



Van  
Gogh  
Museum

Amsterdam

# Van Gogh regardé à la loupe

instructions pour  
professeurs de sciences

---

**Photo en page  
de couverture :**

Ella Hendriks,  
restauratrice du Musée  
Van Gogh, analyse  
*La chambre à coucher*  
de Vincent van Gogh.

Photo : Thomas Fasting

# Tables des matières

<b>Description du programme</b>	4
<b>Van Gogh pour les scientifiques</b>	5
<b>Objectifs de cette série de cours</b>	5
<b>Réserver</b>	5
<b>Cours 1 : Avoir de l'œil pour Van Gogh</b>	
Dossier professeur	6
Dossier élèves	
<b>Cours 2 : Van Gogh et la décoloration</b>	
Dossier professeur	19
Dossier élèves	
<b>Cours 3 : Sous l'œil des scientifiques</b>	
Dossier professeur	31
Dossier élèves	
<b>Littérature</b>	47
<b>URL</b>	47

# Van Gogh regardé la loupe

## instructions pour professeurs de sciences

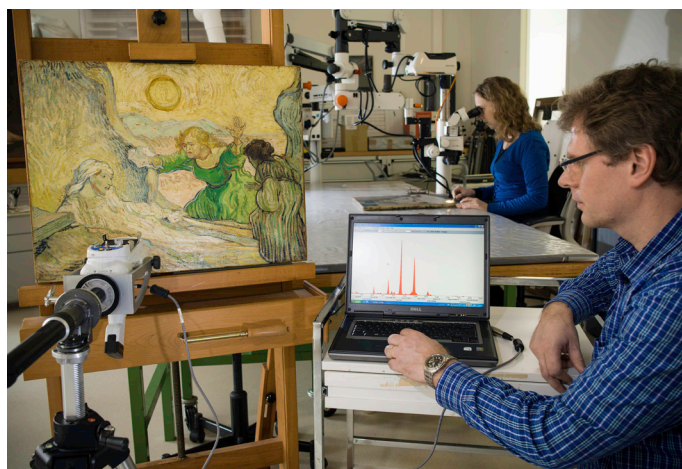
### Description du programme

Ces instructions destinées aux professeurs contiennent des suggestions de cours à utiliser avant la visite du Musée Van Gogh avec votre classe ou pour traiter Van Gogh en classe et faire des exercices s'y rapportant. L'utilisation de ces instructions ne nécessite pas obligatoirement la visite du musée.

Les cours contenus dans ces instructions sont adaptés aux sciences naturelles, aux matières scientifiques et techniques des classes du second cycle de l'enseignement secondaire. Pour des suggestions de cours adaptées aux matières artistiques, nous vous renvoyons volontiers aux autres instructions pour professeurs proposées sur notre site Internet.

---

Recherches menées par le Service national pour la Protection du Patrimoine culturel avec un scanner SFX portable, photo © René Gerritsen Amsterdam.



Le mieux est de commencer par introduire le sujet en décrivant brièvement la vie de Vincent van Gogh au moyen des informations de base fournies sur le site Internet du Musée Van Gogh. Vous pouvez également demander à vos élèves de chercher eux-mêmes des informations sur Van Gogh à la bibliothèque ou sur Internet. En page 49, vous trouverez une liste de livres et d'URL spécialisés. Si vous venez avec votre classe au musée, préparez-la à la visite. Vos élèves n'en apprécieront que mieux la visite du musée qui leur sera aussi plus profitable. Vous trouverez des informations sur la réservation d'une visite du musée sur [www.vangoghmuseum.com/education](http://www.vangoghmuseum.com/education)

Les instructions pour professeurs sont disponibles en néerlandais, anglais et français.

### **Van Gogh pour les scientifiques**

Les cours contenus dans ces instructions pour professeurs conviennent parfaitement aux matières telles que les sciences naturelles, la technologie, la physique, la chimie et la biologie.

La série de cours *Van Gogh, regardé à la loupe*, est axée sur le côté technique de l'œuvre de Vincent van Gogh. Les trois cours s'intègrent parfaitement aux matières scientifiques : le cours 1, à la biologie et la physique, et les cours 2 et 3, à la physique et la chimie. Ils sont conçus pour pouvoir être traités en 50 à 60 minutes.

### **Objectifs de cette série de cours**

- Informer les élèves sur le contexte technique des tableaux de Van Gogh.
- Informer les élèves sur les recherches menées sur les tableaux de Van Gogh et les méthodes d'investigation utilisées.
- Apprendre aux élèves comment Van Gogh peignait, faisait des expériences avec les couleurs et quels matériaux il utilisait.
- Préparer les élèves à la visite du Musée Van Gogh afin qu'ils l'apprécient et qu'elle leur soit profitable.

#### **Le cours 1**

*Van Gogh, regardé à la loupe* aborde la perception des couleurs. Comment notre œil perçoit-il les couleurs et comment Van Gogh utilise-t-il cette perception ?

#### **Le cours 2**

*Van Gogh et la décoloration* traite l'influence des facteurs de l'environnement sur la couleur. Les couleurs que nous voyons aujourd'hui ne sont pas toutes les mêmes que celles que Van Gogh a utilisées à l'origine sur ses toiles.

#### **Le cours 3**

*Sous l'œil des scientifiques* propose différentes techniques (innovatrices) qui nous montrent l'œuvre de Van Gogh de l'intérieur.

La matière scientifique qui motive votre visite au musée détermine pour une grande partie le contenu d'un cours préparatoire et d'un cours d'assimilation. Il en va de même pour le niveau de votre classe. Vous pouvez, en fonction du niveau de la classe et de la matière scientifique impliquée, relier à vos cours des objectifs plus spécifiques.

### **Réserver**

La réservation de la visite du musée avec votre classe n'est possible qu'au moyen du système de réservation en ligne, **sur [www.vangoghmuseum.com/education](http://www.vangoghmuseum.com/education)**

Pour des informations sur des activités supplémentaires du musée, connectez-vous sur **[www.vangoghmuseum.com](http://www.vangoghmuseum.com)**

# Avoir de l'œil pour Van Gogh

## Cours 1

### Objectifs pédagogiques

Les élèves savent à la fin du cours :

- qui était Vincent Van Gogh et le rôle joué par l'utilisation des couleurs dans ses tableaux.
- comment l'œil perçoit les couleurs.
- quelle est la différence entre le cercle chromatique lumineux et celui de la peinture.
- ce que sont les couleurs complémentaires et comment Van Gogh les utilisent.

### Matériel nécessaire

- le dossier élèves avec les textes informatifs à lire et la feuille de réponses pour écrire les réponses à certaines questions.
- un ordinateur pour présenter le film d'introduction.
- des ordinateurs pour les élèves, pour la question 9.
- des crayons de couleurs.

### Durée

15 min	film d'introduction, explication du professeur.
10 min	les élèves répondent aux questions 1 à 4.
10 min	traitez les contrastes et la différence entre les deux cercles chromatiques.
20 min	les élèves répondent aux questions 5 à 11.

## Suggestions de cours et information complémentaire

Vous trouvez ci-dessous un complément d'information sur les questions du dossier élèves que vous pouvez utiliser pour apporter des explications intermédiaires. En faisant les exercices correspondant au cours *Avoir de l'œil pour Van Gogh*, les élèves apprennent eux-mêmes à connaître Vincent van Gogh et certaines de ses œuvres de la collection du Musée Van Gogh. Plusieurs questions nécessitent un complément d'information que les élèves peuvent trouver par exemple dans des livres ou sur Internet.

### Introduction

Que savent (encore) les élèves sur l'œil et la perception des couleurs ? Pour introduire le sujet, vous pouvez par exemple leur montrer le film de Blue Man Group suivant :

<https://www.youtube.com/watch?v=EwjFTcNE-WE>

Que savent-ils sur Van Gogh ? Abordez avec eux la lettre de Van Gogh sur *Le zouave*. Il en ressort clairement que Van Gogh utilisait sciemment les couleurs.

### Contraste

*Le professeur explique* : Il existe une différence entre les couleurs complémentaires de la lumière et celles de la peinture. On parle de synthèse *additive*, ou de mélange des couleurs de la lumière, et de synthèse *soustractive*, ou de mélange des couleurs utilisées dans l'imprimerie et la peinture. Dans le système additif, le mélange des couleurs de la lumière (rouge, vert et bleu) devient blanc. Dans le système soustractif, le mélange des couleurs de peinture (rouge, jaune et bleu) devient gris. Information complémentaire :

### Information complémentaire

[http://facweb.cs.depaul.edu/sgrais/color\\_perception.htm](http://facweb.cs.depaul.edu/sgrais/color_perception.htm)

<http://www.bioinformatics.org/oeil-couleur/dossier/book.pdf>



## Réponses

1. Contrôlez si l'élève a bien déplacé les lignes rouge et verte vers les hémisphères cérébraux gauche et droit.

2. Droit :  $5 \times 10^3$  par  $10 \text{ mm}^2$ , gauche  $140 \times 10^3$  par  $10 \text{ mm}^2$  (macula)

3. Bleu : 390 - 545 nm, rouge : 410 - 710 nm, vert : 390 - 660 nm.

4.

couleur	% de cônes rouges	% de cônes verts	% de cônes bleus
cadre orange	40	5	0
ciel rouge	5	0	0
figure bleue derrière la barrière	8	14	80
figure jaune derrière la barrière	90	40	0

Plusieurs cônes sont actifs pour toutes les couleurs, sauf pour le ciel rouge.

5.

couleur primaire	cercle chromatique de Charles Blanc	cercle chromatique de la lumière
rouge	vert	cyan/bleu clair
bleu	orange	jaune
vert		magenta/rose vif
jaune	violet	

6.

	couleur composée
rouge et bleu	violet
bleu et jaune	vert
jaune et rouge	orange

7. La couleur composée est la couleur complémentaire de la couleur primaire qui n'est pas dans le mélange.

8. Vert-rouge : nénuphars, bambou, robe.  
Bleu-orange : eau et bambou.

9. Exemples : *Un crabe sur le dos*, *Autoportrait en peintre*, *La Maison jaune*, *Marine aux Saintes-Maries-de-la-Mer*, *Papillons et coquelicots*

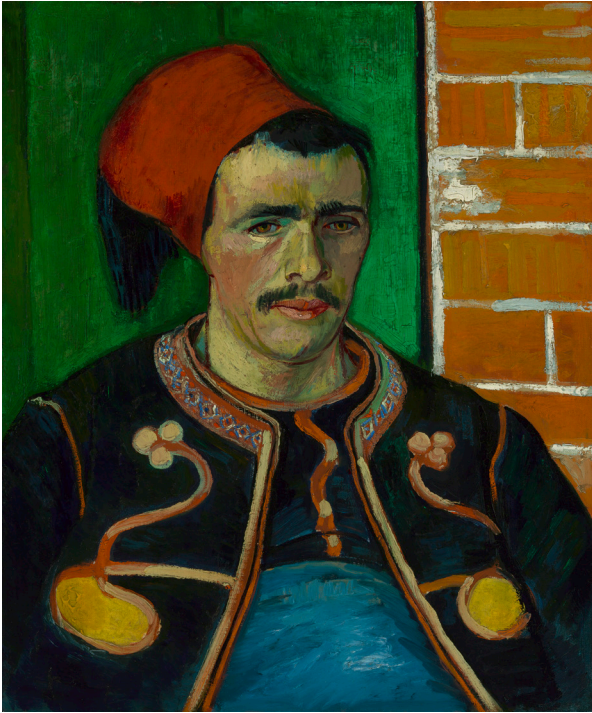
10. En coloriant par exemple le fond ou le cadre en violet.

11. Les couleurs deviennent plus vives.



# Avoir de l'œil pour Van Gogh

Ce cours est le point de départ d'une découverte scientifique du travail et de l'œuvre de Vincent van Gogh. Les exercices abordent Van Gogh, l'artiste et l'investigateur de la couleur. Selon l'exercice, qui demande la perspicacité soit du biologiste soit du scientifique, tu étudieras un certain nombre de tableaux et découvriras les choix faits par Van Gogh.



1. Vincent van Gogh, *Le zouave*, 1888,  
Musée Van Gogh d'Amsterdam (Fondation Vincent van Gogh)

Les couleurs jouent un rôle important dans les tableaux de Van Gogh. Il utilisait consciemment certaines associations de couleurs afin d'obtenir des contrastes marqués. Nous le savons entre autres parce que de nombreuses lettres, écrites par Vincent à son frère Théo, ont été conservées. Lis donc ce qu'il écrit à propos du tableau *Le zouave* (ill. 1), un portrait qu'il fit d'un soldat.

*J'ai enfin un modèle - un Zouave - c'est un garçon à petite figure, à cou de taureau, à l'œil de tigre et j'ai commencé par un portrait et recommencé par un autre. Le buste que j'ai peint de lui était horriblement dur : en uniforme du bleu des casseroles émaillées bleues, à passementerie d'un rouge orangé fané avec deux étoiles citron sur la poitrine, un bleu commun et bien dur à faire.*

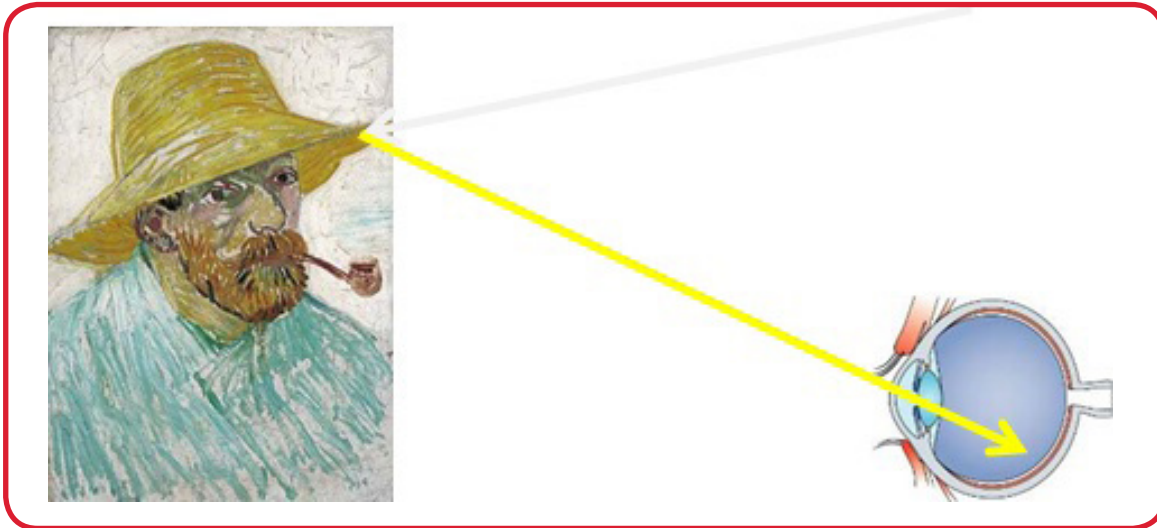
*La tête féline, très bronzée coiffée d'un bonnet garance, je l'ai plaquée contre une porte peinte en vert et les briques orangées d'un mur. C'est donc une combinaison brutale de tons disparates pas commode à mener. L'étude que j'en ai fabriquée me paraît très dure et pourtant je voudrais toujours travailler à des portraits vulgaires et même criards comme cela. Cela m'apprend et voilà ce que je demande surtout à mon travail.*

Vincent van Gogh dans une lettre à son frère Théo, Arles, le jeudi 21 juin 1888

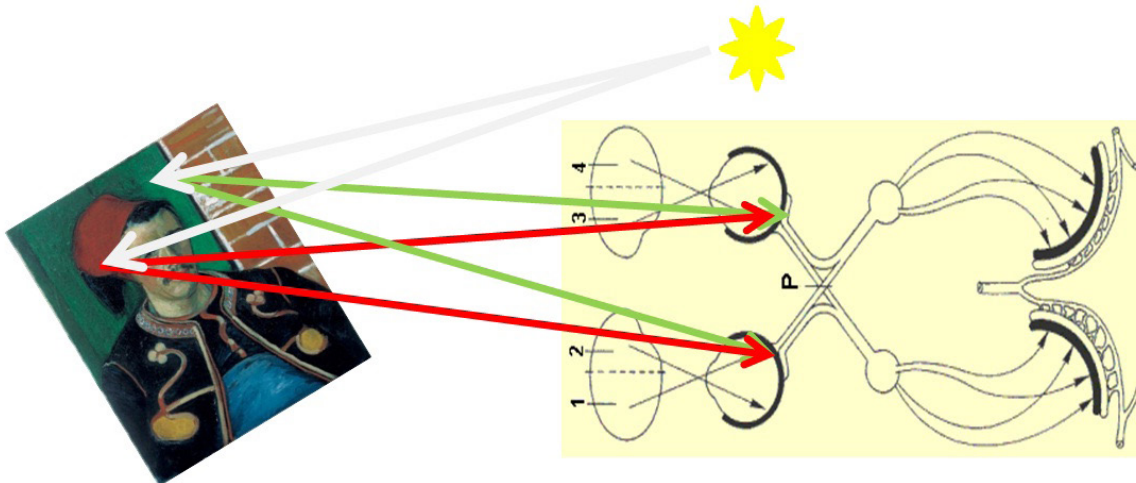
Van Gogh réfléchissait donc bien aux effets que peuvent provoquer les couleurs. Mais qu'est-ce qui nous permet de percevoir les couleurs ? Quels sont, dans nos yeux, les éléments qui en sont responsables?

# Avoir de l'œil pour la couleur

On distingue les couleurs parce que la lumière éclaire les corps opaques. Le rayon (blanc) est un mélange de toutes les couleurs du spectre. Regarde l'illustration 2. Quand un rayon blanc éclaire le chapeau jaune de l'autoportrait, le chapeau absorbe toutes les couleurs sauf le jaune. Ce rayon de lumière jaune est alors réfléchi sur la rétine de nos yeux. La rétine transforme cette énergie lumineuse jaune en un signal électrique, le potentiel actif. Le signal est ensuite véhiculé par le système nerveux de la rétine. Les trajets des nerfs se croisent dans la tête pour arriver ensuite dans la partie visuelle du cerveau. Le signal délivré est celui d'un chapeau jaune.



2. Vincent van Gogh, *Autoportrait à la pipe et au chapeau de paille*, 1887, Musée Van Gogh d'Amsterdam (Fondation Vincent van Gogh)



3. Question 1

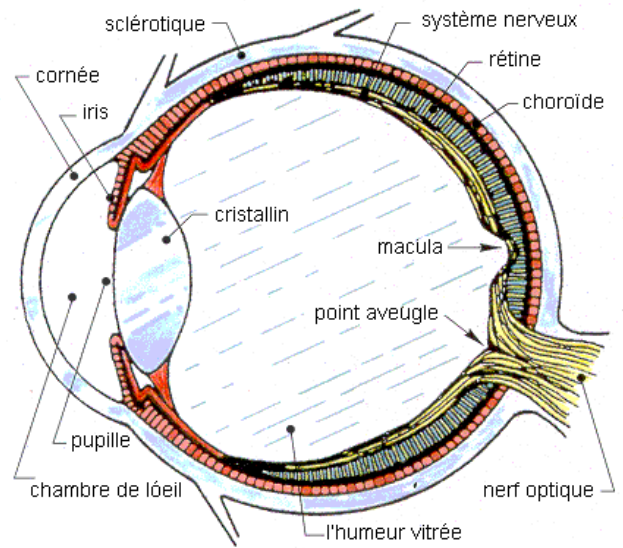


1. Montre le trajet effectué jusqu'à ton cerveau par le rouge du chapeau et le vert de l'arrière-plan du zouave. Dessine sur ta feuille de réponses un rayon lumineux vert et un rayon rouge vers chaque œil et indique pour chaque couleur l'évolution de l'information « couleur » vers le bon hémisphère cérébral. Sers-toi éventuellement de ton manuel de physique, chimie ou biologie.

# Les couleurs et les cônes

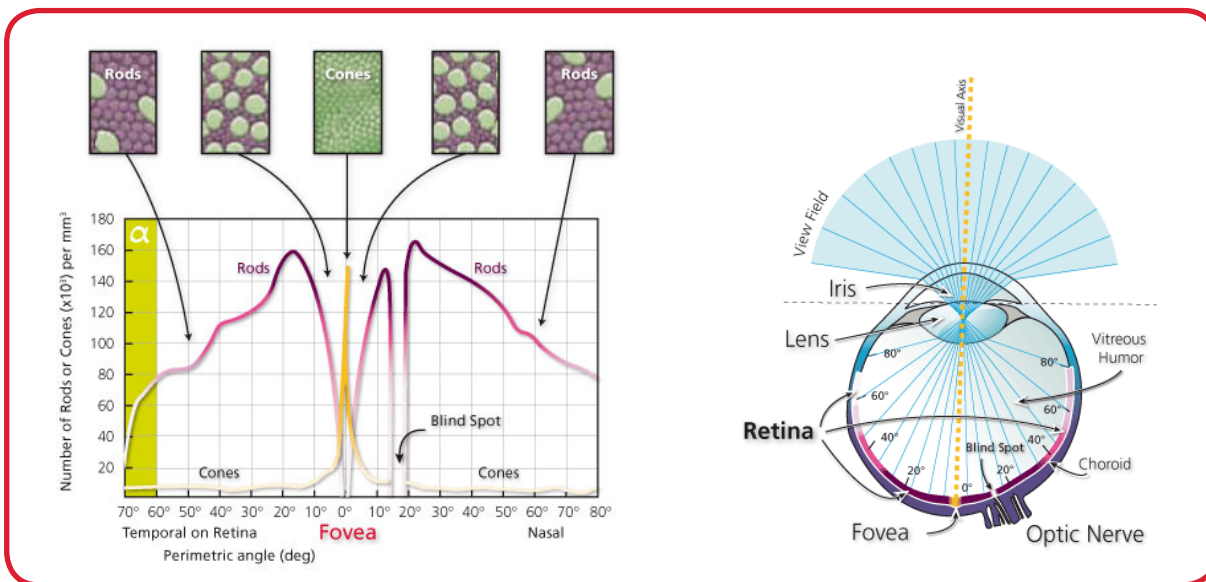
Les rayons lumineux sont réfléchis sur la rétine, la membrane à l'extension du système nerveux central. Elle est composée de bâtonnets et des cônes. Ces cellules sont chargées du traitement des informations visuelles. Les cônes sont responsables de la perception des couleurs. L'estimation du nombre de cônes dans l'œil humain est de cinq à sept millions. Le nombre de bâtonnets est d'environ 110 à 130 millions.

Les cônes se situent en majorité dans la partie centrale de la rétine, la macula. Les bâtonnets se trouvent surtout dans la bordure extérieure de la rétine.



4. Schéma de l'œil.  
Source: Kijken en Zien, Junior College Utrecht.

Le graphique de l'illustration 5 te montre la répartition des bâtonnets et des cônes par mm<sup>2</sup> de rétine. L'angle de perception est indiqué sur l'axe horizontal. Tu peux donc voir sur cette illustration où la sensibilité de ton œil est la plus grande : dans la macula. Les petites illustrations au-dessus du graphique montrent la répartition des bâtonnets (violet) et des cônes (vert) dans la zone indiquée par la flèche. Le nombre de cônes et de bâtonnets est indiqué sur l'axe vertical.



5. Graphique de la répartition des bâtonnets et des cônes par mm<sup>2</sup> de rétine

6. Schéma de l'œil

- Rods = bâtonnets
- Cones = cônes
- Blind spot = point aveugle
- Fovea = fovéa
- Retina = rétine

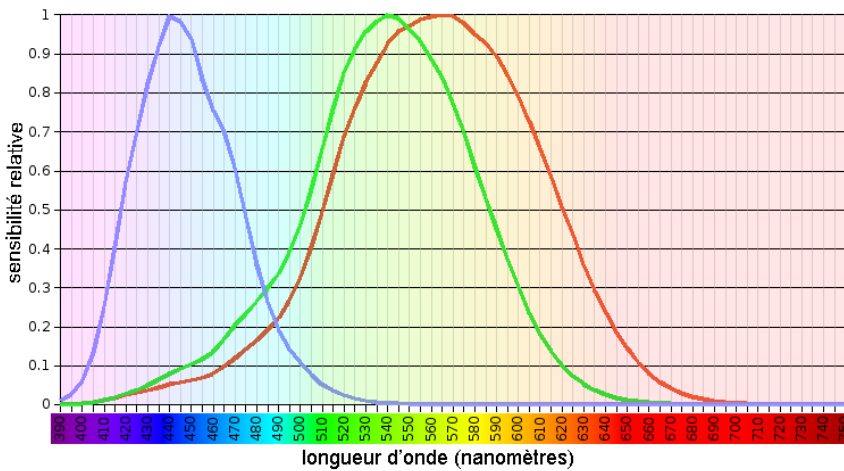
- Vitreous Humor = humeur vitrée
- Optic Nerve = nerf optique
- Temporal on retina = champ temporel de la rétine
- Nasal = champ nasal de la rétine

L'œil humain peut percevoir des couleurs dans une gamme de longueur d'onde entre 380 et 750 nm. Chaque cône possède un pigment sensible à une lumière d'une certaine longueur d'onde. L'œil humain possède trois types de cônes : les cônes sensibles à la lumière bleue, à la lumière rouge et à la lumière verte. Les cônes bleus sont sensibles aux couleurs dans la gamme de la longueur d'onde des bleus. Les cônes rouges sont sensibles aux couleurs dans la gamme de la longueur d'onde des rouges et les cônes verts aux couleurs dans la gamme de longueur d'onde des verts.



7. Spectre linéaire visible. Source : wikipedia

L'illustration 8 montre toutes les couleurs du spectre. Tu peux voir dans ce graphique quels sont les cônes qui sont responsables de la perception des différentes couleurs. Toutes les couleurs composées sont perçues grâce à la collaboration des différents cônes.



8. Sensibilité spectrale des trois cônes. Source : wikipedia



9. Vincent van Gogh, *Prunier en fleurs : d'après Hiroshige*, 1887, Musée Van Gogh d'Amsterdam (Fondation Vincent van Gogh)



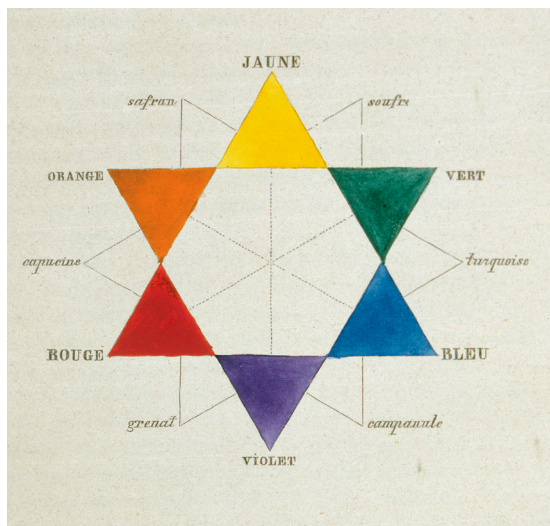
2. Regarde le graphique de l'illustration 5. Combien de cônes y a-t-il à 20 degrés à droite de la macula ? Et combien à gauche de la macula ?
3. Regarde le graphique de l'illustration 8. Pour quelle longueur d'onde de lumière le cône bleu est-il le plus sensible ? Pour quelle longueur d'onde le cône rouge est-il le plus sensible ? Pour quelle longueur d'onde le cône vert est-il le plus sensible ?
4. Détermine pour le tableau de Van Gogh *Prunier en fleurs : d'après Hiroshige* (ill. 9) quels cônes servent à percevoir quelles couleurs. Sers-toi du graphique de l'illustration 8 et du tableau de ta feuille de réponses. Regarde le graphique. Écris dans le tableau réponse quels cônes sont actifs pour les couleurs déjà indiquées dans la première colonne. Quelles sont les couleurs du tableau de Van Gogh pour lesquelles plusieurs cônes sont actifs ?



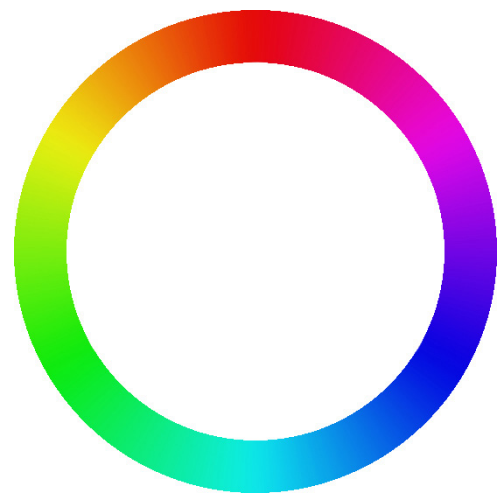
## Contraste



Si la théorie des couleurs avec les trois cônes explique beaucoup de choses sur la perception des couleurs, un autre facteur joue cependant aussi un rôle. Ce sont les couleurs complémentaires, celles qui se font face sur le cercle chromatique. Van Gogh utilisait le cercle chromatique de la peinture. L'autre cercle chromatique est celui de la lumière. Ces deux cercles diffèrent parce que les couleurs primaires de la lumière ne sont pas les mêmes que celles de la peinture. De plus, les couleurs de la lumière se mélangent autrement que les couleurs de la peinture. L'illustration 10 montre le cercle chromatique utilisé par Van Gogh. Il l'avait trouvé dans un ouvrage de Charles Blanc intitulé : *Grammaire des arts du dessin. Architecture, sculpture, peinture, gravure, eau-forte, camaïeu, lithographie*. L'illustration 11 présente le cercle chromatique de la lumière.



10. Cercle chromatique de Charles Blanc



11. Cercle chromatique de la lumière.  
Source : wikipedia

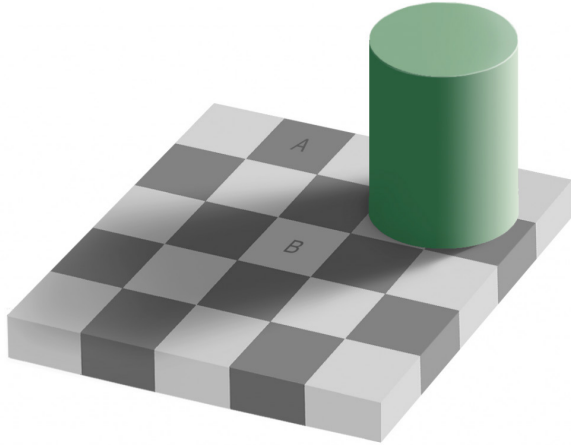


5. Ajoute dans le tableau sur ta feuille de réponses les couleurs complémentaires des couleurs primaires des différents cercles chromatiques. Sers-toi pour cela des illustrations 10 et 11.

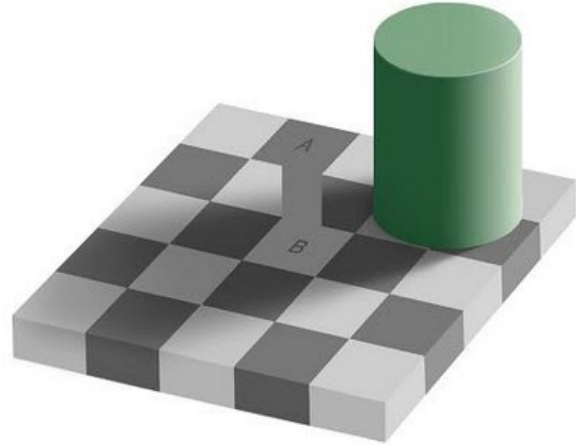
## Le contraste simultané



La perception d'une couleur dépend des couleurs environnantes. Regarde l'illustration 12. Le carré A a la même teinte grise que le carré B mais la présence des carrés environnants fait qu'on perçoit deux couleurs différentes. Sur l'illustration 13, tu peux voir qu'ils sont effectivement de la même couleur. Cet effet est appelé le contraste simultané : la perception d'une couleur est influencée par les couleurs environnantes.



12. Source : [www.kennislink.nl](http://www.kennislink.nl)



13. Source : [www.kennislink.nl](http://www.kennislink.nl)

Un tableau est un mélange de différentes couleurs. Vincent Van Gogh utilisait beaucoup le contraste simultané dans ses tableaux. Il avait lu ce qu'en disait Charles Blanc dans son ouvrage : les couleurs qui se font face sur le cercle chromatique, les couleurs complémentaires, se renforcent lorsqu'elles sont placées les unes près des autres sur un tableau. Van Gogh faisait volontiers usage de cet effet car il renforçait les couleurs de son tableau.



6. Quelle couleur obtient-on en mélangeant les couleurs primaires rouge, bleu et jaune ? Écris ta réponse dans le tableau de ta feuille de réponses.
7. Regarde bien les résultats de la question 6. Que peux-tu dire de la couleur complémentaire de la couleur composée ?



14. Boîte laquée rouge et pelotes de laine, Musée Vincent van Gogh d'Amsterdam (Fondation Vincent van Gogh)

### Pelotes de laine

Van Gogh avait trouvé un moyen pour étudier les couleurs : il se servait d'une boîte dans laquelle il plaçait des pelotes de laine de différentes couleurs ou des pelotes de différentes teintes d'une même couleur. Il posait des pelotes les unes contre les autres et les embobinait de quelques fils de chacune de ces pelotes pour voir l'effet obtenu au moyen de ces différentes associations de couleurs. Il a vraisemblablement utilisé certaines de ces pelotes pour un tableau spécifique ; l'une de ces pelotes montre exactement la même association de jaunes et d'ocres que celle utilisée dans *Coings, citrons, poires et raisins* (ill. 16). Le Musée Van Gogh possède dans sa collection la boîte aux pelotes de laine utilisée par Van Gogh.



15. Vincent van Gogh, *Courtisane : d'après Eisen*, 1887, Musée Van Gogh d'Amsterdam (Fondation Vincent van Gogh)



8. Regarde bien le tableau *Courtisane : d'après Eisen* de Van Gogh (ill. 15). Où y retrouves-tu l'association de couleurs complémentaires selon Charles Blanc ?

9. Le Musée Van Gogh possède des centaines de Van Gogh. Va regarder dans la vaste collection du musée et cherche au minimum 5 œuvres dans lesquelles le contraste simultané est bien visible. [http://www.vangoghmuseum.nl/vgm/index.jsp?page=425&lang=nl&section=sectie\\_museum](http://www.vangoghmuseum.nl/vgm/index.jsp?page=425&lang=nl&section=sectie_museum)



16. Vincent van Gogh, *Coings, citrons, poires et raisins*, 1887, Musée Van Gogh d'Amsterdam (Fondation Vincent van Gogh)



10. Tu vois sur l'illustration 16 le tableau *Coings, citrons, poires et raisins* de Van Gogh. Il y a donné le rôle principal à une couleur : le jaune. Peux-tu en faire un tableau avec un contraste complémentaire ? (Colorie pour cela l'illustration 17 de ta feuille de réponses)

11. Décris, après avoir ajouté une ou des couleurs complémentaires à ta version du tableau *Coings, citrons, poires et raisins*, l'effet de changement alors obtenu.

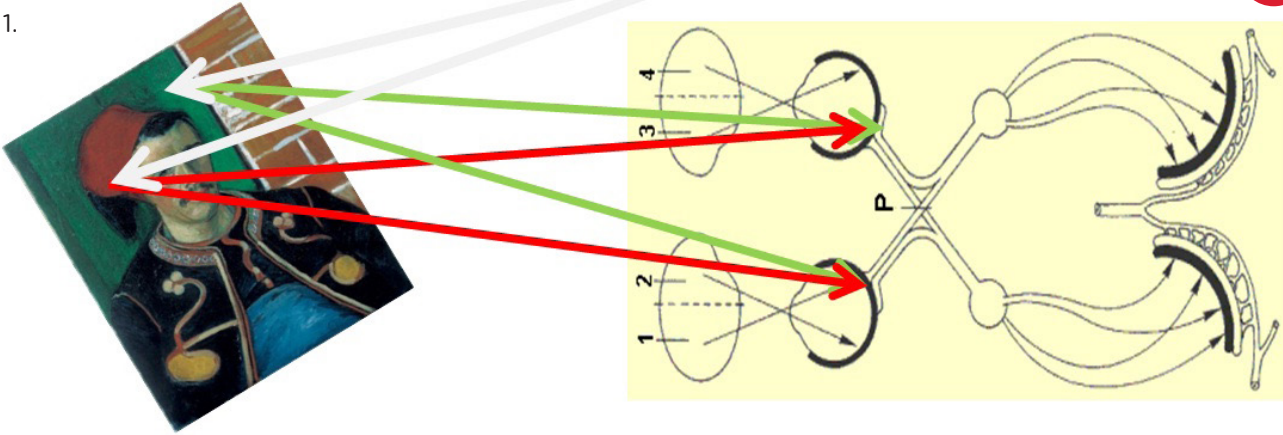




# Feuille de réponses



1.



4.

couleur	% de cônes rouges	% de cônes verts	% de cônes bleus
cadre orange	40	5	0
ciel rouge			
figure bleue derrière la barrière			
figure jaune derrière la barrière			

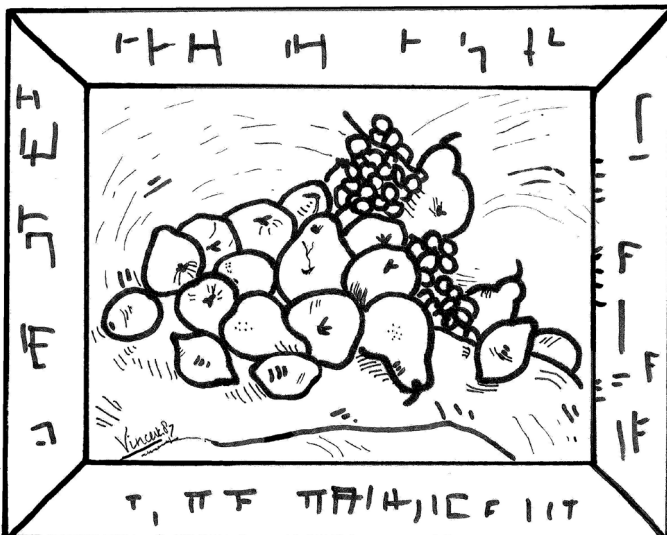
5.

couleur primaire	cercle chromatique de Charles Blanc (ill. 10)	cercle chromatique de la lumière (ill. 11)
rouge		
bleu		
vert		
jaune		

6.

	couleur composée
rouge et bleu	
bleu et jaune	
jaune et rouge	

10.





# Van Gogh et la décoloration

## Cours 2

### Objectifs pédagogiques

Aan het eind van de les weten de leerlingen:

- de quoi est constituée la peinture.
- comment un objet obtient sa couleur.
- pourquoi les couleurs d'un tableau peuvent changer.
- de quelle façon on peut essayer d'empêcher la décoloration.

### Matériel nécessaire

- un vidéo projecteur et un ordinateur pour présenter le film.
- le dossier élèves avec les textes informatifs à lire et la feuille de réponses pour écrire les réponses à certaines questions.
- un ordinateur pour les élèves, si la question 13 est traitée en classe.
- expérience 1 : un CD ou DVD vierge par élève ou pour deux élèves.
- expérience 2 : par élève ; du papier blanc (1/4 de feuille A4 suffit), un morceau de papier aluminium, du scotch, une solution d'éosine, une solution de bleu de méthylène, un pinceau et une grande fenêtre (s'assurer que les solutions soient fortement colorées : 1 gramme pour 100 mL d'eau).

### Durée

10 min	explication du professeur sur la couleur, la peinture et la décoloration.
10 min	les élèves réalisent l'expérience 1 et répondent aux questions 1 et 2.
5 min	explication du professeur sur la peinture. Insérer la question 4 dans l'explication ou la donner à faire en devoirs.
21 min	les élèves répondent aux questions 3 à 8 et réalisent l'expérience 2.
5 min	le professeur donne des informations sur la restauration de <i>La chambre à coucher</i> .
2 min	présenter le film : <a href="http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&amp;v=GpIH2mnXeuQ">http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&amp;v=GpIH2mnXeuQ</a>
2 min	les élèves répondent aux questions 9 à 11.

## Suggestions de cours et information complémentaire

Vous trouvez ci-dessous un complément d'information sur les questions du dossier élèves que vous pouvez utiliser pour des explications intermédiaires.

### **Van Gogh et la décoloration**

Cette partie est majoritairement dédiée à la théorie des molécules et des atomes. Elle comprend deux expériences qui soutiennent cette théorie. Il est préférable d'essayer de réaliser soi-même au préalable les expériences. Le but de la première expérience est de montrer le spectre.

Les particules de pigment sont constituées de molécules. Une molécule est la plus petite particule d'une matière possédant encore les caractéristiques chimiques de cette matière. Cette molécule est à son tour constituée d'atomes. Un atome possède un noyau autour duquel se distribuent des électrons sur différentes couches ou orbitales. Les électrons se déplacent sur ces orbitales autour du noyau. Chaque atome a plusieurs orbitales avec des quantités différentes d'électrons. En ce qui concerne les liaisons chimiques, les électrons de l'orbitale extérieure sont les plus importants car ils sont impliqués dans la formation et la rupture des liaisons chimiques entre les atomes.

Lorsque la lumière éclaire une particule de pigment, de l'énergie peut alors être ajoutée aux atomes. Ce n'est que lorsque cette énergie (longueur d'onde) correspond parfaitement à l'énergie nécessaire pour porter les électrons vers une orbitale plus élevée que l'énergie de ce rayon lumineux peut être absorbée. Cette énergie peut alors être transformée en un mouvement des atomes et la matière se réchauffe. Le restant de la lumière (les autres longueurs d'onde) est réfléchi. La couleur que nous voyons est la partie de la lumière qui n'est pas absorbée mais réfléchie.

### **De quoi est constituée la peinture et qu'est-ce qui fait que la couleur de la peinture peut changer ?**

*Le professeur explique :* un pigment n'est pas la même chose qu'un colorant. Un pigment est insoluble et un colorant est soluble. Les colorants se fixent sur l'objet à peindre. Les pigments ne le font pas, ils ont besoin pour cela d'un liant. On peut faire un pigment à partir d'un colorant en précipitant le colorant sur un substrat, généralement de l'alun. C'est le principe du laquage. Van Gogh utilisait souvent la peinture laque géranium pour laquelle on précipite de l'éosine sur de l'alun.

À la question 4, les élèves doivent chercher quelque chose sur Internet. Cela prend du temps. Vous pouvez ne pas tenir compte de cette question ou demander à vos élèves d'y répondre chez eux.

Vous pouvez traiter avec vos élèves les exemples de décoloration suivants et leur demander de répondre aux questions correspondantes et de réaliser les expériences. L'expérience 2 est une brève expérience qui doit montrer la décoloration, le temps d'attente est d'une semaine car le soleil doit avoir le temps de faire son travail.

**Influence de la lumière et de l'oxygène :** dans le cas d'un pigment instable à la lumière, l'énergie de la lumière absorbée modifie la structure moléculaire du pigment. Elle se décompose généralement en deux ou plusieurs éléments plus petits. Ceci fait pâlir la couleur ou la fait même disparaître entièrement. C'est ce qui se passe quand la laque géranium pâlit.

**Jaunissement de la couche de vernis supérieure :** voir l'explication dans le dossier élèves. Un chromophore est un groupement d'atomes dans une molécule qui absorbe de la lumière et donne ainsi sa couleur au pigment. Ce sont des traces de matières à forte absorption dans la partie bleue du spectre.

### **Les couleurs de *La chambre à coucher***

*Le professeur explique (après la question 8) :* les couleurs décrites par Van Gogh dans sa lettre ne correspondent plus exactement aux couleurs du tableau actuel. Vous trouverez tout le texte de la lettre sur :

<http://www.vangoghletters.org/vg/letters/let705/letter.htm>

Nous avons déjà vu que la laque géranium (éosine) pâlit sous l'influence de la lumière. Van Gogh faisait du violet en mélangeant du bleu et du rouge. On s'est aperçu en analysant un échantillon de peinture du tableau que certains pigments rouges étaient constitués de laque géranium (éosine) et de cochenille. Van Gogh a utilisé cette laque géranium pour peindre la porte. Chaque millimètre carré du tableau a été restauré en 2010.

Des vieilles retouches et des couches de vernis jaunies ont précautionneusement été enlevées avec du solvant. Les petites parties du tableau où il manquait de la peinture ont été remises à niveau et retouchées. Les retouches ont été faites avec des pigments stables, peu sensibles à la lumière, mélangés à un liant qui reste facilement soluble. Elles pourront ainsi, à l'avenir, être facilement enlevées. Ce processus de restauration est bien visible dans le court métrage suivant : [http://www.youtube.com/watch?feature=player\\_embedded&v=GpIH2mnXeuQ](http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=GpIH2mnXeuQ).

Vous trouverez plus d'informations sur : <http://www.vangoghmuseum.nl/blog/slaapkamergeheimen?lang=en>



## Réponses

### Questions expérience 1 :

- Violet, bleu, cyan, vert, jaune, orange et rouge.
- Oui.

### Questions expérience2:

- Une différence entre la partie couverte et la partie non couverte.
- L'encre aura pâli.
- De façon à avoir de quoi faire une comparaison.

---

1. Plus d'énergie. La longueur d'onde des rayons UV se trouve entre 10 et 400 nm. La longueur d'onde des rayons infrarouges se trouve entre 750 nm et 1 micromètre. Plus la longueur d'onde est grande, moins le rayonnement possède d'énergie. Les UV possèdent donc plus d'énergie

2. Une surface blanche réfléchit tout rayon lumineux. Ainsi, les maisons restent fraîches à l'intérieur.

3. Un colorant est soluble et se fixe sur l'objet à peindre. Un pigment est insoluble et nécessite un liant pour pouvoir se fixer sur une surface.

4. Plusieurs réponses sont possibles. La formule moléculaire est placée entre parenthèses. Pigments organiques : alizarine ( $C_{14}H_8O_4$ ), cochenille ( $C_{22}H_{20}O_{13}$ ), indigo ( $C_{16}H_{10}N_2O_2$ ), laque géranium ( $C_{20}H_6Br_4Na_2O_5$ ). Pigments inorganiques : bleu de cobalt ( $CoO \cdot Al_2O_3$ ), chromate de plomb ou jaune de chrome ( $PbCrO_4 \cdot PbSO_4$ ), céruse ou blanc de plomb ( $2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$ ), blanc de zinc ( $ZnO$ ), vermillon ( $HgS$ ), ocre jaune ( $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ ), trioxyde d'arsenic ( $As_2O_3$ ). Différence : les pigments organiques sont constitués de composés de carbone, les pigments inorganiques sont constitués de composés métalliques.

5. À donner de la couleur à la peinture.

6. Non, la couleur prend un reflet vert du fait que la couche transparente de vernis jaunie se mélange, à nos yeux, avec le bleu.



7.

<b>lettre</b>	<b>couleur illustration 6</b>	<b>couleur illustration 7</b>
<b>murs d'un violet pâle</b>	bleu clair	violet
<b>carreaux rouges</b>	fauve	rouge
<b>bois du lit et chaises jaune beurre frais</b>	jaune	jaune
<b>drap et oreillers citron vert très clair</b>	verdâtre	verdâtre
<b>couverture rouge écarlate</b>	rouge foncé	rouge
<b>fenêtre verte</b>	vert	vert
<b>table de toilette orange</b>	orange	orange
<b>cuvette bleue</b>	bleu	bleu
<b>portes lilas</b>	bleu	lila

Le carrelage rouge a pâli, les murs violets sont devenus bleu clair et la porte lilas est bleue. C'est la laque géranium rouge (carrelage)/ cochenille (porte et murs) qui est responsable de ces décolorations.

8. Rouge (les murs, le carrelage, les portes). La laque géranium (éosine) a pâli sous l'influence de la lumière.

9. Maintenir un niveau lumineux (de lux) faible. Bien épurer l'air. Placer du verre devant le tableau contre la saleté. Des lampes sans UV. Une bonne climatisation.

10. Élimination des vieilles couches de vernis.

11. La lumière est filtrée. Il se crée un microclimat constant du fait d'une protection apportée à l'arrière du tableau. Aucune saleté ne peut se déposer sur le tableau. On ne peut pas le toucher.



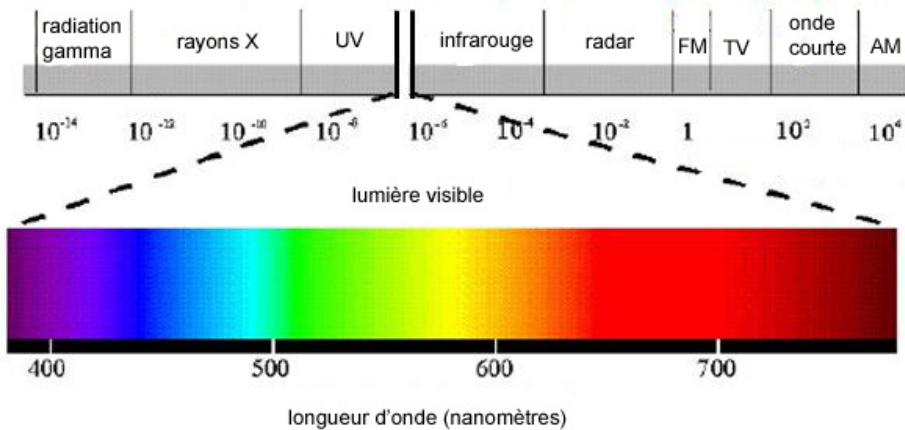


# Van Gogh et la décoloration

Les tableaux des musées n'ont plus tout à fait le même aspect que lorsqu'ils venaient d'être peints. Certaines couleurs se sont décolorées à cause d'influences extérieures ou de processus qui ont lieu dans la peinture. Dans ce cours, nous étudions de près le phénomène de décoloration des tableaux de Vincent van Gogh. Il faut pour cela que tu en saches un peu plus sur ce qui détermine la couleur d'un objet, de quoi est constituée la peinture et pourquoi elle se décolore.

## Qu'est-ce qui détermine la couleur d'un objet ?

Une couleur est visible parce qu'une partie de la lumière qui éclaire un objet coloré est réfléchiée ou diffusée vers l'œil. Pour comprendre cela, tu dois connaître quelques caractéristiques scientifiques de la lumière. La lumière est un rayonnement électromagnétique. Nos yeux ne perçoivent qu'une petite partie du spectre électromagnétique. Nous ne voyons par exemple pas les rayons UV et infrarouges (ill.1). Les UV nous font bronzer et les infrarouges fournissent de la chaleur.



### 1. Le spectre électromagnétique



1. Les UV ont-ils plus ou moins d'énergie que les infrarouges ? Explique pourquoi.

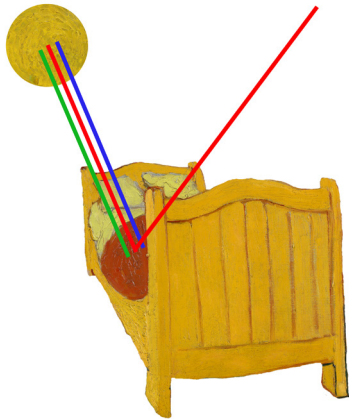
### Expérience 1.

Prends un CD ou DVD neuf et maintiens le un peu à l'oblique dans la lumière du soleil. Tu y distingues toutes sortes de couleurs. Cela s'appelle le spectre de la lumière visible. Tu vois que la lumière blanche du soleil se compose de plusieurs couleurs.

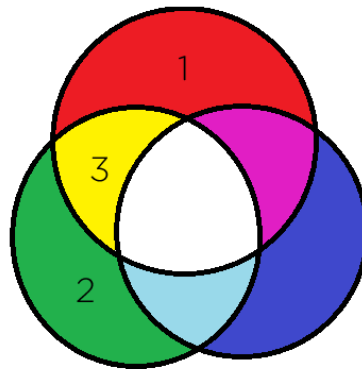
Quelles couleurs vois-tu ?  
Ces couleurs correspondent-elles aux couleurs de l'illustration 1 ?

## Apparition de la couleur

La couleur naît de l'interaction entre la lumière visible et les électrons de la matière éclairée par la lumière. Quand toute la lumière est absorbée, nous percevons cet objet comme noir. Quand elle est entièrement réfléchi ou diffusée, nous le percevons comme blanc. Nous percevons la partie de la lumière diffusée comme une couleur. Le reste de la lumière est absorbé (ill. 2).



2. Absorption et réflexion de la lumière.



3. Faire des mélanges avec les couleurs de la lumière.

### Exemple

Lorsque, sur la totalité du spectre (lumière blanche), une matière n'absorbe que la lumière bleue (400 nm-490 nm), la lumière du spectre alors réfléchi ou diffusée a des longueurs d'onde de 500 nm-700 nm. Ces longueurs d'ondes correspondent respectivement à la lumière verte (2) et rouge (1). Ces lumières verte et rouge, observées en même temps par notre œil, sont alors perçues comme jaune (3) (ill.3).



2. Pourquoi les maisons des pays chauds sont-elles souvent peintes en blanc ?

### De quoi est constituée la peinture ?

La peinture est constituée de 3 éléments principaux :

**Le pigment** est responsable du pouvoir couvrant de la couleur d'une couche de peinture.

Les pigments sont de petites particules solides insolubles. Il existe des pigments organiques (tirés des plantes et des animaux) et des pigments inorganiques (minéraux et terre).

**Le liant** sert à bien fixer les grains de pigment entre eux et sur la surface à couvrir. Il détermine les caractéristiques de la couche de peinture, comme l'adhérence, la brillance et la stabilité. On utilise dans ce cas souvent de l'huile de lin.

**Le solvant** est ajouté pour diluer un peu la peinture afin de la rendre plus facile à travailler. Le solvant s'évapore pendant le processus de séchage.



3. Quelle est la différence entre un colorant et un pigment ?

4. Recherche sur Internet les noms de deux pigments inorganiques et de deux pigments organiques. Donne également les formules moléculaires de ces quatre pigments. Quelle est la différence entre pigments organiques et inorganiques ? (Regarde bien la structure des molécules.)

5. À quoi servent les pigments ?

2 Van Gogh et la décoloration



## Qu'est-ce qui fait que la couleur de la peinture peut changer ?

### *Influence de la lumière et de l'oxygène*

De nombreux pigments peuvent pâlir et/ou se décolorer sous l'influence de la lumière et de l'oxygène. Le jaune peut par exemple devenir plus foncé.

### *Jaunissement de la couche de vernis supérieure*

L'effet de vieillissement le plus connu est le jaunissement de la couche de vernis supérieure. Ceci se voit bien sur l'illustration 4 : le bord du tableau *La chambre à coucher* pendant sa restauration. Lorsqu'on enlève un petit morceau de vernis, on voit la couleur claire de la peinture qui se trouve sous le vernis décoloré. Un vernis se compose de résine dissoute dans du solvant. Les molécules de résine réagissent avec l'O<sub>2</sub> de l'air (oxydation). Cette réaction fournit un produit qui contient un chromophore (groupe d'atomes) qui absorbe de la lumière. C'est ce qui cause le jaunissement.



4. Le bord de *La chambre à coucher* avec à droite un morceau de vernis enlevé.

### *Particules de suie et de poussière*

Différentes matières flottent dans l'air qui environne un tableau. Certaines peuvent se déposer sur le tableau. Les particules de suie par exemple causent des dommages parce qu'elles sont acides et peuvent ronger le vernis ou la couche de peinture. Une couche de poussière constitue un excellent milieu pour la formation de micro-organismes tels que les moisissures – qui peuvent à leur tour avoir une influence sur les couleurs.

### *Matières sulfureuses*

Un certain nombre de pigments réagit avec d'autres composants de la peinture. Les pigments qui contiennent du plomb peuvent par exemple se décolorer suite à une réaction chimique avec des matières sulfureuses. L'huile de la peinture protège en principe contre ce phénomène, c'est pourquoi il aura plutôt lieu dans la peinture des aquarelles.

### *Le liant*

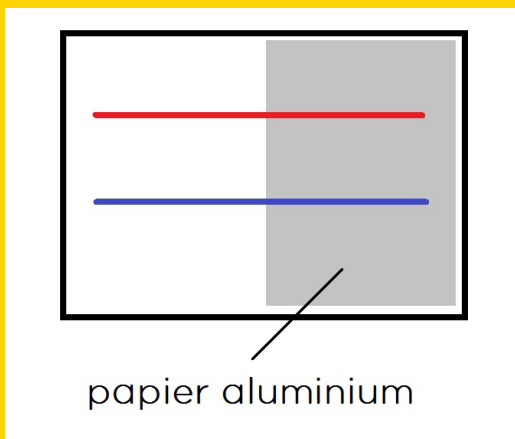
Le processus de changement chimique commence au cours du séchage. Il est causé par la réaction du liant utilisé (contient des acides gras insaturés) avec l'O<sub>2</sub> de l'air. Cela fournit un produit de réaction chimique qui contient une couleur. C'est ce qui cause le jaunissement. Ce phénomène se vérifie assez vite avec de la peinture blanche. C'est pourquoi on utilisait souvent de l'huile d'œillette pour fabriquer des peintures blanches : si elle jaunit moins que l'huile de lin, elle sèche cependant moins rapidement.

### *La couche préparatoire*

La couche préparatoire ou couche de fond, préencollée, est une couche qui évite l'absorption de la peinture par la toile. Elle égalise aussi la surface de la toile et assure une bonne adhérence entre la toile et les couches de peinture. La couche préparatoire a également une fonction visuelle importante : sa couleur influence directement les couches de peinture suivantes et donc aussi ce qui est représenté. Une couche préparatoire blanche a par exemple un puissant effet réflecteur de lumière et peut donc accélérer la décoloration des pigments sensibles à la lumière.



6. Une peinture bleue est couverte d'une couche de vernis. Ce vernis se met à jaunir. Vois-tu alors toujours la même couleur ? Explique ta réponse.



5. Exemple

### Expérience 2.

Il te faut : du papier blanc, une solution d'éosine et une solution de bleu de méthylène, un morceau de papier aluminium, du scotch et un pinceau.  
Trace sur le papier avec le pinceau un trait d'éosine et un trait de bleu de méthylène. Recouvre la moitié des traits d'un morceau de papier aluminium que tu colles très soigneusement. Assure-toi que la moitié des traits est bien recouverte. Aucune lumière ne doit pouvoir pénétrer sous le papier aluminium. Colle la feuille de papier sur la vitre d'une fenêtre en plaçant le recto, donc les traits, contre le verre et dirigé vers le soleil. C'est maintenant au soleil de faire son travail. Décolle le papier sept jours plus tard et retire délicatement le papier aluminium.



Que penses-tu voir dans une semaine ?

Explique ce qui se sera passé ?

Pourquoi ne dois-tu recouvrir que la moitié des traits de papier aluminium ?



## Les couleurs de *La chambre à coucher*

Van Gogh peint son tableau *La chambre à coucher* (ill. 6) à Arles, dans le Midi de la France. Il envoya à son frère Théo une lettre concernant ce tableau :

*'C'est cette fois-ci ma chambre à coucher tout simplement, seulement la couleur doit ici faire la chose et en donnant par sa simplification un style plus grand aux choses, être suggestive ici du repos ou du sommeil en général. Enfin la vue du tableau doit reposer la tête ou plutôt l'imagination.*

*Les murs sont d'un violet pâle. Le sol est à carreaux rouges.*

*Le bois du lit et les chaises sont jaune beurre frais.*

*Le drap et les oreillers citron vert très clair.*

*La couverture rouge écarlate.*

*La fenêtre verte.*

*La table de toilette orangée, la cuvette bleue.*

*Les portes lilas.'*

Vincent van Gogh à Théo, Arles, le 16 octobre 1888

Les couleurs décrites par Van Gogh dans sa lettre ne sont plus exactement les mêmes que les couleurs du tableau actuel. Cette différence est due à la décoloration. Van Gogh y a peint côte à côte des jeux de couleurs *complémentaires*. Le tableau devait sa puissance à ces associations de couleurs : le rouge placé près du vert, le jaune près du violet, le bleu près de l'orange. Grâce à la description des couleurs du tableau faite par Van Gogh lui-même et aux connaissances actuelles sur ses pigments, leur vieillissement et leur décoloration, des chercheurs ont pu faire une reconstruction numérisée des couleurs originales (ill.7). Il s'agit donc d'une représentation approximative des couleurs du tableau tel qu'il était à l'origine.

### 4 Van Gogh et la décoloration



6. Vincent van Gogh, *La chambre à coucher*, 1888, Musée Van Gogh d'Amsterdam (Fondation Vincent van Gogh)



7. Regarde bien les illustrations 6 et 7. Remplis le tableau de ta feuille de réponses. Les couleurs mentionnées dans la lettre de Van Gogh à son frère sont déjà inscrites dans la première colonne. Quelles couleurs vois-tu sur les deux illustrations ?

8. Quelles sont les trois différences les plus marquantes ? Quelle couleur est responsable de cette décoloration ?



7. Reconstruction numérisée des couleurs de *La chambre à coucher*, réalisée en collaboration avec Roy S. Berns, Munsell Color Science Laboratory, Rochester Institute of Technology, U.S.A.



## Restauration de *La chambre à coucher*

Après la restauration de *La chambre à coucher*, la toile a été encadrée d'une manière spéciale : dans une caisse à microclimat avec du verre anti-UV. Un cours métrage montre l'évolution de la restauration de *La chambre à coucher*. Regarde ce film sur : [http://www.youtube.com/watch?feature=player\\_embedded&v=GpIH2mnXeuQ](http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=GpIH2mnXeuQ)



9. Que pourrait-on faire pour éviter que *La chambre à coucher* continue de se décolorer ?
10. Quelle forme de restauration vois-tu sur le cours métrage de la restauration ?
11. Donne trois raisons pour lesquelles on a utilisé du verre anti-UV.

Tu es intrigué par les recherches menées sur les tableaux et par les tableaux eux-mêmes ? Vas donc visiter le Musée Van Gogh !

# Feuille de réponses



7.

<b>lettre</b>	<b>couleur illustration 6</b>	<b>couleur illustration 7</b>
<b>murs violet pâle</b>		
<b>carreaux rouges</b>		
<b>bois du lit et chaises jaune beurre frais</b>		
<b>drap et oreillers citron vert très clair</b>		
<b>couverture rouge écarlate</b>		
<b>fenêtre verte</b>		
<b>table de toilette orange</b>		
<b>table de toilette orange</b>		
<b>portes lilas</b>		





# Sous l'œil des scientifiques

## Cours 3

### Objectifs pédagogiques

Les élèves savent à la fin du cours :

- comment sont menées des recherches scientifiques sur certains tableaux de Vincent van Gogh.
- quelles sont les méthodes d'investigation utilisées dans la recherche sur les tableaux et leur fonctionnement.
- comment les recherches contribuent à alimenter nos connaissances sur Van Gogh.

### Matériel nécessaire

- le dossier élèves avec les textes informatifs à lire et la feuille de réponses pour écrire les réponses à certaines questions.

### Durée :

- |        |   |
|--------|---|
| 10 min | introduction : parlez des recherches scientifiques menées sur les tableaux. Faites bien comprendre que la physique y joue un rôle primordial. |
| 20 min | les élèves répondent aux questions 1 à 11.  |
| 10 min | le professeur explique les rayons X et le spectre électromagnétique.  |
| 20 min | les élèves répondent aux questions 12 à 22.   |

## Suggestions de cours et information complémentaire

*Le professeur explique* : traitez (après que les élèves ont répondu aux questions 1 à 11) les deux méthodes d'investigation et ce qui les différencient. Munissez-vous d'un schéma de tube à rayons X avec anode et cathode pour expliquer le fonctionnement des rayons X. Les élèves ont vu comment on peut rendre visibles, avec des rayons X, les couches inférieures d'une peinture et, avec un réflectogramme infrarouge, une signature au crayon de bois ou au fusain. Si une radiographie aux rayons X n'a pas de couleurs, elle permet cependant de déduire des choses sur la couleur. Les éléments lourds absorbant plus de rayons, la radiographie sera plus claire à cet endroit. La peinture se compose de pigments constitués d'éléments. Lorsque l'on sait quelle couleur contient des éléments lourds et quelle couleur contient des éléments moins lourds, on obtient une première indication sur les pigments qui ont pu être utilisés.



# Réponses

1.

<b>couche</b>	<b>type de couche</b>
1	<i>toile</i>
2	<i>première couche préparatoire</i>
3	<i>premier tableau</i>
4	<i>1<sup>er</sup> tableau ravalé</i>
5	<i>nouvelle couche couvrante</i>
6	<i>deuxième couche préparatoire</i>
7	<i>tableau supérieur</i>

2. Il y a un autre tableau sous celui que l'on voit.

3. Les élèves peuvent donner ici tout un tas de réponses. Le but est de les stimuler à trouver plusieurs solutions.

4. Les rayons X ou la radiographie..

5. Radiographie 1 : les os d'une main avec deux bagues autour de l'annulaire.  
Radiographie 2 : hanche humaine avec trois visées pour rétablir la hanche.

6.

<b>clair sur la radiographie</b>	<b>foncé sur la radiographie</b>
élément <b>lourd</b> / léger	élément lourd / <b>léger</b>
nombre massique <b>grand</b> / petit	nombre massique grand / <b>petit</b>

7. Des ronds, des pois, des surfaces qui ressemblent à des feuilles, des clous, un autre tableau.

8. Un bouquet de fleurs.

9. On peut y voir un visage.

10. La signature faite par Van Gogh au fusain ou au crayon de bois, la couche 6 de la reconstruction.

11. Que pour ce tableau, il a d'abord fait un dessin de ce qu'il voulait peindre.

12. 1<sup>er</sup> image : atome neutre. 2<sup>e</sup> image : la flèche rouge représente les rayons X qui projettent un électron hors de l'orbitale intérieure. 3<sup>e</sup> image : le trou est comblé par un électron de l'orbitale extérieure. Cela libère une quantité de rayons X caractéristique pour l'élément.



13. Fe, Pb, Cu, As, K, Hg, Ca.

14. Bleu de Prusse, vermillon, vert de Paris, céruse

15. Le bon endroit est le bas du bateau vert. Une autre réponse, pourvu qu'elle soit bien argumentée, peut aussi être considérée comme bonne.

16. Le bon endroit est le bas du bateau vert. Une autre réponse, pourvu qu'elle soit bien argumentée, peut aussi être considérée comme bonne. On dirige très précisément un faisceau d'électrons sur un grain du pigment de l'échantillon de peinture. Un électron est alors projeté hors de l'orbitale intérieure. Le trou dans la première orbitale est comblé par un autre électron provenant d'une autre orbitale. Cela libère une quantité de rayons X qui est alors mesurée. On peut déterminer, selon la quantité de rayons captés, quels éléments sont présents dans l'échantillon de peinture.

17.

	SFX	SEM-EDX
<b>action analogue</b>	<i>libération de rayons X</i>	<i>er libération de rayons X</i>
<b>action différente</b>	<i>irradiation avec des rayons X</i>	<i>irradiation avec des électrons</i>
<b>avantage d'utilisation</b>	<i>analyser une grande surface, portable (ne nécessite donc pas de transport)</i>	<i>irradier très précisément un grain de pigment</i>
<b>désavantage d'utilisation</b>	<i>il faut passer à travers différentes couches du tableau</i>	<i>nécessite un petit morceau du tableau et des instruments très onéreux.</i>

18. Quatre couches différentes : d'abord deux couches foncées puis une couche claire et enfin une fine couche rouge. Les couches sont très épaisses ou très fines.

19. Couleurs : vert, orange, jaune, blanc, rouge

20. La couche préparatoire est la couche blanche de l'échantillon de peinture, avec par-dessus une fine couche supérieure. Van Gogh peignit donc d'abord une couche très épaisse et ensuite une couche très fine.

21.

<b>couche</b>	<b>type de couche</b>	<b>méthode d'investigation</b>
1	<i>toile</i>	<i>à l'œil nu (face arrière)</i>
2	<i>première couche préparatoire</i>	<i>SFX et SEM-EDX</i>
3	<i>premier tableau</i>	<i>rayons X</i>
4	<i>1<sup>er</sup> tableau ravalé</i>	<i>rayons X</i>
5	<i>nouvelle couche couvrante</i>	<i>SFX et SEM-EDX</i>
6	<i>2<sup>e</sup> couche préparatoire + crayon de bois</i>	<i>infrarouge et SFX</i>
7	<i>tableau supérieur</i>	<i>à l'œil nu</i>

Comment travaillait Vincent van Gogh ? Le Musée Van Gogh a essayé de répondre à cette question en analysant les lettres et les tableaux de Van Gogh. Des scientifiques spécialisés dans différents domaines sont impliqués dans ces travaux de recherche. L'un des résultats de ces recherches est montré en figure 1 : une reconstruction des couches du tableau *Vue de l'appartement de Théo* (ill. 2).



1. Reconstruction de la structure des couches de *Vue de l'appartement de Théo*, réalisée par Kristel Smits et financée par l'organe de financement et de conseil en arts du Australia Council for the Arts du gouvernement australien.

2. Vincent van Gogh, *Vue de l'appartement de Théo*, 1887, du Musée Van Gogh d'Amsterdam

Cette reconstruction montre comment Van Gogh a construit son tableau. Ce cours est dédié à la question suivante : Comment le Musée Van Gogh a-t-il pu réaliser cette reconstruction ? Pour y répondre, tu vas d'abord faire connaissance avec les méthodes d'investigation utilisées pour mener ces recherches



### 3. La structure d'un tableau.



1. Un tableau est composé de différentes couches. Il y en a toujours au moins deux : la toile et la peinture. Un tableau possède souvent aussi une couche préparatoire sous la peinture et une couche de vernis qui protège la peinture (ill. 3). As-tu une idée de ce que pourraient être les autres couches de la reconstruction de l'illustration 1 ? Écris ta réponse dans le tableau de ta feuille de réponses.

2. Le tableau semble avoir été élaboré en plusieurs étapes. Comment se fait-il que ce tableau ait autant de couches ?

3. Comment le Musée Van Gogh a-t-il réalisé la reconstruction de l'illustration 1 ? Comment sait-on que ce tableau a autant de couches ? Nomme autant de méthodes d'investigation possibles avec lesquelles on peut, selon toi, analyser un tableau. Écris aussi les informations que ces méthodes nous fournissent sur le tableau. Pense à toutes les méthodes d'investigation que tu as abordées en biologie, physique et chimie.

## Méthodes d'investigation



Nos yeux ne sont pas capables de voir à travers un tableau. C'est pourquoi il faut faire appel aux techniques d'investigation pour analyser les couches de peinture. Ces techniques ne sont pas utilisées uniquement pour faire des recherches sur les tableaux. Elles ont souvent été conçues pour un usage médical.

Tu trouveras ci-dessous une liste de techniques utilisées pour analyser des tableaux. Ce cours te fait faire connaissance avec quelques-unes de ces techniques.

- Analyser un tableau à travers un microscope (grossissement de 400x).
- Analyser un tableau avec une lumière rasante latérale et avec une lumière continue dirigée sur l'arrière du tableau.
- Photographier un tableau avec différents spectres, par exemple infrarouge et UV.
- Prendre des échantillons de peinture et les étudier.
- Passer le tableau (ou les échantillons de peinture) aux scanners SFX ou SEM-EDX



4.



5.

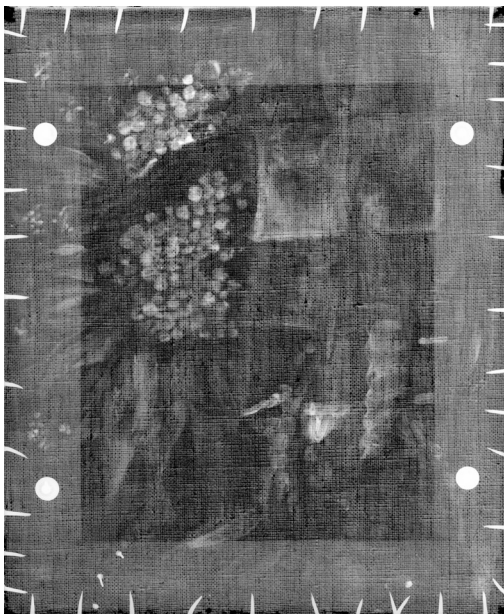


4. Quelle technique ou méthode d'investigation, également utilisée dans un hôpital ou chez le dentiste, convient parfaitement pour regarder à travers un tableau ?

5. Que vois-tu sur les illustrations 4 et 5 ? Regarde bien les détails. Décris ce que tu vois sur chaque illustration.

6. Les taches claires et foncées sur une radiographie nous donnent des indications sur le type d'élément que l'on voit. Des rayons X peuvent être absorbés, selon l'élément qui se trouve à cet endroit. Encerle dans le tableau de ta feuille de réponses quel type d'élément absorbe les rayons X.

Si les rayons X permettent de voir à travers la peau et les tissus d'une personne, ils doivent également permettre de voir à travers un tableau. L'illustration 6 est une radiographie d'un tableau de Van Gogh :



6. Radiographie de *Petite fille nue assise*. 7. Vincent van Gogh, *Petite fille nue assise*, 1886, Musée Van Gogh d'Amsterdam (Fondation Vincent van Gogh)



7. Quels éléments de l'illustration 6 nous apprennent quelque chose sur la structure du tableau ?
8. Comme tu peux le voir, les surfaces peintes ne correspondent pas toutes au tableau de la petite fille. Il y a un autre tableau en dessous. À quoi ressemblait ce tableau ? Que penses-tu qu'il représente ?
9. Regarde bien la radiographie de *Vue de l'appartement de Théo* (ill. 8). Qu'est qui est représenté sous ce tableau ?



8. Radiographie de *Vue de l'appartement de Théo*.

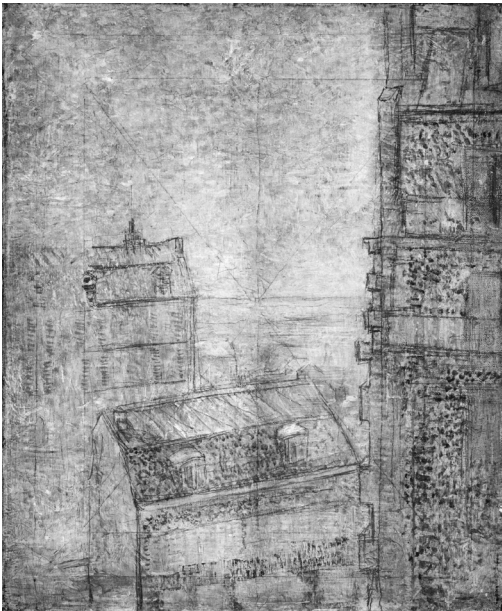
#### Réfectogramme infrarouge

Si les rayons X permettent de voir à travers un tableau, on doit également pouvoir le faire avec d'autres rayons. Tu sais vraisemblablement que le spectre électromagnétique est composé de différentes sortes de rayons. Dans les exercices suivants, tu verras ce qui se passe lors d'une irradiation aux rayons infrarouges. Dans les tableaux peints, la lumière infrarouge, invisible à l'œil humain, est fortement absorbée par le carbone. Quand un peintre commence un tableau par un croquis au fusain ou au crayon de bois, on distingue très bien ce premier croquis au moyen d'un réfectogramme infrarouge.

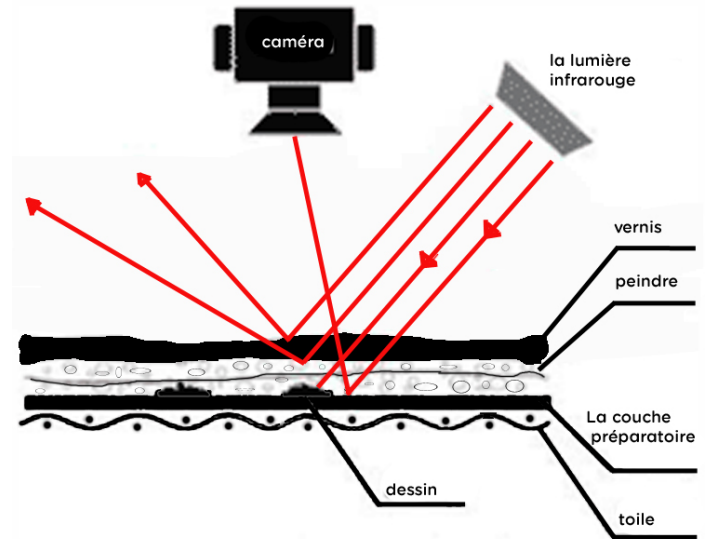
L'illustration 10 montre comment la lumière infrarouge est absorbée et réfléchiée par un tableau. Une partie des rayons infrarouges traverse entièrement la peinture et est réfléchiée par la couche préparatoire claire. Seule la partie du tableau où il y a du carbone absorbe les rayons infrarouges et devient visible sur le réfectogramme.

Sur l'illustration 9, tu peux voir le premier croquis du tableau *Vue de l'appartement de Théo*. Tu y vois aussi les lignes que Van Gogh a tracées pour l'aider à faire son dessin. Pour représenter la perspective dans son tableau, il s'est servi d'un cadre de perspective. Il regardait à travers un cadre en bois sur lequel il tendait des fils. Il reproduisait ces mêmes lignes sur sa toile. Il arrivait ainsi à bien rendre les proportions panoramiques.





9. Réflectogramme infrarouge de *Vue de l'appartement* de Théo.



10. Représentation schématique du fonctionnement de la réflectographie infrarouge.



10. Quelle couche du tableau as-tu ainsi pu découvrir ? Regarde l'illustration 1.  
 11. Qu'est-ce que cela t'apprend sur la façon de travailler de Van Gogh ?

## Techniques de balayage



Les deux méthodes d'investigation par balayage (scanner) suivantes sont fréquemment utilisées pour analyser les tableaux :

- la Spectrométrie de fluorescence X (SFX)
- la Microscopie optique à balayage - Analyse radiographique aux rayons X (Scanning Electron Microscopy - Energy Dispersive Analysis of X-radiation = SEM-EDX)

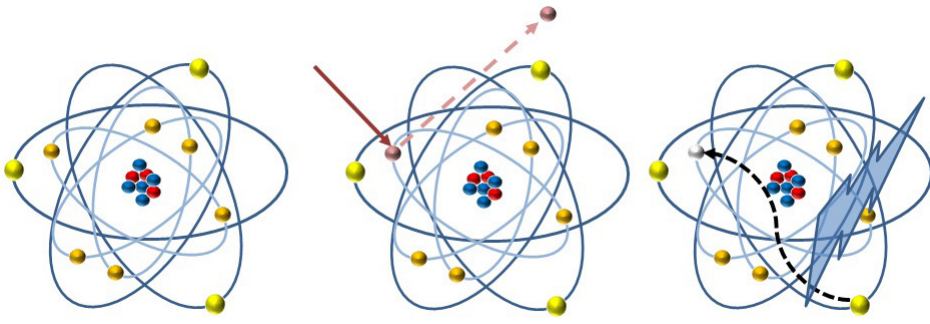
### SFX : Spectrométrie de fluorescence

La Spectrométrie de fluorescence (SFX) est utilisée pour définir quels éléments chimiques sont présents dans un échantillon ou un objet. Lors de l'irradiation SFX, chaque élément émet des longueurs d'onde caractéristiques. Il est ainsi possible, pour les tableaux, d'identifier et d'analyser en même temps les éléments présents dans plusieurs couches de peinture. On peut alors supposer ou déterminer, à partir des éléments présents et de la couleur de l'endroit analysé, quels pigments sont présents dans les couches de peinture. Le tableau est bombardé de rayons X à forte énergie. Ce bombardement fait éjecter un électron d'une orbitale inférieure de l'élément (l'élément est ionisé). Un électron d'une orbitale supérieure vient alors combler ce « trou ». Ce phénomène libère de l'énergie sous la forme de rayons X de faible énergie. La longueur d'onde de ces rayons X libérés est spécifique à chaque élément et peut être rendue visible avec des pointes sur un graphique. Les différentes pointes permettent de reconnaître les différents éléments.

Le Service national pour la Protection du Patrimoine culturel dispose d'un appareil SFX portable. Avec cet instrument, un objet de valeur, comme par exemple un tableau de Van Gogh, n'a plus besoin d'être transporté. Le chercheur se déplace vers l'objet et l'appareil laisse intact l'objet à analyser. Il n'est pas nécessaire de prélever un échantillon sur l'objet.

La SFX présente les caractéristiques suivantes :

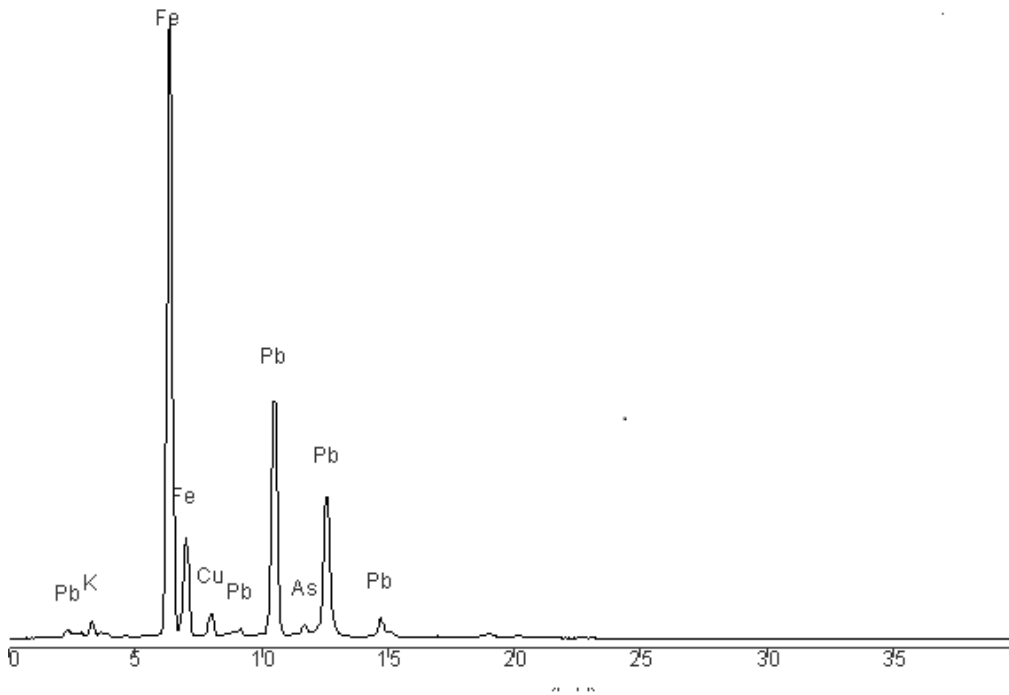
- elle passe à travers différentes couches de peinture ;
- elle balaye une surface de quelques millimètres ;
- le dommage causé par l'irradiation est négligeable du fait de sa faible énergie.



11. Représentation schématique du fonctionnement de la SFX.









12. Écris près des images de l'illustration 11 de ta feuille de réponses comment fonctionne la SFX.



12. Résultats d'une analyse SFX faite sur *Barques sur la plage des Saintes-Maries-de-la-Mer*



13. Vincent van Gogh, *Barques sur la plage des Saintes-Maries-de-la-Mer*, 1888, Musée Van Gogh d'Amsterdam (Fondation Vincent van Gogh)

pigment	formule chimique	couleur
Céruse	$2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$	
Bleu de cobalt	$\text{CoO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	
Jaune de Naples	$\text{Pb}(\text{SbO}_3)_2$	
Bleu de Prusse	$\text{Fe}(\text{CN})_6$	
Jaune chromatique	$\text{PbCrO}_4$	
Vert de Paris	$\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3 \text{Cu}(\text{AsO}_2)_2$	
Vermillon	$\text{HgS}$	

14. Tableau avec des exemples de pigments, leurs formules chimiques et les couleurs correspondantes.



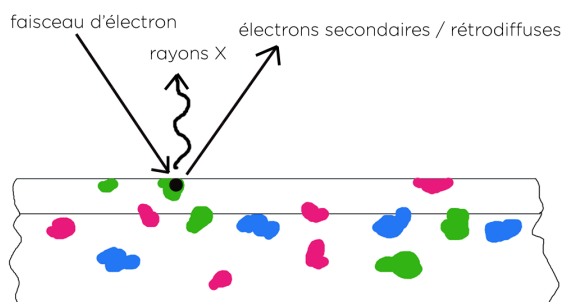
13. Quels éléments chimiques retrouves-tu dans le graphique de l'illustration 12 ?

14. Maintenant que tu sais quels éléments chimiques sont présents dans le tableau de Van Gogh, tu peux retrouver les pigments qui ont vraisemblablement été utilisés et aussi en déduire les couleurs utilisées.

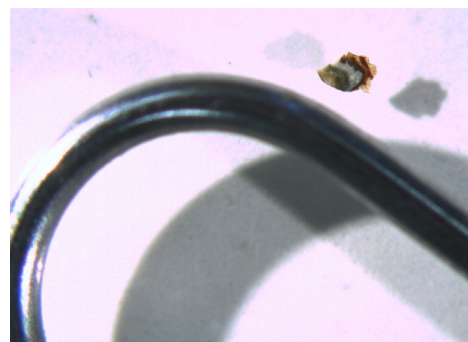
Regarde le schéma de l'illustration 14. Quels pigments ont été utilisés ?

15. De quelle partie du tableau provient ce balayage SFX ? Argumente ta réponse.

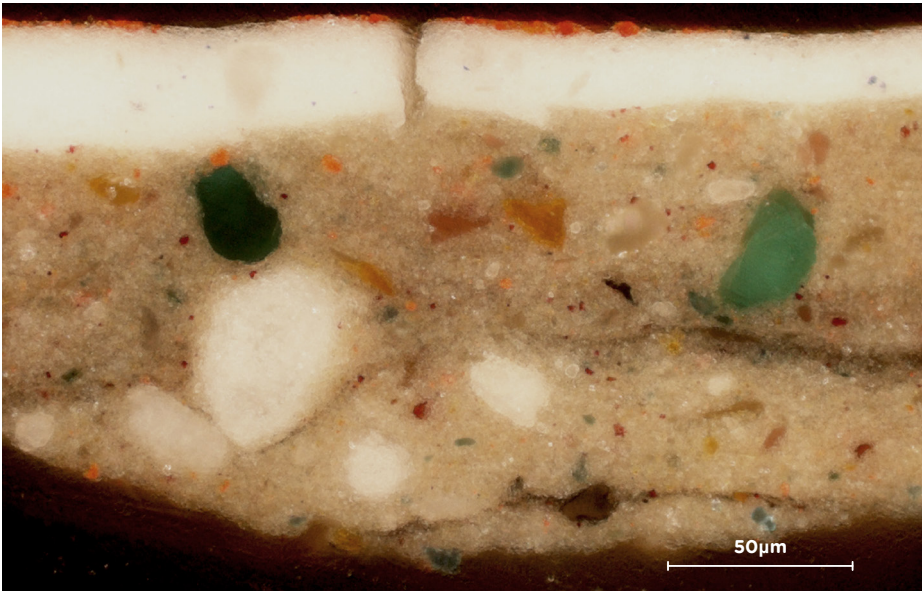
*La Microscopie optique à balayage - Analyse radiographique aux rayons X (Scanning Electron Microscopy - Energy Dispersive analysis of X-radiation ou SEM-EDX)*  
 Il est possible avec la SEM-EDX, tout comme avec la SFX (Spectrométrie de Fluorescence X), de déterminer les éléments qui constituent un petit fragment du tableau. Un microscope optique à balayage irradie une zone d'un échantillon de peinture, choisie d'avance, avec un faisceau d'électrons très étroit, riche en énergie. Tout comme pour la SFX, le faisceau d'électrons provoque des rayons X dans chaque élément. Mais comme l'irradiation a lieu cette fois-ci avec des électrons, on peut la diriger avec beaucoup plus d'exactitude sur certaines particules dans l'échantillon de peinture. Chaque élément chimique réagit avec une autre quantité de rayons X aux électrons irradiés. Sur le « spectre » qui en est établi, les pointes permettent de déduire quels éléments sont présents dans l'échantillon de peinture.



15. Représentation schématique du fonctionnement de SEM-EDX.



16. Même si un échantillon de peinture est très petit (compare-le avec ce trombone), la quantité d'information que l'on peut en obtenir est cependant très importante.



17. Échantillon de peinture de *Vue de l'appartement de Théo*



18. L'endroit où a été prélevé l'échantillon de peinture *Vue de l'appartement de Théo*.

Tu vois sur l'illustration 17 une coupe transversale d'un petit échantillon de peinture de *Vue de l'appartement de Théo*. La partie inférieure de l'échantillon est la partie qui se trouve près de la toile et la partie supérieure est la couche que l'on voit sur le tableau. L'échantillon a été prélevé à un endroit où la peinture était déjà abîmée (ill. 18). Chaque grain que tu vois est un morceau de pigment. Tu peux aussi remarquer que ces grains sont variés ; cela prouve que plusieurs pigments ont été mélangés. La couleur et la forme des grains nous apprend déjà quelque chose sur la nature des différents pigments.

Grâce aux deux méthodes d'investigation nommées ci-dessus, le Musée Van Gogh a pu récolter de nombreuses informations sur la façon de travailler de Van Gogh. L'analyse des couches d'un tableau nous a par exemple appris qu'il lui arrivait parfois de peindre un nouveau tableau sur un autre. On a aussi pu découvrir comment il préparait ses tableaux, avec quoi il dessinait et quelles couleurs et sortes de peinture il a utilisé au cours de sa carrière.



16. Explique à ta façon comment fonctionne la SEM-EDX.
17. Tu viens d'étudier deux techniques d'investigation. Écris dans le tableau de ta feuille de réponses quelles sont les analogies, les différences et les avantages des méthodes d'investigations SFX et SEM-EDX.
18. Que remarques-tu en regardant l'échantillon de peinture de l'illustration 17 ? Combien vois-tu de couches de peinture ? Que remarques-tu à propos de l'épaisseur de ces couches ?
19. Quelles couleurs de pigments vois-tu dans l'échantillon de peinture ?
20. Qu'as-tu appris, grâce à cet échantillon, sur les couches du tableau correspondant ? Retourne à la première question de ce cours.
21. Regarde à nouveau l'illustration 1 et indique sur ta feuille de réponses quelle méthode ou technique d'investigation a été utilisée pour obtenir ce résultat.

# Feuille de réponses



1.

couche	type de couche
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	

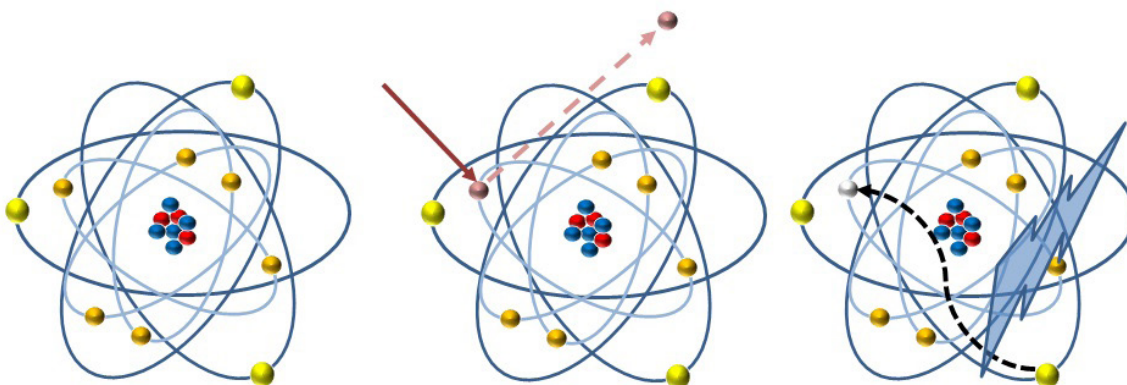
6.

clair sur la radiographie	foncé sur la radiographie
élément lourd / léger	élément lourd / léger
nombre massique grand / petit	nombre massique grand / petit

17.

	XRF	SEM-EDX
action analogue		
action différente		
avantage d'utilisation		
désavantage d'utilisation		

12.



21.



<b>couche</b>	<b>type de couche</b>	<b>méthode d'investigation</b>
<b>1</b>		
<b>2</b>		
<b>3</b>		
<b>4</b>		
<b>5</b>		
<b>6</b>		
<b>7</b>		

## Littérature

*Van Gogh a l'œuvre*, Marije Vellekoop & Nienke Bakker, Musée Van Gogh / Mercatorfonds, 2013

*Vincent van Gogh - Les lettres, édition complète illustrée*, ed. Leo Jansen, Hans Luijten & Nienke Bakker, Musée Van Gogh/ Huygens Instituut / Mercatorfonds, 2009, Actes Sud (France). Chacun des 6 volumes, 2 240 pages, reliés, plus de 2 000 illustrations.

*Les dessins de Van Gogh. Les chefs-d'œuvre*, Heugten, Sjraar van, 2005

*Les peintures magistrales de Van Gogh*, Thomson, Belinda, 2007

Série de livres *Van Gogh in focus*, programme de publication d'ouvrages sur Vincent van Gogh, son époque, la collection du musée, des recherches récentes et des expositions.

## URL

Vous trouverez plus d'information sur les recherches scientifiques menées sur les tableaux de Van Gogh sur

<http://www.vangoghsstudiopractice.com/>

<http://www.vangoghmuseum.nl/blog/slaapkamergeheimen?lang=en>

Vous trouverez plus d'information sur la vie et l'œuvre de Van Gogh sur

[www.vangoghmuseum.com](http://www.vangoghmuseum.com)

[www.vangoghletters.org](http://www.vangoghletters.org)