

# De notre espace aérien, que voyons nous dans l'eau ?

9 juillet 2008

## Table des matières

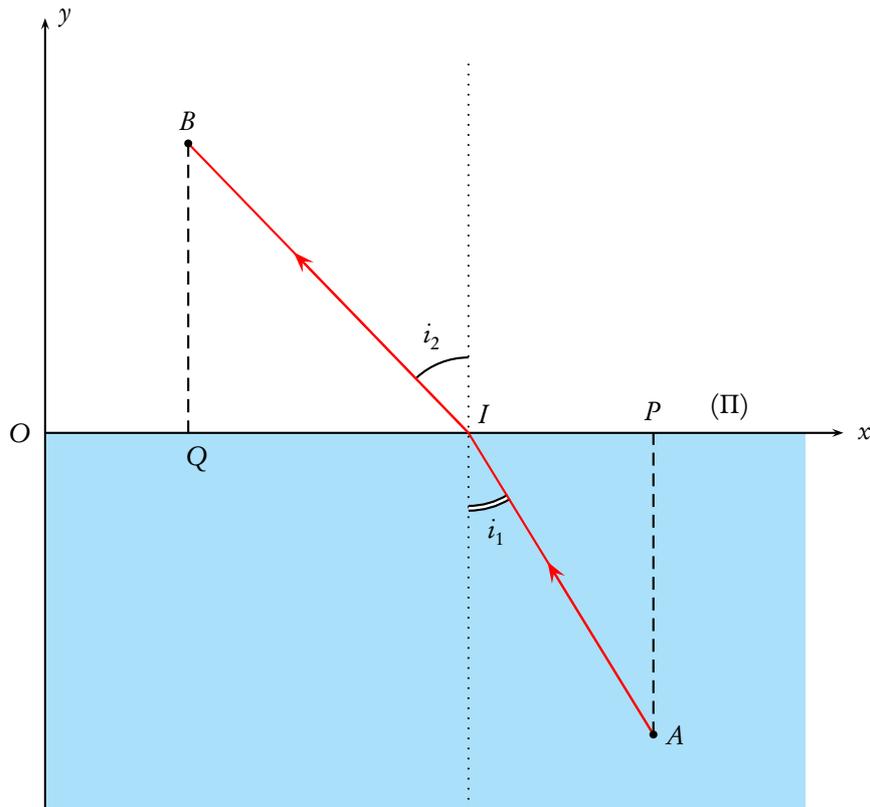
<b>1</b>	<b>Présentation du problème</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Le trajet d'un rayon lumineux</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>La formation des images pour l'observateur</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>Comment un poisson perçoit notre univers ?</b>	<b>4</b>

## 1 Présentation du problème

Peut-être avez-vous le souvenir de vos premiers pas dans l'eau et de l'angoissante question que vous vous posiez : « jusqu'où puis-je avancer, est-ce que je vais avoir toujours pied si je vais un peu plus loin ? ». Oui, les apparences sont trompeuses et le fond de l'eau apparaît plus près qu'il n'est en réalité, le poisson que l'on croit pouvoir attraper facilement est un peu plus loin qu'on l'imagine. Les images des objets et des poissons qui sont dans l'eau et que nous observons depuis notre espace aérien nous apparaissent différentes de ce qu'ils sont en réalité, ils nous semblent plus proches, plus petits, distordus, ce qui est en cause est le phénomène de la **réfraction**. Le but de ce modeste article est d'essayer de comprendre ce phénomène.

Nous allons considérer dans une première étape un point lumineux  $A$  dans l'eau et un point  $B$  dans l'air. Parmi tous les rayons lumineux émis (ou diffusés) par ce point  $A$ , essayons de déterminer la trajectoire du rayon qui après avoir traversé la surface de l'eau passera par  $B$ . Ensuite, dans une deuxième étape nous considérerons un objet ou un poisson dans l'eau et un spectateur au-dessus de l'eau dont nous essayerons de reconstituer l'image qu'il en perçoit. Pour terminer nous inverserons la situation, que peut voir un poisson qui regarde ce qui se passe de l'autre côté de la surface, dans l'espace aérien ?

## 2 Le trajet d'un rayon lumineux



Il s'agit de calculer les coordonnées du point d'intersection  $I(x_I, y_I)$  d'un rayon lumineux émis par un point  $A(x_A, y_A)$  situé dans la piscine avec la surface de l'eau, pour qu'après réfraction en  $I$  (le trajet du rayon suivant les lois de la réfraction de DESCARTES  $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$ ), ce rayon parvienne au point  $B(x_B, y_B)$  censé représenter un observateur.

On prendra  $n_2 = 1$  pour l'air et  $n_1 = 1.33$  pour l'eau.  $i_1$  et  $i_2$  sont les angles mesurés par rapport à la normale. Les données sont donc  $A(x_A, y_A)$  et  $B(x_B, y_B)$ . Il s'agit de trouver  $I(x_I, y_I)$ .

Si  $P$  et  $Q$  sont les projections orthogonales de  $A$  et  $B$  sur la surface de l'eau  $(\Pi)$ , le point d'incidence  $I$  appartient au segment  $[PQ]$  :

$$\vec{PI} = t\vec{PQ} \text{ avec } t \in [0, 1]$$

La figure précédente est dans le plan vertical passant par les points  $A$  et  $B$ . Le problème est donc de trouver  $I$  aligné avec les projections de  $A$  et  $B$  sur  $(\Pi)$ .  $n = n_1/n_2$  est l'indice de l'eau par rapport à l'air. On peut modifier ce paramètre.

$$n \sin i_1 = \frac{n|x_I - x_A|}{\sqrt{(x_I - x_A)^2 + y_A^2}} = \frac{|x_I - x_B|}{\sqrt{(x_I - x_B)^2 + y_B^2}} = \sin i_2 \quad (1)$$

La racine de l'équation :

$$\frac{n|x_I - x_A|}{\sqrt{(x_I - x_A)^2 + y_A^2}} - \frac{|x_I - x_B|}{\sqrt{(x_I - x_B)^2 + y_B^2}} = 0 \quad (2)$$

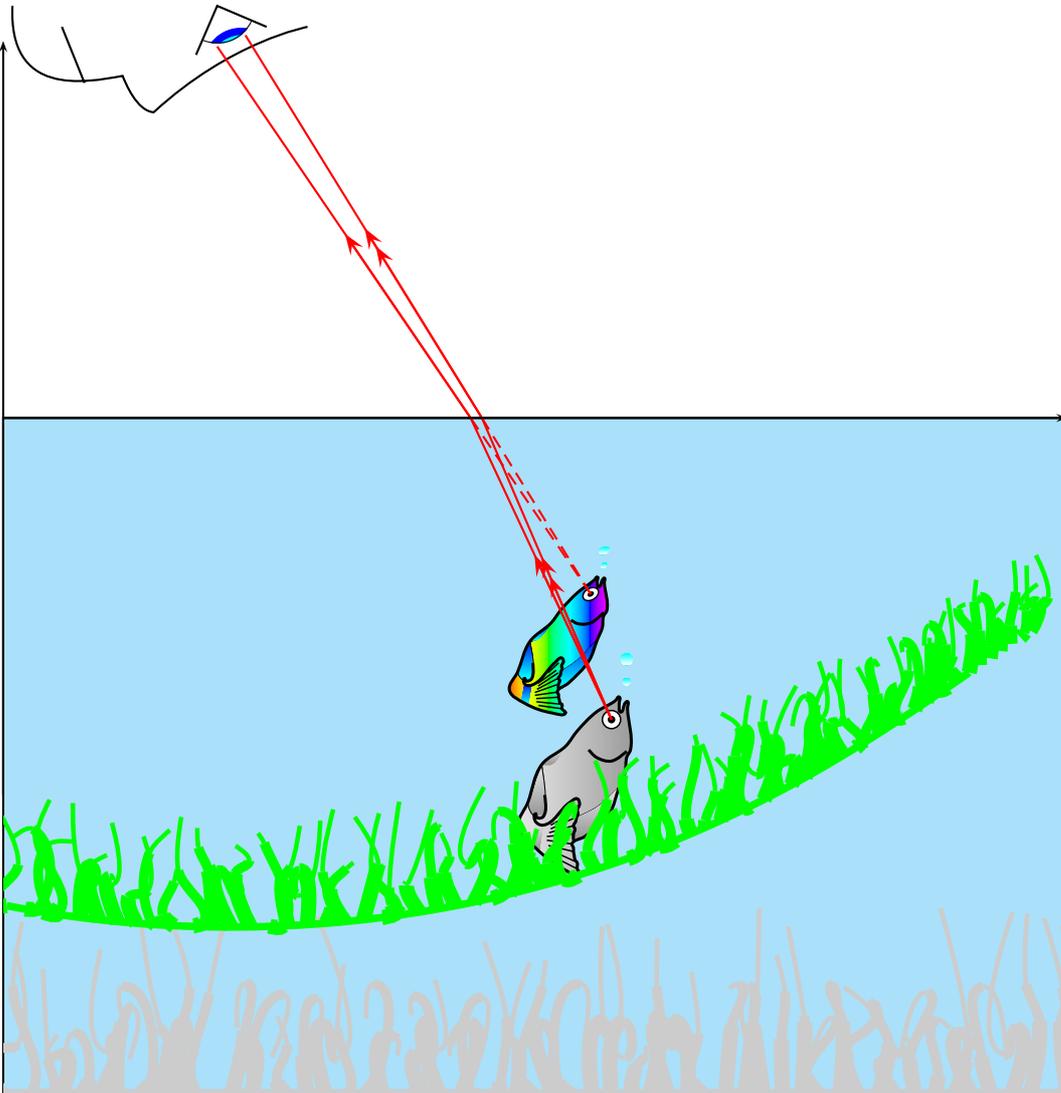
comprise dans l'intervalle  $[x_A, x_B]$  donne la solution du problème.

## 3 La formation des images pour l'observateur

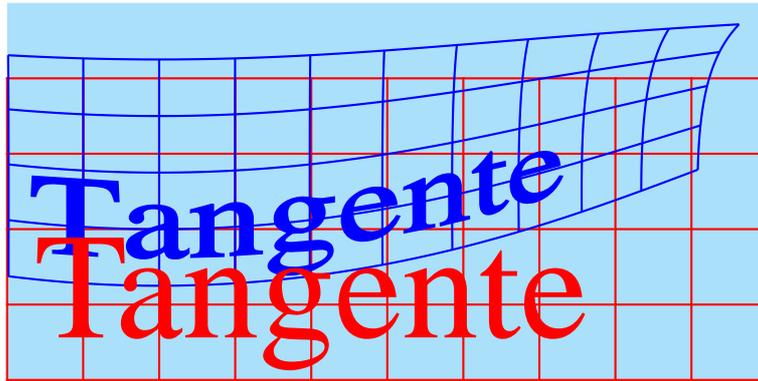
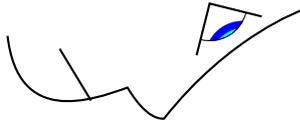
On considère un point situé dans l'eau  $A$  émettant des rayons lumineux dans toutes les directions et on isole, par la pensée, un mince pinceau lumineux qui après réfraction à la surface de l'eau pénètre par la pupille dans l'œil d'un observateur.

L'œil ne « voit » pas les lignes brisées et interprète les rayons qu'il reçoit comme s'ils venaient tout droits. L'observateur voit  $A'$  qui est l'image, *virtuelle*, de  $A$  par réfraction.

En appliquant ce principe à tous les points de l'objet observé, on peut reconstituer l'image totale. La position réelle est grisée, l'image observée est en couleurs.



“Tangente” vue au travers de la réfraction.



#### 4 Comment un poisson perçoit notre univers ?

Un essai de reconstitution de ce que verrait un poisson qui regarde au-delà de la surface de l'eau.

