

TD 1 : Propagation d'un signal

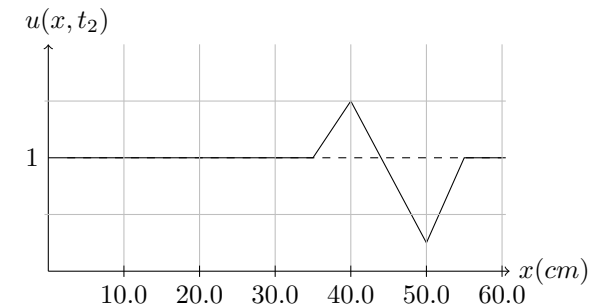
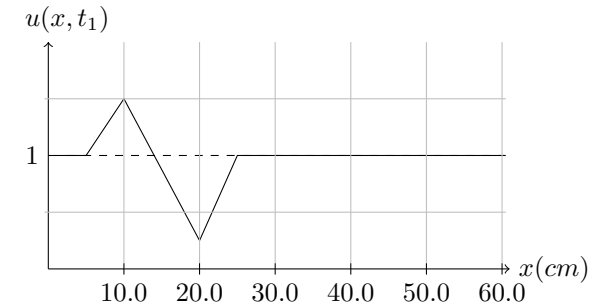
Exercice 1 : Question de cours

1. Quelles sont les couples de grandeurs physiques associées à un signal acoustique ? électrique ? électromagnétique ?
2. Quel est l'ordre de grandeur de la fréquence des signaux électromagnétiques utilisés par les radars automobiles ? pour la radiographie à rayon X ?
3. Quelle est l'expression mathématique générale d'un signal sinusoïdale. Vous identifierez **tous** les paramètres utilisés en donnant leur nom et unité.
4. Qu'est ce qu'une onde ?
5. Donnez un exemple d'onde transverse et d'onde longitudinale.
6. Quelle est l'expression mathématique d'une onde plane progressive.
7. Quelle propriété géométrique les représentations temporelle et spatiale d'une onde possèdent-elles ?
8. Donnez une représentation graphique d'une onde plane progressive sinusoïdale où vous identifierez la longueur d'onde.
9. Quelle est la définition et l'unité du vecteur d'onde ?
10. Quelle est la relation entre la célérité, la pulsation et la longueur d'onde ?
11. Quel est le retard de deux signaux déphasés de π ?
12. Quel est le déphasage de signaux en opposition de phase ?
13. On considère qu'une onde plane progressive sinusoïdale passe par les points A et B . Quelle distance sépare ces deux points si les signaux enregistrés en ces points sont en phase ?
14. Quelles sont les conditions d'interférences constructives ? destructives ?
15. Quelle est la relation entre l'échelle angulaire de diffraction et la taille de l'objet diffractant ?
16. Quelle(s) condition(s) doit(en)t-elle être réunie(s) pour observer le phénomène de diffraction en optique ?

Exercice 2 : Propagation d'un signal le long d'une corde

Une corde est le siège de la propagation d'un signal. Les graphes ci-contre indiquent l'aspect de la corde à deux instants : $t_1 = 2\text{s}$ et $t_2 = 3\text{s}$.

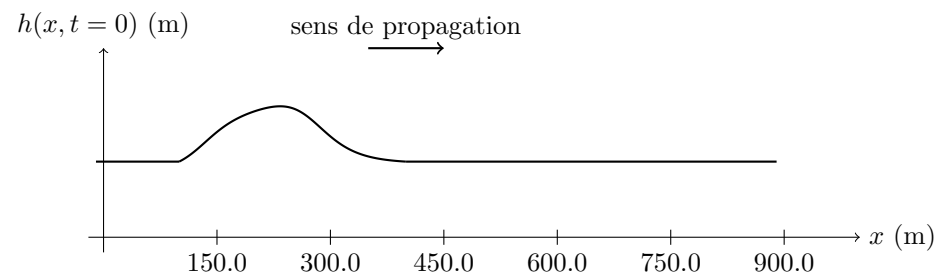
1. Déterminez la vitesse de l'onde.
2. Représentez l'aspect de la corde à l'instant $t_3 = 2,2\text{s}$.
3. Déterminez la position du point source où a débuté le signal à $t = 0$.
4. Quelle est la durée de l'émission du signal ?
5. Représentez l'histoire des points $x_1 = 0\text{ cm}$ et $x_2 = 20\text{ cm}$ (évolutions temporelles $u(x_1, t)$ et $u(x_2, t)$).



Exercice 3 : Le mascaret

Un mascaret est une vague solitaire remontant un fleuve au voisinage de son estuaire. On peut notamment en observer dans l'estuaire de la Gironde.

On considère ici un mascaret se déplaçant à la vitesse $c = 18\text{ km/h}$ le long d'un fleuve dont le profil de niveau de l'eau à l'instant $t = 0$ a l'allure suivant



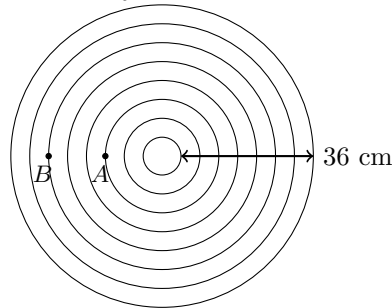
1. Faire un schéma du profil du niveau d'eau à l'instant $t = 2\text{ min}$. On supposera que le mascaret se propage sans déformation.
2. Un surfeur attend avec sa planche de surf à l'abscisse $x = 600\text{ m}$. À quel instant va-t-il recevoir la vague ?

3. Cette onde peut s'écrire sous la forme $h(x, t) = f(x - ct)$ ou $h(x, t) = g\left(t + \frac{x}{c}\right)$? Justifiez.
4. La célérité de l'onde n'est en réalité pas constante. Effectivement, la célérité de l'onde augmente avec la profondeur. En déduire l'évolution du profil de la vague.

Exercice 4 : Onde progressive sinusoïdale

Une onde périodique circulaire de fréquence $f = 30\text{Hz}$ est produite à la surface d'un liquide par une pointe qui vibre de manière sinusoïdale. Les cercles représentent les crêtes, c'est-à-dire les maxima de vibration à une date donnée t_0 . Pour chaque affirmation suivante, indiquez si elle est vraie ou fausse et justifiez votre choix.

1. L'onde est transversale.
2. La longueur d'onde est $\lambda = 15\text{cm}$
3. La célérité est $c = 1,5\text{ m/s}$
4. L'onde passant par A arrive en B avec un retard $\Delta t = 100\text{ ms}$.
5. L'onde est décrite par la fonction $u(x, t) = f(x - ct)$

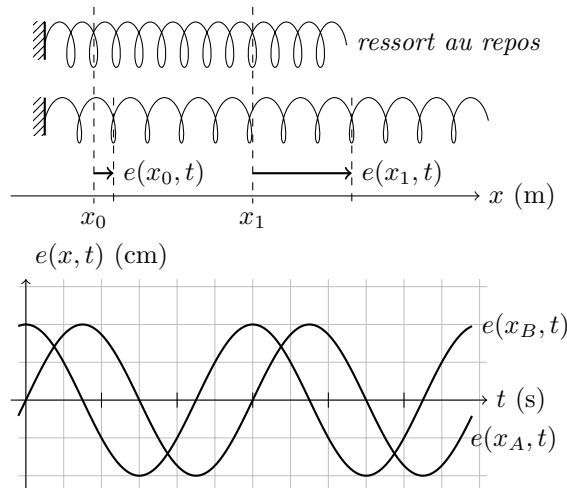


Exercice 5 : Propagation d'une onde dans un ressort

On s'intéresse à la propagation d'une onde dans un ressort.

Pour cela on définit l'élongation $e(x)$ comme la position d'un point du ressort par rapport à sa position d'équilibre. Les schéma ci-contre présente deux exemple de mesure de l'élongation $e(x)$.

Lors du passage de l'onde, l'élongation $e(x)$ dépend également du temps : $e(x, t)$. Elle est relevée pour deux points A et B du ressort, d'abscisse (respectivement) x_A et x_B .



1. Comment pouvez-vous qualifier l'onde se propageant dans le ressort ?
2. Déterminez le retard Δt entre les deux signaux $e(x_A, t)$ et $e(x_B, t)$
3. En déduire le déphasage $\Delta\varphi$.
4. Sachant que la célérité de l'onde est $c = 0,9\text{m/s}$ déterminez la distance entre les points A et B .
5. Quel aurait été le déphasage si les deux points A et B étaient distant de $0,3\text{ m}$ de $0,15\text{ m}$?
6. Comment s'appelle ces deux situations ?

Exercice 6 : Au feu les pompiers !

Nous étudions l'émetteur sonore d'un camion de pompier. Pour commencer nous supposons que le camion et le récepteur sont immobile et distant de 50m .

On considère que l'émetteur sonore émet un *bip* sonore tous les $T = 2\text{ ms}$ en direction du récepteur à partir du temps $t = 0$.

On notera $c_{\text{son}} = 340\text{ m/s}$ la célérité des ondes sonores dans l'air

1. Donnez la représentation temporelle de l'émetteur et du récepteur sur un même graphique. Identifiez la période des deux signaux.
2. Quel est le retard entre les deux signaux ?
3. Quelle est la longueur d'onde du signal.

Le camion de pompier démarre et avance alors à une vitesse de $v = 60\text{ km/h}$ en direction opposée au récepteur.

4. Quelle distance parcourt le camion entre deux *bip* ?
5. En déduire les instants t_n auxquelles le récepteur reçoit les différents *bip* consécutifs ($n = 0$ le premier *bip*, $n = 1$ le second *bip* etc...).
6. En déduire la période T' du signal reçu en fonction de c_{son} , v , et T .
7. Déterminez la longueur d'onde du signal sonore reçu.

Considérons maintenant un son sinusoïdale de fréquence $f = 880\text{ Hz}$.

8. En vous aidant des questions précédentes, déterminez la fréquence du signal sonore f' reçu.
9. Comment pourrions nous obtenir un son plus aigüe ?

Nous venons ici d'étudier l'effet DOPPLER-FIZEAU : décalage en fréquence due au déplacement de la source de l'onde. Cela se produit pour toutes les ondes, acoustique, électromagnétiques etc...