



Chapitre A3 - Ondes progressives

Activité 1 (expérimentale) À la recherche de points communs...

Objectif : Découvrir et proposer une définition de la notion d'onde mécanique

En physique, on décrit grâce à un même modèle les cinq situations disponibles dans la classe :

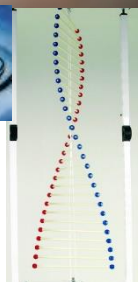
Situation 1 : Une **corde** est disposée horizontalement sur le sol. On soulève puis repose brièvement son extrémité libre.

Situation 2 : On agite l'extrémité d'une drôle de machine, appelée « **échelle de perroquet** ».

Situation 3 : Un long **ressort** est tendu. On comprime brièvement une de ses extrémités.

Situation 4 : De l'**eau** stagne dans un récipient et on enfonce brièvement un objet pointu.

Situation 5 : Un **haut-parleur est branché** (à un GBF) pour émettre un son.



Indiquer par écrit deux propriétés qui vous semblent communes à ces différentes situations.

*Après mise en commun et discussion par groupe de 4,
proposer sur une feuille A3 une définition d'une onde mécanique*

✂-----✂

Vous disposez des § A et B du modèle des ondes progressives

Activité 2 Différentes vagues

Les vagues à la surface de l'eau peuvent être décrites comme des ondes mécaniques progressives. On envisage deux situations où se propagent des vagues, photographiées et reproduites ci-dessous :

Situation 1 :



Situation 2 :



1. L'une de ces ondes est dite « à une dimension » et l'autre « à deux dimensions ». Identifier chacune d'elles.
2. Il existe aussi des ondes à trois dimensions : proposer un exemple d'onde mécanique à trois dimensions et un exemple d'onde électromagnétique à trois dimensions


✂-----✂

Activité 3 (expérimentale) Comment estimer la « vitesse » d'une onde ?

On peut déterminer la célérité d'une onde en mesurant la durée mise par une perturbation pour parcourir une distance donnée.

1er cas : propagation lente, onde dans une corde

Si la perturbation est "visible" et qu'elle se propage "lentement", une mesure de distance et une mesure de durée peuvent suffire.

 Le logiciel « SimulaCORDE » permet de réaliser une simulation d'une telle propagation.

1. Rédiger une méthode qui permet d'estimer la célérité de l'onde le long de la corde simulée.
2. Une fois les mesures effectuées, estimer la célérité et indiquer les sources d'incertitudes.

2° cas : si la propagation se fait rapidement : onde transversale dans un ressort...

En utilisant le document fourni au sujet de la propagation d'une perturbation d'un ressort, déterminer la célérité de cette onde.

Les photographies sont effectuées tous les $\tau = \frac{1}{24}$ s. L'échelle du document est 1/10.

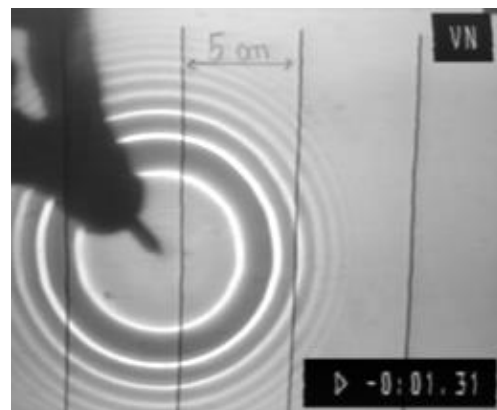
**3^e cas : si la propagation se fait rapidement : onde à la surface de l'eau...**

Dans les cas où la célérité est plus grande encore, on peut utiliser une vidéo.

On laisse tomber une goutte d'eau à la surface libre d'une cuve à onde. La surface de l'eau est filmée à **25 images/s**.

**Protocole**

- ✓ Ouvrir le logiciel de pointage « **Avi-Méca** »
- ✓ Ouvrir avec ce logiciel le fichier **Onde.avi**
- ✓ Pour l'étalonnage, on indique que la largeur entre deux traits est de 5,0 cm, et on prendra un repère Oxy avec l'axe Ox orienté vers la gauche de l'écran.
- ✓ Suivre une vague brillante au cours du temps sur un axe l'axe Ox.
- ✓ Après pointage de la position de la vague choisi selon cet axe, copier dans le presse-papier et coller dans **Regressi**.
- ✓ Visualiser la courbe de l'évolution temporelle du rayon de la vague suivie (c'est-à-dire $x=f(t)$)

**Questions**

- 1) Expliquer par écrit comment on peut exploiter cette courbe pour trouver la valeur de la **célérité de cette onde à la surface de l'eau**.
- 2) En déduire la modélisation numérique pertinente à effectuer avec Regressi et indiquer la valeur de la célérité.

Activité 3 (exp) - 4^e cas (si la propagation n'est pas visible) : cas d'une onde acoustique

Dans le cas d'une onde acoustique, un récepteur permet de repérer l'existence éventuelle d'une perturbation du milieu à l'endroit où il est situé : une tension électrique non nulle apparaît alors à ses bornes. Ces récepteurs peuvent être des microphones, des récepteurs ultrasonores (dans le cas des ultrasons)...

Matériel disponible : microphones et de récepteurs ultrasonores, carte d'acquisition + ordinateur, GBF, bouton poussoir. Logiciels disponibles : *Mesures électriques* + *Regressi*.

Élaboration d'un protocole :

Proposer le protocole d'une expérience permettant de mesurer la célérité des ondes sonores dans l'air. **Le montage doit être soigneusement schématisé.**

Pour vous guider, voici quelques questions à se poser et auxquelles votre protocole doit répondre :

- Parmi les possibilités offertes par le matériel présent, par quel moyen est-il judicieux de générer une onde sonore dans ce cas ?
- Comment faut-il disposer les récepteurs ?
- Quelle est la condition de déclenchement de l'acquisition des signaux ?
- Que doit valoir, environ, la durée de l'acquisition ?
- On a intérêt à utiliser une grande fréquence d'échantillonnage.

Expérience : soumettre le protocole au professeur, puis après validation, réaliser l'expérience.

Exploitation :

1. Pour deux distances D_1 et D_2 différentes, mesurer les valeurs des durées de propagation notées τ_1 et τ_2 .
2. Calculer les deux valeurs de célérités qu'on peut en déduire. Sont-elles compatibles ?
3. Les valeurs obtenues sont-elles en accord avec la valeur théorique (voir document 1 ci-contre) ?
4. A votre quelle est la principale source d'incertitude sur la détermination effectuée ?

DOCUMENT 1 : étude théorique de la vitesse du son dans un gaz

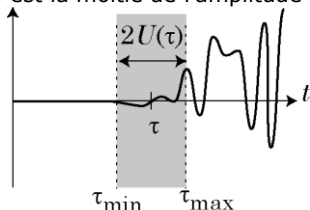
Le modèle du gaz parfait permet d'établir l'expression théorique suivante de la célérité d'une sonore dans un gaz diatomique : $v = (331,5 + 0,607 \times \theta) \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
avec θ : température en °C

**Prise en compte des incertitudes**

5. En utilisant les documents ci-dessous, estimer les incertitudes $U(\tau)$ et $U(D)$ sur les deux grandeurs mesurées. En déduire leurs incertitudes relatives $\frac{U(\tau)}{\tau}$ et $\frac{U(D)}{D}$.
6. Parmi les sources d'incertitude sur la mesure de la célérité des ondes sonores, laquelle est la plus importante ? On comparera les incertitudes relatives pour répondre.
7. Calculer numériquement l'incertitude relative $\frac{U(v)}{v}$ sur la célérité. Comparer le résultat avec la valeur de $\frac{U(\tau)}{\tau}$ et conclure.

DOCUMENT 2 : incertitudes de mesure

Mesure graphique : l'intervalle de confiance accordé à la mesure graphique de τ est compris entre les deux valeurs extrêmes que l'on juge acceptables. L'incertitude $U(\tau)$ est la moitié de l'amplitude de cet intervalle.



Mesure à l'aide d'un instrument gradué : si ϵ désigne la plus petite graduation exploitable d'un instrument de mesure, une valeur X mesurée par différence entre deux graduations est entachée d'une incertitude de valeur :

$$U(X) \approx \epsilon$$

8. À l'aide de la réponse à la question précédente, calculer numériquement $U(v)$ et présenter la valeur de v avec son incertitude sous la forme : $v = \dots \pm \dots \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Vérifier si la valeur théorique est compatible avec notre mesure.

DOCUMENT 3 : incertitude sur une valeur calculée par un calcul simple

Si une grandeur X est calculée au moyen d'une relation constituée uniquement de produits et de quotients, son incertitude relative est la somme quadratique des incertitudes relatives de chacune des grandeurs intervenant dans son expression.

Par exemple si $X = a/b$:

$$\frac{U(X)}{X} = \sqrt{\left(\frac{U(a)}{a}\right)^2 + \left(\frac{U(b)}{b}\right)^2}$$

Pour aller plus loin...Discussion pour donner du sens aux incertitudes :

9. En déduire, parmi les solutions proposées ci-dessous, lesquelles permettraient d'améliorer la qualité de la mesure de v ?
- augmenter la distance D ;
 - utiliser un instrument de mesure des distances plus précis ;

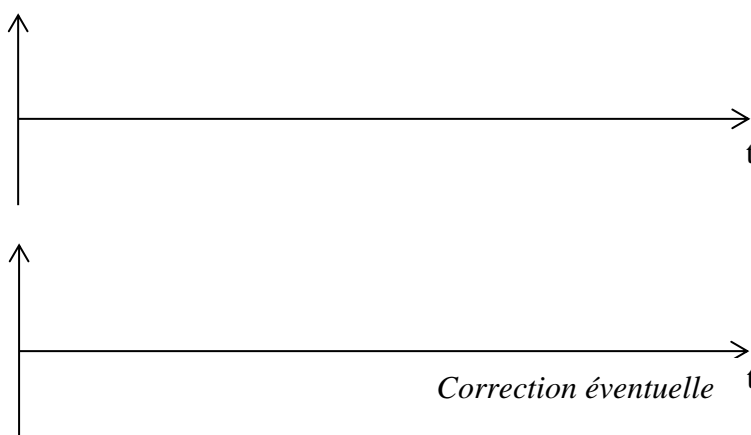
Activité 4 Comment se déforme une corde au cours du temps ?

On utilise *SimulaCORDE* pour introduire la notion de retard.

- 1) En observant une propagation, sans soucis d'échelle, proposer ci-contre une représentation de l'évolution au cours du temps de l'altitude d'un point de la corde lors de la propagation de la perturbation.

Le logiciel permet d'afficher cette évolution d'un point choisi sur la corde.

Corrigez éventuellement votre tracé (ci-contre) en tentant de comprendre votre erreur éventuelle.



La célérité de l'onde vaut $2,0 \text{ cm/s}$.

- 2) Avec quel retard la perturbation arrive-t-elle en un point situé $5,0 \text{ cm}$?

Vérification à l'aide du simulateur.

- 3) Soit A et B deux points distants d'une distance notée D dans la direction de propagation d'une onde. On appelle t_A l'instant auquel la perturbation est en A et t_B celui auquel elle est en B. Toute perturbation arrive donc en B avec un retard $\tau = t_B - t_A$ par rapport à son passage en A. Donner l'expression de τ puis compléter le modèle (§ D) en accord avec le professeur.