. Il est supposé à la température T_r, à la pression P_r et confiné dans un volume V_0 constant tant que l'enveloppe n'est pas rompue.

Données :

- produit : $RT_r \simeq 4 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$, avec R la constante des gaz parfaits
- pression : $P_r \simeq 9 \text{ bars}$
- volume : $V_0 \simeq 1 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3$
- masse molaire de l'eau : $M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- masse d'un grain de maïs : $m \simeq 100 \text{ mg}$
- accélération de la pesanteur : $g \simeq 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Q15. Calculer la masse de vapeur présente juste avant l'éclatement. Commenter, sachant qu'un grain de maïs contient initialement 10 % en masse d'eau liquide.

On suppose que la vapeur d'eau n'a pas le temps de s'échapper dans l'atmosphère lors de la transformation brutale faisant passer le volume de V_0 à environ $5V_0$ (volume final d'un pop-corn).

Q16. Exprimer, puis calculer le travail des forces de pression reçu par le système {vapeur d'eau}.

Q17. Si tout ce travail est converti en énergie mécanique reçue par le grain, estimer la hauteur qui serait atteinte lors de son saut après éclatement comme sur l'illustration de la **figure 6**. Commenter. Sous quelles autres formes d'énergie ce travail peut-il être converti ?



Figure 6 - Illustration du saut d'un grain après son éclatement

Partie III - Étude du " pop " du pop-corn

Lors de l'éclatement du grain de maïs, une onde sonore est émise dans l'air environnant : c'est le fameux son " pop " du pop-corn.

Au repos, l'air peut être décrit par les champs uniformes de pression P_0 et de masse volumique μ_0.
Le passage d'une onde sonore déplace les couches d'air et rompt cet état de repos.
On étudie une tranche de fluide comprise en x et $x+dx$ de section S.
On note $\xi(x,t)$ le déplacement à l'instant t de l'abscisse x (**figure 7**).

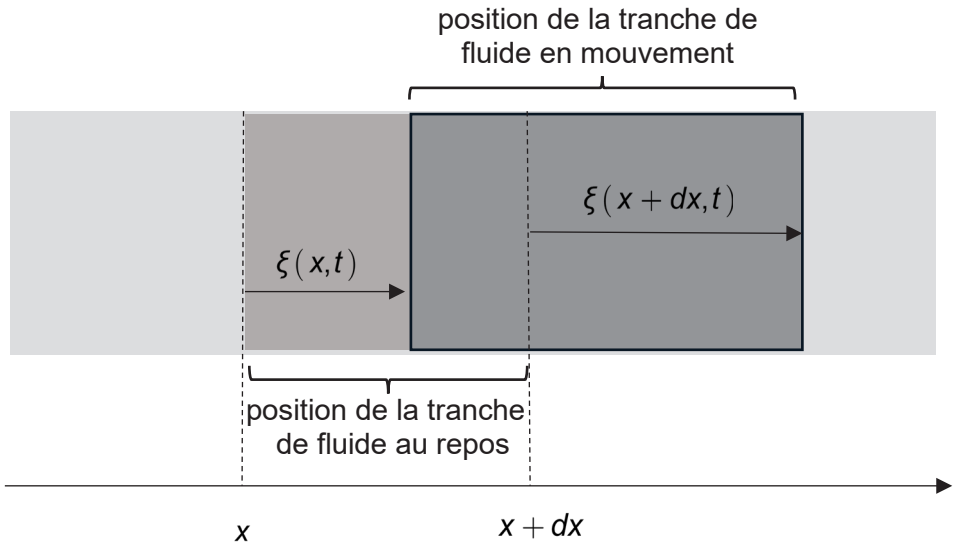


Figure 7 - Tranche de fluide en mouvement à l'échelle mésoscopique

Au passage de l'onde, les champs précédents sont perturbés et s'écrivent en x à l'instant t :

- $P(x,t) = P_0 + p_1(x,t)$,
- $\mu(x,t) = \mu_0 + \mu_1(x,t)$.

On se placera dans le cadre de l'approximation acoustique et on néglige le poids de la particule de fluide devant les forces de pression.

Q18. Expliquer ce que l'on entend par approximation acoustique.

Q19. Déterminer le volume $d\tau$ de la particule de fluide en mouvement. Montrer qu'il peut se mettre sous la forme :

$$d\tau \simeq S dx\left(1+\frac{\partial \xi}{\partial x}\right)$$

à l'ordre 1 en x.

Q20. En déduire, par conservation de la masse, que la masse volumique de la particule en mouvement s'écrit au premier ordre en x :

$$\mu_1(x,t) \simeq -\mu_0 \frac{\partial \xi}{\partial x}. \qquad \textbf{(1)}$$

La position de la particule de fluide à l'instant t correspond à $x+\xi(x,t)$ (ici x joue seulement le rôle d'étiquetage de la particule lorsqu'elle est au repos).

Q21. Par application du théorème de la quantité de mouvement à la particule de fluide, montrer toujours au premier ordre que :

$$\mu_0 \frac{\partial^2 \xi}{dt^2} \simeq -\frac{\partial p_1}{\partial x}. \qquad \textbf{(2)}$$

On complète l'étude précédente avec une relation entre $\mu_1(x,t)$ et $p_1(x,t)$:

$$\mu_1(x,t) = \mu_0 \chi_s p_1(x,t) \quad \textbf{(3)}$$

où χ_s est une constante appelée coefficient de compressibilité isentropique.

Q22. En combinant les équations **(1)**, **(2)** et **(3)**, montrer que la surpression acoustique vérifie l'équation aux dérivées partielles :

$$\frac{\partial^2 p_1}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 p_1}{\partial t^2} = 0$$

où l'on exprimera la constante c en fonction de μ_0 et de χ_s.

Q23. Quel nom porte cette équation ? Vérifier, par analyse dimensionnelle, que c est homogène à une vitesse. Proposer une valeur pour c dans l'air dans des conditions usuelles. Estimer le temps nécessaire pour que le " pop " soit perçu à une distance de 34 cm de l'éclatement, puis commenter.

L'enregistrement de ce " pop " a été capturé par un microphone synchronisé à une caméra ultra rapide par des chercheurs du CNRS. L'enregistrement est donné **figure 8**.

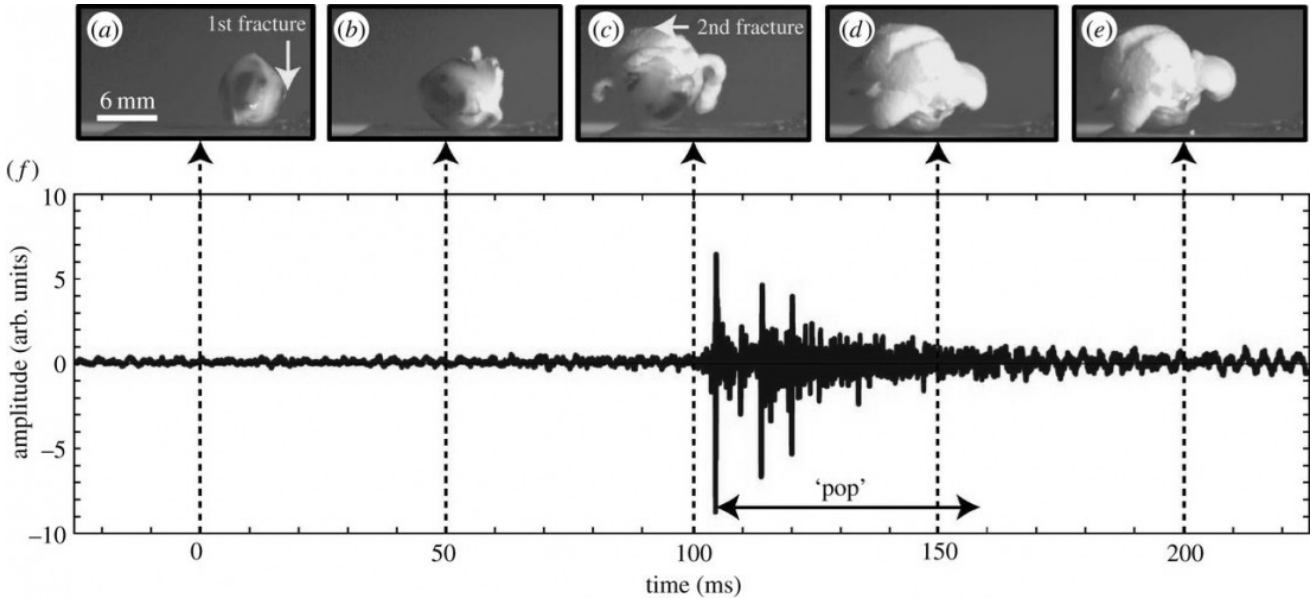


Figure 8 - Enregistrement sonore synchronisé avec les images vidéo
Crédit : Emmanuel Virot et Alexandre Ponomarenko, CNRS

On peut relier la durée d'un signal Δt à son étalement en fréquence Δf sur son spectre par la relation temps-fréquence :

$$\Delta f \cdot \Delta t \simeq 1.$$

Q24. Évaluer la durée Δt du " pop " ainsi que son incertitude-type $u(\Delta t)$ associée.

Q25. En déduire l'étalement en fréquence Δf ainsi que son incertitude-type $u(\Delta f)$ associée.

La fréquence centrale du " pop " se situe autour de $f_0 \simeq 1\text{kHz}$. On souhaite choisir les bons paramètres de son acquisition numérique destinée à une analyse spectrale.

Q26. Déterminer la fréquence d'échantillonnage minimale $F_{E,\text{min}}$ respectant la condition de Nyquist-Shannon.

Q27. En déduire le nombre minimal de point N_{min} nécessaire à l'acquisition sur une durée $T_{aq} = 2\Delta t$.

Q28. Diminuer le temps d'acquisition T_{aq} permettrait de réduire la quantité d'information à traiter, à stocker et à transférer. Cependant, quel inconvénient cette diminution entraîne-t-elle sur l'affichage du spectre du signal ?

Données utiles pour le problème I

- Opérateur gradient en coordonnées sphériques

$$\overrightarrow{grad}\, f = \frac{\partial f}{\partial r}\vec{e}_r + \frac{1}{r}\frac{\partial f}{\partial \theta}\vec{e}_\theta + \frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial f}{\partial \varphi}\vec{e}_\varphi$$

- Incertitude-type : lorsque $[x-\Delta, x+\Delta]$ correspond à la plage dans laquelle l'expérimentateur est certain de trouver une valeur x recherchée, alors l'incertitude-type correspondante à x s'écrit

$$u(x) = \frac{\Delta}{\sqrt{3}} \simeq 0{,}6\,\Delta$$

- Incertitude-type composée : si $x = y \times z$ ou $x = \frac{y}{z}$, alors

$$\frac{u(x)}{x} = \sqrt{\left[\frac{u(y)}{y}\right]^2 + \left[\frac{u(z)}{z}\right]^2}$$

Problème II - Circulations électriques dans l'atmosphère

On assimile le système Terre-atmosphère à un condensateur sphérique, dont le sol et l'ionosphère (une couche ionisée de l'atmosphère) constituent les deux " armatures ".

Ce condensateur n'est pas parfait et on peut observer et mesurer une circulation de charges entre les " armatures ". (**figure 9**). De façon simplifiée, il existe par beau temps un courant électrique descendant de l'ionosphère vers la Terre, qui s'inverse par temps orageux.



Figure 9 - Circulation de charges dans l'atmosphère

Ce mécanisme permet de maintenir constante la différence de potentiel entre les " armatures " du condensateur terrestre.
Les données et constantes fondamentales ont été réduites à un seul chiffre significatif. Les applications numériques sont à faire avec un seul chiffre significatif.

Partie I - Modélisation du condensateur terrestre

On modélise le système Terre-ionosphère par deux sphères concentriques, de rayons R_T et $R_T + h$. Par temps non orageux, la Terre porte la charge $-Q$ et l'ionosphère la charge $+Q$, avec $Q > 0$.
On se place en coordonnées sphériques, au point $M(r,\theta,\varphi)$, tel que $R_T \leq r \leq R_T + h$ et on cherche le champ électrique en M sous la forme $\vec{E} = \vec{E}(r,\theta,\varphi)$ (**figure 10**).

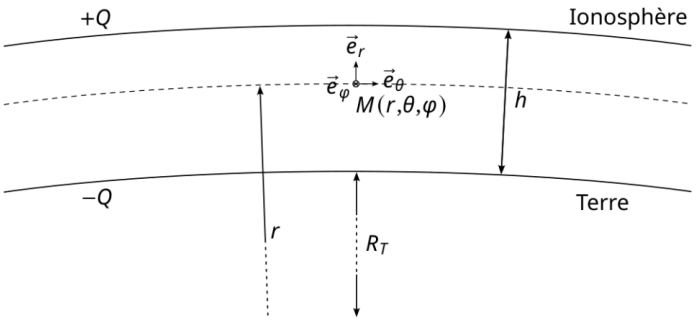


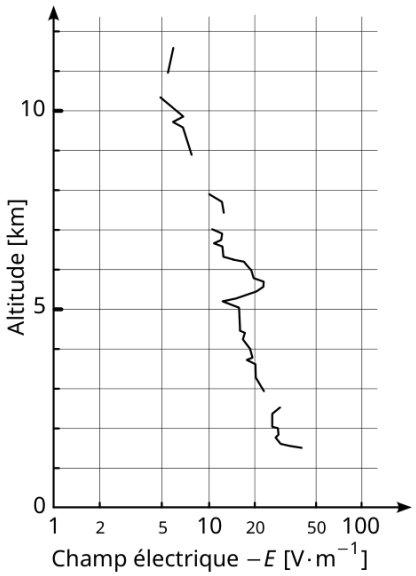
Figure 10 - Modélisation d'un condensateur terrestre

Q29. À l'aide d'une étude des invariances et des symétries de la distribution de charges, justifier que le champ électrique en M s'écrit $\vec{E} = E(r)\vec{e}_r$. Indiquer le signe de $E(r)$.

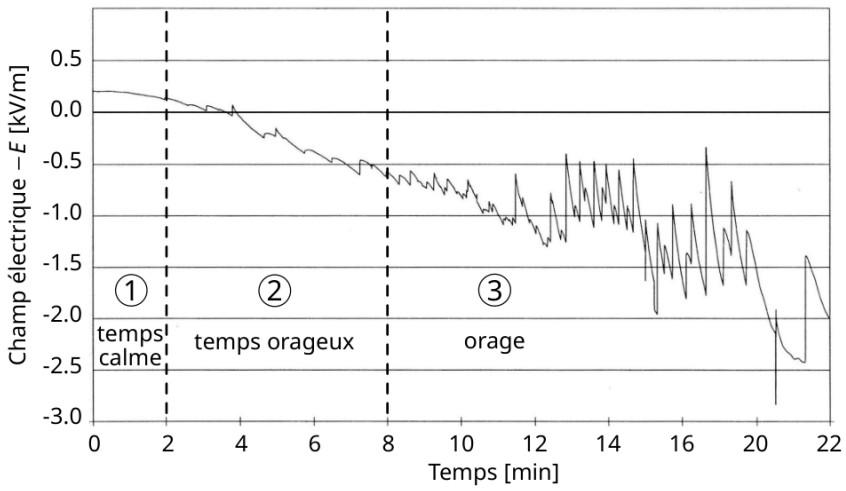
Q30. En appliquant le théorème de Gauss sur une surface que l'on précisera, montrer que :

$$E(r) = -\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}.$$

L'amplitude du champ électrique de l'atmosphère a été mesurée sur une dizaine de kilomètres d'altitude. Les données sont représentées sur la **figure 11a** en échelle semi-logarithmique.



(a) Activité électrique sans orage



(b) Activité électrique avant et pendant un orage

Figure 11 - Activité électrique de l'atmosphère

Q31. Justifier que l'expression du champ électrique de la question précédente est globalement compatible avec l'allure de la fonction altitude $z(\log(-E))$, représentée sur la **figure 11a**, au premier ordre en $\frac{z}{R_T}$.

L'amplitude du champ électrique a été enregistrée au niveau du sol au cours du temps, avant et pendant un orage (**figure 11b**).

Q32. En utilisant les informations de la zone ① de la **figure 11b** :

- estimer la valeur du champ électrique par temps calme, avant le début de l'orage ;
- en déduire, en utilisant la question **Q30**, une estimation de la valeur de la charge $-Q$ portée par la Terre (1 seul chiffre significatif).

Données : $R_T \simeq 6 \cdot 10^3$ km et $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9$ m·F^{-1}

Q33. En utilisant la figure **11b**, justifier que le vecteur champ électrique change de sens durant un orage et préciser à quel moment.

Partie II - Courant ionique atmosphérique par beau temps

Le condensateur terrestre n'est pas vide et contient de nombreux ions qui participent à la conductivité électrique de l'atmosphère. On peut ainsi mesurer un courant circulant entre les " armatures ".
On s'intéresse à un ion de charge $+e$, de masse m et de vitesse $\vec{v}$ présent dans l'atmosphère.
On suppose que le champ électrique s'écrit $\vec{E} = E(z)\vec{e}_z$, avec $E(z) < 0$ et où z est l'altitude mesurée depuis la surface de la Terre.
L'ion est soumis à la force électrique et on modélise les interactions de l'ion avec le milieu par une force de frottement fluide $\vec{F}_f = -\lambda\vec{v}$ où λ est un coefficient constant. Les influences du champ magnétique terrestre et du champ de pesanteur sont négligées.

Q34. Déterminer l'unité SI du coefficient λ.

Q35. Établir l'équation différentielle satisfaite par la vitesse $\vec{v}$ de l'ion.

Q36. En déduire la vitesse limite de l'ion, notée $\vec{v}_\ell$, en fonction de e, λ et de $\vec{E}$.

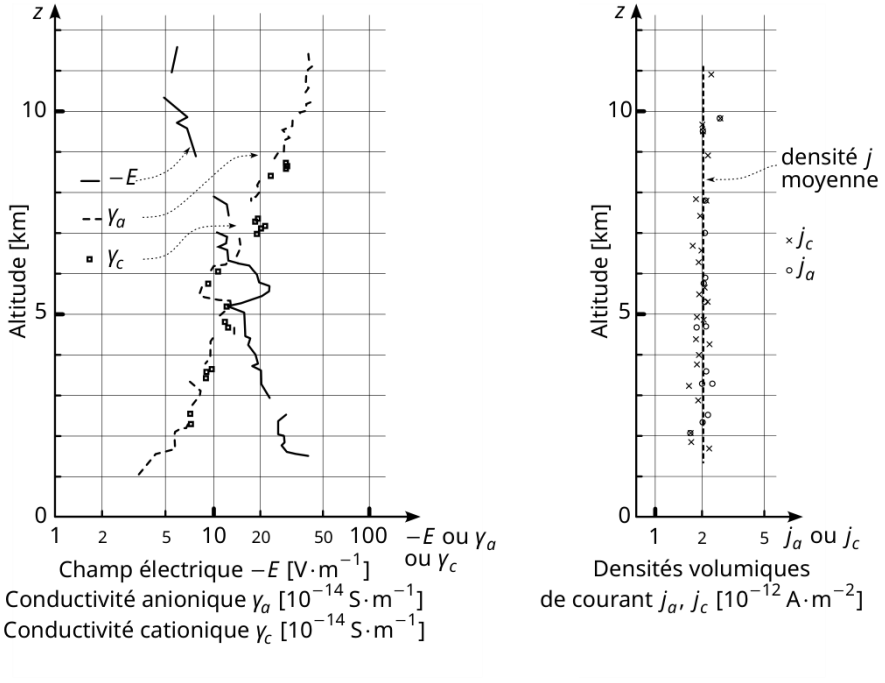
Les ions circulant dans l'atmosphère engendrent des courants caractérisés par leurs densités volumiques de courant, $\vec{j}_a$ pour les anions et $\vec{j}_c$ pour les cations. On note n leur densité particulaire, supposée identique pour les anions et les cations. On suppose que les ions se déplacent à la vitesse limite $\vec{v}_\ell$.

Q37. Établir, à l'aide de la question **Q36**, l'expression de $\vec{j}_c$ en fonction de n, e, λ et de $\vec{E}$.

Q38. En déduire que la densité volumique de courant totale, anionique et cationique, vaut :

$$\vec{j} = 2n\frac{e^2}{\lambda}\vec{E}.$$

Des mesures faites dans l'atmosphère ont permis d'obtenir la valeur du champ électrique et les conductivités électriques anionique γ_a et cationique γ_c en fonction de l'altitude (**figure 12a**, échelle semi-logarithmique).



(a) **(b)**

Figure 12 - Mesures électriques dans l'atmosphère

Q39. Les densités volumiques de courant j_a et j_c de la **figure 12b** ont été obtenues à partir des données de conductivité de la **figure 12a**. Expliquer comment.

Q40. Sachant que la densité volumique de courant totale vaut $j = 4 \cdot 10^{-12}\ \text{A} \cdot \text{m}^{-2}$, vérifier si cette valeur est compatible avec la mesure (**figure 12b**).

Partie III - Décharge du condensateur terrestre

Du fait de la circulation des ions à l'intérieur du condensateur terrestre, celui-ci se décharge en une durée, notée τ, que l'on cherche à estimer.
On suppose que la densité volumique de courant totale vaut $j \simeq 4 \cdot 10^{-12}\ \text{A} \cdot \text{m}^{-2}$ et se répartit uniformément sur la surface terrestre $S_T \simeq 5 \cdot 10^{14}\ \text{m}^2$.

Q41. Exprimer l'intensité I du courant électrique atteignant la surface de la Terre et calculer sa valeur numérique.

Q42. À partir de la définition de l'intensité, établir la durée τ de la décharge du condensateur terrestre en fonction de Q et de I.

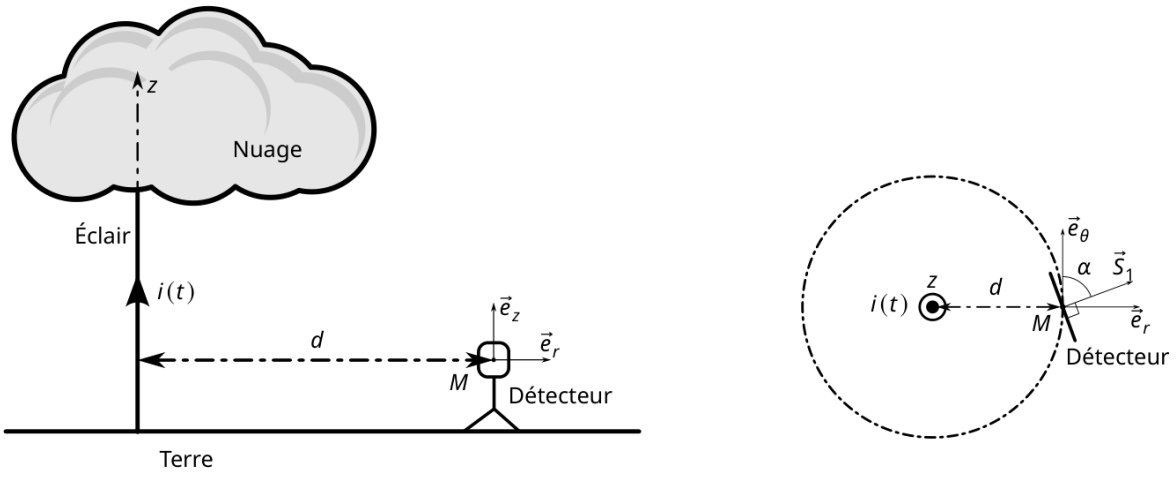
Q43. La durée de décharge vaut $\tau \simeq 4 \cdot 10^2\ \text{s}$. Que peut-on en conclure sur la modélisation ?

Partie IV - Recharge du condensateur terrestre

Il existe en permanence des orages sur Terre, aussi bien sur les continents que sur les océans. Ceux-ci font circuler les charges électriques dans le sens opposé au mécanisme précédent et s'opposent donc à la décharge évoquée précédemment.

Pour vérifier si les orages suffisent à compenser la décharge, il faut mesurer le courant transporté par les éclairs. Pour ce faire, on modélise un éclair par un fil rectiligne d'axe z, supposé infini, parcouru par un courant $i(t)$ ascendant (**figure 13a**).

La variation temporelle du courant dans l'éclair respecte l'approximation des régimes quasi-stationnaires. Un détecteur placé à la distance d enregistre la perturbation électromagnétique produite par l'éclair (**figure 13a**).



(a) Vue de côté **(b)** Vue de haut

Figure 13 - Éclair et détecteur

On se place au point M de coordonnées cylindriques (d,θ,z) où le champ s'écrit $\vec{B}(M)=\vec{B}$ et on note μ_0 la perméabilité magnétique du vide.

Q44. Justifier, par une étude des invariances et des symétries de la distribution de courant, que le champ magnétique est de la forme $\vec{B}=B(d,t)\vec{e}_\theta$.

Q45. En appliquant le théorème d'Ampère sur un contour circulaire de rayon d centré sur l'éclair, montrer que le champ magnétique s'écrit :

$$\vec{B}=\frac{\mu_0 i(t)}{2\pi d}\vec{e}_\theta .$$

Le détecteur contient une bobine comportant N spires de surface S_1 et capte, par induction, le champ magnétique généré par l'éclair (**figure 13b**). La surface du détecteur est suffisamment faible pour que le champ magnétique perçu soit supposé uniforme.
On note α l'angle entre le vecteur surface $\overrightarrow{S_1}$ et le champ magnétique $\vec{B}$ porté par $\vec{e}_\theta$ (**figure 13b**).

Q46. En appliquant la loi de Faraday-Lenz, montrer que la force électromotrice induite par le champ magnétique produit par l'éclair dans la bobine vaut :

$$e_1(t)=-NS_1\frac{\mu_0}{2\pi d}\frac{di(t)}{dt}f(\alpha)$$

et préciser l'expression de la fonction trigonométrique $f(\alpha)$.

Pour obtenir l'intensité électrique, il faut intégrer l'expression de la tension induite $e_1(t)$. On utilise pour cela l'un des circuits électriques suivants, comportant une résistance R et un condensateur C.

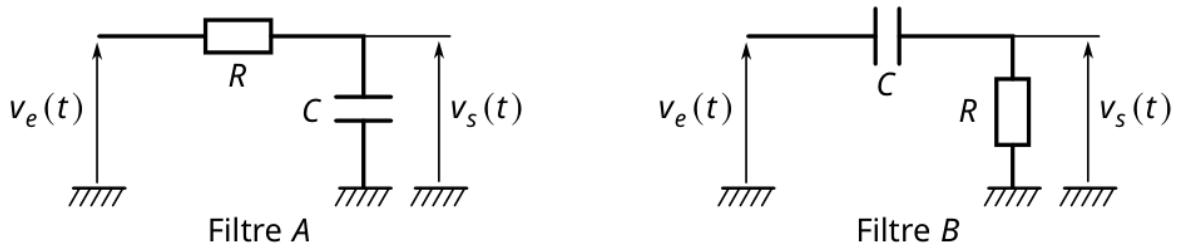


Figure 14 - Filtres électriques

Les fonctions de transfert de ces filtres, notées $\underline{H}_1$ et $\underline{H}_2$, sont données ci-dessous, sans que l'on sache quelle fonction de transfert correspond à quel filtre :

$$\underline{H}_1=\frac{1}{1+jRC\omega} \qquad \underline{H}_2=\frac{jRC\omega}{1+jRC\omega}$$

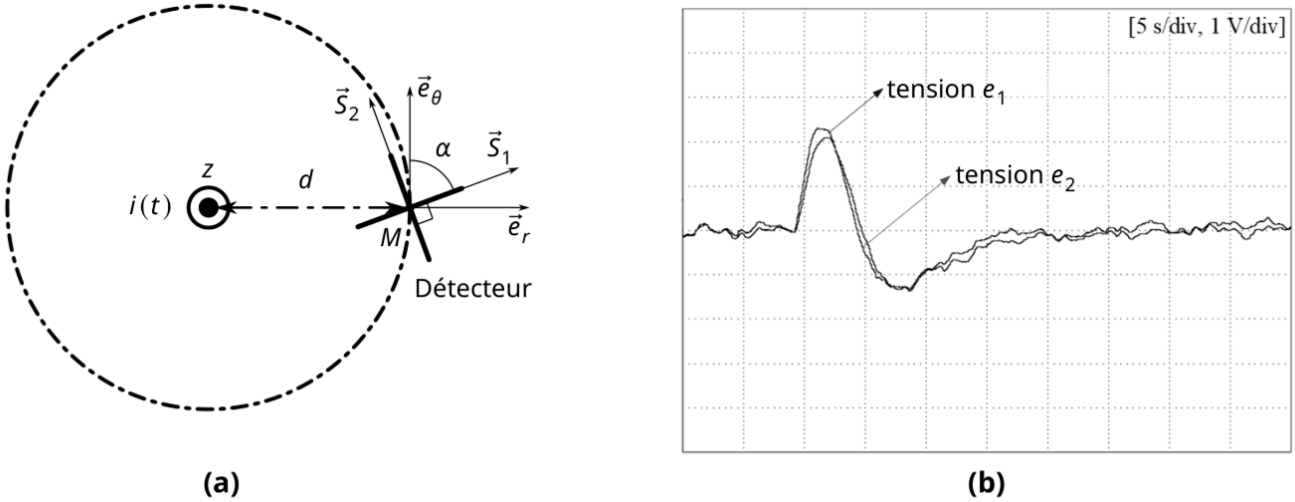
avec ω la pulsation et $j^2=-1$.

Q47. En analysant le comportement en basse fréquence et en haute fréquence des filtres proposés (**figure 14**), associer chaque fonction de transfert au filtre qui lui correspond.

Q48. En déduire quel filtre peut se comporter comme un intégrateur et préciser pour quel domaine de fréquence.

En réalité, le détecteur contient deux bobines placées à $90°$ l'une de l'autre (**figure 15a**) qui délivrent deux tensions induites e_1 et e_2 (**figure 15b**).

On admet que ces tensions sont reliées par l'équation $\tan\alpha = \dfrac{e_2}{e_1}$.



(a) **(b)**

Figure 15 - Signal enregistré par le détecteur complet

Q49. À l'aide de l'enregistrement des tensions induites e_1 et e_2 (**figure 15b)**, déterminer la direction du champ magnétique au niveau du détecteur.

Q50. Expliquer pourquoi un seul détecteur ne suffit pas pour déterminer la distance d entre l'éclair et le détecteur.

Q51. En utilisant éventuellement une représentation graphique, indiquer le nombre minimal de détecteurs nécessaires pour localiser le point d'impact d'un éclair sur Terre.

Partie V - Intensité déplacée par les orages

À l'aide d'observations globales (satellitaires) ou locales (comme les réseaux de détecteurs du type précédent), de nombreuses données sont enregistrées lors d'épisodes orageux partout dans le monde. La synthèse de ces données a permis d'obtenir l'intensité moyenne de l'ensemble des orages tout au long de l'année (**figure 16**).

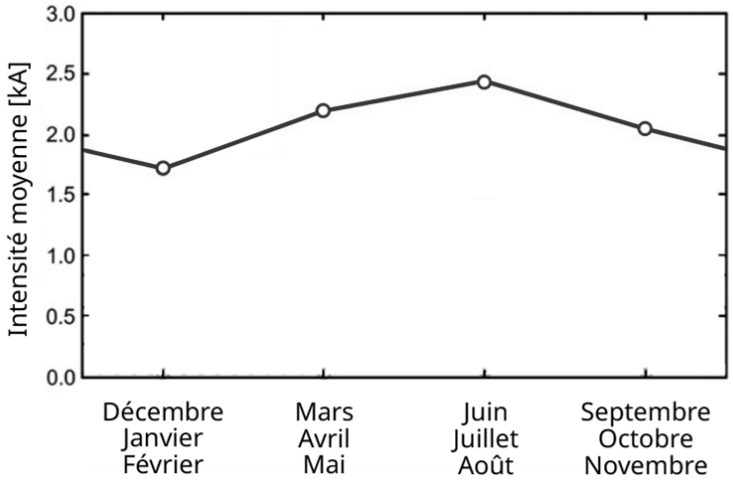


Figure 16 - Intensité moyenne transportée par les orages

Q52. Estimer, à partir de la **figure 16**, l'intensité moyenne transportée par un orage.

Q53. En comparant le résultat de la question **Q41** à celui de la question **Q52**, préciser si les orages permettent de compenser la décharge naturelle du condensateur terrestre.

Données utiles pour le problème II

- Développement limité pour $x \ll 1$

$$\ln(1+x) \simeq x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} + ... + o\left(x^n\right)$$

- Fonction logarithme décimal

$$\log(x) = \frac{1}{\ln 10}\ln(x)$$

FIN

IMPRIMERIE NATIONALE – 26 1028 – D'après documents fournis

Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de TPC chapitre par chapitre : cours détaillé, méthodes, pièges, exercices et problèmes corrigés pas à pas, tirés des concours. L'essai gratuit donne accès aux chapitres offerts de ta filière, sans carte bancaire.

Chapitres liés à ce sujet

- Grandeurs, unités, analyse dimensionnelle et ordres de grandeur
- Propagation d'un signal
- Mesures et incertitudes
- Équations différentielles linéaires du premier ordre
- Signaux périodiques et filtrage linéaire

Ouvrir l'essai gratuit

Scanne le code ou clique sur le bouton.

prepahelp.com/#essai

Une question sur le concours ou sur ta filière : **écrire sur WhatsApp**

Les autres années et épreuves : prepahelp.com/annales/ccinp/tpc