

30 Objectif BAC Rédiger une synthèse de documents

Ce dossier contient :

- un document issu du CNRS sur la vision des couleurs, étudiée en classe de 1^{re} ;
- un document issu du site Internet *Futura-Sciences* sur les couleurs structurales des animaux.

→ L'objectif de cet exercice est de rédiger une synthèse de documents afin d'exposer les différents phénomènes physiques à l'origine de la couleur des animaux.

Le texte rédigé (de 25 à 30 lignes) devra être clair et structuré et reposera sur les informations issues des documents proposés.

DOCUMENT 1. Les couleurs des animaux

Les pigments contenus dans les tissus des animaux et les productions de ces tissus (poils, plumes ou écailles) sont à l'origine des couleurs. Mais il existe aussi, bien que plus rarement, des causes physiques (diffusion, diffraction, interférences).

Les pigments

On retrouve dans le règne animal une grande partie des pigments du règne végétal : caroténoïdes, mélanines, flavonoïdes, quinones. Il faut y ajouter la famille des *ptérines*, donnant des couleurs allant du jaune au rouge, que l'on trouve notamment en grande variété dans les ailes des papillons. La couleur des poils des mammifères est due aux mélanines produites par les mélanocytes lors de la croissance. Dans certains cas, la production se fait selon une répartition spatiale précise (plumes d'oiseaux, ailes de papillons).

Les mélanines et les ptérines sont synthétisés par les animaux, alors que les caroténoïdes sont d'origine alimentaire, car seuls les végétaux peuvent les fabriquer. Une fois ingérés par les animaux, ces pigments sont transformés chimiquement : leurs couleurs rouge, orangé, jaune ou crème dépendent de leur structure chimique, et de la façon dont ils sont associés aux constituants cellulaires. Les flamants roses doivent leur couleur aux petites crevettes dont ils sont friands, sinon ils seraient blancs. En effet, ces crevettes se nourrissent d'algues produisant un caroténoïde. Pour rendre les canaris plus jaunes (et les bébés plus dorés !), il suffit de leur donner de la nourriture à base de carotène. Le même principe est utilisé pour rendre la chair des saumons d'élevage plus colorée, et donc plus proche de celle des saumons sauvages.

Diffusion de la lumière

Examinons maintenant les diverses causes physiques de la couleur des animaux. En premier lieu, la diffusion de la lumière, et plus précisément la diffusion Rayleigh, produit une couleur bleutée. On explique ainsi les reflets bleutés de la peau des poissons par l'existence de microcristaux de guanine recouvrant la surface. De même, la diffusion de la lumière par les barbes de certaines plumes d'oiseau (perruches par exemple) conduit à une apparence bleu-clair, mais le bleu devient plus foncé en présence de mélanine noire.

Les couleurs résultant de l'absorption par les pigments peuvent se superposer à la couleur bleue issue de la diffusion. Dans le cas de pigments jaunes, la superposition avec la couleur bleue due à la diffusion donne une apparence verte. Par exemple, la peau des lézards et des batraciens est verte, car elle contient des pigments jaunes et elle est recouverte de

30 Objectif BAC Rédiger une synthèse de documents

microparticules qui diffusent la lumière. La couleur verte de certaines plumes d'oiseaux ont la même origine (perruches ondulées, perroquets, etc.).

Interférences et diffraction

Dans certains cas, la couleur varie selon l'angle d'observation. Les interférences de couche mince, ou les interférences résultant de la diffraction sont responsables de cet effet.

- Interférences de couche mince

L'iridescence des ailes de mouches, de libellules et de certains papillons provient d'une couche mince recouvrant ces ailes et produisant des couleurs interférentielles. Dans le cas des papillons, les ailes contiennent des écailles de fond et des écailles de recouvrement, disposées à la façon d'un toit de tuile. La structure de ces écailles et les pigments qu'elles contiennent jouent un rôle dans la couleur observée. Par exemple, les papillons de la famille des *Uraniidae* possèdent des écailles de fond contenant des pigments et des écailles de recouvrement ayant une structure en multicouche.

- Diffraction et interférences résultant de microstructures périodiques

Les plumes de certains oiseaux et les écailles des ailes de certains papillons, observées au microscope électronique à balayage, révèlent des microstructures périodiques. Les plumes de paon sont réputées pour leurs couleurs vives qui proviennent non seulement des pigments mais aussi des microlamelles parallèles situées dans les microbarbules. Ces microlamelles diffractent la lumière, d'où les variations de couleurs selon l'angle d'observation.

Les ailes des papillons du type *Morpho menelaus* se distinguent de celles des *Uraniidae* par la nature de leurs écailles : les écailles de recouvrement sont transparentes, et les écailles de fond sont constituées d'un empilement de lamelles de chitine maintenues à distance constante ; ces lamelles forment ainsi un réseau de diffraction par réflexion. Il est facile de montrer que la couleur bleue n'est pas d'origine pigmentaire : elle disparaît quand on plonge les ailes dans un liquide dont l'indice de réfraction est proche de celui de la chitine (1,5 environ).

Les pigeons et les canards nous sont tellement familiers que nous n'y prêtons guère attention. Leur cou présente pourtant de belles couleurs irisées dues à la diffraction de la lumière par les plumes.

D'après le site internet

http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doschim/decouv/couleurs/loupe_couleurs_animaux.html

Pour en savoir plus : B. Valeur, *La couleur dans tous ses éclats*, Belin, 2011

(Prix « Le goût des sciences 2011 »)

30 Objectif BAC Rédiger une synthèse de documents

DOCUMENT 2. Les couleurs structurales des animaux

Si les animaux doivent pour la plupart leur couleur à des pigments qu'ils produisent ou qu'ils ingèrent, bien d'autres couleurs résultent de phénomènes physiques : interférences lumineuses et, dans certains cas, diffraction de la lumière.

Ces couleurs structurales apparaissent lorsqu'il existe chez l'animal une structure périodique avec une périodicité spatiale de l'ordre de grandeur des longueurs d'onde de la lumière : chaque élément de la structure renvoie alors séparément une onde lumineuse, et les ondes issues des divers éléments interfèrent en produisant des couleurs interférentielles, dont la caractéristique est de varier selon l'angle d'observation : les scarabées et les papillons Morpho en sont des exemples bien connus.

Commençons par les structures en multicouches qui offrent une périodicité spatiale à une dimension. La lumière, en pénétrant successivement dans les diverses couches – dont l'épaisseur est de l'ordre de la longueur d'onde de la lumière – subit des réflexions partielles sur les interfaces. Une partie des rayons réfléchis émerge de la surface et interfèrent, produisant des couleurs interférentielles. C'est ainsi que les couleurs irisées de la nacre résultent de la superposition de couches alternativement minérales et organiques que le mollusque produit au cours de sa croissance. La couleur de la cuticule des scarabées et des mouches vertes s'explique de la même façon.

Les couleurs irisées des plumes de paon (**Figure 1**) et des ailes de certains papillons comme le fameux papillon Morpho (**Figure 2**) résultent de la diffraction et des interférences par des structures périodiques à deux dimensions formant un réseau, dit *réseau de diffraction*. Chaque élément de ce réseau diffracte la lumière et les ondes diffractées par les divers éléments interfèrent entre elles.

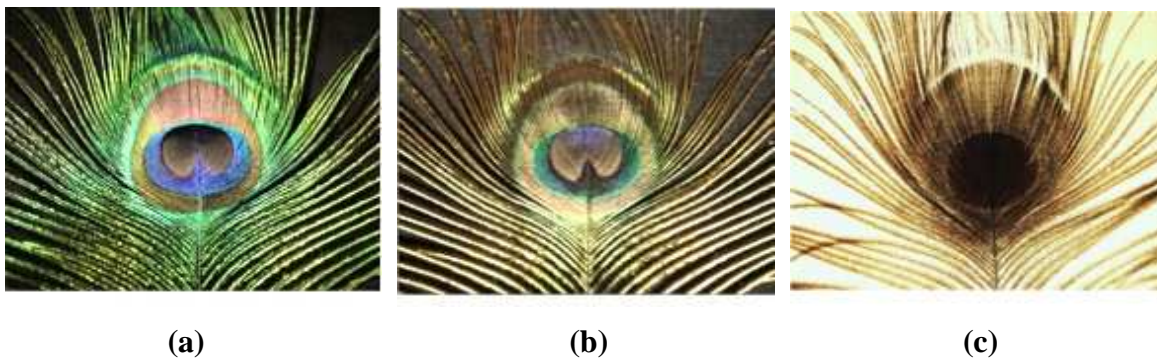


Fig.1. Les couleurs des plumes de paon varient en fonction de l'angle d'observation (a, b et c). Ces couleurs disparaissent lorsqu'on observe les plumes à l'envers et par transparence.

© Bernard Valeur

30 Objectif BAC Rédiger une synthèse de documents



Fig. 2. *L'iridescence des ailes des papillons de type Morpho est due aux écailles du papillon qui présentent des stries formant une structure périodique à deux dimensions.*
© Bernard Valeur

D'après le site internet

http://www.futura-sciences.com/fr/doc/t/physique/d/couleur_1396/c3/221/p11/

Pour en savoir plus : B. Valeur, *La couleur dans tous ses éclats*, Belin, 2011
(Prix « Le goût des sciences 2011 »)