

La perspective du soleil

« Les souris de la cuisine aimaient danser au son des chocs des rayons de soleil sur les robinets. »

L'écume des jours - Boris Vian

Vous avez sûrement déjà contemplé, dans un ciel encombré de lourds nuages, le soleil sortant brusquement de derrière l'un d'eux en faisant jaillir ses rayons lumineux bien visibles à travers l'atmosphère. Même si je ne crois pas du tout en dieu, je me fais toujours la même remarque dans ces moments là : « ...on dirait que dieu va apparaître ».

Pour être un peu plus précis dans cette description, la photo de la *figure 5.1* illustre le type de spectacle auquel je fais référence, et sur lequel vous reconnaîtrez de façon familière les rayons bien visibles qui diffusent dans le ciel à partir du disque solaire que l'on devine derrière les nuages.



Figure 5.1 : les rayons du soleil à travers les nuages

Ce qui m'étonne toujours en face de ce spectacle est tout bête : comment se fait-il qu'on observe les angles qui séparent les rayons solaires alors que, vus depuis la Terre, les angles séparant les rayons devraient être très petits ?



La question qui vous est alors posée est la suivante :

« Pouvez-vous expliquer pourquoi nous voyons sur la photo les trajets lumineux du soleil, et pourquoi ils rayonnent tout autour du disque solaire alors que normalement ils devraient être quasiment parallèles vus de la Terre ? »

source de l'image : <http://okinawaweb.ti-da.net>



Tout d'abord, posons correctement le problème :

- ❖ En priorité déterminez quel angle maximal peut séparer les rayons solaires vus de la Terre. Une petite recherche sur les dimensions de la Terre et du Soleil et sur la distance qui les sépare devrait vous permettre de faire un petit schéma et d'obtenir ce que vous cherchez...
- ❖ Ainsi, validez ou infirmez l'hypothèse du parallélisme des rayons.
- ❖ Ensuite, essayez de justifier votre perception du « rayonnement » observé sur la photo et son rapport avec la disposition réelle des trajets lumineux.
- ❖ Enfin, cherchez à comprendre pourquoi on « voit » ces rayons physiquement dans certaines conditions et pas dans d'autres, par exemple dans un ciel pur.



Solutions :

La disposition Terre / Soleil :

En cherchant quelques secondes sur internet, on apprend que la terre et le soleil sont distants de 149,6 millions de km (cette distance s'appelle aussi « l'unité astronomique »), que le diamètre du soleil est de 1,39 millions de km et que celui de la terre représente 12742 km.

La *figure 5.2* représente ainsi les deux astres, sans toutefois respecter d'échelle ce qui rendrait la figure peu exploitable. Il est alors possible d'y faire figurer les trajets possibles des rayons lumineux provenant du soleil.

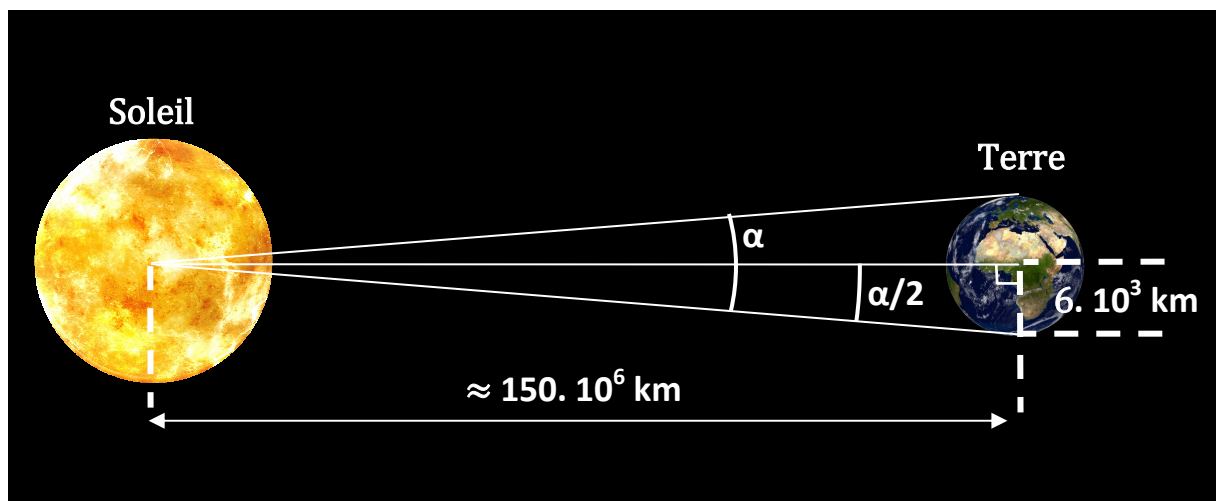


Figure 5.2 : Terre, Soleil et distances

En ne s'intéressant qu'aux trajets qui « rayonnent » vraiment à partir du soleil, c'est à dire à ceux qui passent par le centre de la sphère solaire, on peut délimiter un angle limite des rayons qui interceptent la surface de la Terre. L'angle qui apparaît au maximum, nommé α sur le dessin, se calcule simplement en écrivant la tangente du demi-angle :

$$\tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{6 \cdot 10^3}{150 \cdot 10^6}$$

Donc :
$$\frac{\alpha}{2} = \text{Arctan}\left(\frac{6 \cdot 10^3}{150 \cdot 10^6}\right) = 0,00004 \text{ rad} = 0,0023 \text{ deg}$$

Ainsi :
$$\alpha = 0,0046 \text{ deg}$$

Cet angle est vraiment très petit, ce qui permet de considérer habituellement les rayons du soleil arrivant sur la Terre comme pratiquement parallèles entre eux.

NB : dans le calcul précédent, la distance terre soleil a été considérée comme environ égale à 150 millions de km. Sur le dessin on voit en effet qu'il aurait fallu ajouter la distance Terre / soleil puis rajouter le demi diamètre du soleil ; cependant il faut reconnaître que la « distance Terre / Soleil » est quelque chose qui n'est pas fixé de façon très claire puisque le soleil est une sphère gazeuse dont les bords ne constituent pas une limite simple facile à appréhender. Dans ce calcul, il n'est donc pas vraiment important d'utiliser des valeurs extrêmement précises, l'essentiel étant de caractériser le fait que l'angle α est « très petit ».

L'effet de perspective :

Le fait qu'on perçoive les trajets lumineux comme « rayonnant autour du soleil » est simplement dû à un effet de perspective. Cet effet est très habituel et repose sur le fait que nous avons une perception de la taille des objets qui dépend de la distance qui nous sépare d'eux. Par exemple, sur la figure 5.3, un observateur voit une règle de 30 cm de long posée à une distance de 30 cm de lui, puis la même règle disposée à une distance de 3 m. La taille de l'objet n'a pas changé, ce qui a changé c'est l'angle sous lequel il l'observe.

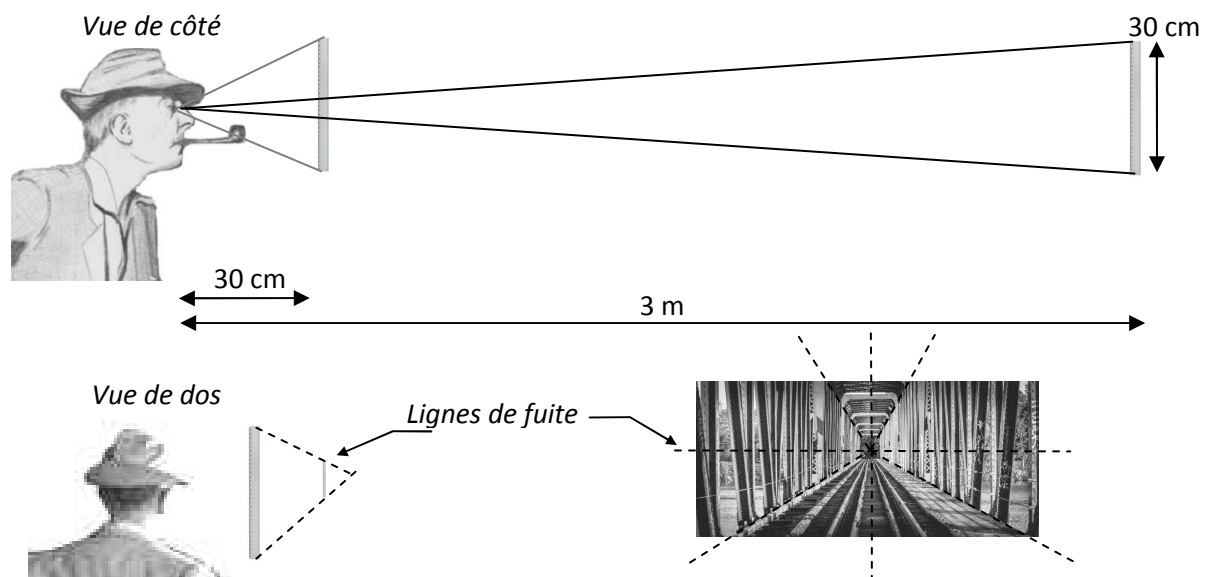


Figure 5.3 : Perspective d'une règle disposée à 30cm puis à 3m de l'observateur

Plus l'objet est éloigné de l'observateur, plus l'angle selon lequel on le perçoit s'amenuise, et c'est cette diminution progressive de l'angle qui constitue l'effet de perspective. Imaginons qu'on recule progressivement la position de la règle de 30cm jusqu'à « l'infini ». La figure 5.3 confirme que l'observateur verrait les bords de la règle « suivre » les lignes sécantes qui sont appelées « ligne de fuite » (que connaissent bien les peintres, dessinateurs, graphistes etc.). En observant l'intérieur d'un long pont de chemin de fer, comme sur la petite photo de la figure 5.3, ce sont ces lignes de fuite qui apparaissent dans l'inclinaison apparente des rails et des structures qui pourtant sont bien parallèles...

Dans le cas des rayons du soleil, il en va de même. Les rayons sont parallèles, mais ils sont « vus » depuis une distance faible jusqu'à une distance très grande, reportée à « l'infini » optique, c'est-à-dire suffisamment grande pour que les lignes de fuite convergent vers le point d'émission. Ce sont finalement ces lignes de fuite que l'on observe, avec une élégante symétrie de révolution.

Afin de vous convaincre de cela, une petite expérience est très facile à réaliser : munissez-vous d'une petite paille en plastique qui permet de siroter votre boisson préférée. Choisissez un modèle de paille rayée de lignes parallèles longitudinales, et mettez tout simplement votre œil face à une des extrémités de la paille. Il se passe alors exactement la même chose que quand votre œil est entouré de trajets lumineux parallèles provenant du soleil.

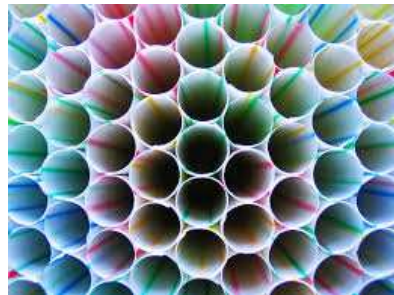


Figure 5.4 : Pailles à boire vues de dessus

La diffusion de la lumière :

Pour finir, on peut se demander pourquoi les rayons lumineux sont visibles, dans certaines conditions, alors que notre œil ne devrait percevoir que la lumière provenant directement du disque solaire, autrement dit on ne devrait « voir » que le disque, et pas les rayons qui traversent l'atmosphère.

La réponse tient dans un phénomène optique appelé « diffusion » qui se produit dans l'air en permanence. Le ciel est bleu, et donc visible, car la lumière y diffuse principalement dans les longueurs d'onde correspondant au bleu et au vert. Le soleil couchant est rouge car justement l'épaisseur d'atmosphère traversée par la lumière est importante et la diffusion du bleu cause une diminution importante de la part de bleu qui reste au sol, alors que le rouge et le jaune ne sont que peu affectés par la traversée de l'atmosphère.

La diffusion repose sur le fait que quand la lumière rencontre une molécule d'air, celle-ci se comporte à son tour comme une source qui renvoie la lumière dans toutes les directions. Ce phénomène est très amplifié par la présence d'aérosols et de vapeur d'eau dans l'atmosphère. Les trajets lumineux de la lumière solaire sont donc visibles car tout au long de ces trajets des particules diffusent la lumière et la renvoient, entre autres, dans la direction de nos yeux. Si le ciel est particulièrement pur et transparent, ce phénomène est peu intense et n'est pas perceptible par rapport à la luminosité ambiante. Au contraire, dans le ciel de la *figure 5.1*, beaucoup de vapeur d'eau diffuse sur le trajet des rayons, ce qui les rend visibles.