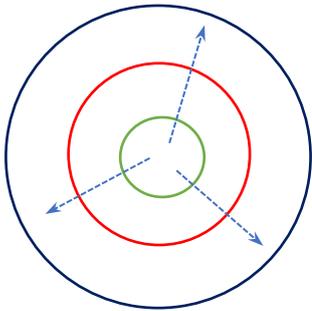


## Ce front d'onde !!

Jetez un caillou dans un étang bien calme... vous verrez de belles vagues circulaires se propager à la surface de l'eau. Nous allons faire ici un petit point sur le vocabulaire utile pour discuter de ce phénomène.



Pour simplifier, on regarde comment se propage la première vague. La vue du dessus ci-contre représente cette vague à trois instants différents, comme si on avait réalisé trois photos à quelques secondes d'intervalle.

Les zones circulaires sont des vagues : le niveau de l'eau y est plus haut que la moyenne lorsque l'on se trouve au sommet de la vague. Cette zone est donc facile à suivre à l'œil nu !

On appelle « onde progressive », la propagation d'une perturbation dans un milieu. Dans notre cas, le milieu étudié est la surface de l'eau. La perturbation est ici la variation de la hauteur du niveau de l'eau.

Remarque : il existe des ondes stationnaires, qui ne se propagent pas dans le milieu. Nous n'en parlerons pas ici... De plus, pour la suite, on dira « onde » pour « onde progressive ».



Plus scientifiquement, regardons ce qui se propage à la surface de cette mare. On exclut par la suite les éventuels canards et autres gerris (nom savant des « araignées d'eau ». Signalons au passage que ces gerris tiennent en surface en profitant de la tension superficielle de l'eau qui autorise la présence de corps légers à sa surface).



On voit bien à l'œil nu une zone circulaire liée au fait que la hauteur locale de l'eau (notée  $h$ ) est à son maximum.

On peut définir cette zone circulaire selon : c'est l'ensemble géométrique des points de la surface tels que la hauteur  $h$  est à son maximum. En notant  $h(M, t)$  la hauteur de l'eau en un point  $M$  de la surface et à un instant  $t$ , on a alors la zone circulaire visible à un instant  $t$  qui est définie par la relation :  $h(M, t) = h_{max}$ .

On considère bien sûr  $t = 0$  lorsque le caillou tombe dans l'eau.

Remarque : il existe sûrement une fonction assez complexe pour décrire  $h(M, t)$ . Comme  $M$  dépend de deux coordonnées ( $x$  et  $y$  traditionnellement), on aurait donc  $h(M, t) = h(x, y, t)$ . On voit alors la surface de l'eau qui résout à tout instant l'équation :  $h(x, y, t) = h_{max}$ .

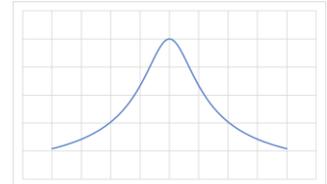
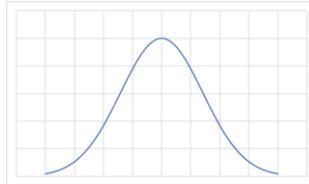
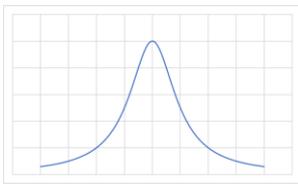
Belle calculatrice que cette mare !

Remarque liée à la remarque précédente (voir la page précédente) :

Dans notre cas, l'onde semble de forme circulaire. On pourrait alors alléger notre fonction  $h$  en utilisant les coordonnées polaires puisque  $h$  ne dépend que de la distance entre le centre des cercles concentriques et l'endroit  $M$ . Ainsi, on peut utiliser  $h(M, t) = h(r, t)$  avec par définition  $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ . On aurait bien sûr  $r = 0$  où le caillou tombe.

Question de réflexion : la fonction  $h(r, t) = h_{max} e^{-(r-t)^2}$  pourrait-elle convenir pour décrire l'onde liée à notre caillou ? Justifiez avec beaucoup de soin votre réponse.

Histoire de mettre une illustration, voici trois types de profils de hauteur lorsque la vague passe sous les yeux d'un observateur au ras de l'eau... Sauriez-vous reconnaître le profil correspondant à la fonction ci-dessus ? Les échelles sont identiques pour les trois graphes.



Mais revenons à notre problème de vocabulaire.

On appelle le cercle correspondant à la hauteur maximale de l'eau un « front d'onde ».

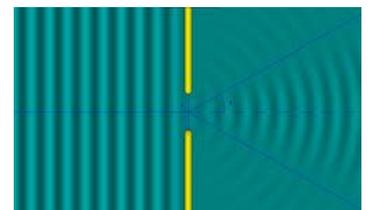
**En général, un front d'onde est une zone de l'espace où, à un instant  $t$  fixé, la « valeur » d'une fonction dépendant du temps et de l'espace est égale à une certaine constante.** On peut aussi dire que le front d'onde regroupe les points où l'onde arrive au bout d'une même durée  $t$  de propagation.

*Nous y voilà ! Ce que l'œil voit, c'est le front d'onde !!*

Dans notre exemple, le front d'onde observé est celui correspondant à  $h_{max}$ .

Pour finir, voici des exemples classiques de fronts d'onde :

- Onde se propageant à la surface de l'eau à la traversée d'un trou. Les fronts d'onde sont des droites en amont du trou, puis deviennent des demi-cercles en aval.
- Onde lumineuse créée par une bougie. Dans ce cas, l'onde se propage dans toutes les directions dénuées d'objet. Les fronts d'onde sont des sphères centrées sur la flamme.



Remarque : pour l'onde lumineuse, on ne voit pas la fonction donnant le champ électrique. On ne voit donc pas les endroits où un front d'onde se trouve, contrairement aux petites vagues à la surface de l'eau...

**Pour conclure, si vous voulez « voir » un front d'onde, regardez la fonction définissant l'onde, fixez la valeur de  $t$  et enfin, tracez un lieu où la fonction est constante !**

Images variées trouvées sur internet... exceptées pour les graphes des fonctions.