

DM n° 1 de Physique - Lois de Snell-Descartes

Objet au fond d'un bassin

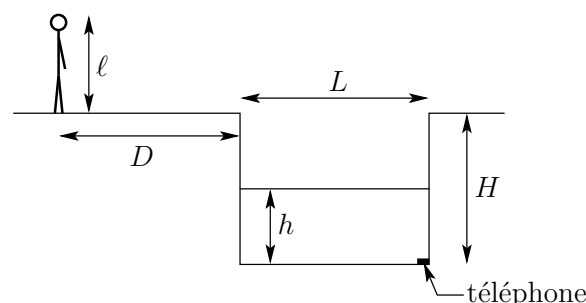
Un(e) élève de PCSI joue avec son téléphone sans regarder devant lui. Tout à coup, il trébuche et laisse échapper son téléphone, qui file droit devant pour tomber dans un grand bassin en train de se remplir d'eau. Le téléphone va se loger précisément dans le coin opposé du bassin.

Le téléphone ne fonctionnera plus, mais l'élève souhaite le récupérer. Après inspection, il se rend compte que l'endroit le plus éloigné du bord du bassin où il peut se placer debout pour voir le téléphone dépend du niveau de l'eau dans le bassin.

Après avoir récupéré son téléphone (qui définitivement ne fonctionne plus), l'élève, curieux d'en savoir plus comme tout bon scientifique, se met à son bureau et commence à réfléchir à la situation.

Comme valeurs numériques, on prendra $D = 4\text{ m}$, $\ell = 1,80\text{ m}$, $L = 4\text{ m}$ et $H = 2,5\text{ m}$ selon le schéma ci-contre.

On appellera x la distance entre le bord droit du bassin et l'émergence du rayon lumineux partant du téléphone à travers le dioptre air-eau.



A Détermination de la hauteur minimale d'eau

1. Refaire le schéma, à l'échelle des données numériques, en plaçant le rayon lumineux partant du téléphone et arrivant à l'œil de l'élève, dans deux positions possibles : le cas général et le cas où l'élève est le plus éloigné possible du bord du bassin.
2. À l'aide du théorème de Thalès, déterminer un lien entre les différentes grandeurs du schéma et x .
3. À l'aide des lois de Snell-Descartes, déterminer un deuxième lien entre les grandeurs du schéma, x et l'indice de réfraction de l'eau $n = 1,33$. On suppose l'indice de réfraction de l'air unitaire.
4. En déduire, si l'élève reste à la distance D du bord, la hauteur d'eau minimale h_{mini} nécessaire pour voir le téléphone. Il faut d'abord exprimer littéralement h_{mini} en fonction de D , ℓ , L et H , puis faire le calcul numérique (et vérifier que le résultat est numériquement plausible!).
5. Comment peut-on être assuré qu'il s'agit bien d'une hauteur minimale ?

B Temps de parcours

On suppose désormais que la hauteur d'eau h est supérieure à h_{mini} et que l'élève voit bien le téléphone.

6. Refaire un schéma à l'échelle en plaçant les données de l'énoncé et x .
7. Exprimer le temps de parcours T de la lumière pour aller de la pièce à l'homme, en fonction des données du problème et de x . On rappelle que la vitesse de la lumière dans un milieu d'indice n est $v = c/n$.
8. Exprimer, en fonction des grandeurs du schéma et de x , les sinus des angles d'incidence i_1 et de réfraction i_2 .
9. Montrer que le rayon déterminé par la loi de Descartes est celui qui minimise ce temps de parcours. On cherchera à trouver la valeur minimale du temps de parcours en faisant varier x , tous les autres paramètres (dont h) étant fixés.