

# Le rayon vert (et même le rayon bleu), un phénomène atmosphérique réel que l'on peut photographier

04/12/2017

Auteur(s) :

Pierre Thomas

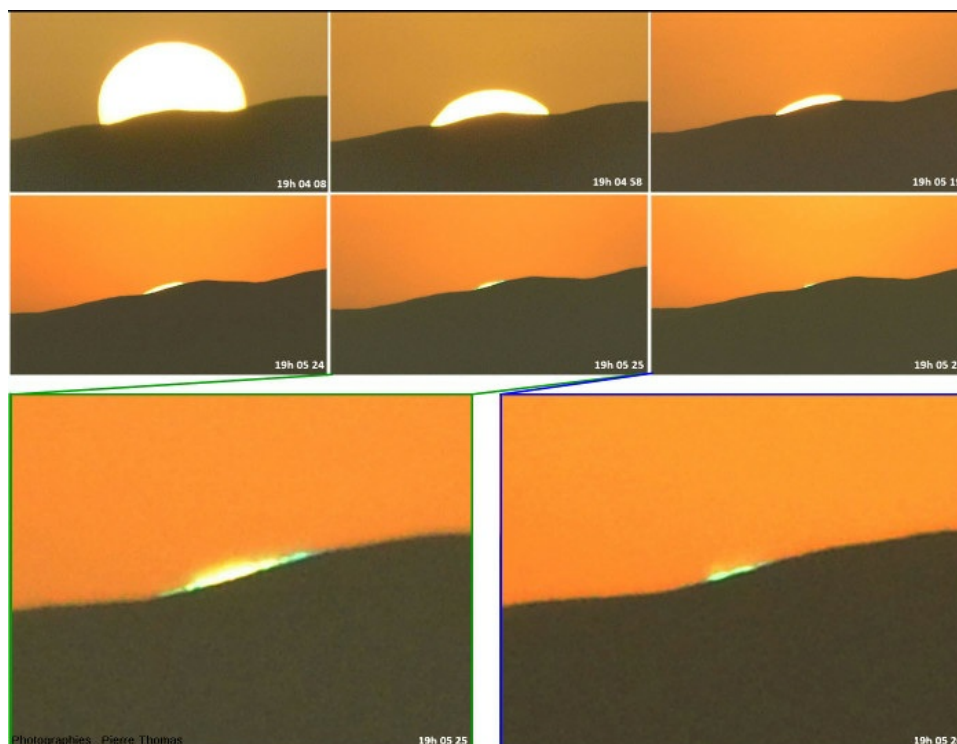
Laboratoire de Géologie de Lyon / ENS Lyon

Publié par :

Olivier Dequincey

Résumé

*Dispersion atmosphérique de la lumière et couleurs du coucher de soleil : rougeur du soir, rayon vert et rayon bleu.*



Source - © 2017 Pierre Thomas

**Figure 1. Montage photographique montrant le rayon vert lors d'un coucher de soleil le 27 octobre 2017 dans le désert du Namib, en Namibie.**

Ces photos ont été prises avec un simple appareil photo équipé d'un zoom 18-200 et prises avec la focale maximale (200 mm). Ces photos ont ensuite été agrandies numériquement. Les couleurs n'ont pas été modifiées. Moins d'une minute et demie sépare les six petites images du haut. Les trois dernières de ces six images ont été prises à 1 seconde d'intervalle. Les heures de prise de vue (en heures, minutes et secondes) sont indiquées sur chaque image. Les quatre premières images montrent un soleil disparaissant derrière l'horizon. La cinquième (19h05min25s) montre une belle couleur jaune-vert aux extrémités droite et gauche de ce qu'il reste du disque <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/lmg587-2017-12-04.xml> - Version du 02/04/21

solaire. La sixième (19h05min26s) montre que ce qui reste visible du disque solaire est d'une belle couleur jaune-vert : Le rayon vert ! Les deux images du bas montrent un grossissement des deux dernières photos (19h05min25s et 19h05min26s).

Le rayon vert fait partie des phénomènes dont beaucoup de gens parlent, que bien peu ont vu et encore moins photographié, et dont beaucoup croient qu'il s'agit d'une légende. Ce phénomène a fait fantasmer des générations d'esprit curieux ; il a inspiré des romanciers (cf. *Le rayon vert* de Jules Verne), des cinéastes (cf. *Le rayon vert* d'Éric Rohmer)...

Ce phénomène existe, on peut le voir et même le photographier presque par hasard. Le 27 octobre 2017, j'ai voulu immortaliser un beau coucher de soleil dans le désert du Namib (en Namibie). Je ne pensais pas trop au rayon vert, ayant vainement cherché à le voir de très nombreuses fois. J'ai pris une dizaine de photographies du disque solaire disparaissant derrière les dunes entre 19h03min00s et 19h0min26s. Et le rayon vert est apparu furtivement dans le viseur de mon appareil à 19h05min25s, a duré deux secondes et a disparu ensuite. C'est sans doute parce que je m'attendais à quelque chose de plus intense et de plus durable que je ne l'avais jamais remarqué dans les centaines de couchers de soleils auxquels j'avais assisté auparavant.

Les trois prochaines figures expliquent la physique du phénomène. La photographie suivante (figure 5), prise à 19h03min) montre le cadre morphologique où ont été prises les photographies, à peu près 2,5 minutes avant l'apparition du rayon vert.

Ensuite, nous vous montrons quatre séries de quatre photographies, correspondant à quatre agrandissements numériques de plus en plus grand des quatre images prises en six secondes, respectivement à 19heures 5 minutes et 19, 24, 25 et 26 secondes.

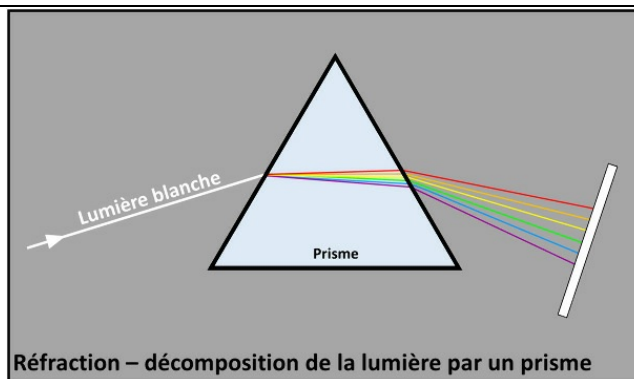
Enfin, après une photographie de meilleure qualité du phénomène de rayon vert prise par un télescope depuis le Massif des Maures, nous vous montrerons un phénomène beaucoup plus rare car nécessitant un site exceptionnel : un rayon bleu photographié depuis le Pic du Midi (Hautes Pyrénées).

Deux phénomènes physiques expliquent le rayon vert : la réfraction-décomposition de la lumière par un prisme et la diffusion de la lumière par l'atmosphère.

L'atmosphère, ou plutôt sa limite supérieure peut en effet être assimilée au bord d'un prisme qui décompose la lumière blanche du soleil en toutes les couleurs de l'arc-en-ciel. Cet effet est nul quand le soleil est au zénith (incidence perpendiculaire), extrêmement faible et imperceptible avec une incidence oblique non rasante, et ne cesse d'être négligeable que lorsque l'incidence est rasante (soleil se couchant ou se levant).

L'atmosphère est constituée de particules (molécules de  $N_2$  et de  $O_2$  contenant en suspension des aérosols de micro-gouttelettes d'eau, de micro poussières...). Quand la lumière (blanche) du soleil traverse une grande épaisseur d'atmosphère (soleil couchant par exemple), toutes les longueurs d'onde sont diffusées dans toutes les directions. Dans le cas des molécules de taille très inférieure à la longueur d'onde, la proportion de rayonnement dévié augmente fortement si la longueur d'onde diminue (loi de Rayleigh, section efficace proportionnelle à  $1/\lambda^4$ ). Le rayonnement de courte longueur d'onde (bleu) est environ 6 fois plus diffusé que celui de grande longueur d'onde (rouge). Cette propriété se retrouve à l'échelle macroscopique pour le gaz atmosphérique, car c'est un milieu dilué où les molécules sont aléatoirement distribuées. Lorsque le soleil est bas sur l'horizon, son rayonnement traverse une grande épaisseur d'atmosphère et subit un grand nombre de diffusions, ce qui le prive d'une grande partie de sa composante bleue.

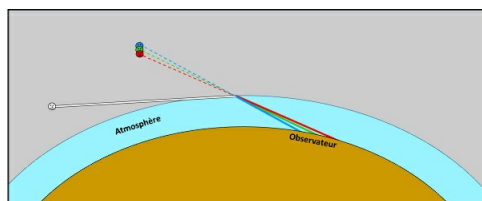
Quand les conditions météorologiques sont favorables (peu de turbulence...), ces deux phénomènes (réfraction et diffusion différentielle) se conjuguent et donnent naissance au rayon vert. Ce phénomène est d'autant plus fréquent et visible que l'atmosphère traversée est importante, c'est-à-dire que l'horizon est loin de l'observateur. C'est pour cela que l'observation du rayon vert est plus fréquente avec un horizon dégagé comme sur la côte ou depuis le sommet d'une haute montagne dominant une plaine (ou la mer). On peut même ajouter un très léger effet de la température car l'indice de réfraction augmente lorsque la température diminue, ce qui augmente aussi l'écart d'angle de réfraction entre rouge et vert, d'où des conditions théoriquement légèrement plus favorables par temps froid.



Source - © 2017 Pierre Thomas

**Figure 2. La réfraction-décomposition de la lumière par un prisme.**

Les grandes longueurs d'ondes (rouge et orange) sont relativement peu réfractées et déviées ; les petites longueurs d'onde (bleu et violet) le sont beaucoup plus.

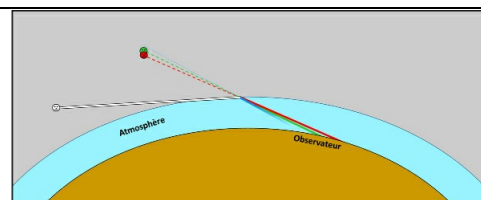


Source - © 2017 Pierre Thomas

**Figure 3. Schéma hyper-simplifié de la réfraction-décomposition de la lumière par l'atmosphère lors d'un éclairage rasant.**

La diffusion de la lumière n'est pas prise en compte dans ce schéma.

La position réelle du soleil est représentée par un petit soleil blanc (au milieu à gauche). Un rayon de cette lumière blanche atteint l'atmosphère, supposée (pour simplifier le dessin) avoir une limite supérieure nette et un indice de réfraction constant. Ce rayon de lumière blanche est réfracté et décomposé. Pour simplifier, nous n'avons dessiné que trois des couleurs du spectre solaire et non pas un continuum comme dans la réalité. Le bleu est beaucoup plus réfracté que le rouge ; le vert l'est de façon intermédiaire. Pour un observateur, le rouge arrivera avec une incidence faible (il paraîtra "bas" dans le ciel) ; le bleu arrivera avec une incidence plus forte (il paraîtra "haut" dans le ciel). Toujours en ne considérant que ces trois longueurs d'onde, l'observateur devrait voir trois soleils, de couleurs respectives (de haut en bas) bleu, vert et rouge. Dans la vie de tous les jours (sauf au lever et au coucher du soleil), cet étalement du soleil est bien trop faible pour être perceptible. De plus, c'est aux longueurs d'onde moyenne (jaune) que le soleil émet le plus d'énergie et que l'œil (et les capteurs de l'appareil photo) est le plus sensible. Ce jaune est suffisamment "éblouissant" pour masquer la très faible frange bleue supérieure et la faible frange rouge inférieure, à peine séparées du "soleil jaune". Quand le soleil se couche, cette séparation cesse d'être négligeable et la séparation de nos trois soleils devient perceptible. On devrait donc d'abord voir disparaître le soleil le plus bas sur l'horizon, le soleil rouge, puis disparaître le soleil vert, puis enfin disparaître le soleil bleu. On devrait donc voir un "rayon bleu", voire violet, lors des couchers de soleil.



Source - © 2017 Pierre Thomas

**Figure 4. Schéma hyper-simplifié de la réfraction-décomposition de la lumière par l'atmosphère lors d'un éclairage rasant avec prise en compte de la diffusion de la lumière par l'atmosphère.**

Le code de représentation est le même que sur la figure précédente.

La diffusion de la lumière est importante quand le rayon traverse l'atmosphère sur une grande longueur (éclairage rasant).

Mais la diffusion de la lumière estompe voir arrête complètement le rayon bleu qui disparaît au cours de sa traversée de l'atmosphère. L'observateur devrait voir deux soleils, de couleurs respectives (de haut en bas) vert et rouge. Dans la vie de tous les jours (sauf au lever et au coucher du soleil), cet étalement du soleil est négligeable. De plus, c'est aux longueurs d'onde moyenne (jaune) que le soleil émet le plus d'énergie et que l'œil (et les capteurs de l'appareil photo) est le plus sensible (jaune), et ce jaune est suffisamment "éblouissant" pour masquer la très faible frange rouge inférieure. Quand le soleil se couche, la séparation de nos soleils cesse d'être négligeable, et on devrait d'abord voir disparaître le soleil le plus bas sur l'horizon, le soleil rouge, puis disparaître le moins bas sur l'horizon, le soleil vert. C'est ce soleil vert disparaissant en dernier qui est à l'origine du rayon vert. Si les conditions atmosphériques rendent la diffusion très faible, on peut alors exceptionnellement voir un rayon bleu.

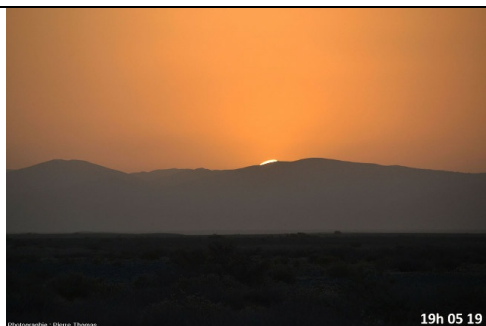


Source - © 2017 Pierre Thomas

**Figure 5. Coucher de soleil dans le désert de Namib (Namibie), 27 octobre 2017.**

Un cordon de dunes (le désert du Namib) est situé à 10 km du site d'observation. Malgré cette relative proximité de l'horizon, ce qui n'est pas le cas le plus favorable, le rayon vert a été perceptible pendant deux secondes d'après l'horloge de l'appareil photo.

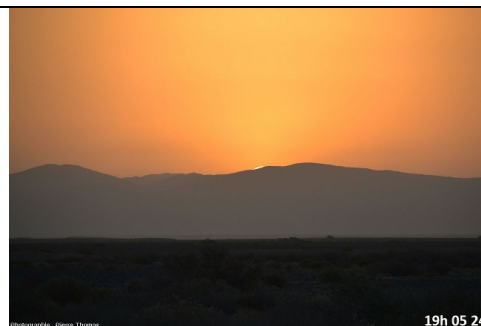
Photo prise avec le zoom réglé sur 18 mm, 2,5 minutes avant la disparition du soleil derrière un cordon de dunes.



Source - © 2017 Pierre Thomas

**Figure 6. Huit secondes avant la disparition du soleil, zoom réglé sur 200 mm.**

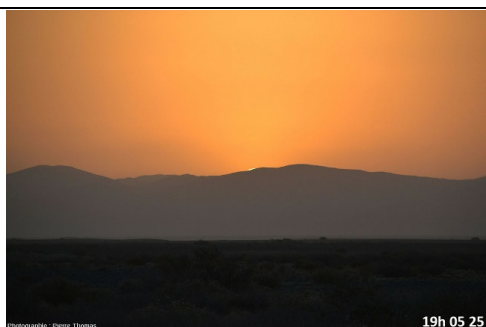
Le timing est indiqué sur les images. Comme souvent à l'œil nu, avec ce grossissement, le rayon vert est trop faible et trop fugace pour être remarqué.



Source - © 2017 Pierre Thomas

**Figure 7. Trois secondes avant la disparition du soleil, zoom réglé sur 200 mm.**

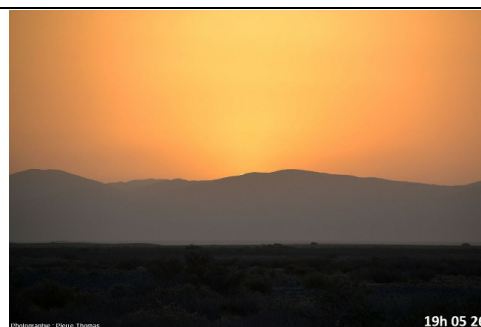
Le timing est indiqué sur les images. Comme souvent à l'œil nu, avec ce grossissement, le rayon vert est trop faible et trop fugace pour être remarqué.



Source - © 2017 Pierre Thomas

**Figure 8. Deux secondes avant la disparition du soleil, zoom réglé sur 200 mm.**

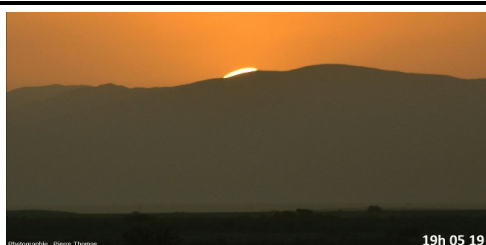
Le timing est indiqué sur les images. Comme souvent à l'œil nu, avec ce grossissement, le rayon vert est trop faible et trop fugace pour être remarqué.



Source - © 2017 Pierre Thomas

**Figure 9. Dernière seconde avant la disparition du soleil, zoom réglé sur 200 mm.**

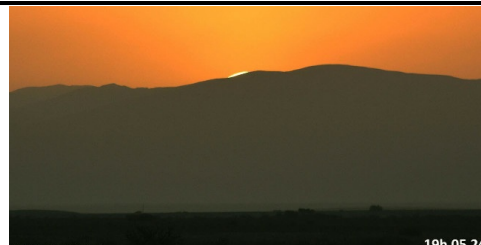
Le timing est indiqué sur les images. Comme souvent à l'œil nu, avec ce grossissement, le rayon vert est trop faible et trop fugace pour être remarqué.



Source - © 2017 Pierre Thomas

**Figure 10. Huit secondes avant la disparition du soleil, zoom réglé sur 200 mm et agrandissement numérique moyen.**

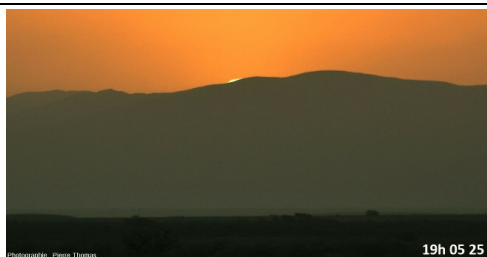
Le timing est indiqué sur les images. Comme souvent à l'œil nu, avec ce grossissement, le rayon vert est bien faible et bien fugace pour être à coup sûr discernable.



Source - © 2017 Pierre Thomas

**Figure 11. Trois secondes avant la disparition du soleil, zoom réglé sur 200 mm et agrandissement numérique moyen.**

Le timing est indiqué sur les images. Comme souvent à l'œil nu, avec ce grossissement, le rayon vert est bien faible et bien fugace pour être à coup sûr discernable.



Source - © 2017 Pierre Thomas

**Figure 12. Deux secondes avant la disparition du soleil, zoom réglé sur 200 mm et agrandissement numérique moyen.**

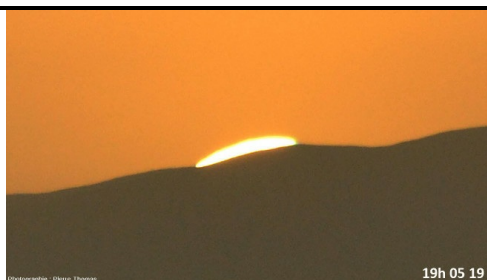
Le timing est indiqué sur les images. Comme souvent à l'œil nu, avec ce grossissement, le rayon vert est bien faible et bien fugace pour être à coup sûr discernable.



Source - © 2017 Pierre Thomas

**Figure 13. Dernière seconde avant la disparition du soleil, zoom réglé sur 200 mm et agrandissement numérique moyen.**

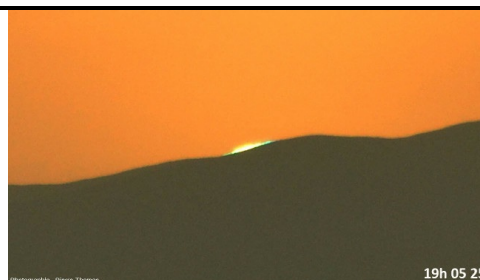
Le timing est indiqué sur les images. Comme souvent à l'œil nu, avec ce grossissement, le rayon vert est bien faible et bien fugace pour être à coup sûr discernable.



Source - © 2017 Pierre Thomas

**Figure 14. Huit secondes avant la disparition du soleil, zoom réglé sur 200 mm et agrandissement numérique fort.**

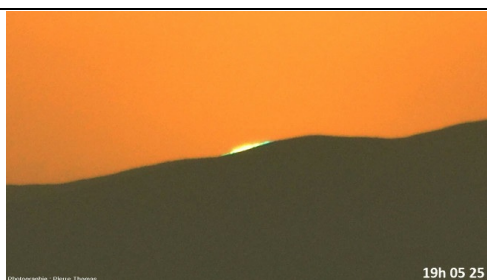
Le timing est indiqué sur les images. Avec ce grossissement, le rayon vert est discernable pendant les deux dernières secondes (les deux dernières images).



Source - © 2017 Pierre Thomas

**Figure 15. Trois secondes avant la disparition du soleil, zoom réglé sur 200 mm et agrandissement numérique fort.**

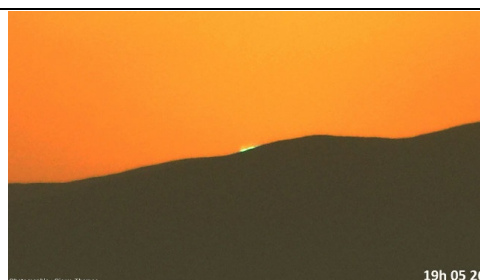
Le timing est indiqué sur les images. Avec ce grossissement, le rayon vert est discernable pendant les deux dernières secondes (les deux dernières images).



Source - © 2017 Pierre Thomas

**Figure 16. Deux secondes avant la disparition du soleil, zoom réglé sur 200 mm et agrandissement numérique fort.**

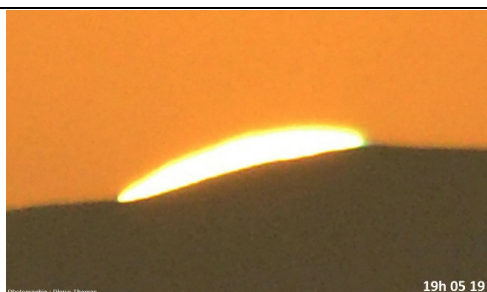
Le timing est indiqué sur les images. Avec ce grossissement, le rayon vert est discernable pendant les deux dernières secondes (les deux dernières images).



Source - © 2017 Pierre Thomas

**Figure 17. Dernière seconde avant la disparition du soleil, zoom réglé sur 200 mm et agrandissement numérique fort.**

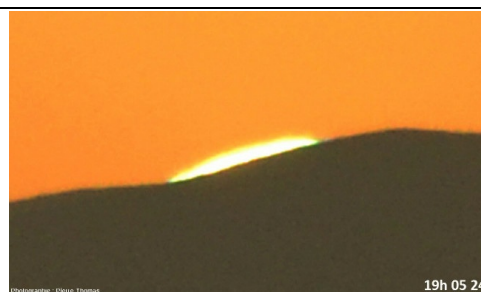
Le timing est indiqué sur les images. Avec ce grossissement, le rayon vert est discernable pendant les deux dernières secondes (les deux dernières images).



Source - © 2017 Pierre Thomas

**Figure 18. Huit secondes avant la disparition du soleil, zoom réglé sur 200 mm et agrandissement numérique très fort.**

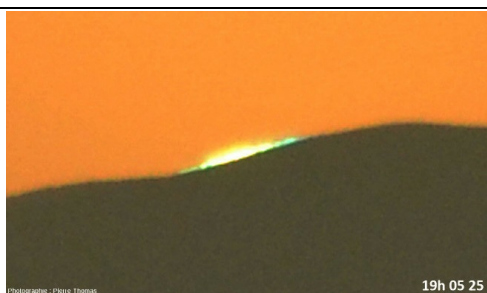
Le timing est indiqué sur les images. Le rayon vert est parfaitement discernable sur les deux dernières images. Il n'est visible qu'à l'aplomb des secteurs où le soleil "jaune" a disparu : à droite et à gauche sur la troisième image (19h05min25s), au milieu sur la quatrième (19h05min26s).



Source - © 2017 Pierre Thomas

**Figure 19. Trois secondes avant la disparition du soleil, zoom réglé sur 200 mm et agrandissement numérique très fort.**

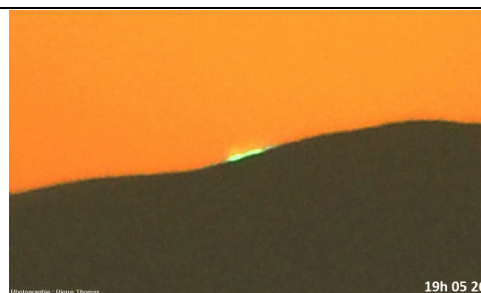
Le timing est indiqué sur les images. Le rayon vert est parfaitement discernable sur les deux dernières images. Il n'est visible qu'à l'aplomb des secteurs où le soleil "jaune" a disparu : à droite et à gauche sur la troisième image (19h05min25s), au milieu sur la quatrième (19h05min26s).



Source - © 2017 Pierre Thomas

**Figure 20. Deux secondes avant la disparition du soleil, zoom réglé sur 200 mm et agrandissement numérique très fort.**

Le timing est indiqué sur les images. Le rayon vert est parfaitement discernable sur les deux dernières images. Il n'est visible qu'à l'aplomb des secteurs où le soleil "jaune" a disparu : à droite et à gauche sur la troisième image (19h05min25s), au milieu sur la quatrième (19h05min26s).



Source - © 2017 Pierre Thomas

**Figure 21. Dernière seconde avant la disparition du soleil, zoom réglé sur 200 mm et agrandissement numérique très fort.**

Le timing est indiqué sur les images. Le rayon vert est parfaitement discernable sur les deux dernières images. Il n'est visible qu'à l'aplomb des secteurs où le soleil "jaune" a disparu : à droite et à gauche sur la troisième image (19h05min25s), au milieu sur la quatrième (19h05min26s).

Si on dispose d'un télescope, même amateur, la résolution est bien meilleure qu'avec un simple téléobjectif d'appareil photographique. On peut alors voir et photographier une frange verte au-dessus du soleil avant que celui-ci ne soit complètement caché, comme en témoigne l'image suivante d'un coucher de soleil sur la Méditerranée.

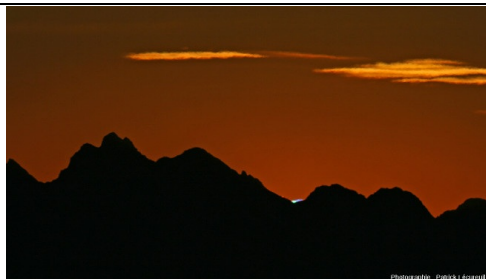


Source - © 2002 Sylvain Brançon

**Figure 22. Coucher de soleil et rayon vert sur la Méditerranée, vu de puis une colline du massif des Maures.**

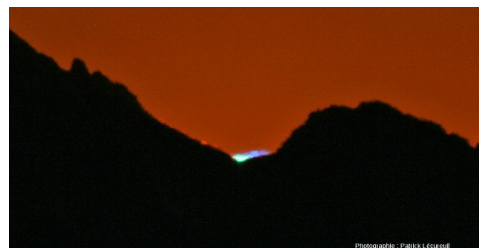
Télescope C8 avec focale de 2000 mmm.

Dans certains sites de montagne, en particuliers ceux qui ont été choisis pour y installer des observatoires astronomiques, l'atmosphère est très pure et ne contient que très peu de vapeur d'eau et d'aérosols divers. La diffusion y étant très faible, et la lumière bleue, voire violette, n'y est que très peu atténuée. On peut alors voir un rayon bleu. C'est parfois le cas depuis le site du Pic du Midi de Bigorre (Hautes Pyrénées), comme le montre les photographies ci-dessous prises par Patrick Lécureuil, animateur à la [Ferme des étoiles](#).



Source - © 2010 Patrick Lécureuil

**Figure 23. Rayon bleu vu du Pic du Midi de Bigorre (Haute Pyrénées) en octobre 2010.**



Source - © 2010 Patrick Lécureuil

**Figure 24. Rayon bleu vu du Pic du Midi de Bigorre (Haute Pyrénées) en octobre 2010.**

Ces deux exemple métropolitains montrent que ce n'est pas la peine d'aller au bout du monde pour assister à de beaux phénomènes astronomico-atmosphériques.



Source - © 2017 Google Earth

**Figure 25. Localisation des sites où ont été pris les couchers de soleil : Namibie, Hautes Pyrénées et Var.**