

Propagation d'un signal

1. Fréquence, pulsation, période

1. Prenez votre pouls. Calculer la période et la fréquence de votre rythme cardiaque
2. Quelle est la période du mouvement de rotation de la terre autour de son axe. Calculer la fréquence et la pulsation.

2. Graphes

1. Tracer à l'aide de votre calculatrice, les courbes représentatives des fonctions suivantes dans l'intervalle $\left[-\frac{1}{2}; \frac{1}{2}\right]$ sur du papier millimétré :

$$y_1 = \frac{4}{\pi} \sin(2\pi t) \quad \text{et} \quad y_2 = \frac{4}{\pi} \left(\sin(2\pi t) + \frac{\sin(3 \times 2\pi t)}{3} + \frac{\sin(5 \times 2\pi t)}{5} \right)$$

Échelle : en abscisse 10 cm pour une demi-période, en ordonnée 5 cm pour une unité.

2. Quel est son spectre?

3. Astrophysique L'année lumière est une unité de longueur égale à la distance parcourue par la lumière en une année. On donne : $c = 3,00.10^8 \text{ m.s}^{-1}$

1. Calculer la valeur de l'année lumière en km.
2. L'étoile la plus proche de nous, Proxima du centaure se trouve à 4,28 années lumière. Exprimer la distance en km.
3. Quel est le temps mis par la lumière pour nous parvenir depuis la Lune, située à $3,84.10^8 \text{ m}$?
4. Quel est le temps mis par la lumière pour nous parvenir depuis le Soleil, située à $1,49.10^{11} \text{ m}$?

4. Orage Au cours d'un orage, on mesure l'intervalle de temps qui sépare l'éclair du tonnerre. À quelle distance l'orage se trouve-t-il sachant que cet intervalle est de 18 s? On donne : $c = 3,00.10^8 \text{ m.s}^{-1}$; $c_{\text{son}} = 340 \text{ m.s}^{-1}$



5. Équation du mouvement* L'extrémité O d'un vibreur se déplace suivant la verticale : elle est animée d'un mouvement sinusoïdal d'amplitude $a = 1,25 \text{ mm}$ et de fréquence $f = 100 \text{ Hz}$. À l'instant $t = 0$, le vibreur passe par sa position d'équilibre en se déplaçant vers le haut. La vitesse de l'onde est $c = 10 \text{ m.s}^{-1}$.

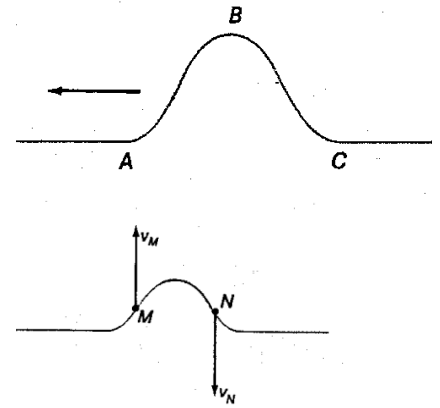
1. Écrire l'équation du mouvement $y(t, 0)$.
2. En déduire l'équation du mouvement $y(t, x)$ en M situé en $x = 5 \text{ cm}$ et le déphasage par rapport à la source.
3. Même question pour $x = 12,5 \text{ cm}$

6. Stroboscopie* Un disque portant un rayon noir est éclairé par un stroboscope délivrant 50 éclairs par seconde

1. Qu'observe-t-on lorsque le disque tourne à la vitesse de 100 tours/s?
2. Qu'observe-t-on lorsque le disque tourne à la vitesse de 25 tours/s?
3. Décrire les phénomènes observés lorsque la vitesse angulaire du disque passe de 48 tours/s à 52 tours/s.

7. Onde progressive*

1. Un ébranlement transversal se propage le long d'une corde de droite vers la gauche. La figure ci contre représente l'aspect de la corde à l'instant t . Quels sont les points qui à cette date se déplacent vers le haut? Quels sont ceux qui se déplacent vers le bas?
2. Un ébranlement transversal se propage le long d'une corde. La figure ci-contre représente l'aspect de la corde à l'instant t . Sachant qu'à l'instant t , la vitesse de M est vers le haut et celle de N vers le bas, déterminer le sens de propagation de l'ébranlement.



8. Ébranlement* On soumet une corde horizontale à une brusque secousse verticale et on observe le déplacement de l'ébranlement le long de la corde.

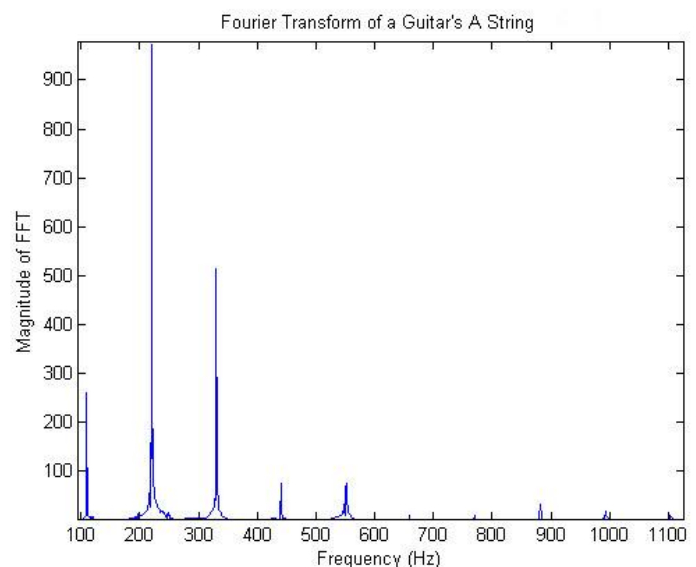
1. Représenter l'aspect de la corde à une date t quelconque au cours de la propagation de l'ébranlement.
2. Comparer la direction de la propagation de l'ébranlement à celle de la corde. Comment se déplace chaque point de la corde? Comparer la direction de propagation de l'ébranlement avec celle du mouvement d'un point de la corde.

9. Musique*

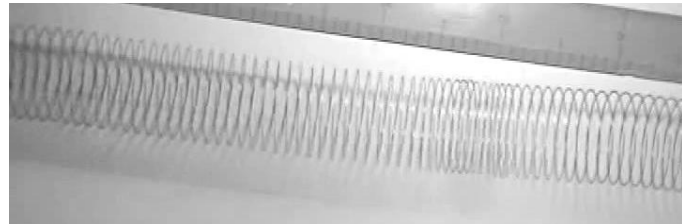
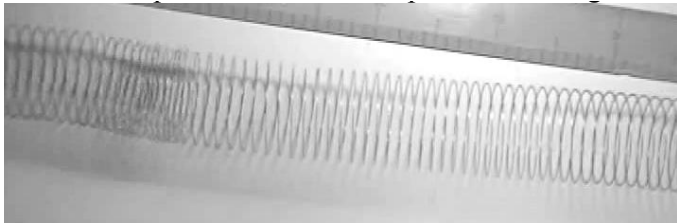
1. Expliquer scientifiquement comment évolue le son qu'on entend en soufflant sur l'embouchure d'une bouteille lorsqu'on la vide progressivement de son contenu.
2. S'accorder dans un orchestre : il est très important de s'accorder dans un orchestre lorsque des instruments à vent jouent avec des instruments à cordes. Comment évolue le son d'un instrument à vent lorsque la température augmente et pourquoi? Comment évolue le son d'un instrument à corde lorsque la température augmente et pourquoi?

10. Cordes de Guitare*

1. La vitesse de propagation des ondes sur une corde de guitare est donnée par la relation $c = \sqrt{F/\mu}$ où F est la force de tension appliquée à la corde et μ la masse linéique de la corde. Justifier alors que
 - (a) le son de la corde monte lorsqu'on la tend davantage;
 - (b) les cordes graves sont plus lourdes que les cordes aigües;
 - (c) toutes les cordes peuvent avoir la même longueur et donc avoir une longueur d'onde de fondamental identique et pourtant avoir une fréquence de fondamental différente.
2. Expliquer scientifiquement comment et pourquoi utiliser un capodastre lorsqu'on joue de la guitare.
3. Interpréter le spectre ci-dessus de la corde La d'une guitare.
4. La corde de La a une masse linéique de $1,0 \text{ g}\cdot\text{m}^{-1}$. Déterminer sa force de tension F .



11. Compression d'un ressort* On comprime quelques spires à une extrémité, d'un ressort tendu horizontalement puis on lâche brusquement. On observe le déplacement de la compression le long du ressort.



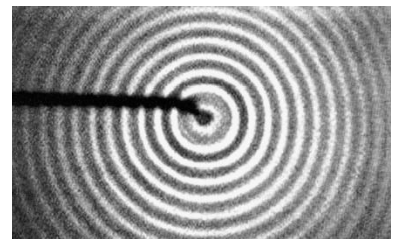
1. Schématiser approximativement l'aspect du ressort à une date quelconque au cours de la propagation de l'ébranlement.
2. Comparer la direction de la propagation de l'ébranlement à celle du ressort. Quelle est la nature géométrique du milieu de propagation?
3. Comparer la direction de propagation de l'ébranlement avec celle du mouvement des spires.

12. Rides dans l'eau* On fait tomber un caillou dans l'eau et on enregistre le mouvement observé. On observe le déplacement d'une ride circulaire.

1. Quel transfert se produit-il entre le caillou et l'eau pour donner naissance à des rides qui se propagent?
2. Dans quelle direction se propage l'ébranlement?
3. Comment se déplace chaque point de la surface de l'eau? Comparer la direction de propagation de l'ébranlement avec celle du mouvement d'un point de la surface de l'eau.
4. Quel que soit le nombre des rides qui passent sous les feuilles d'arbre, celles-ci ne quittent pas leurs positions (en absence du vent). Pourquoi un point matériel M du milieu se soulève et revient à sa position au passage d'un ébranlement?
5. Au cours de sa propagation la perturbation transporte-t-elle de la matière?

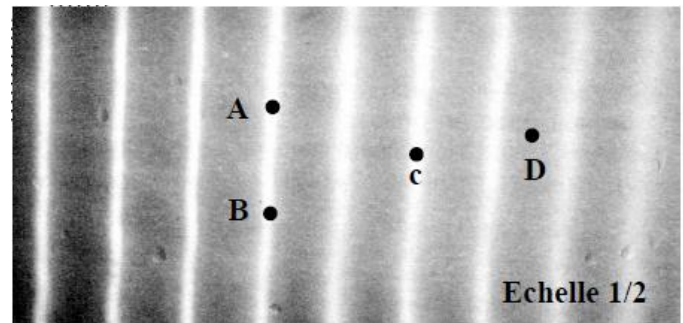
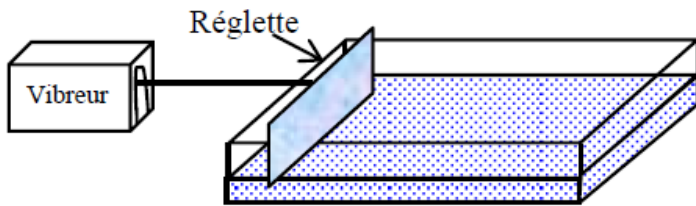


13. Ondes circulaires* En un point O de la surface libre de l'eau contenue dans une cuve à onde, une pointe reliée à un vibreur effectue un mouvement rectiligne sinusoïdal vertical de fréquence ν . Des ondes entretenues de forme circulaire se propagent à la surface de l'eau et disparaissent au niveau des bords de la cuve.



1. Qu'observe-t-on en éclairage stroboscopique à la surface de l'eau et sur l'écran de la cuve quand la période $T_e = kT$, $k \in \mathbb{N}$, T_e étant la période des éclairs et T la période du vibreur? Quelle information peut-on déduire?
2. Représenter la coupe de l'eau par un plan perpendiculaire à la surface de propagation et passant par le point O.
3. Comment vibrent les points de l'eau se trouvant sur le même cercle? Quelle distance sépare deux rides concentriques consécutives de même nature?
4. Montrer que la célérité de l'onde qui se propage à la surface de l'eau est la même dans toutes les directions.
5. Donner l'expression de l'élongation de S et celle d'un point M de la surface de l'eau appartenant à une ride de rayon $r = OM$.
6. Expliquer pourquoi l'amplitude du mouvement des points de l'eau diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la source même si on néglige les frottements.

14. Onde plane* Une réglette frappe régulièrement la surface d'une nappe d'eau. Le mouvement de la réglette est rectiligne sinusoïdal d'équation : $y_S(t) = 2.10^{-3} \sin(100\pi t)$.



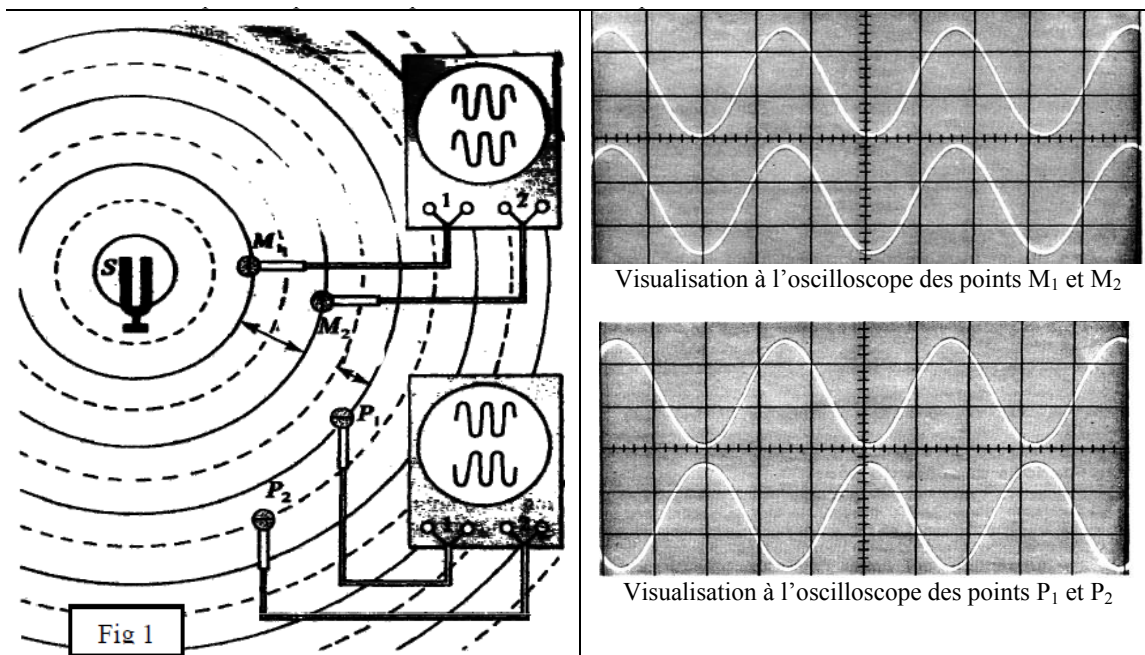
1. Préciser l'amplitude et la fréquence du signal.
2. Représenter la coupe de l'eau par un plan perpendiculaire à la surface de propagation et à la surface de la réglette.
3. Comment vibrent les points :
 - A et B l'un par rapport à l'autre ;
 - B et C l'un par rapport à l'autre ;
 - A et C l'un par rapport à l'autre ;
4. En négligeant les frottements comparer les amplitudes de vibration des point A et D. Déterminer la valeur de la célérité des ondes qui se propagent à la surface de l'eau.
5. Le retard mis par l'onde pour se propager de la source d'onde au point C est de 130 ms. Ecrire l'équation du mouvement du point C.

15. Le son Le son a besoin d'un corps pour se propager et ne peut pas exister dans le vide. Par exemple, lorsqu'on installe une sonnerie électrique sous une cloche en verre reliée à une pompe à vide le son de la sonnerie disparaît progressivement lorsqu'on actionne la pompe. Une explosion sur la Lune pourra être vue mais pas entendue. Si le vide est le seul obstacle absolu à la propagation du son, plusieurs matériaux sont très mauvais conducteurs : les corps mous (cire, plomb etc.) et les corps poreux (tissus, coton, laine de verre etc.). Par contre de nombreux corps naturels conduisent bien le son. L'air mais aussi l'eau, l'acier, le béton armé, canalisations d'acier etc. Une perturbation sonore a une propagation radiale (longitudinale), comme la perturbation provoquée par une pierre tombant dans l'eau, mais dans le cas du son, cette propagation radiale est sphérique et non plane. Elle se fait parallèlement à la direction de propagation. La propagation d'une perturbation sonore peut être considérée comme une succession de compression et de dilatation des particules.

1. Le son se propage-t-il dans le vide ?
2. Citer quelques matériaux bons conducteurs du son.
3. Dans quelle direction se propage le son ? Quelle est la nature géométrique du milieu de propagation du son ?
4. Schématiser dans l'espace une perturbation sonore.
5. La perturbation sonore est elle longitudinale ou transversale ? Justifier par une phrase du texte.

16. Diapason* Une source sonore quasiment ponctuelle est à l'origine d'une onde sphérique acoustique qui se propage dans l'air environnant et affecte de façon continue chacun des points du milieu de propagation. Les vibrations de l'air sont des vibrations longitudinales qui s'accompagnent de variations périodiques de sa pression.

Cette variation de pression peut être captée à l'aide des microphones. Afin d'étudier les propriétés d'une onde sonore émise par un diapason et se propageant dans l'air, on branche aux entrées d'un oscilloscope deux microphones (voir figure 1).



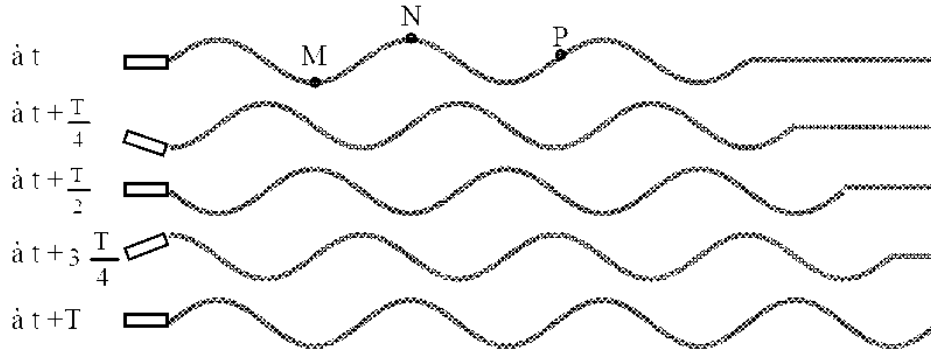
1. Comment peut-on vérifier que l'onde sonore est sinusoïdale?
2. Expliquer comment les deux écrans de l'oscilloscope prouvent la périodicité temporelle de l'onde sonore.
3. Le balayage horizontal de l'oscilloscope est de $100 \mu\text{s}/\text{div}$. Déterminer la fréquence du son émis par le diapason.
4. Disposons les micros côte à côte. Sur l'écran de l'oscilloscope, les deux sinusoïdes sont superposables (comme ceux de la figure 2). Que peut-on déduire à propos de l'amplitude et du déphasage du mouvement des points de l'air où sont placés les deux microphones?
5. Écartons maintenant les micros sur une même droite passant par la source. Les sinusoïdes se décalent : les signaux reçus ne sont plus en phase. Pour une certaine distance d minimale entre les micros, les signaux reçus sont à nouveau en phase. Si nous continuons à écarter les deux micros, nous constatons que les signaux sont en phase pour des distances égales à D_n .
 - (a) Quelle caractéristique de l'onde représente la distance d ?
 - (b) Exprimer la distance D_n en fonction de cette caractéristique.
6. La différence entre les rayons SP_1 et SP_2 est $d' = 54 \text{ mm}$. Calculer la vitesse de l'onde sonore dans les conditions de l'expérience.

17. Corde vibrante* On tend une corde élastique entre l'extrémité O d'un vibreur et un support fixe enrobé de coton.

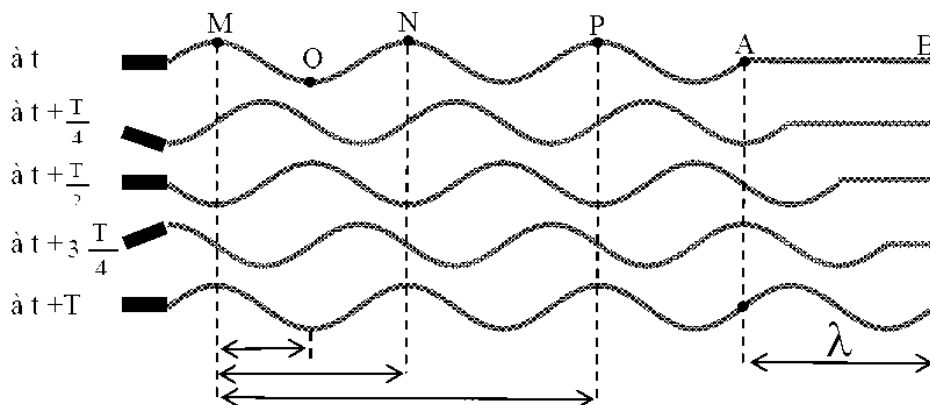
1. Quel est le rôle du coton?
2. Pourquoi faut-il tendre la corde?
3. On observe le mouvement d'un point M de la corde lorsque le vibreur impose à l'extrémité O de la corde des vibrations sinusoïdales. Au cours de la propagation des ondes à travers la corde, celle-ci paraît floue. Interpréter cette observation.

On éclaire à l'aide d'un stroboscope émettant des éclairs périodique de période T_e . Pour une période des éclairs du stroboscope égale à un multiple entier de la période T de vibration du vibreur soit $T_e = pT$ avec $p \in \mathbb{N}$, on observe l'*immobilité apparente* de la corde.

4. Les points de la corde vibrent-ils avec la même période?
5. La lame vibrante paraît aussi immobile que la corde. Comparer la période du mouvement d'un point M de la corde avec celle du mouvement de la source.
6. La figure suivante représente les aspects de la corde à différentes dates.



- (a) Marquer la position du point M sur chaque corde. Idem pour les points N et P.
 - (b) Comparer le mouvement d'un point M de la corde à celui de la source.
 - (c) La corde gardera-t-elle le même aspect au cours de la propagation des ondes?
 - (d) Désignons par y_S l'élongation de la source à une date t quelconque et par y_M l'élongation du point M à l'instant t . Représenter la courbe $y_S(t)$ du mouvement de la source et la courbe $y_M(t)$ du mouvement d'un point M de la corde.
 - (e) Représenter l'aspect de la corde à une date t quelconque.
 - (f) On supposant que le vibreur ne s'arrête pas, quelles sont les dates pour lesquelles le point M retrouve le même état vibratoire que celui qu'il possède dans la première corde?
7. La figure suivante représente les aspects à différentes dates d'une corde élastique affectée par une onde progressive sinusoïdale se propageant à la célérité c .



- (a) Quelle durée doit mettre l'onde pour se propager de A vers B? Déduire une relation entre la distance λ , la vitesse de propagation c et la période temporelle de l'onde T .
- (b) Comparer à chaque instant l'état vibratoire des points M et N, des points M et P puis de M, N et P.
- (c) Quelle est le déphasage entre les points M et N, M et O puis les points M et P.
- (d) Exprimer les distances $d(M, N)$, $d(N, P)$, $d(M, P)$ et $d(M, O)$ en fonction de la distance λ .
- (e) Comparer la distance parcourue par l'onde pendant une durée égale à la période temporelle à la distance séparant deux points vibrants en phase.
- (f) Déduire des questions précédentes une définition de la longueur d'onde de l'onde, λ .

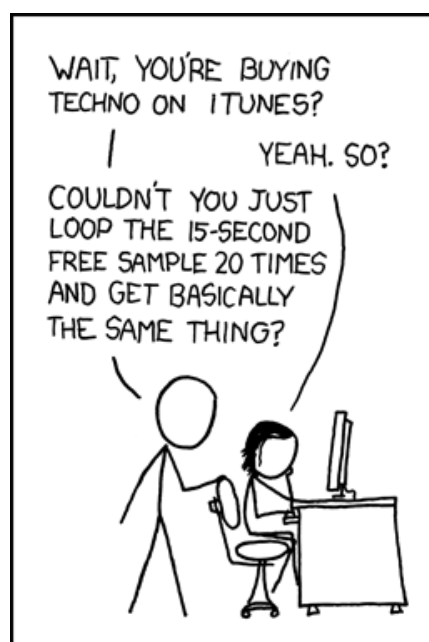
18. Système d'écoute** Un dispositif d'écoute sous-marine est constitué de deux microphones situés sur la même verticale : un des micros est dans l'air alors que l'autre est dans l'eau, la distance entre les deux n'étant pas très importante. Le bruit d'une explosion voisine de la surface est d'abord perçu par le microphone immergé puis enregistré 4,27 s plus tard par un second microphone. À quelle distance l'explosion s'est-elle produite?

Données : $c_{\text{air}} = 340 \text{ m.s}^{-1}$; $c_{\text{mer}} = 1500 \text{ m.s}^{-1}$



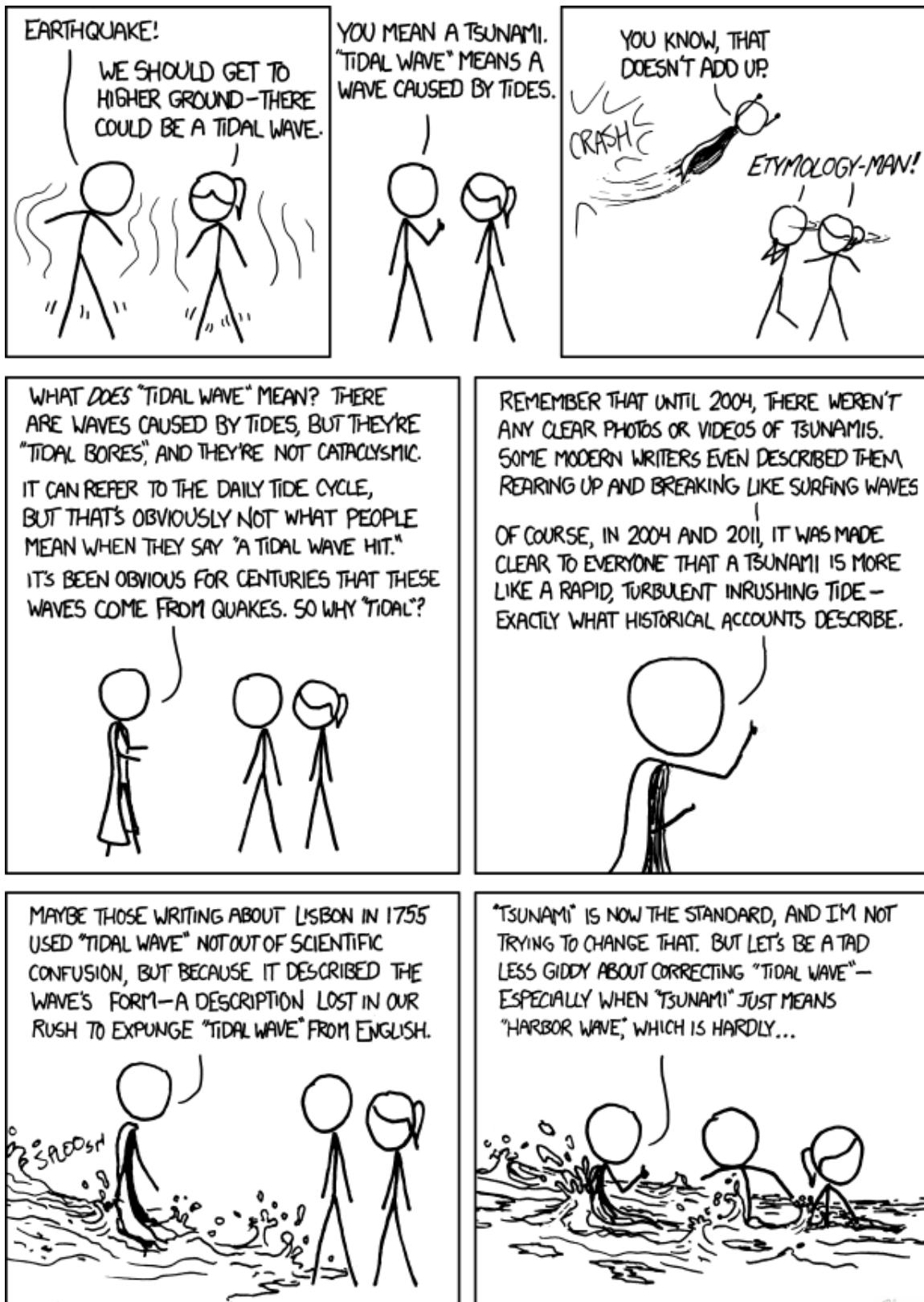
xkcd.com

The USGS operates a really neat email/SMS earthquake notification service (earthquake.usgs.gov/ens/) that allows fine-grained control of notifications.



xkcd.com

I don't know what's worse -- that there exists broken-hard-drive-sound techno, or that it's not half bad.



xkcd.com

<<I can't believe I'm saying this, but I wish Aquaman were here instead
-- HE'D be able to help.>>

