

AVEC NOS ÉLÈVES

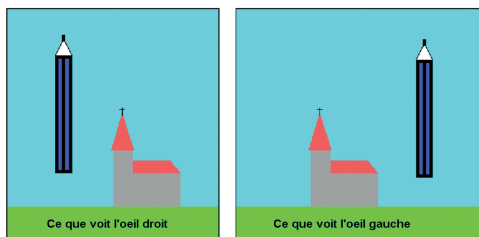
Parallaxe et images 3D

Francis Berthomieu

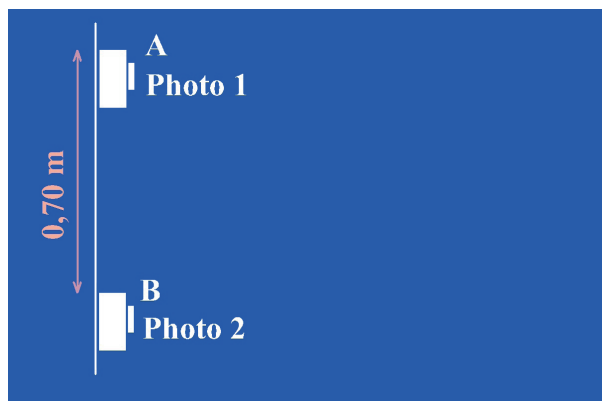
Il est important de comprendre le principe de la mesure de la parallaxe d'un objet céleste. Ce n'est pas toujours à la portée de nos élèves. Il y a quelques années, à l'occasion d'une école d'été, j'avais proposé un atelier sur ce thème, associé à l'utilisation des images obtenues avec un APN ou d'un smartphone. La méthode est simple et a l'avantage d'utiliser la technique attrayante de l'imagerie en 3 dimensions.

Réaliser une « image 3D »

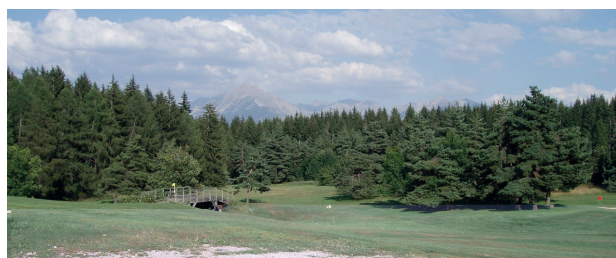
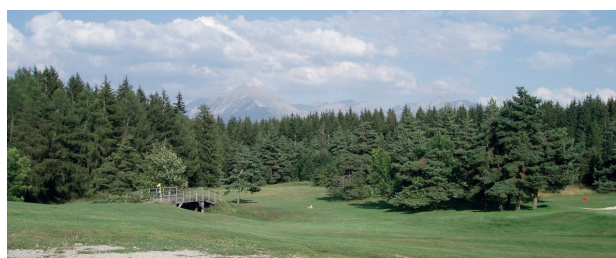
Voilà un projet qui pourrait bien motiver nos élèves, souvent passionnés par les derniers films utilisant cette technologie ou des jeux en « réalité virtuelle ». Une discussion sur la méthode à utiliser doit faire surgir rapidement l'idée qu'il faudra que chacun des deux yeux perçoive une image légèrement différente de l'autre. On peut introduire alors la notion de parallaxe. L'exemple classique auquel on a recours pour introduire cette notion est illustré ci-dessous : si l'on tient un objet devant soi, l'œil gauche et l'œil droit ne perçoivent pas sa position de la même manière relativement à un objet de référence plus éloigné.



C'est cette propriété qui est mise en jeu dans l'imagerie 3D. Proposons donc une expérience simple : avec un appareil photo numérique ou un smartphone, nous allons photographier un même paysage depuis deux points A et B en conservant la même direction de visée.



Voici, à titre d'exemple, les photos obtenues lors d'une des dernières écoles d'été du CLEA, au centre d'oxygénation de Gap-Bayard.



Les deux images semblent assez semblables. Pour bien voir les différences, nous pouvons penser à superposer les deux photos. L'idée, pas tout à fait innocente, de faire mieux apparaître les différences en appliquant des filtres colorés différents aux deux images avant de les superposer semble naturelle. Les deux images initiales respectivement prises depuis les points A et B seront désormais appelées « image gauche : IG » et « image droite : ID ».

La plupart des logiciels de traitement d'images permettent de séparer les 3 couches qui forment l'image colorée numérique (*Rouge R, Verte V et Bleue B*) : nous obtenons ainsi 6 images IG-R, IG-V, IG-B d'une part, ID-R, ID-V, et ID-B d'autre part. Le même logiciel permet de recombinaison comme on le souhaite 3 couches colorées. Nous ferons cette manœuvre en conservant la seule couche *Rouge* de l'image « gauche » et les couches *Verte* et *Bleue* de l'image « droite » soit donc IG-R + ID-V + ID-B) : voici le résultat.

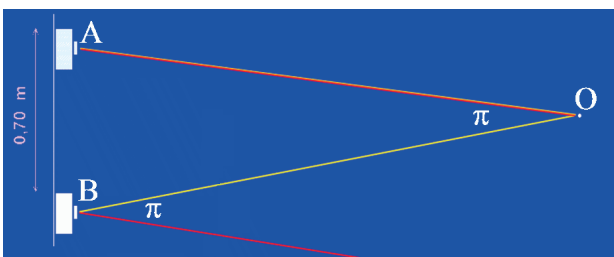


Le golf de Gap-Bayard en 3D (superposition des images sans décalage).

Regardez cette image avec des lunettes pour anaglyphes. Ces lunettes interposent devant votre œil gauche un filtre de couleur rouge : les composantes *Verte* et *Bleue* ne seront pas perçues par cet œil. Il ne verra que la composante *Rouge* de l'image, c'est-à-dire uniquement ce qui apparaît sur l'image nommée « *image gauche* ». Quant au filtre de couleur cyan qui est interposé devant votre œil droit, il arrête les radiations *Rouge* et ne laisse passer que les composantes *Verte* et *Bleue* : l'œil droit ne recevra que les informations issues de l'« *image droite* ». C'est le cerveau qui fera le reste, si vous regardez la photo composite avec ce type de lunettes, vous donnant la sensation de voir l'image en relief.

Une mesure de parallaxe

Rappelons que la parallaxe π d'un objet O , vu depuis deux points d'observation A et B , est l'angle π sous lequel on voit la distance entre ces deux points A et B depuis l'objet observé O . Connaissant la distance AB , cette mesure d'angle permet de déterminer la distance à laquelle se situe le point O .



Proposons alors de déterminer la distance entre notre poste d'observation et le petit drapeau que l'on voit au milieu de la photo.

On précise que dans notre cas, nous avons déplacé latéralement l'appareil d'une distance AB égale à 70 cm.

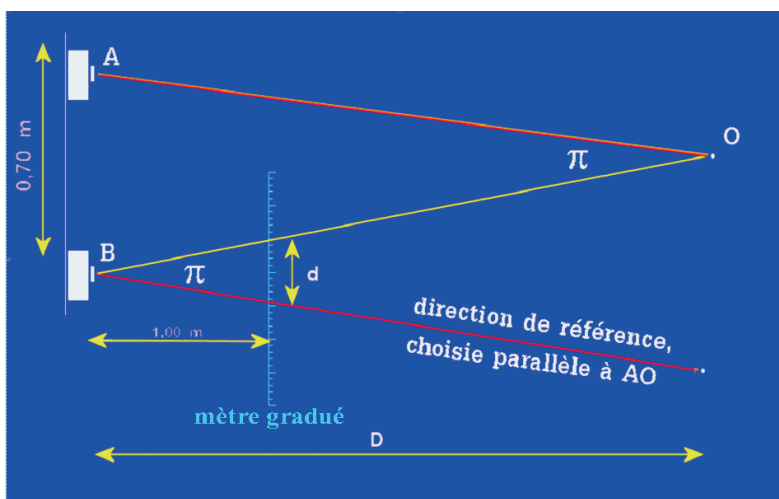
Pour la commodité des mesures, incrustons sur l'image celle d'un mètre gradué, photographié avec le même appareil, en le plaçant à 1 mètre devant l'objectif.

Voici le résultat ainsi qu'un petit agrandissement de la zone où l'on distingue le déplacement du petit drapeau sous l'effet de la parallaxe...



incrustation d'une image prise à 1 m de distance avec le même objectif





Le schéma ci-dessus résume la situation et permet le raisonnement. Si l'on veut calculer la parallaxe π de O vu depuis A et B, cet angle est aussi celui sous lequel on voit la distance d entre les deux images du drapeau ramenées à 1 m de l'appareil photo. On peut la mesurer sur l'agrandissement en utilisant les graduations du mètre que l'on a photographié à la distance de 1,00 m. (on trouve ici 2,0 cm)

$$\pi \approx d / 1,00 = 0,02 \text{ rad.}$$

Et comme on peut aussi exprimer π en fonction des distances AO et AB ($\pi \approx AB / AO$), on déduit :

$$AO = AB / \pi = 0,7 / 0,02 = 35 \text{ m.}$$

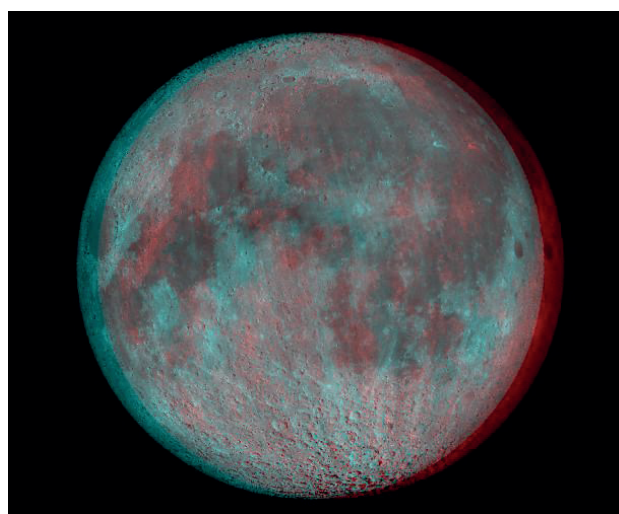
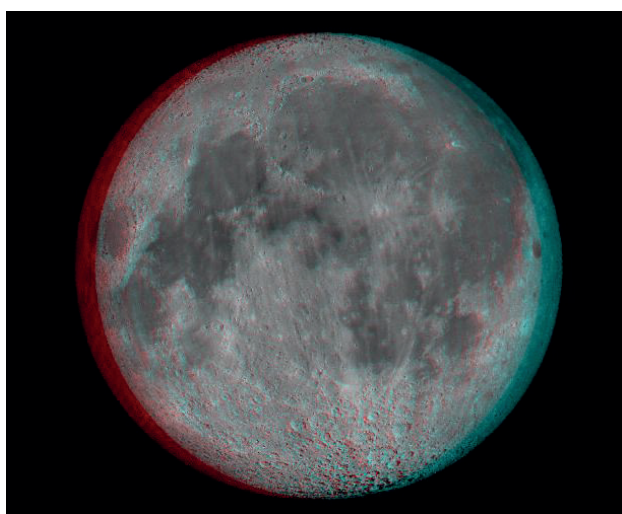
Mais encore ?

Pour conclure en revenant aux images 3D, on peut proposer de réaliser quelques images astronomiques en reconstituant le relief. On trouve sur Internet quantité d'images dont certaines permettent ce travail.

La Lune

Voici une photo de la Lune réalisée en utilisant son mouvement de « libration en longitude » : si le mouvement de rotation de la Lune autour de son axe est bien uniforme, elle parcourt son orbite (elliptique) avec une vitesse variable. Ainsi, atteignant sa plus grande vitesse lors du passage à son périégée, elle met moins de temps pour parcourir un quart de son orbite dans cette zone que pour pivoter de 90° sur son axe : elle montre aux Terriens un mince fuseau supplémentaire de son bord Est. À l'inverse, au voisinage de son apogée, sa vitesse étant minimale, la Lune montre une mince bande de son bord Ouest. La valeur de cette libration en longitude se situe autour de 8° et l'on peut utiliser ce « basculement » pour obtenir deux images de la Lune, avec deux points de vue suffisamment différents.

Les deux images qui ont servi ici sont extraites de l'Atlas Virtuel de la Lune.

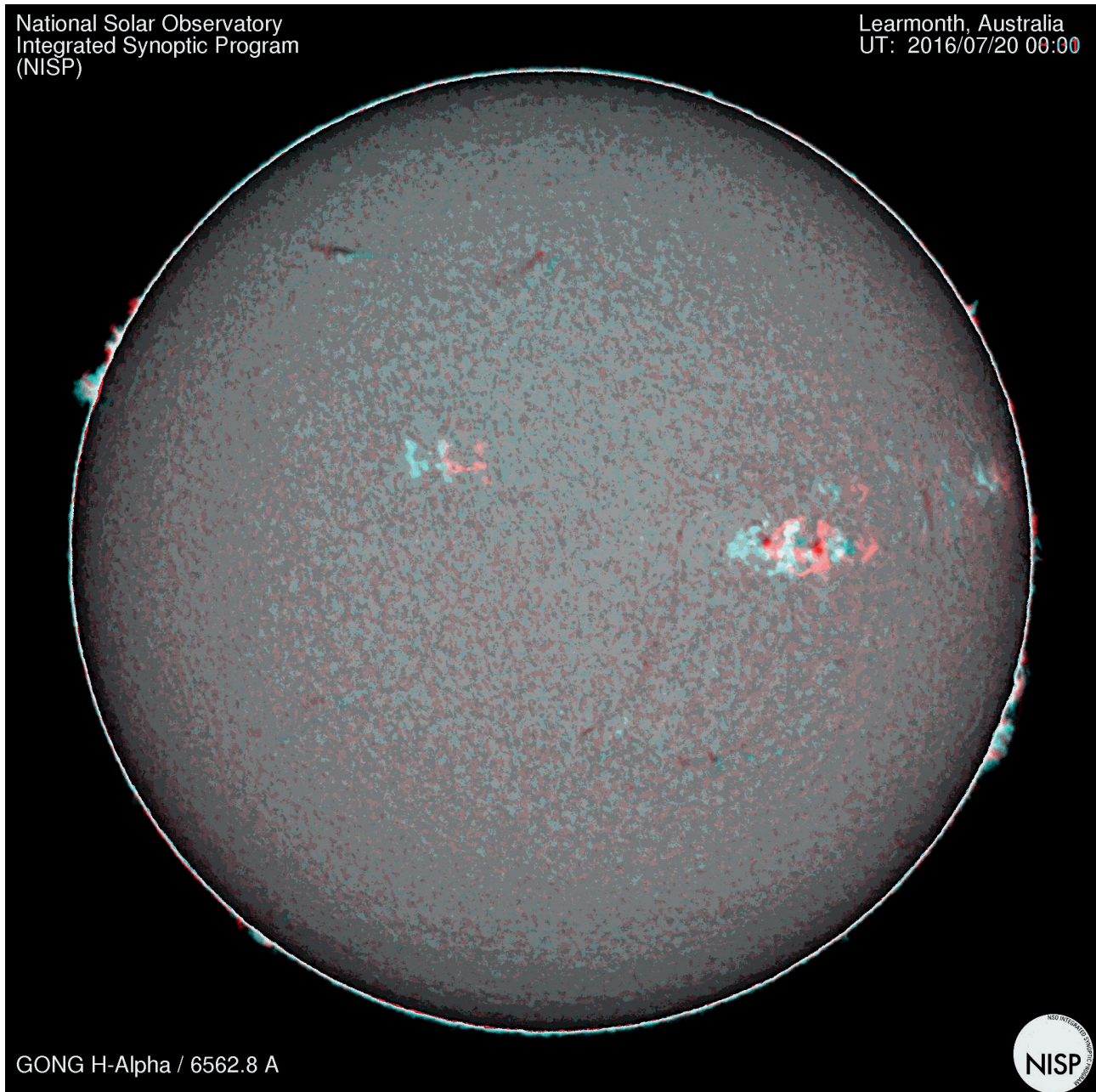


La Lune en 3D. Les deux images ont été superposées ici en les décalant horizontalement l'une par rapport à l'autre. Sur l'image de gauche, la Lune apparaît lointaine, la vue de l'œil gauche étant décalée légèrement sur la gauche. Sur l'image de droite, la Lune apparaît plus proche, la vue de l'œil gauche étant décalée sur la droite, les yeux doivent converger davantage.

Le Soleil

Ici, on a utilisé le mouvement de rotation propre du Soleil pour avoir deux points de vue différents de sa surface. Les deux photos ont été extraites de la base de données du réseau GONG (Global Oscillations Network Group <http://gong.nso.edu/>) : les photos, prises depuis l'observatoire de Learmonth, en

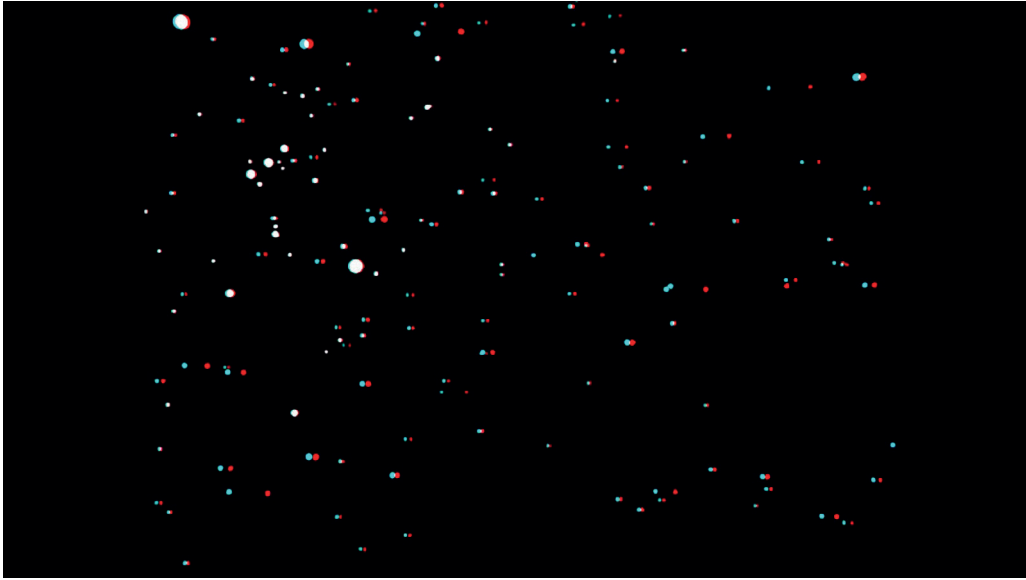
Australie, sont datées du 20 juillet 2016 – 00 h 00 min et 20 juillet 2016 – 08 h 31 min, intervalle de temps pendant lequel le Soleil a tourné autour de son axe d'un peu plus de 4° . La première a été utilisée pour l'œil droit, la deuxième pour l'œil gauche.



Les étoiles

La photo du haut de la page 21 a été réalisée en extrayant deux images d'une animation que nous avons pu voir lors de la conférence de François Mignard à l'école d'été du CLEA en août 2016, consacrée aux résultats de la mission GAIA.

La vidéo montrait l'effet amplifié de la parallaxe annuelle sur les positions relatives des étoiles visibles dans la constellation d'Orion. Les deux images ont été choisies aux moments du passage des étoiles aux extrémités de la petite ellipse qu'elles semblent décrire.



Parallaxe annuelle sur les positions relatives des étoiles visibles dans la constellation d'Orion.

