Champ de visibilité. Ligne d'horizon.

Thierry Piou président de l'association d'astronomie ''Pêcheurs d'étoiles'' La Baule

Introduction

Nous allons étudier dans ce document le rayon de la ligne d'horizon au niveau de la mer pour un observateur situé à une hauteur quelconque, puis la limite de visibilité d'un objet de hauteur quelconque. Nous verrons ensuite comment en déterminer le diamètre apparent en tenant compte du caractère sphérique de la Terre. On négligera dans ce document la réfraction lumineuse due à l'atmosphère terrestre.

1 Limite de la ligne d'horizon au niveau de la mer.

On s'appuie sur la figure 1 où h est la hauteur de l'observateur, d la distance de la ligne d'horizon et r le rayon de la Terre.

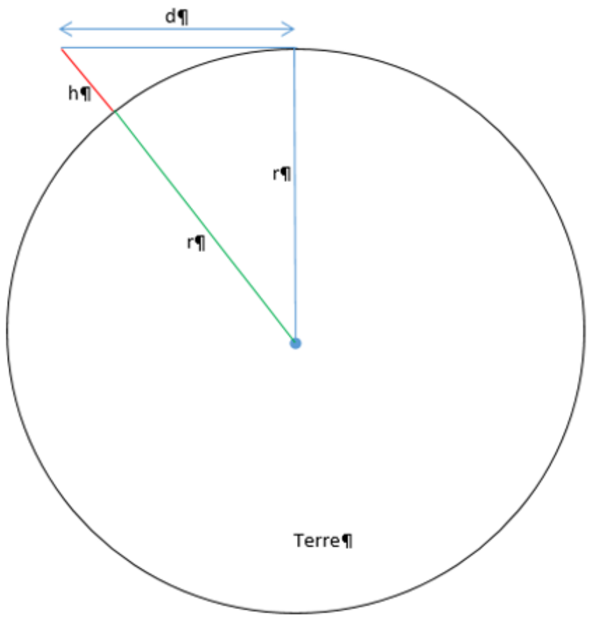

Figure 1 : Un homme dont la hauteur est de 1m70 verra sa ligne d'horizon sur un rayon de 4,7 km.

km.

Puis on procède au développement suivant :

$$d^2 + r^2 = (r + h)^2$$

ou encore

$$d^2 + r^2 = \left[r\left(1 + \frac{h}{r}\right)\right]^2$$

$$d^2 + r^2 = r^2\left(1 + \frac{h}{r}\right)^2$$

$$d^2 + r^2 \approx r^2\left(1 + 2\frac{h}{r}\right)$$

$$d^2 + r^2 \approx r^2 + 2hr$$

Soit une distance de :

$$d \approx \sqrt{2hr} \qquad (1)$$

Exemple :
Considérons un homme dont la hauteur est 1m70 et cherchons le rayon de sa ligne d'horizon.
L'application de la formule donne immédiatement avec $r = 6370\ km$

$$d \approx \sqrt{2 * 1{,}70 * 6{,}4} * 10^3 \approx 4{,}7\ km$$

Si cet homme est à une hauteur de 5 mètres, le rayon de sa ligne d'horizon devient :

$$d \approx \sqrt{2 * 5 * 6{,}4} * 10^3 \approx 8\ km$$

2 Limite de visibilité d'un objet de hauteur quelconque.

Nous nous appuyons sur la figure 2 :

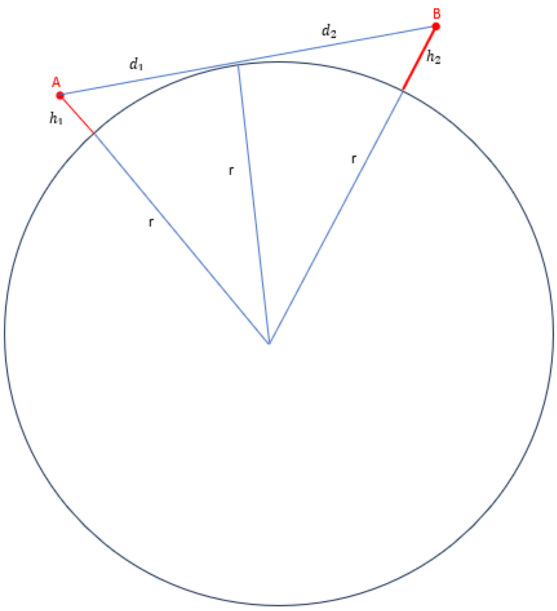

Figure 2 : limite de visibilité de deux points d'altitude quelconque

où h1 est la hauteur du point A , h2 celle du point B, $D = D_1 + D_2$ la distance séparant les point A et B. Le calcul est tout à fait similaire à celui du paragraphe précédent :

$$D_1 + D_2 \approx \sqrt{2h_1r} + \sqrt{2h_2r}$$

Exemple :
Imaginons une vigie dans sa hune sur le mât d'un navire à une hauteur de 15m. Un phare est situé sur la côte à une altitude de 80m. Calculons la distance à partir de laquelle la balise lumineuse sera potentiellement visible par le marin :

$$D_1 + D_2 \approx \sqrt{2 * 15 * 6{,}4} * 10^3 + \sqrt{2 * 80 * 6{,}4} * 10^3 \approx 13{,}9 + 32 \approx 46\ km$$

3 Diamètre apparent d'un objet.

Rappelons tout d'abord que le diamètre apparent d'un objet est, en première approximation, proportionnel au rapport de son diamètre réel sur sa distance. Considérons la figure 3 :

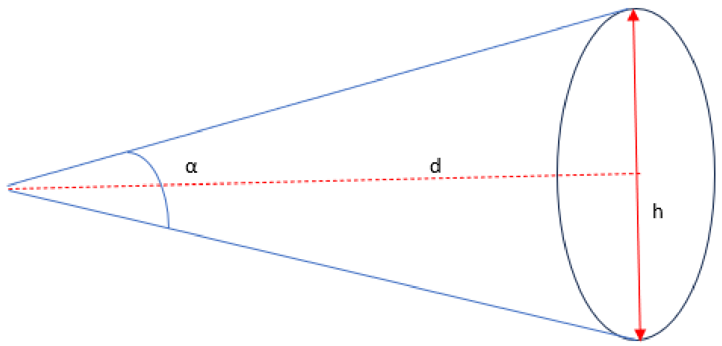

Figure 3. Taille angulaire d'un objet en fonction de sa hauteur h et de sa distance d

On voit immédiatement sur cette figure que :

$$tg\ \frac{\alpha}{2} = \frac{\frac{h}{2}}{d}$$

soit :

$$\alpha = 2\ arctg\ \frac{h}{2d}$$

Un développement en zéro limité au 1er ordre, permet d'écrire :

$$\boxed{\alpha \approx \frac{h}{d} \quad (\ \alpha\ en\ radians\ et\ \ d \geq 10\ h\ ) \qquad (2)}$$

Il nous faut maintenant déterminer la hauteur apparente de l'objet, pour cela on reprend la formule (1) que l'on modifie comme ceci et qui nous permettra de prendre en compte la sphéricité de la Terre :

$$\boxed{h \approx \frac{d^2}{2r} \qquad (3)}$$

La hauteur apparente de l'objet est :

$$\boxed{h_{apparente} \approx h_{réelle} - \frac{d^2}{2r} \qquad (4)}$$

En en déduit le diamètre apparent en appliquant la formule (2) :

$$dia_{apparent} \approx \frac{h_{réelle} - \frac{d^2}{2r}}{d} \qquad (5)$$

4 Exemple : centrale éolienne en mer de Guérande.

L'idée est de déterminer le diamètre apparent des éoliennes vues au niveau de la mer. La première question à se poser est celle de la visibilité. Seront-elles visibles de la côte ? Les données du constructeur sont les suivantes : hauteur de 170 m, les plus proches du littoral sont à 12 km et les plus éloignées à 20 km.

A partir de là nous pouvons calculer à l'aide de la formule (1) le rayon de la ligne d'horizon pour h=170 m :

$$d \approx \sqrt{2 * 170 * 6{,}37 * 10^3} \approx 46\ km$$

Les éoliennes les plus éloignées seront donc potentiellement visibles…oui, mais dans quelle mesure ? pour cela on calcule le diamètre apparent pour chacune des distances :

pour* $\mathbf{d = 12\ km}$ *:

$$dia_{apparent} \approx \frac{170 - \frac{12^2}{2 * 6370} * 10^3}{12 * 10^3} \approx 0{,}013\ rd <=> \approx 0{,}8°$$

pour* $\mathbf{d = 20\ km}$ *:

$$dia_{apparent} \approx \frac{170 - \frac{20^2}{2 * 6370} * 10^3}{20 * 10^3} \approx 0{,}007\ rd <=> \approx 0{,}4°$$

soit en première approximation le diamètre apparent du Soleil.

Figure 4 : En 2013, Joël Vourc'h indiqua, contrairement aux affirmations du promoteur, que les éoliennes seraient visibles de la côte et auraient le diamètre apparent du Soleil. Photo prise le 6 février 2024, plage de la Govelle à Batz sur Mer. Joël avait raison. (© Bernard Grégoire)