



Lumières internes et couleurs des matériaux

Société Amicale des Géologues Amateurs
Muséum national d'histoire naturelle
43 rue Buffon CP 48 75005 Paris

Octobre 2015

www.saga-geol.asso.fr

Introduction (1/3)

Qu'il s'agisse d'un minéral comme de tout autre corps, la **couleur** n'existe pas en tant que telle. Elle n'est en effet que construction du cerveau et n'existe donc que par le regard que nous lui portons. S'il semble que chaque être humain opère à peu près la même construction (à de notables exceptions près, dont le daltonisme est le cas le plus connu), il est communément établi que les espèces animales par exemple opèrent d'autres constructions en affichant des sensibilités chromatiques différentes de celles de l'homme. Ce qui mérite explications, avant même d'aborder la question de la couleur des minéraux.

La couleur est d'abord **lumière**, c'est-à-dire un phénomène physique qui peut être appréhendé à la fois par sa nature corpusculaire à travers l'existence du **photon** (littéralement: "grain de lumière") et par sa **nature ondulatoire de rayonnement électromagnétique**. Ce rayonnement est caractérisé par la "vibration" d'un champ électrique et d'un champ magnétique dans des plans perpendiculaires, conduisant à en définir la fréquence (le nombre de vibrations par seconde) et la longueur d'onde (la distance physique entre deux niveaux identiques de la vibration, compte tenu d'une vitesse de propagation de 300.000 km/s).

Le "**spectre**" des rayonnements électromagnétiques (c'est-à-dire la gamme des fréquences ou des longueurs d'onde possibles) est infiniment vaste, avec des longueurs d'onde de quelques milliardièmes de microns (pour les rayons gamma) à plusieurs kilomètres (pour les ondes radio dites justement "longues"). Entre ces deux extrêmes, la "lumière" (sous-entendue comme la partie visible du spectre électromagnétique) ne représente qu'une infime partie de celui-ci avec des longueurs d'onde de 0.4 micron (pour le violet-bleu) à 0.8 micron (pour le rouge).

Introduction (2/3)

Un rappel de quelques fondamentaux physiques permet de mieux situer la question :

- la **longueur d'onde** d'un rayonnement est inversement proportionnelle à la fréquence de sa vibration, ce qui se conçoit presque intuitivement ;
- y a relation directe entre l'**énergie d'un rayonnement** électromagnétique (dont la lumière visible) et la **fréquence** F de sa vibration.

C'est le physicien **Max Planck** (1858-1947) qui a déterminé cette relation et élaboré la "constante de Planck", qui fonde la relation entre l'énergie du rayonnement et sa fréquence. Bien que moins célèbre que $e=Mc^2$ de Einstein qui établit la relation entre masse et énergie, la relation de Planck a la même importance pour la physique contemporaine.

Ainsi, lorsqu'une particule élémentaire passe d'un niveau énergétique donné à un niveau inférieur (déplacement dans le réseau cristallin par exemple), la perte d'énergie se traduira par l'**émission** d'un rayonnement dont la fréquence sera définie par la relation de Planck.

Inversement, un changement de niveau se traduisant par une plus grande énergie de la particule se traduira par l'**absorption** d'un rayonnement dont la fréquence sera définie de même (il faut bien trouver l'énergie quelque part). Ces émissions/absorptions modifieront la réponse chromatique du corps (sa couleur, en d'autres termes !). Encore convient-il que celui-ci soit éclairé en lumière "blanche" c'est-à-dire présentant un spectre plat (la même énergie, constante, du violet au rouge).

Introduction (3/3)

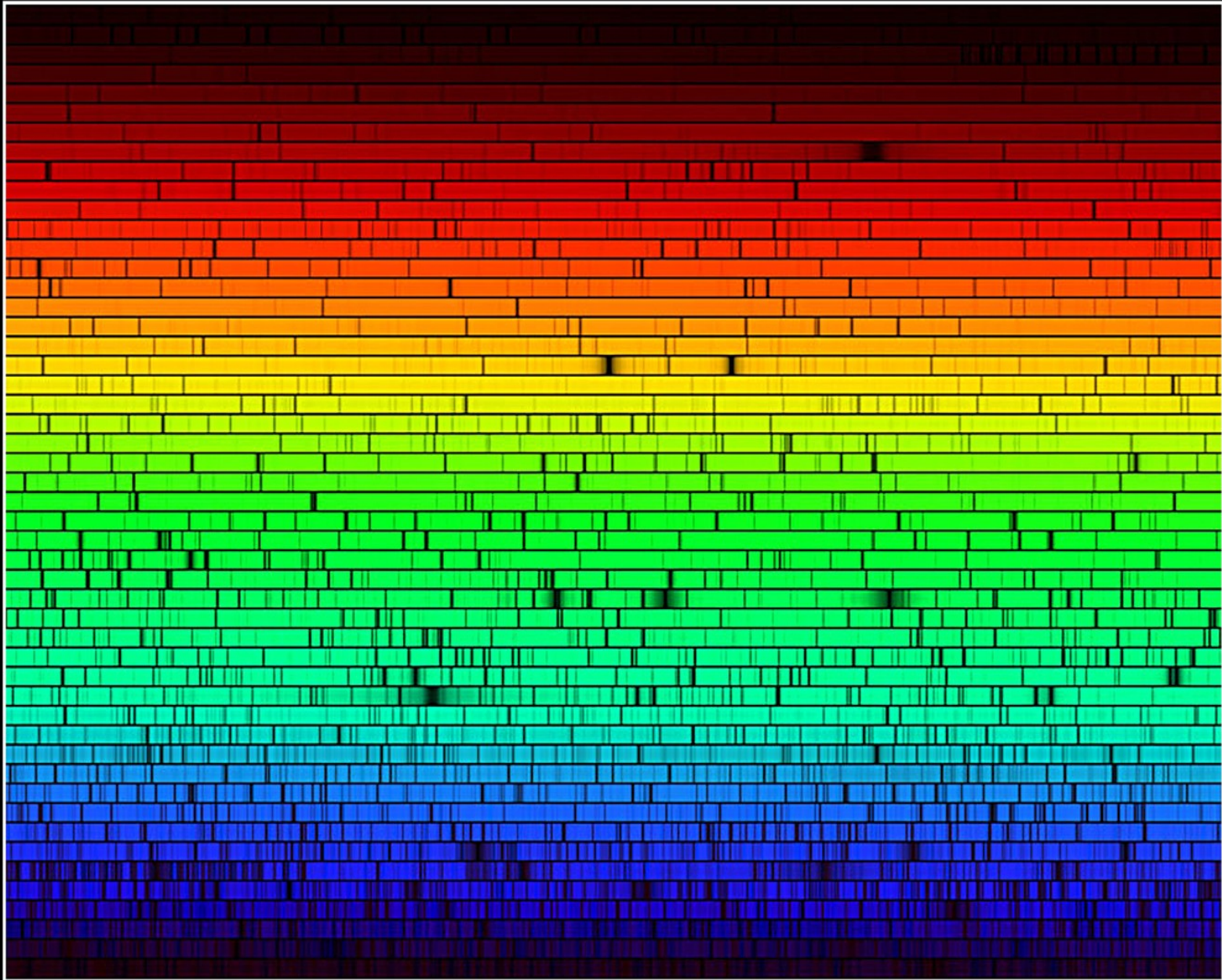
Les phénomènes de couleurs seront alors issus soit de réflexions sur le corps (la partie de la lumière réfléchi par celui-ci), soit de transmissions (la partie de la lumière qui traverse le corps) voire d'absorptions (la partie de la lumière qui n'est ni réfléchi ni transmise par le corps). On comprend mieux dans ces conditions à quel point la connaissance des réponses chromatiques renseigne utilement sur la composition et l'architecture cristalline d'un minéral donné.

Deux exemples :

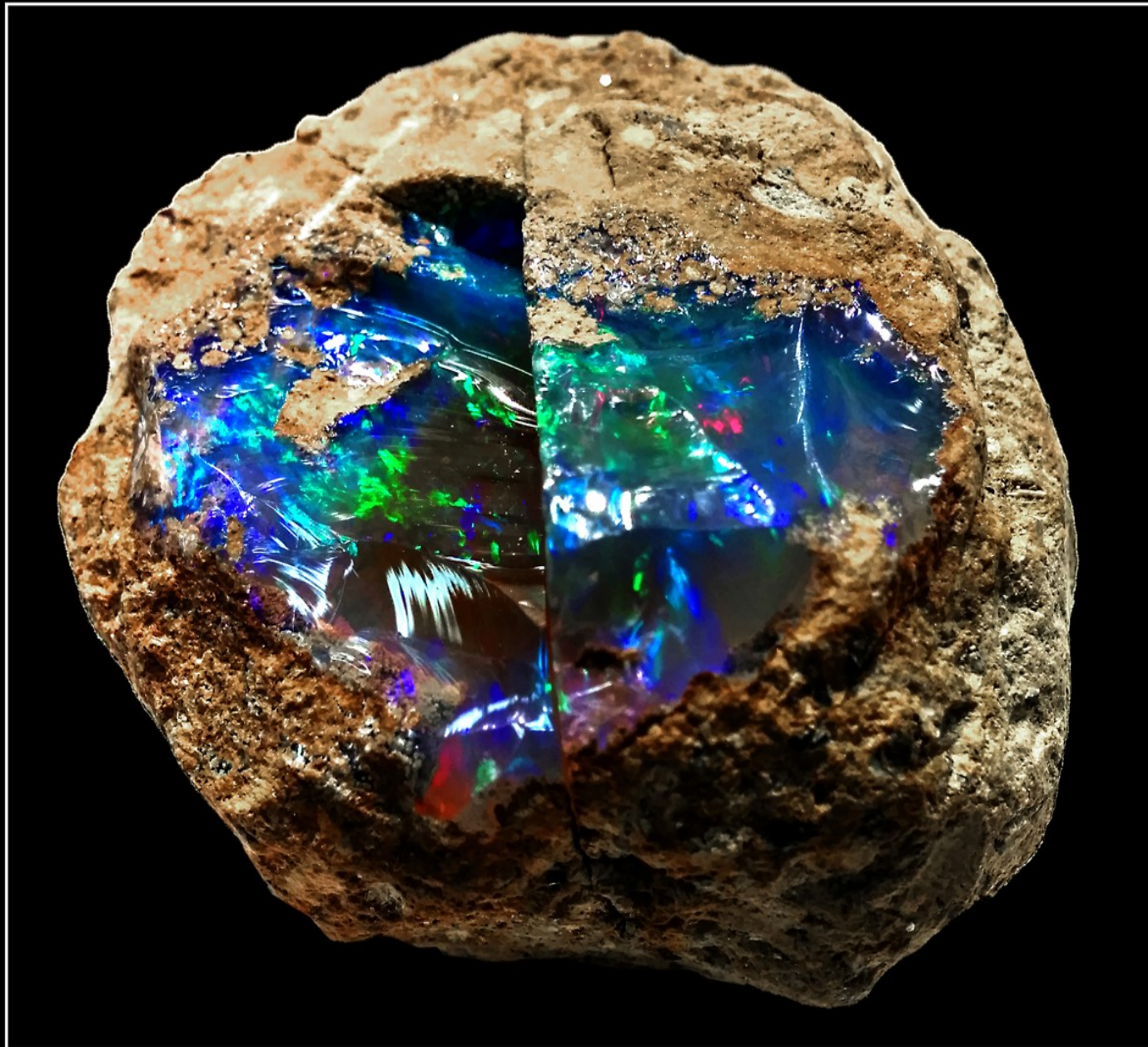
- la **malachite** réfléchit le vert. Autrement dit, les changements de niveaux énergétiques à l'œuvre à la surface de son réseau cristallin excité en lumière blanche absorbent une partie des deux extrémités du spectre visible: le bleu et le rouge ;
- la **fluorine** du massif du Mont-Blanc transmet le jaune et le rouge. Autrement dit, les changements de niveaux énergétiques à l'œuvre dans son réseau cristallin excité en lumière blanche absorbent la partie bleue du spectre visible.

De multiples autres phénomènes caractérisent la couleur des minéraux dont la **fluorescence** ou la **thermoluminescence**. Les phénomènes de **réfraction** (éclat du diamant), de **diffusion** (éclat des perles), de **diffraction** (iridescence de l'opale ou de la labradorite) ou d'**interférences** (quartz "irisés") résultent de colorations pseudo-chromatiques dues à des effets optiques étrangers à la structure cristalline.

Absorptions dans le spectre solaire



Diffractions dans une opale noble



PARIS
Saga

Société Amicale
des Géologues Amateurs
Muséum national d'histoire naturelle,
43 rue Buffon, CP 48, 75005 Paris
E-mail : saga-paris@wanadoo.fr

Australie (probable) 30*30*30 mm Coll D. Glatigny. photo JF Gazin

Luminescence d'un cristal de quartz

Lumière du jour



Eclairage ultra violet



PARIS
Saga

Société Amicale
des Géologues Amateurs
Muséum national d'histoire naturelle,
43 rue Buffon, CP 48, 75005 Paris
E-mail : saga-paris@wanadoo.fr

Arkansas (probable) 30*15*15 mm coll JP Roucan, photo JF Gazin

Réflexion de la malachite (en vert)

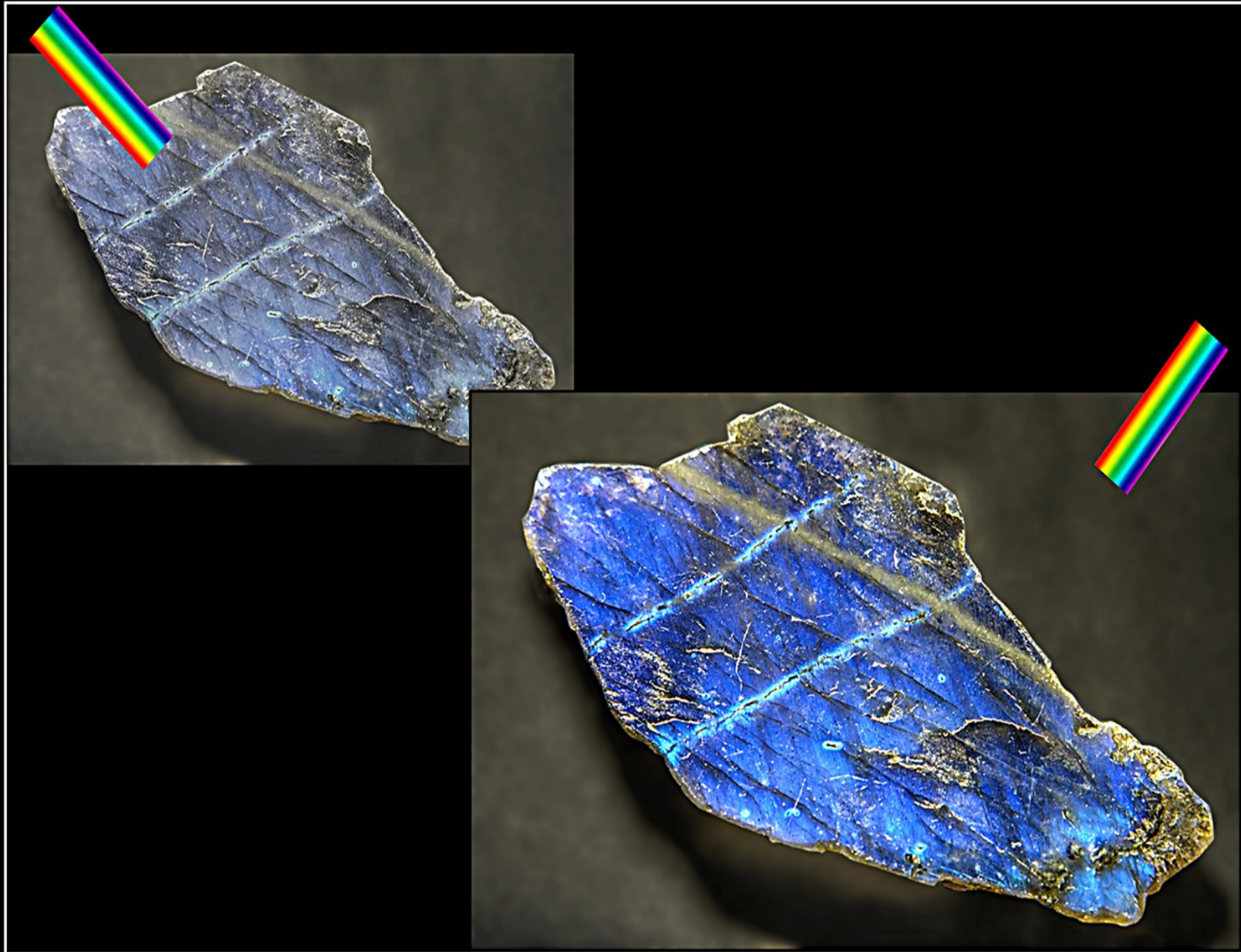


PARIS
Saga

Société Amicale
des Géologues Amateurs
Muséum national d'histoire naturelle,
43 rue Buffon, CP 48, 75005 Paris
E-mail : saga-paris@wanadoo.fr

Les Contamines (74), 40*30*30 mm, coll et photo JF Gazin

Réfraction dans la labradorite



PARIS
Saga

Société Amicale
des Géologues Amateurs
Muséum national d'histoire naturelle,
43 rue Buffon, CP 48, 75005 Paris
E-mail : saga-paris@wanadoo.fr

Madaqascar (probable), 80*40*15 mm, coll JP Roucan, photo JF Gazin

Transmission de la fluorine



PARIS
Saga

Société Amicale
des Géologues Amateurs
Muséum national d'histoire naturelle,
43 rue Buffon, CP 48, 75005 Paris
E-mail : saga-paris@wanadoo.fr

Le Beix (63), Musée de minéralogie, Mines Paris Tech 60*60*60 mm, photo JF Gazin et JMLC(+)