

Activité documentaire : célérité d'une onde.

Objectif : extraire et exploiter des informations pour répondre à des questions précises.

Document A : un modèle pour les milieux matériels

Une perturbation qui se propage dans un milieu matériel peut être représentée par une onde. La célérité de cette onde est la vitesse de propagation de la perturbation dans le milieu. Première surprise : la célérité d'une onde ne dépend pas de l'amplitude de la perturbation ! Prenons par exemple le son se propageant dans l'air. C'est en fait une onde de compression-dilatation de la masse d'air : les molécules d'air se rapprochent puis s'éloignent au passage de l'onde, un peu comme un chamallow qu'on presse entre les doigts puis qu'on relâche. Eh bien, un son fort se propagera à la même vitesse qu'un son faible ; un craquement de brindille et un roulement de tambour se produisant simultanément au même endroit arriveront en même temps à votre oreille.

Plus étonnant encore : à la question « un son se propage-t-il plus vite dans l'air ou dans l'eau ? », la réponse est... Dans l'eau. Ainsi, les dauphins communiquent presque 5 fois plus vite que nous.

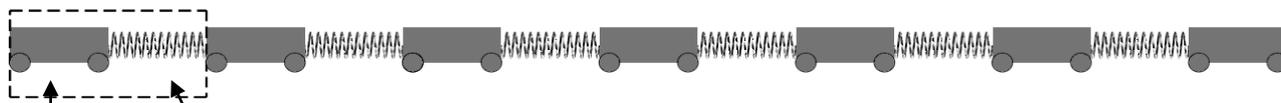
Et dans un solide, me direz-vous ? Encore plus vite. Encore que... Cela dépend du « solide ». Mais, comme le montre le tableau, c'est assez souvent le cas. Voilà donc justice rendue à la ruse de Sioux de notre bon vieux Lucky Luke : en collant l'oreille sur un rail en métal, c'est bien avant d'entendre le sifflement de la chaudière que le cow-boy plus malin que son ombre saura que le train arrive.

Il est manifeste que plus le milieu est rigide, c'est-à-dire moins il est élastique, plus l'onde se propage vite (voir tableau ci-contre). De même, plus le milieu est dense, plus la célérité de l'onde est élevée. Mais à l'opposé, plus l'inertie du milieu est importante, moins l'onde s'y propage vite.

Comment interpréter ces résultats ? Découpons l'air en tranches imaginaires identiques, et considérons une tranche d'air : chaque tranche peut être modélisée par un chariot de masse m lié à un ressort de raideur k . Ainsi, l'ensemble des tranches d'air forme un train de chariots et de ressorts liés entre eux. Au niveau microscopique, un chariot peut également représenter une molécule ou un atome du milieu matériel, et le ressort correspond alors aux liaisons électrostatiques entre les molécules du milieu matériel. Quand l'un des chariots oscille, il entraîne les autres et la perturbation se propage de proche en proche. On comprend ainsi que, plus la période des oscillations de chaque chariot sera courte, plus la perturbation se propagera rapidement.

Matériaux	Célérité du son en (m/s)
Air	343
Eau de mer	1530
Glace	3200
Verre	5300
Acier	5200
Plomb	1200
Titane	4950
PVC (mou)	80
PVC (Dur)	1700
Béton	3100
Hêtre	3300

« tranche » d'air



chariot de masse m

ressort de raideur k

Questions	Compétences	oui	non
A.0. Qu'est-ce que la célérité d'une onde ?	Définir la célérité		
A.1. D'après le modèle, l'onde sonore est-elle longitudinale ou transversale ? Justifier la réponse.	Définir une onde progressive.		
A.2. Quelles propriétés du milieu sont modélisées par les ressorts et les chariots ?	Savoir que la célérité d'une onde dépend du milieu de propagation.		
A.3. Comment évolue la célérité d'une onde sonore selon les propriétés du milieu matériel de propagation ?			
A.4. Un train siffle à 5 km de distance de Lucky Luke. Combien de temps va s'écouler entre le moment où Luke va percevoir la vibration du rail et le moment où le son du sifflet parviendra à ses oreilles ?	Exploiter la relation entre le retard, la distance et la célérité.		

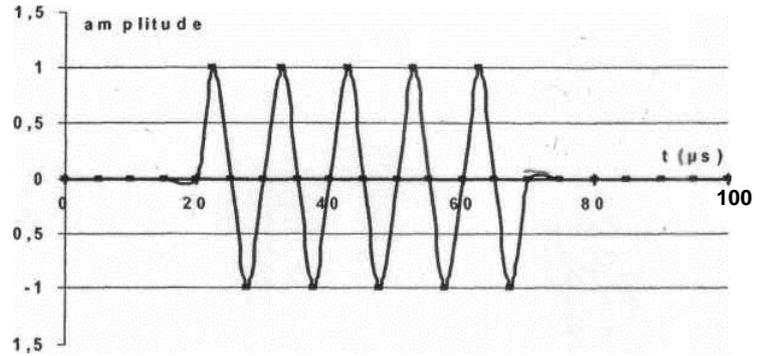
Les dauphins n'émettent pas des ultrasons en continu mais des salves ultrasonores très brèves et puissantes appelées « clics ». Ces clics sont émis par séries formant un large faisceau appelé « trains de clics ». La durée d'un train de clics et le nombre de clics contenus dans le train dépendent de leur fonction: localisation du dauphin ou recherche de nourriture. On suppose que les clics d'un même train sont émis à intervalles de temps réguliers.

La **figure 1** est un exemple de clic.

La **figure 2** montre, pour un même train, les clics émis et reçus par écho. L'instant initial est celui de l'émission du premier clic.

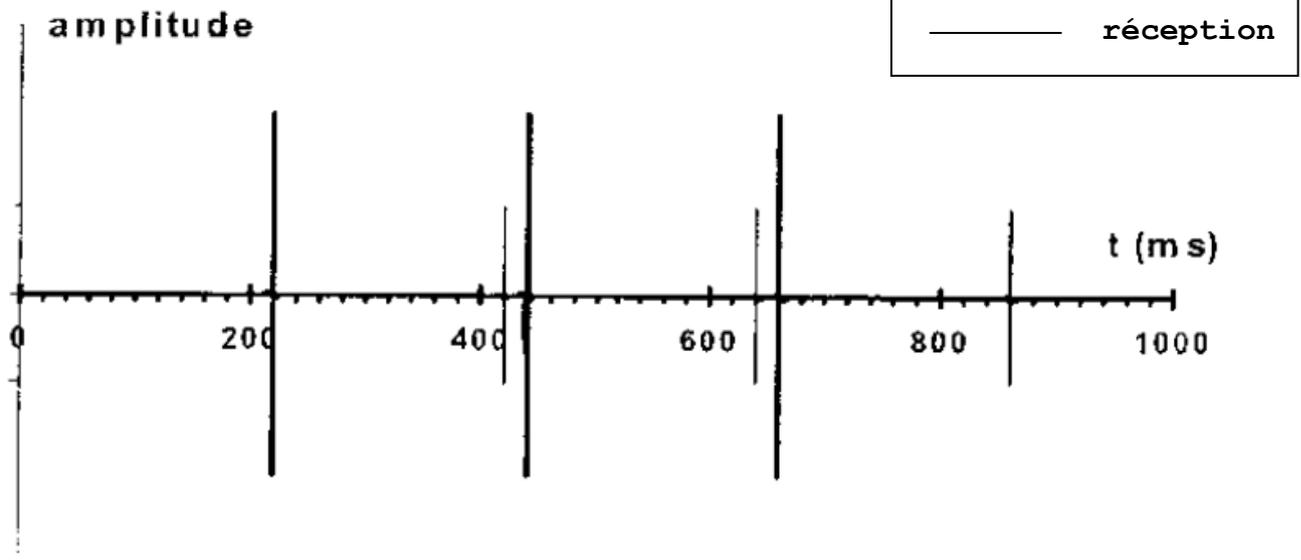
Afin de se localiser, le dauphin émet des trains de clics, toutes les 220 ms, qui se réfléchissent sur le fond marin ou les rochers et sont captés à leur retour par le dauphin. La perception du retard de l'écho lui fournit des informations concernant l'aspect du fond marin ou la présence d'une masse importante.

Figure 1 : un clic



B.1. Comparer la durée totale d'un clic et la durée entre deux clics d'un train. Justifier la représentation d'un train de clics.	Interpréter un oscillogramme donnant l'évolution temporelle de la perturbation en un point donné.		
B.2. Déterminer l'intervalle de temps Δt séparant l'émission d'un clic et la réception de son écho.	Mesurer un retard et calculer une distance.		
B.3. En déduire la distance H à laquelle se trouve le dauphin du fond marin.			

Figure 2 : localisation



Le gerris est un insecte que l'on peut observer sur les plans d'eau calmes de certaines rivières. Très léger cet insecte évolue sur la surface en ramant avec ses pattes.

Les déplacements de l'insecte génèrent des ondes à la surface de l'eau qui se propagent dans toutes les directions offertes par le milieu. Le schéma (**figure 3**) donne une vue en coupe de l'onde créée par une patte de gerris à l'instant t.

O est le point source : point de surface où est créée l'onde.

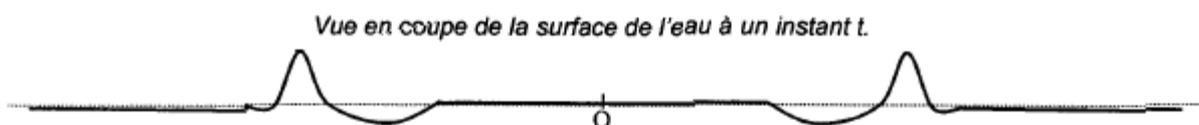


Figure 3

C.1. L'onde générée par le déplacement du gerris peut-elle être qualifiée de transversale ou de longitudinale ?	Définir une onde progressive.		
C.2. Un brin d'herbe flotte à la surface de l'eau. Décrire son mouvement au passage de l'onde.	Savoir qu'un point du milieu reproduit le mouvement de la source avec un retard τ .		
C.3. La surface de l'eau est photographiée à deux instants différents. Le document est à l'échelle 1/100° (figure 4). Calculer la célérité de l'onde.	Exploiter un document montrant l'aspect de la perturbation à des dates données.		

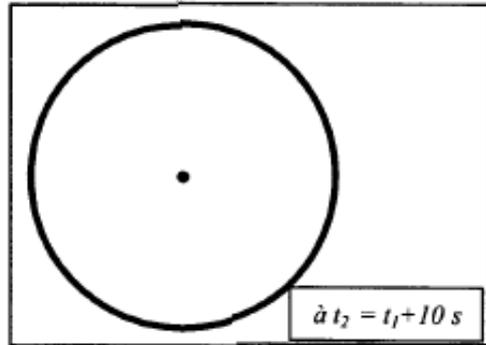
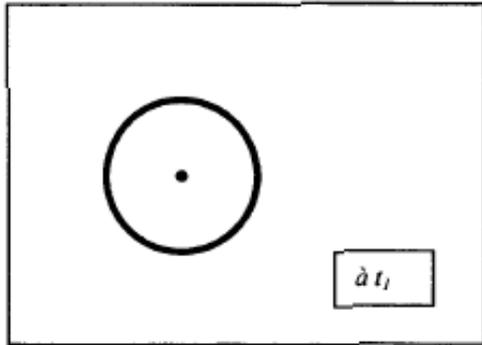


Figure 4

La concurrence est rude sur le plan d'eau entre trois gerris ... Les extrémités de leurs pattes antérieures, situées près de leurs antennes (zone de détection), leur permettent de déterminer la direction et le sens de la propagation de l'onde émise par une proie. Un papillon se débat à une distance $d_1 = 6,0 \text{ cm}$ du gerris n°1. L'onde générée par le papillon se déplace à $4,4 \text{ cm.s}^{-1}$. Elle a mis $\Delta t_2 = 1,0 \text{ s}$ pour parvenir au gerris n°2. Le gerris n°3 détecte cette même onde avec un retard $\tau_3 = 1,5 \text{ s}$ sur le gerris n°2.

C.4. Déterminer la distance d_2 entre le papillon et le gerris n°2.	Exploiter la relation entre le retard, la distance et la célérité.		
C.5. Déterminer la distance d_3 entre le papillon et le gerris n°3.			
C.6. Déterminer sur la figure 4 la position du papillon à l'aide d'un compas.			

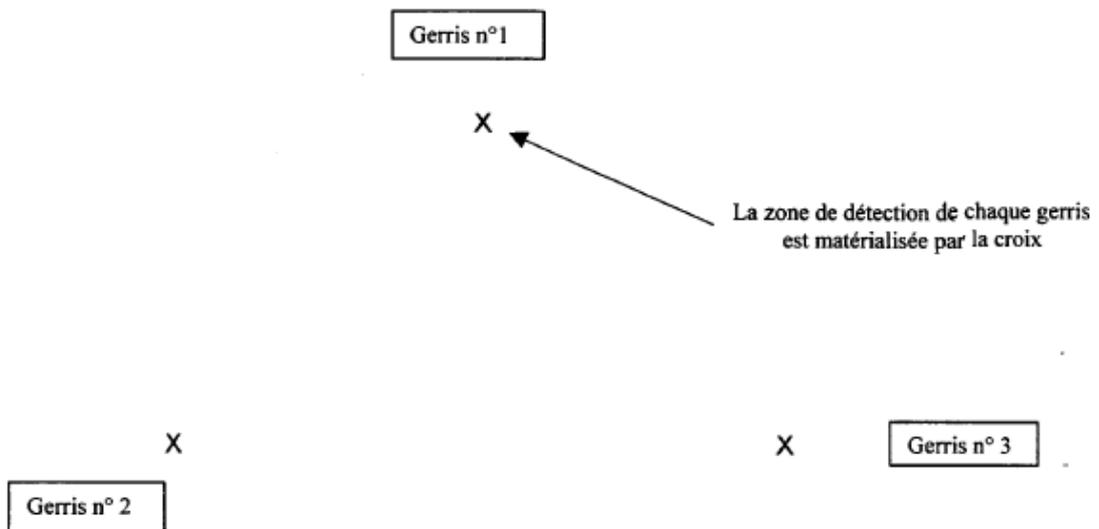


Figure 4