

Chapitre 11 - Modélisation des rayonnements électromagnétiques

Activités et applications – épisode 01

❖ **Savoir caractériser une onde :**

https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_fr.html

Première simulation :

Mettre la simulation sur « Osciller » sans extrémité/Ralenti/amplitude de 0,75 cm/fréquence de 2 Hz/aucun amortissement/tension élevée

On étudie l'onde se propageant le long d'une corde (milieu transparent, homogène et isotrope) dont l'extrémité est libre. La perturbation est créée par moteur faisant tourner un disque.

1. A quelle famille d'onde, cette onde appartient-elle ? Justifier votre réponse.

Il s'agit d'une onde mécanique, car sans le milieu matériel (la corde), le moteur aura beau tourner, aucune perturbation ne pourra se propager.

2. S'agit-il d'une onde transversale ? longitudinale ? Justifier votre réponse.

L'onde mécanique est transversale car la direction de propagation est perpendiculaire à la direction de la perturbation.

3. S'agit-il d'une onde progressive ou stationnaire ? Justifier votre réponse.

L'onde mécanique transversale est progressive car ses surfaces d'ondes progressent dans l'espace au cours du temps.

4. S'agit-il d'une onde plane, circulaire ou sphérique ? Justifier votre réponse.

L'onde mécanique transversale progressive est plane car la perturbation ne peut se propager que dans une seule direction (la corde).

5. S'agit-il d'une onde harmonique ? Justifier votre réponse.

L'onde mécanique transversale progressive plane est sinusoïdale car son profil est une courbe en sinus ou cosinus.

Deuxième simulation :

Mettre la simulation sur « Osciller » avec extrémité fixe/ normal /amplitude de 0,10 cm/ fréquence de 0,84 Hz/aucun amortissement/tension élevée

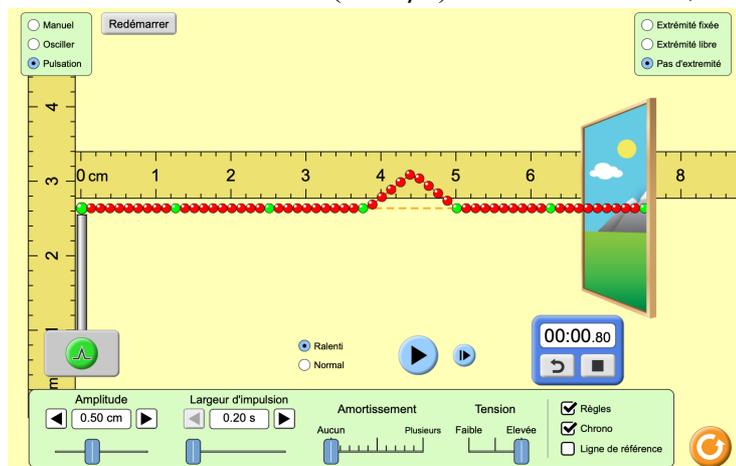
6. Qualifier à l'aide des adjectifs usuels, l'onde observée. On ne justifiera que les adjectifs nouveaux par rapport à l'exemple précédent.

L'onde est mécanique, transversale, stationnaire (il y a présence de nœuds et de ventres), plane.

Troisième simulation :

Mettre la simulation sur « Pulsation » avec sans extrémité /amplitude de 0,50 cm/ largeur d'impulsion de 0,20 s /aucun amortissement/tension élevée

7. Déterminer la célérité (en m/s) de l'onde obtenue, à l'aide des outils « règles » et « chrono » :



$$v = \frac{d}{\Delta t}$$

$$v = \frac{5,0 \times 10^{-2}}{0,80} = 0,0625 \text{ m/s}$$

❖ Double périodicité d'une OPPH :

Mettre la simulation sur « Osciller » sans extrémité/Ralenti/amplitude de 0,75 cm/ fréquence de 2 Hz/ aucun amortissement/tension élevée

On représente ci-après le profil de la corde à différents instants.

8. Comment nomme-t-on la durée qui s'est écoulée durant le tour complet du disque ?

Au point source de la perturbation, il s'est écoulé une période temporelle, notée T .

9. En déduire les différents instants t correspondant aux captures d'écran, en les exprimant en fonction de la période T (dans la colonne de gauche du tableau).

10. Qu'observez-vous sur l'allure de la corde lorsqu'une période T s'est écoulée ?

Un motif **spatial sinusoïdal** est apparu sur la corde.

11. Mesurer la période spatiale du motif qui est apparu sur la corde, à l'aide des outils de la simulation, **en précisant son unité.**

$$\lambda = 3,1 \text{ cm}$$

12. En déduire la valeur de la célérité v de l'onde se propageant dans la corde, en m/s.

$$\lambda = \frac{v}{f} \Leftrightarrow v = \lambda \times f$$

$$v = \lambda \times f = 3,1 \times 10^{-2} \times 2,00 = 6,20 \times 10^{-2} \text{ m/s}$$

13. En déduire la valeur du module d'onde k de l'onde se propageant dans la corde, dont on précisera l'unité :

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{3,1 \times 10^{-2}} = 2,03 \times 10^2 \text{ rad/m}$$

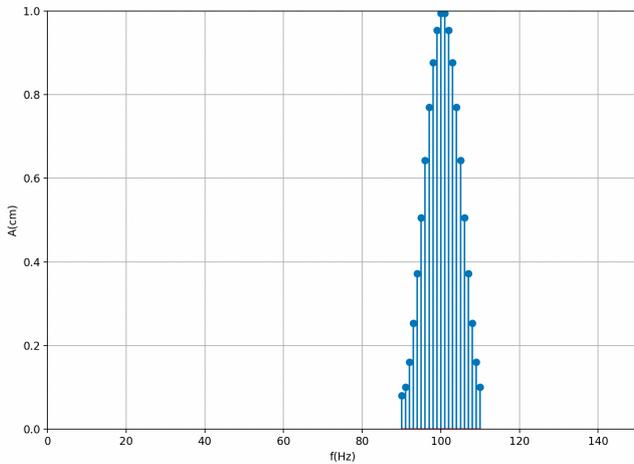
<p>$t = 0s$</p>			
<p>$t = \frac{T}{4}$</p>			
<p>$t = \frac{T}{2}$</p>			
<p>$t = \frac{3T}{4}$</p>			
<p>$t = T$</p>			

14. En déduire l'expression numérique de l'onde $s(x, t)$. On prendra $\varphi_0 = 0$ et l'axe des abscisses est croissant vers la droite.

$$s(x, t) = A \cos(\omega t - kx + \varphi_0)$$

$$s(x, t) = 0,75 \cos(2 \pi \times 2,00t - 2,03 \times 10^2 x)$$

❖ Le milieu étudié est-il dispersif ?



On étudie la propagation dans un milieu d'un signal, composé de plusieurs OPPH. Le spectre en amplitude de ce signal est représenté ci-contre.

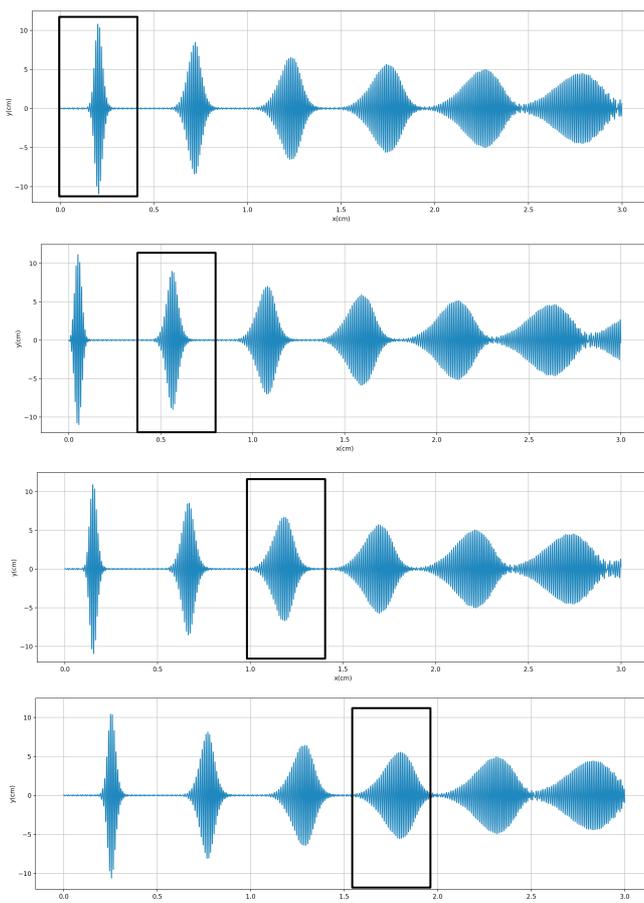
15. Quelle est la fréquence centrale de ce signal ?

La fréquence centrale de ce paquet d'onde est 100 Hz.

16. Déterminer la valeur de l'encombrement spectral Δf de ce signal :

La fréquence minimale de ce signal est 90 Hz et la fréquence maximale est 110 Hz. Donc :

$$\Delta f = 110 - 90 = 20 \text{ Hz}$$



Faire la simulation sans dispersion d'abord. La simulation via Python, donnent les profils ci-contre à différents instants du signal : on suit l'évolution de celui entouré. La simulation génère le signal à intervalle de temps régulier.

17. Le milieu est-il dispersif? Justifier votre réponse.

Le signal se déforme au cours de sa propagation : l'OPPH de fréquence maximale de 110 Hz n'a donc pas la même célérité que l'OPPH de fréquence minimale de 90 Hz ou que l'OPPH de fréquence 100 Hz.

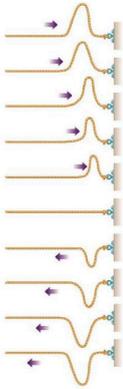
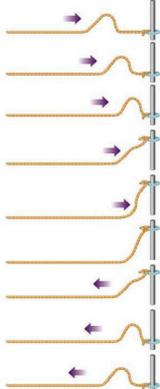
Le milieu est donc dispersif.

❖ **Coefficient de réflexion (en amplitude) en bout de corde :**

Les conditions aux limites pour une réflexion parfaite d'une impulsion sur l'exemple de la corde :

Considérons une corde de longueur infinie, dont une des extrémités est tenue fixe ou complètement libre :

Lire vidéo C11_AD_reflexion_corde.mp4

Corde infinie - Extrémité fixe	Corde infinie - Extrémité libre
	
L'onde réfléchie a même amplitude, même forme mais est de signe opposé par rapport à l'onde incidente : l'onde réfléchie et l'onde incidente sont en opposition de phase.	L'onde réfléchie a même amplitude, même forme et est de même signe : l'onde réfléchie et l'onde incidente sont en phase.
Le coefficient de réflexion en amplitude est ici : $r = -1$	Le coefficient de réflexion en amplitude est ici : $r = 1$

❖ **Obtention d'ondes stationnaires dans un milieu infini :**

Ouvrir la simulation suivante et mettre le coefficient de réflexion en amplitude sur $r = 0$.

<http://www.f-legrand.fr/scidoc/simul/ondes/reflexion.html>

L'onde incidente est en rouge. L'onde réfléchie est en bleue.

18. Quelle est l'allure de l'onde totale (somme de l'onde incidente et de l'onde réfléchie) dans le milieu infini ?

L'onde « totale » a la même allure que l'onde incidente.

Mettre $r = 0,50$: l'onde incidente est en bleue et se propage vers la droite. L'onde réfléchie est en bleue et se propage vers la gauche. La somme de ces deux ondes (onde totale) correspondant au profil de l'onde observée dans le milieu, est en rouge.

19. Si l'amplitude de l'onde incidente est de 10 cm , quelle est la valeur de l'amplitude de l'onde réfléchie ?

L'amplitude de l'onde réfléchie est de $5,0\text{ cm}$.

20. L'amplitude de l'onde « totale » est-elle constante ? Si non, entre quelles valeurs varie-t-elle ? Existe-il des points dont l'amplitude de vibration est toujours nulle ?

L'amplitude de l'onde « totale » n'est pas constante : son amplitude varie entre $[5,0\text{ cm}; 15,0\text{ cm}]$.

Aucun des points du milieu a une amplitude de vibration toujours nulle.

21. Mettre $r = 1,00$: entre quelles valeurs l'amplitude de l'onde « totale » varient-elle ?

Son amplitude varie entre $[0 \text{ cm}; 20,0 \text{ cm}]$.

22. Existe-il des points dont l'amplitude de vibration est toujours nulle ? Est-ce le cas des extrémités visibles du milieu ?

Il existe des points dont l'amplitude de vibration est toujours nulle.

Les extrémités du milieu correspondent à des points à amplitude maximale

23. Mettre $r = -1,00$: entre quelles valeurs l'amplitude de l'onde « totale » varient-elle ?

Son amplitude varie entre $[0 \text{ cm}; 20,0 \text{ cm}]$.

24. Existe-il des points dont l'amplitude de vibration est toujours nulle ? Est-ce le cas des extrémités visibles du milieu ?

Il existe des points dont l'amplitude de vibration est toujours nulle.

Les extrémités du milieu correspondent à des points dont l'amplitude de vibration est toujours nulle.

25. Quelle condition nécessaire sur r permet d'observer une onde stationnaire dans le milieu infini ?

Il faut que le coefficient de réflexion (en amplitude) soit égale à $r = -1,00$ ou $r = +1,00$: ainsi, l'onde réfléchie se propage en sens inverse de l'onde incidente, à la même fréquence et à la même amplitude.

26. Calculer le taux d'onde stationnaire pour les quatre cas étudiés ici : $r = 0 ; 0,50 ; -1,00$ et $+ 1,00$

Pour $r = 0$:

$$TOS = \frac{1 + |r|}{1 - |r|} = \frac{1 + 0}{1 - 0} = 1 \text{ ou } TOS = \frac{U_{m,max}}{U_{m,min}} = \frac{10,0}{10,0} = 1,00$$

L'onde est progressive.

Pour $r = 0,50$:

$$TOS = \frac{1 + |r|}{1 - |r|} = \frac{1 + 0,50}{1 - 0,50} = 3,0 \text{ ou } TOS = \frac{U_{m,max}}{U_{m,min}} = \frac{15,0}{5,0} = 3,0$$

L'onde n'est ni progressive ni stationnaire.

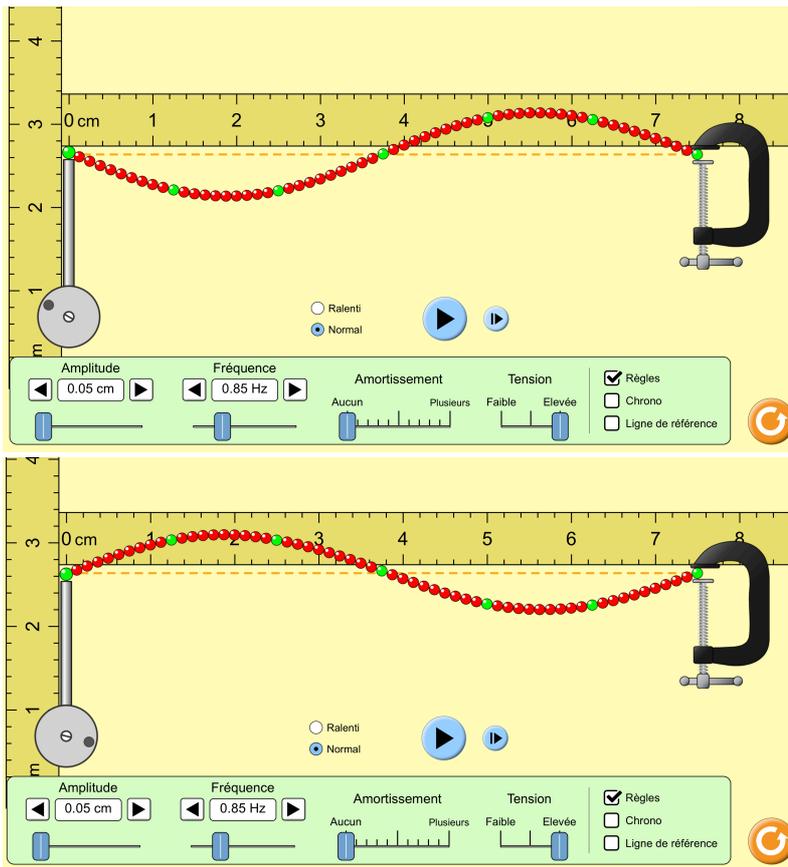
Pour $r = -1,00$ ou $1,00$:

$$TOS = \frac{1 + |r|}{1 - |r|} = \frac{1 + 1,00}{1 - 1,00} \rightarrow \infty \text{ ou } TOS = \frac{U_{m,max}}{U_{m,min}} = \frac{20,0}{0} \rightarrow \infty$$

L'onde est stationnaire.

Il y a présence de nœuds et de ventres.

❖ Mesures de longueurs d'ondes :



On étudie la situation suivante. La durée séparant les deux premières captures d'écran est égale à la moitié d'une période temporelle.

27. Sur chaque capture, repérer les nœuds et les ventres de vibrations.

28. En déduire la longueur d'onde λ_2 :

$$\frac{\lambda_2}{2} = 3,7 \text{ cm donc } \lambda_2 = 7,4 \text{ cm}$$

