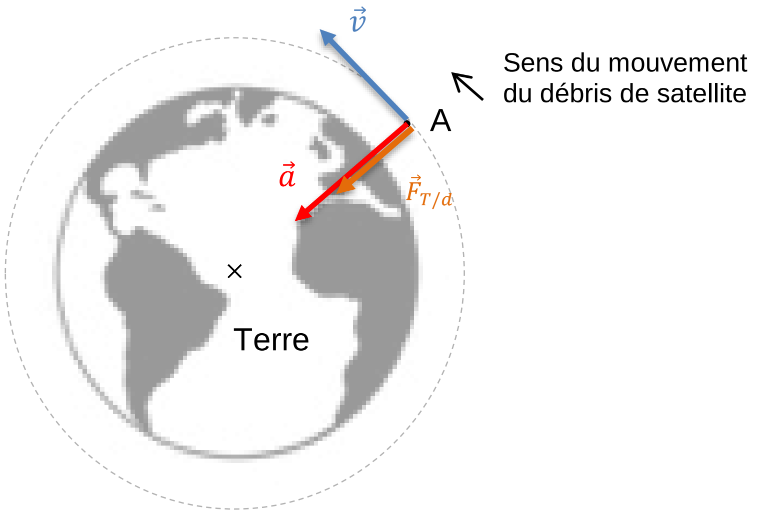
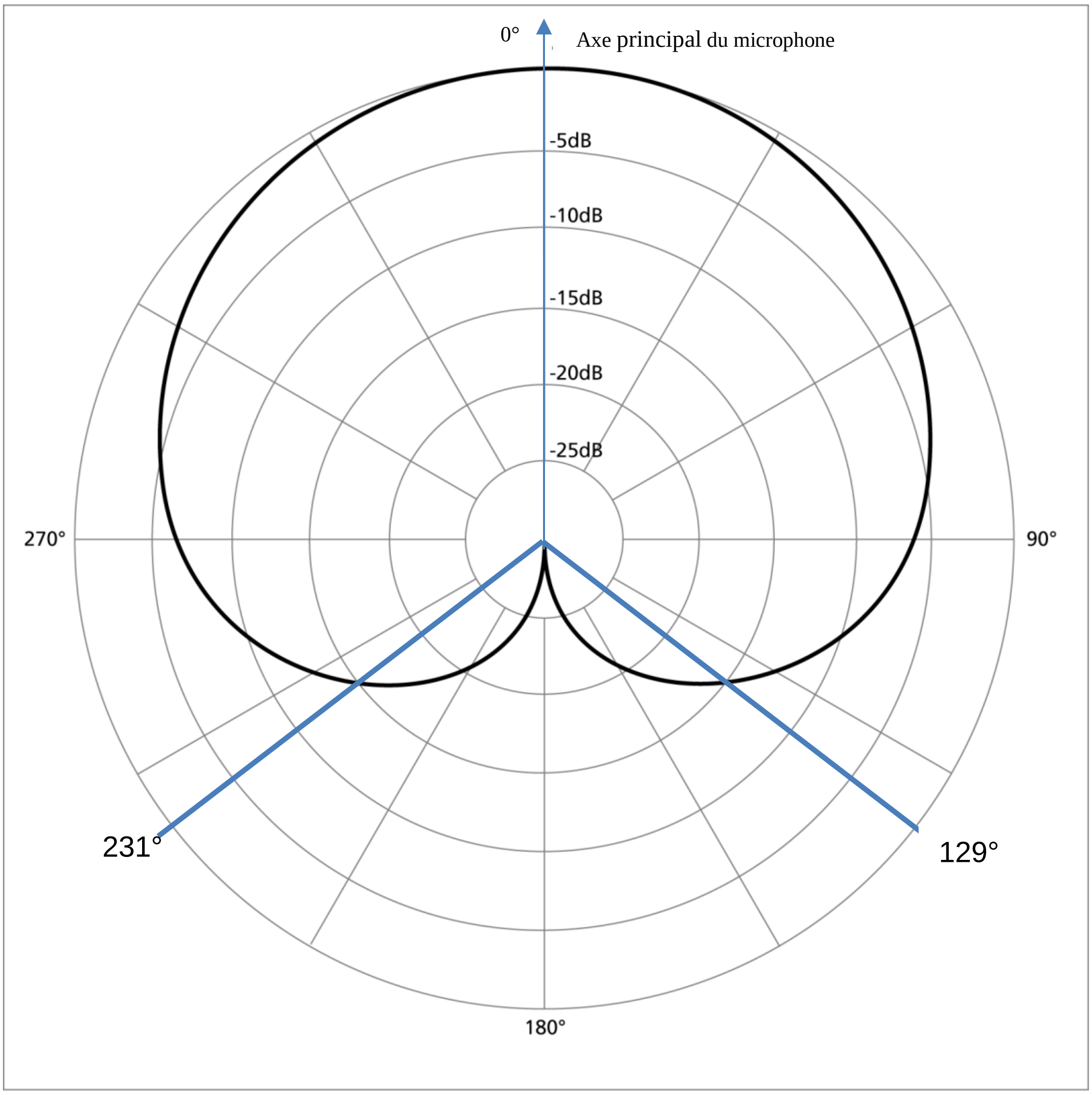
BACCALAURÉAT GÉNÉRAL – ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ
Spécialité sciences de l'ingénieur – partie 2 : physique-chimie – Sujet zéro – Corrigé

Questions	Exercice A – Valoriser la « chaleur fatale » des centres de stockage de données
1	$1\ \text{GWh} = 10^6\ \text{kWh}$ Le nombre N de logements est donné par : N = $\frac{490 \times 10^6 \text{ kW.h}}{10\,000 \text{ kW.h}} = 4{,}9 \times 10^4$ Tout commentaire pertinent sera valorisé.
2	Le schéma n° 1 est approprié. Le centre de stockage de données reçoit un travail électrique et fournit au fluide caloporteur une énergie thermique (sens : de la source chaude vers la source froide).
3	Le transfert thermique dans le cas d'un centre de stockage de données est négatif. Le centre de stockage de données fournit de l'énergie thermique au milieu extérieur (fluide caloporteur).
4.1	Réponse a Le fluide reçoit de l'énergie thermique de la part du Data Center. Sa température augmente.
4.2	Réponse c En régime permanent, si le débit est plus important, alors une plus grande masse de fluide circulera par unité de temps entre l'entrée et la sortie de l'échangeur. À puissance transférée égale, la température de sortie du fluide est donc moins importante.
4.3	Réponse a Si la puissance électrique augmente, alors l'énergie thermique dégagée augmente et la température de sortie de fluide augmente.
5.1	Le volume de fluide entrant et sortant est donné par la relation : $V = D_v \times \Delta t_{ref}$ La masse d'un volume défini est donnée par : $m = \rho \times V$ Au final : $m = \rho \times D_v \times \Delta t_{ref}$
5.2	L'application du premier principe de la thermodynamique au système « centre de stockage de données » pour la durée t_{ref} donne, avec Q la chaleur reçue par ce système : $P \times \Delta t_{ref} + Q = 0$ Le transfert thermique reçu par le fluide est positif et vaut : $-Q = P \cdot \Delta t_{ref}$
5.3	D'après l'expression : $T_s = T_e + \frac{P}{D_V\, \rho\, c}$ On constate que la température de sortie du fluide est d'autant plus grande que : - la température d'entrée du fluide est élevée ; - la puissance électrique reçue est élevée ; - le débit volumique du fluide est faible ; - la masse volumique du fluide est faible ; - la capacité calorifique du fluide est faible. Ces résultats semblent naturels et sont cohérents avec les questions 4.
5.4	$D_{air} = \frac{P}{\rho_{air}\, c_{air}\, (T_s - T_e)}$ $D_{air} = 0{,}48 \times 10^3\ \text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ $= 4{,}8 \times 10^5\ \text{L}\cdot\text{s}^{-1}$ Le débit d'air est environ mille fois plus élevé que dans le cas de l'eau ou du Novec™ : il est beaucoup trop important pour permettre d'évacuer l'énergie thermique produite par l'unité de ce centre de stockage des données. Le paramètre discriminant est ici la masse volumique.
6	Cas de l'eau : bonne capacité thermique massique, mais ne peut pas être mis en contact direct avec les circuits électroniques. Cas de l'air : ne nécessite pas d'interfaces de transfert avec les circuits électroniques (l'air peut circuler directement dans les baies des serveurs), mais sa faible masse volumique nécessite de mettre en mouvement de grande quantité de ce fluide avec les nuisances sonores et l'énergie afférentes. Cas du Novec™ 7500 : bonne capacité thermique et immersion possible des circuits dans ce liquide, mais la maintenance des installations est rendue plus difficile.

Questions	Exercice B – Embouteillages et collisions dans l’espace
1	
2	On applique la deuxième loi de Newton au centre de masse du débris de satellite de masse m dans le référentiel géocentrique (mouvement circulaire) : $m\vec{a} = \vec{F}_{\frac{T}{d}}$ $m\vec{a} = G\dfrac{mM_T}{R^2} \cdot \overrightarrow{u_N}$ $\vec{a} = G\dfrac{M_T}{R^2} \cdot \overrightarrow{u_N}$ Dans le repère de Frenet, le vecteur accélération a pour expression $\vec{a} = \dfrac{dv}{dt} \cdot \overrightarrow{u_T} + \dfrac{v^2}{R} \cdot \overrightarrow{u_N}$ Par identification des termes : $\begin{cases} \dfrac{dv}{dt} = 0 \\ \dfrac{v^2}{R} = \dfrac{GM_T}{R^2} \end{cases}$ On en déduit : ■ $v = \text{constante}$: le mouvement est circulaire uniforme ■ $v = \sqrt{\dfrac{GM_T}{R}}$
3	Soit h l’altitude du débris. Le rayon de la trajectoire circulaire est : $R = R_T + h$. $v = \sqrt{\dfrac{GM_T}{R_T + h}}$ $v = 7{,}35 \times 10^3\ \mathrm{m{\cdot}s^{-1}}$ $v = 2{,}65 \times 10^4\ \mathrm{km{\cdot}h^{-1}}$ Cette valeur est inférieure à la valeur de 30 000 km.h^{-1} de l’infographie (texte + image), vraisemblablement arrondie pour davantage de lisibilté, mais l’ordre de grandeur est respecté. On peut aussi évoquer le fait que l’orbite a été assimilée à une orbite circulaire pour le calcul.

4	Comparons les énergies cinétiques des deux objets : Celle du débris : $E_c = \frac{1}{2}\,\rho\, V\, v^2$ Avec ρ la masse volumique du débris métallique. Exemple de l'acier : $\rho = 8 \times 10^3\ \mathrm{kg{\cdot}m^{-3}}$ Celle d'une boule de bowling (masses de 3 à 7 kg environ, choisissons 3,5 kg) : $E_{cB} = \frac{1}{2}\, m_B\, v_B^2$ Donnons l'expression de la vitesse v_B de la boule de Bowling en considérant $E_c = E_{cB}$. $$\frac{1}{2}\, m_B\, v_B^2 = \frac{1}{2}\,\rho\, V\, v^2$$ $$v_B = \sqrt{\frac{\rho V}{m_B}} \times v$$ Application numérique : $v_B = \sqrt{\frac{8\times10^3\ \mathrm{kg{\cdot}m^{-3}}\times 5\times10^{-9}\ \mathrm{m^3}}{3{,}5\ \mathrm{kg}}} \times 30 \times 10^3\ \mathrm{km{\cdot}h^{-1}}$: $v_B = 1 \times 10^2\ \mathrm{km{\cdot}h^{-1}}$ La valeur de la vitesse de la boule de bowling obtenue est du même ordre de grandeur que celle donnée dans l'infographie ($100\ \mathrm{km{\cdot}h^{-1}}$). Cette comparaison permet de se rendre compte des conséquences d'une collision entre un débris et un autre satellite (l'énergie cinétique de l'objet est de l'ordre de 2 kJ).
5	La « trainée atmosphérique » est une force de frottement qui freine le satellite (énergie mécanique convertie en partie en chaleur) et le rapproche plus rapidement des hautes couches de l'atmosphère où le freinage sera encore plus fort (il peut être tellement freiné qu'il brûle). Remarque : contrairement à ce que l'on pourrait croire, la vitesse du satellite (en $R^{-1/2}$) augmente lors de ce freinage.
Questions	**Exercice C – Pollution acoustique dans une webradio**
1	On a : $I = \frac{P}{S}$ En réinjectant les valeurs numériques dans la relation mathématique précédente : $$I = \frac{4{,}0 \times 10^{-6}}{4\times\pi\times0{,}50^2} = 1{,}3 \times 10^{-6}\ \mathrm{W{\cdot}m^{-2}}$$
2	Le niveau d'intensité sonore s'exprime à partir de l'intensité sonore du signal considéré et de l'intensité sonore de référence par : $L = 10 \times \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$ Avec les valeurs numériques : $I = 1{,}3 \times 10^{-6}\ \mathrm{W{\cdot}m^{-2}}$ et $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}\ \mathrm{W{\cdot}m^{-2}}$, on obtient : $$L = 10 \times \log\left(\frac{1{,}3 \times 10^{-6}}{1{,}0\times10^{-12}}\right) = 61\ \mathrm{dB}$$
3	L'atténuation acoustique due à la vitre est une atténuation par absorption.
4	La distance entre le micro et la vitre est de l'ordre du mètre. Elle représente 10^{-3} de la distance entre la source, l'avion au décollage, et la vitre. On peut donc considérer que le niveau d'intensité sonore dû au décollage de l'avion au niveau du micro peut être confondu avec celui mesuré juste derrière la vitre. On calcule, dans, un premier temps l'intensité sonore du signal produit par l'avion au niveau de la vitre sans atténuation. $I_1 = \frac{P_1}{S_1}$ Soit : $I_1 = \frac{1{,}0 \times 10^5}{4\times\pi\times(4{,}0 \times 10^3)^2} = 5{,}0 \times 10^{-4}\ \mathrm{W{\cdot}m^{-2}}$ Le niveau sonore sans atténuation est donc : $L_1 = 10 \times \log\left(\frac{5{,}0\times10^{-4}}{1{,}0\times10^{-12}}\right) = 87\ \mathrm{dB}$ On calcule le niveau d'intensité sonore derrière la vitre en tenant compte de l'atténuation par absorption : $L'_1 = 87 - 25 = 62\ \mathrm{dB}$ Le niveau sonore est supérieur à celui de la voix de l'animateur, donc l'avion constituera une gêne audible.
5	L'intensité sonore de la conversation parasite, dont la source est située à 1,50 m du récepteur, au niveau du microphone avant atténuation est $I_2 = \frac{P_2}{S_2}$ Soit : $I_2 = \frac{1{,}0 \times 10^{-6}}{4\times\pi\times1{,}50^2} = 3{,}5 \times 10^{-8}\ \mathrm{W{\cdot}m^{-2}}$ Son niveau d'intensité sonore est donc : $L_2 = 10 \times \log\left(\frac{I}{I_0}\right) = 10 \times \log\left(\frac{3{,}5 \times 10^{-8}}{1{,}0\times10^{-12}}\right) = 45\ \mathrm{dB}$ Pour que la conversation ne gêne pas l'émission de radio, son niveau d'intensité sonore doit valoir au maximum 30 dB. Il faut donc une atténuation minimale de 45 - 30 = 15 dB. Une détermination graphique permet de mesurer, au compas, que l'angle entre l'axe principal du microphone et la direction de la conversation doit être compris entre 129° et 231°. Voir le schéma ci-après.


0°
Axe principal du microphone
-5dB
-10dB
-15dB
-20dB
-25dB
270°
90°
231°
129°
180°