

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 1h30

L'usage d'une calculatrice EST autorisé**EXERCICE I - NETTOYAGE EN ARCHÉOLOGIE (7 points)****Les ultrasons au service du nettoyage**

On trouve dans le commerce des appareils de nettoyage utilisant les ultrasons. Le document 1 décrit la première page de la notice d'un exemple d'appareil de ce type.

Document 1 : notice simplifiée d'un appareil de nettoyage à ultrasons**Descriptif :**

- réservoir amovible en acier inoxydable
- fréquence des ultrasons 42 kHz à $\pm 2\%$
- nettoyage facile des objets immergés dans l'eau sous l'effet des ultrasons
- utiliser de préférence de l'eau fraîchement tirée du robinet.



Référence : nettoyeur à ultrasons CD-3900

1. Étude des ultrasons

Données : - célérité des ultrasons dans l'air : $v = 340 \text{ m.s}^{-1}$ à 25 °C.
- célérité des ultrasons dans l'eau : $v' = 1500 \text{ m.s}^{-1}$.

On souhaite étudier les ultrasons émis par l'appareil décrit dans le document 1. Pour cela, on isole l'émetteur E à ultrasons de cet appareil et on visualise le signal émis à l'aide d'un capteur relié à la voie 1 d'un oscilloscope. Les mesures sont faites dans l'air à la température de 20 °C. On obtient le signal u_E suivant :

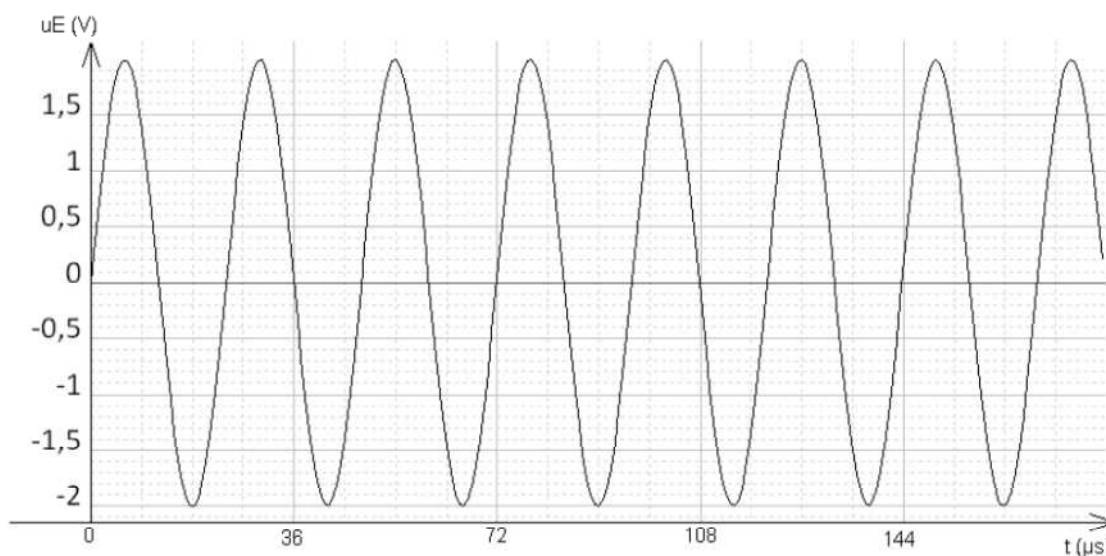


Figure 1

1.1. Déterminer la période T du signal représenté sur la **figure 1**. Expliquer la méthode.

1.2. En déduire la fréquence f des ultrasons. Comparer avec la valeur de référence.

1.3. On souhaite déterminer la longueur d'onde λ des ultrasons.

Pour cela, on visualise à la fois le signal émis par l'appareil et appliqué sur la voie 1 d'un oscilloscope et le signal u_R reçu par un récepteur R à ultrasons connecté sur la voie 2 de cet oscilloscope.

On part d'une situation où les signaux délivrés par l'émetteur E et par le récepteur R placé en face sont en phase.

On s'aperçoit que lorsque l'on éloigne le récepteur R tout en restant en face de l'émetteur fixe E, la courbe qui correspond au récepteur se décale vers la droite.

Les signaux obtenus sont représentés sur la **figure 2** lorsque les courbes reviennent pour la première fois en phase. On détermine la distance dont on a déplacé le récepteur R lorsque l'on obtient la **figure 2** page suivante, et on mesure 8 mm.

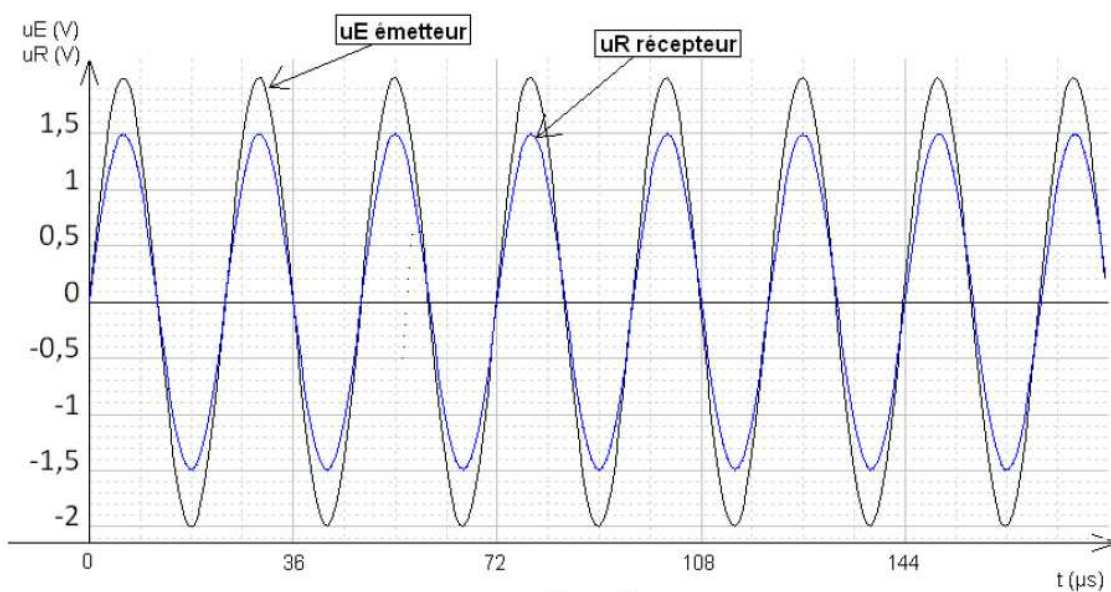


Figure 2

1.3.1. Définir la valeur de la longueur d'onde λ

1.3.2. Déterminer la longueur d'onde λ à partir de l'expérience précédente. Que peut-on faire pour augmenter la précision de la mesure ?

1.3.3. Calculer la célérité v des ondes ultrasonores dans l'air. Expliquer un écart éventuel avec la valeur attendue.

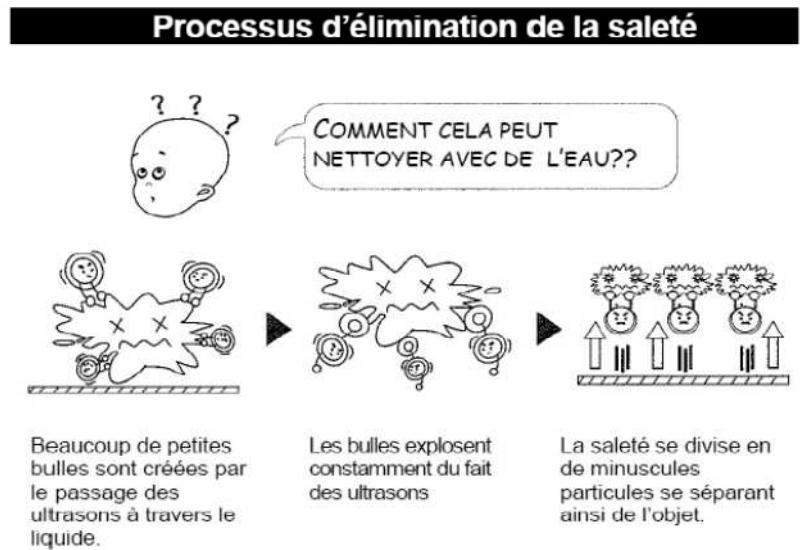
1.4. En utilisation normale de l'appareil, la longueur d'onde des ultrasons est différente de la valeur obtenue à la question 1.3.2. et vaut 4 cm. Expliquer cette différence.

2. Étude du nettoyage

Document 2 : comment cela fonctionne ?

Le bain à ultrasons est composé d'une cuve contenant de l'eau dans lequel sont plongées les pièces à nettoyer. Sur les parois, un transducteur à ultrasons génère des phases successives de compression et dépression dans le liquide qui se propagent de proche en proche dans le liquide. Des microbulles apparaissent, on appelle ce phénomène la « cavitation acoustique ». L'implosion¹ de ces bulles, pendant la phase de compression, crée des turbulences qui détachent les impuretés de la pièce à nettoyer.

¹ Implosion : écrasement brutal d'un corps creux sous l'effet d'une pression extérieure supérieure à la pression intérieure.



2.1. Les ondes ultrasonores sont-elles des ondes mécaniques ? Justifier.

2.2. Expliquer en quelques mots comment une onde permet un nettoyage.

2.3. Choisir parmi les grandeurs suivantes celle qui permet de différencier les ondes ultrasonores et les ondes sonores.

Niveau d'intensité sonore - timbre - fréquence - vitesse de propagation dans le même milieu à la même température.

EXERCICE II : LA TELEVISION NUMERIQUE : EMISSION, TRANSMISSION ET RECEPTION

Ces dernières années, l'évolution des technologies a permis des progrès dans les systèmes de transmission de l'information. En 2005, la télévision numérique terrestre (TNT) apparaît et s'étend progressivement à tout le territoire. En 2011, la France abandonne totalement la télévision analogique.

La TNT a permis le développement de chaînes de télévision supplémentaires qui, en 2016, basculent entièrement en haute définition (TNT HD).

Certains téléviseurs disponibles actuellement commencent à préparer la prochaine étape avec la ultra haute définition et l'arrivée, d'ici 2025, de la TNT ultra HD.

Document 1 : La haute définition HD et l'ultra haute définition (ultra HD)

La HD, actuellement diffusée sur la TNT est une HD dite entrelacée, au format HD 1080i/25 : l'image est constituée de 1080 lignes de 1920 pixels chacune et le flux vidéo [...] est équivalent à 25 images par seconde. La TNT classique a une résolution de 480 lignes de 720 pixels chacune.

Dans le HD dit progressif, aussi appelé HD 1080p/50, ce sont 50 images complètes par seconde qui sont transmises dans le flux vidéo. C'est ce format qui est utilisé sur les disques Blu-Ray par exemple. Selon les experts, ce format permet d'obtenir une meilleure qualité perçue de la vidéo, notamment pour les scènes rapides et le sport. La HD 1080p/50 pourrait devenir la norme à terme. En effet, certains estiment que la HD entrelacée 1080i/25 n'est qu'un format de transition en attendant la migration complète de la chaîne de production (captation, archivage, etc...) et de diffusion vers la HD 1080p/50. Toutefois, sa diffusion nécessite plus de débit. [...]

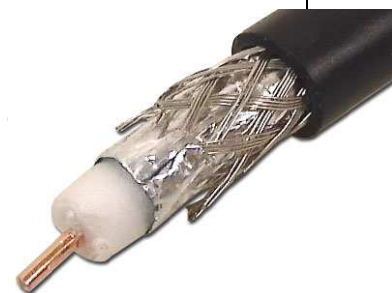
D'après : CSA Rapport sur l'avenir de la plateforme TNT, Janvier 2013

Document 2 : Extrait d'une notice de câble coaxial pour relier une antenne à une télévision

Câble d'antenne TV 17VATC classe A :

- Câble coaxial de 100 m utilisable pour la réception TV.
- Haut niveau de blindage qui le protège très des parasites et interférences électromagnétiques.
- Atténuation $\alpha = 0,17 \text{ dB.m}^{-1}$ pour une fréquence de 800 MHz lors du raccordement de l'antenne ou de la parabole au récepteur (télévision, démodulateur satellite).

(image libre wikipédia)



Données :

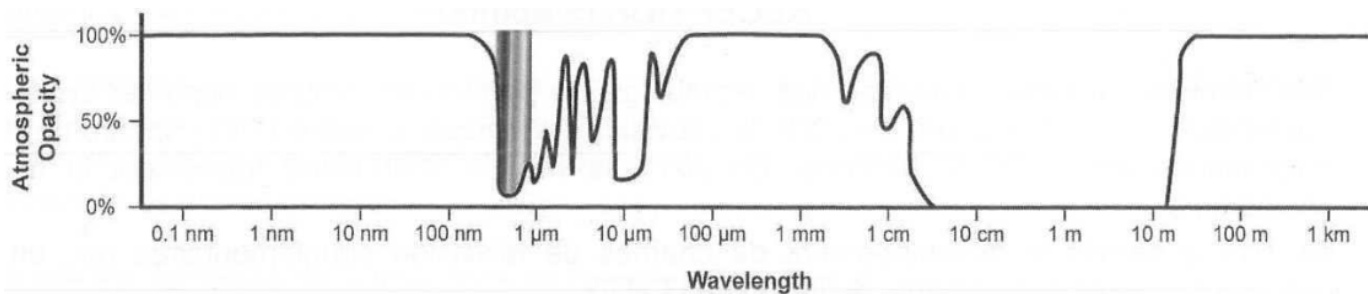
- Célérité de la lumière dans l'air ou dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- Atténuation en décibel d'un signal de puissance P à travers une chaîne de transmission :

$$A_{\text{dB}} = 10 \times \log \left(\frac{P_{\text{entrée}}}{P_{\text{sortie}}} \right)$$

- Coefficient d'atténuation (en dB.m^{-1}) pour une fibre optique de longueur L :

$$\alpha = \frac{A_{\text{dB}}}{L}$$

- Octet : 1 octet = 8 bits
- Absorption des fréquences par l'atmosphère terrestre (*Image de la NASA*)



*Wavelength = Longueur d'onde ; *Atmospheric opacity = Opacité atmosphérique

1. Propagation des ondes radio

1.1. On considère la transmission d'une information par un signal de fréquence 800 MHz. Justifier le choix de cette fréquence.

1.3. Les chaînes de télévision émises par une antenne relais sont reçues en quasi-simultané par tous les récepteurs situés à moins de 50 km de cette antenne.

Vérifier cette affirmation en explicitant le raisonnement suivi.

On rappelle que la célérité des ondes mises en jeu ici est $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Exercice III ECHOGRAPHIE

REPONDRE AUX QUESTIONS EN COMPLETANT LE DOCUMENT SITUÉ EN FIN D'EXERCICE

L'échographie est une technique médicale permettant de détecter la présence de calculs rénaux en utilisant une sonde à ultrasons. Les sondes ultrasonores sont des céramiques piézoélectriques fonctionnant successivement en émission et en réception.

Propagation d'une onde ultrasonore dans l'air.

II-1- Quelle est la grandeur physique qui varie dans une onde ultrasonore ?

II-2- Cocher sur le document réponse les caractéristiques d'une onde ultrasonore.

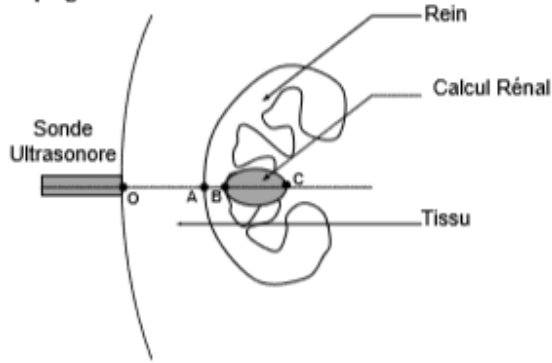
II-3- Quelle est la fréquence minimale des ultrasons ?

Propagation d'une onde ultrasonore dans les tissus.

On suppose que dans le tissu, le rein ou le calcul, la vitesse de l'onde ultrasonore est indépendante de la fréquence.

II-4- Comment qualifie-t-on ces milieux ?

Propagation d'une onde ultrasonore dans les tissus.



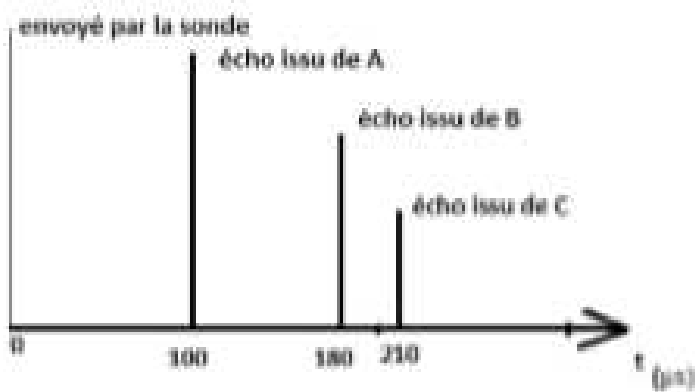
La vitesse de propagation des ultrasons est :

dans le tissu $v_{\text{tissu}} = 1400 \text{ m.s}^{-1}$,

dans le rein $v_{\text{rein}} = 1500 \text{ m.s}^{-1}$

dans le calcul rénal $v_{\text{calcul}} = 1540 \text{ m.s}^{-1}$

Une onde ultrasonore incidente est émise à l'instant $t=0$ au point O. Ci-dessous, l'enregistrement des échos renvoyés par les surfaces de séparation des différents milieux : sur le rein en A, sur le calcul rénal en B puis en C.

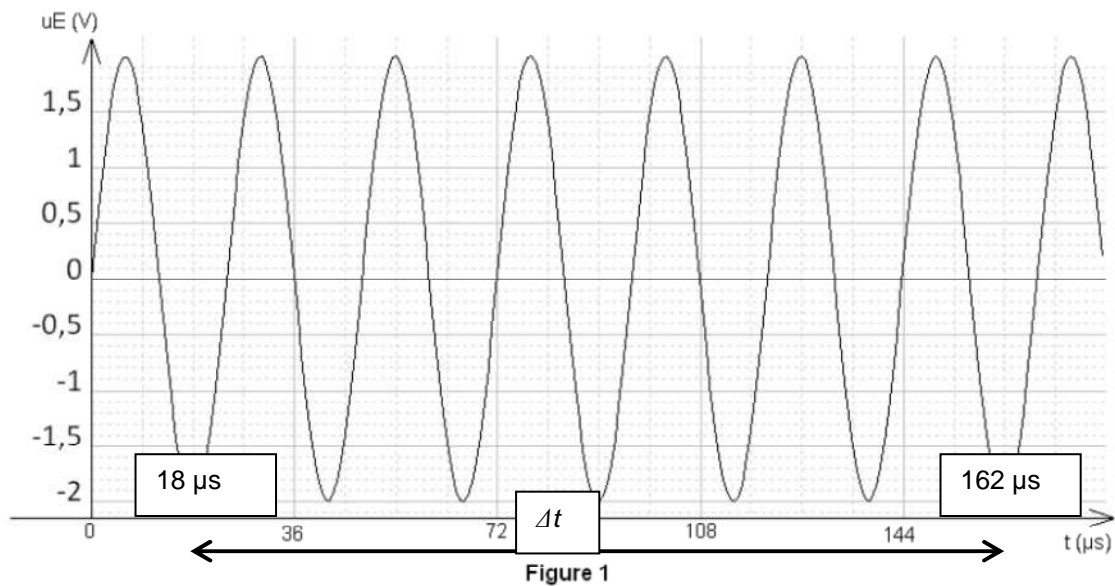


II-5- A quelle distance OA de la surface de la peau est située la surface du rein ?

II-6- La résolution spatiale est de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde. Donner l'expression puis calculer la longueur d'onde des ultrasons dans le rein pour une fréquence de $f_1 = 3.5 \text{ MHz}$ puis pour $f_2 = 10 \text{ MHz}$.

II-7- Calculer la longueur BC du calcul rénal.

II-1-	Grandeur :
II-2-	Les ultrasons sont des ondes : <i>(cocher les réponses exactes)</i>
	<input type="checkbox"/> longitudinales <input type="checkbox"/> électromagnétiques <input type="checkbox"/> déplaçant de la matière <input type="checkbox"/> transversales <input type="checkbox"/> mécaniques <input type="checkbox"/> déplaçant de l'énergie
II-3-	Fréquence :
II-4-	Qualifiant :
II-5-	Distance : OA =
II-6-	Longueur d'onde : Expr. litt. : λ =
	Appl. Num. : λ_1 = λ_2 =
II-7-	Longueur : BC =

EXERCICE I - NETTOYAGE EN ARCHÉOLOGIE (7 points)**1. Étude des ultrasons**

1.1. (0,5) On mesure la durée Δt du plus grand nombre N possible de périodes, on en déduit la période

$$T = \frac{\Delta t}{N} \quad T = \frac{162 - 18}{6} = 24 \mu\text{s} = 24 \times 10^{-6} \text{ s}$$

1.2. (0,5) $f = \frac{1}{T}$ $f = \frac{1}{24 \times 10^{-6}} = 41\,667 \text{ Hz}$ que l'on arrondit à deux chiffres significatifs donc $f = 4,2 \times 10^4 \text{ Hz} = 42 \text{ kHz}$ valeur en total accord avec la notice qui annonce 42 kHz.

1.3.1. (0,25) La longueur d'onde est la plus petite distance entre deux points du milieu dans le même état vibratoire.

1.3.2. (0,25) Initialement l'émetteur et le récepteur étant dans la même tranche d'air, les signaux sont en phase. En éloignant le récepteur d'une distance égale à la longueur d'onde $\lambda = 8 \text{ mm}$, on observe à nouveau des signaux en phase.

(0,25) Pour augmenter la précision de la mesure, il faut mesurer plusieurs longueurs d'onde. On procède à plusieurs décalages successifs des signaux. Ainsi la distance mesurée est plus grande.

Complément :

- Comment diminuer l'erreur relative d'une mesure ?

Avec une règle graduée uniquement en cm (pas de repère des mm), on mesure une distance $d_{\text{réelle}} = 3,5 \text{ cm}$.

On lit sur la règle 3 ou 4 cm.

On commet une erreur absolue de $|d_{\text{réelle}} - d_{\text{mesurée}}| = 0,5 \text{ cm}$.

On commet une erreur relative de $\frac{|d_{\text{réelle}} - d_{\text{mesurée}}|}{d_{\text{réelle}}} = \frac{0,5}{3,5} = 14\% \text{ d'erreur relative}$.

Avec cette règle, on mesure une distance plus grande $d_{\text{réelle}} = 14,5 \text{ cm}$.

On lit sur la règle 14 ou 15 cm.

On commet la même erreur absolue = 0,5 cm

Mais on commet une **erreur relative plus faible**, elle vaut dans ce cas $\frac{0,5}{14,5} = 3,4 \%$ d'erreur.

$$1.3.3. (0,25) \lambda = v \cdot T \text{ donc } v = \frac{\lambda}{T} \quad v = \frac{8 \times 10^{-3}}{24 \times 10^{-6}} = 3 \times 10^2 \text{ m.s}^{-1}$$

(0,25) La valeur attendue est de 340 m.s⁻¹ à 25°C.

(0,25) L'écart entre les deux valeurs est dû au manque de précision sur la valeur expérimentale de la célérité et on peut aussi remarquer que l'expérience a été réalisée à 20°C et non pas à 25°C.

1.4. (0,5) La fréquence f des ultrasons émis est la même quel que soit le milieu de propagation. Par contre la célérité v des ultrasons varie selon ce milieu.

Comme $\lambda = \frac{v}{f}$ alors la longueur d'onde varie suivant le milieu de propagation.

2. Étude du nettoyage

2.1. (0,25) Les ultrasons nécessitent un milieu matériel pour se propager, ce sont effectivement des ondes mécaniques.

2.2. (0,25) Les ondes ultrasonores sont créées par dilatation du liquide, la différence de pression crée des microbulles pouvant éclater. Il y a bien transport d'énergie.

2.3. (0,25) Les ondes ultrasonores se distinguent des ondes sonores par leur **fréquence**.

EXERCICE II : LA TELEVISION NUMERIQUE : EMISSION, TRANSMISSION ET RECEPTION

1. Propagation des ondes radio

1.1. Pour qu'un signal soit bien transmis, il ne doit pas être absorbé par l'atmosphère terrestre, autrement dit l'opacité atmosphérique doit être nulle.

La courbe d'absorption fournie est graduée en longueur d'onde, il faut donc déterminer λ de cette onde radio de fréquence $\nu = 800 \text{ MHz}$ qui se propage à la célérité de la lumière : $\lambda = \frac{v}{\nu}$,

soit ici $\lambda = \frac{c}{\nu}$.

$$\lambda = \frac{3,00 \cdot 10^8}{800 \cdot 10^6} = 0,375 \text{ m}$$

Conclusion : On constate que la fréquence ν choisie correspond à une longueur d'onde qui n'est pas absorbée par l'atmosphère et permet donc sa transmission sur de longues distances.

1.3. Exprimons la durée de propagation de l'onde radio pour un parcours de $d_1 = 50 \text{ km}$:

$$c = \frac{d}{Dt} \text{ donc } Dt_1 = \frac{d_1}{c}$$

$$\text{Pour un parcours de } d_2 = 5 \text{ km} : Dt_2 = \frac{d_2}{c}$$

Le retard de réception entre ces deux points est $\tau = \Delta t_1 - \Delta t_2 = \frac{d_1 - d_2}{c}$

$$\tau = \frac{(50 - 5) \cdot 10^3}{3,00 \cdot 10^8} = 1,5 \times 10^{-4} \text{ s} = 0,15 \text{ ms}$$

Ce retard est si faible que l'affirmation « reçues en quasi-simultané » est parfaitement justifiée.

Exercice III ECHOGRAPHIE

REPONSES A L'EXERCICE II

II-1-	Grandeur : la pression
II-2-	Les ultrasons sont des ondes : (cocher les réponses exactes) <input checked="" type="checkbox"/> longitudinales <input type="checkbox"/> électromagnétiques <input type="checkbox"/> déplaçant de la matière <input type="checkbox"/> transversales <input checked="" type="checkbox"/> mécaniques <input checked="" type="checkbox"/> déplaçant de l'énergie
II-3-	Fréquence : 20 kHz
II-4-	Qualifiant : milieu non dispersif
II-5-	Distance : OA = 7,0 cm
II-6-	Longueur d'onde : Expr. litt. : $\lambda = \frac{v}{f}$ Appl. Num. : $\lambda_1 = 0,43 \text{ mm}$ $\lambda_2 = 0,15 \text{ mm}$
II-7-	Longueur : BC = 2,3 cm
II-8-	Intensité : $I_1 = 10^{-2} \text{ W.m}^{-2}$
II-9-	Fréquence adaptée : 3.5 MHz Justification : la distance parcourue par l'onde est supérieure à 10 cm. A 10 MHz, l'atténuation serait donc supérieure à 100 dB. On ne serait plus en mesure de détecter l'onde en réception.
II-10-	Fréquence adaptée : 10 MHz Justification : A 10 MHz, l'atténuation serait inférieure à 40 dB. On peut ainsi détecter l'onde en réception. On utilise donc de préférence une onde à 10 MHz car sa résolution spatiale est environ 3 fois meilleure que celle à 3.5 MHz.