



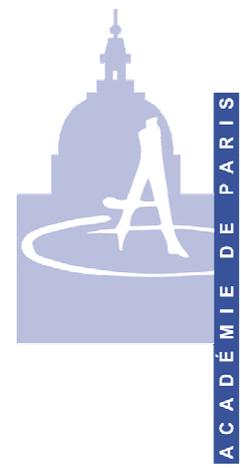
Activité pédagogique  
Etude d'un tableau  
grâce aux ondes électromagnétiques

avenue Franklin D. Roosevelt  
75008 Paris  
[www.universcience.fr](http://www.universcience.fr)

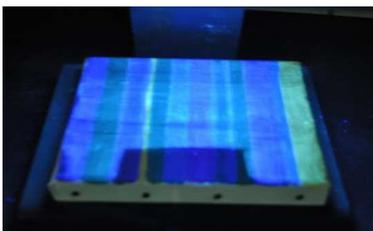
Lycée  
Service Éducation



**Science et art**



# **Analyser une peinture grâce aux ondes électromagnétiques**



# **Fiches élèves**

## Fiche n°1 : Fabrication du tableau à étudier.

### Matériel :

- Une toile blanche
- Des pinceaux
- Un fusain ou un crayon à papier gras
- De la peinture à l'eau
- Un pot de vernis



© Chloé Lavignotte

*Remarque : ne pas oublier de prévoir un temps de séchage d'au moins une journée entre la pose de la peinture et celle du vernis.*

<p>A l'aide d'un fusain, faire le dessin de sous-couche, ne pas oublier d'y ajouter une signature.</p>	<p style="text-align: right;">© Chloé Lavignotte</p>
<p>Peindre la toile à l'aide d'un pinceau de manière à recouvrir le dessin sous-jacent. Ne pas oublier de mettre quelques touches de jaune pour l'étude sous la lampe à vapeur de sodium. <i>Attention, certaines couleurs recouvrent mal le dessin-sous-jacent... (avec certains tons de roses ou de rouges, on peut deviner le dessin par transparence)</i></p>	<p style="text-align: right;">© Chloé Lavignotte</p>
<p>Au moins une journée après la pose de la peinture, lorsque cette dernière est sèche, le vernis peut être posé. <b>Oublier volontairement de passer du vernis à un endroit du tableau.</b></p>	<p style="text-align: right;">Zone non vernie</p> <p style="text-align: center;">© Chloé Lavignotte</p>
<p>Un fois le vernis sec, la toile est prête pour être étudiée !</p>	<p style="text-align: right;">© Chloé Lavignotte</p>

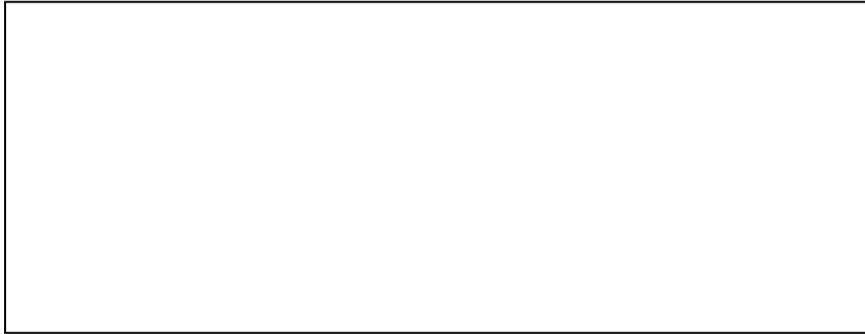
**Fiche n°2 : Etude du tableau avec de la lumière blanche**

Matériel :

- La peinture sur toile réalisée lors des séances précédentes
- Une source de lumière blanche
- Un appareil photo numérique pour garder une trace de tes observation

**Etude d'un tableau avec la lumière blanche**

Avant toute autre étude, un tableau est d'abord photographié en lumière blanche (analogue à celle du Soleil). La photographie obtenue servira de **référence** tout au long de l'analyse et de la restauration de l'œuvre. Photographier le tableau éclairé en lumière blanche.



**Photo du tableau éclairé par de la lumière blanche**

1) Quelle est la particularité du spectre de la lumière blanche ?

.....  
.....  
.....

2) Citer différentes sources de lumière blanche.

.....

3) De quelle couleur l'œil perçoit-il la lumière émise par une lampe à économie d'énergie ?

.....

4) D'après ce qui a été observé lors des médiations au Palais de la découverte, peut-on dire qu'une lampe à économie d'énergie est une source de lumière blanche ? Justifier.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

5) Que se passerait-il si on étudiait un tableau sous cette sorte de lumière ?

.....  
.....  
.....  
.....

## Fiche n°3 : Etude du tableau avec de la lumière monochromatique

### Matériel :

- La peinture sur toile réalisée lors des séances précédentes
- Une lampe à vapeur de sodium
- Un appareil photo numérique pour garder une trace de tes observations

Pour faire ressortir certains détails, on peut étudier un tableau en l'éclairant par une source de lumière monochromatique (lumière composée d'une seule longueur d'onde ou par quelques longueurs d'ondes très proches).

*Remarque :* Les lampes à vapeur de sodium fonctionnent de la manière suivante : de la vapeur de sodium est excitée et produit ainsi de la lumière jaune. En réalité, le sodium est capable d'émettre deux longueurs d'ondes différentes. Ces longueurs d'ondes étant très proches, elles sont toutes les deux jaunes. Par extension de sens, ces deux longueurs d'onde étant très proches, on peut considérer que la lumière émise par ce genre de lampe est monochromatique.

Photographier le tableau éclairé par une lampe à vapeur de sodium :



Tableau éclairé par une lampe à vapeur de sodium

*Remarque :* Pour photographier le tableau éclairé en lumière monochromatique, on peut se mettre légèrement de biais afin d'éviter les reflets.

**1)** On éclaire le tableau à l'aide d'une lampe à vapeur de sodium. Cette lumière est souvent utilisée lors de l'étude de peintures. De quelle couleur est cette lumière ?

.....

**2)** Qu'observe-t-on lorsque la peinture est éclairée par la lampe à vapeur de sodium ?

.....

.....

.....

**3)** Quelles parties du tableau ont été mises en avant grâce à l'étude en lumière monochromatique ?

.....

.....

**4)** Quel peut être l'intérêt d'étudier une œuvre avec de la lumière monochromatique ?

.....

.....

.....

## Fiche n°4 : Etude du tableau avec des ultraviolets

### Matériel :

- La peinture sur toile réalisée lors des séances précédentes
- Une lampe à UV
- Un appareil photo numérique pour garder une trace des observations

### Un peu d'histoire :

Un an après la découverte des infrarouges par William Herschel (voir fiche n°5), le savant allemand Johann Ritter mis en évidence l'existence des ultraviolets.

Il décomposa la lumière à l'aide d'un prisme de manière à obtenir le spectre de la lumière blanche. Sur différentes parties du spectre, il plaça un bout de papier trempé dans une solution de nitrate d'argent : il savait que le noircissement observé était lié à la couleur (au contact de la lumière bleue, le papier noircit beaucoup plus qu'au contact de la lumière rouge). Il effectua l'expérience **après l'extrémité bleue du spectre visible** (là où il n'y a plus de lumière visible) : le papier imbibé de nitrate d'argent noircit alors encore plus qu'avec toutes les autres lumières visibles par l'œil humain. Il mit ainsi en évidence l'existence des ultraviolets.

## Les objets fluorescents

Certains objets sont capables de transformer une partie de la lumière UV qu'ils reçoivent en lumière visible par l'œil humain. Ce phénomène est appelé **fluorescence**.

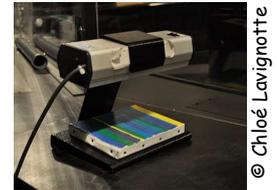
1) Lors de l'exposé, le médiateur a montré différents objets fluorescents, en citer quelques uns.

.....

### Etude du tableau éclairé en lumière UV

On dispose d'une lampe UV et du tableau créé lors des séances précédentes.

Rappel : le tableau n'a pas été verni dans sa totalité.



Lampe UV et tableau

2) Placer le tableau sous la lampe UV, puis allumer cette dernière. Qu'observe-t-on ?

.....  
.....  
.....

3) On peut en conclure que le vernis :

- réfléchit tous les UV qu'il reçoit
- est fluorescent
- transforme une partie de la lumière UV qu'il reçoit en lumière visible

4) Lorsque l'on applique une couche de vernis, l'œuvre paraît alors plus lumineuse. Expliquer ce phénomène (on peut observer directement cette différence de luminosité sur le tableau réalisé lors des séances précédentes).

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## Observer les restaurations

Pour protéger leurs œuvres, une fois leur peinture terminée, la plupart des peintres appliquent une couche de vernis.

Lors de la restauration d'une œuvre, le restaurateur ajoute de la peinture sur les endroits abîmés (après avoir étudié l'œuvre et les pigments qui la composent en détails). Cette zone restaurée n'est alors pas protégée par du vernis.

5) Si on étudie un tableau sous une lumière UV, les restaurations récentes apparaîtront donc :

- Plus lumineuses
- Moins lumineuse
- Aussi lumineuses



## Reconnaître les pigments fluorescents :

Certains pigments sont fluorescents. Si on observe un tableau avec de la lumière UV, à l'aide d'un **spectromètre** (appareil permettant de mesurer des longueurs d'onde), on peut alors étudier la lumière émise par les pigments fluorescents (chaque pigment fluorescent émet une lumière qui lui est propre).

Il est ainsi possible d'analyser la composition chimique de certains pigments sans prélever d'échantillon : l'œuvre reste donc intacte.

## Utiliser une peinture fluorescente dans une œuvre

6) À la lumière du jour (lumière blanche), un objet fluorescent apparaît :

- Plus lumineux que les autres objets
- Moins lumineux que les autres objets

7) Proposer une technique qui permet aux peintres de mettre en avant une partie de leur tableau.

.....

.....

.....

.....

## Conclusion

8) Etudier un tableau éclairé sous une lumière UV, permet donc :

- de repérer certaines restaurations de l'œuvre
- de connaître la composition chimique de certains pigments
- d'observer le dessin sous-jacent

Matériel :

- La peinture sur toile réalisée lors des séances précédentes
  - Une source de lumière qui émet un rayonnement infrarouge
  - Un filtre infrarouge (laissant passer les longueurs d'onde supérieures à 720 nm)
- Un appareil photo numérique de basse qualité (ou une Webcam) capable de détecter les infrarouges proches.

**Un peu d'histoire :**

Au début du XIX° siècle, Sir William Herschel décomposa la lumière solaire à l'aide d'un prisme. Il mesura la température pour chaque zone du spectre.

Il constata que la température s'élevait au fur et à mesure que l'on passait du violet au rouge. Cette hausse de température continuait à s'intensifier en dehors de la partie visible (après la zone rouge du spectre) avant de devenir décroissante. Il mit ainsi en évidence l'existence de rayons invisibles pour l'œil humain capables de fournir de l'énergie thermique. : les infrarouges.

**Production d'infrarouges**

1) Rechercher différentes manières d'obtenir des infrarouges.

.....  
.....  
.....

L'œil humain n'est pas capable de détecter les infrarouges. Certaines caméras numériques (comme les webcams) ou certains appareils photos sont capables de détecter les infrarouges de longueurs d'onde proches du domaine du visible.

**L'appareil qui va être utilisé est-il capable de détecter les infrarouges ?**

Pour répondre à cette question, il suffit de se procurer une télécommande à infrarouge.

**Remarque :** Ce genre de télécommande transmet l'information par des ondes électromagnétiques faisant parties du domaine des infrarouges.

Pour les manipulations suivantes, il est conseillé de se placer dans un endroit sombre.

2) Lorsque l'on appuie sur les boutons de la télécommande, voit-on la DEL briller ? Pourquoi ?

.....  
.....  
.....

3) Placer la DEL de la télécommande devant l'appareil photo/la caméra. Appuyer sur l'un des boutons de la télécommande. Qu'observe-t-on sur l'écran de l'appareil photo / de la caméra ?

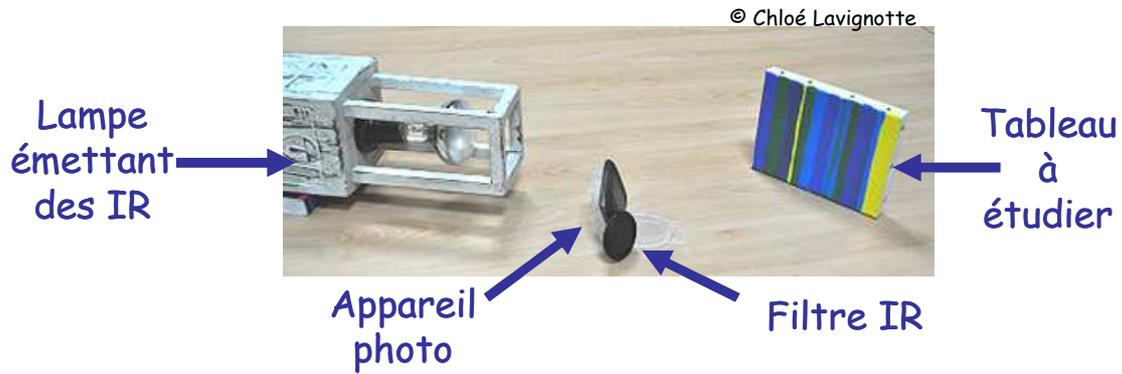
.....  
.....

4) Que peut-on en déduire ?

.....  
.....  
.....

## Observer un tableau éclairé par des infrarouges

Une fois que l'on a vérifié que l'appareil photo ou la caméra est capable de capter les infrarouges, réaliser le montage suivant :



5) Qu'observe-t-on ?

.....

.....

.....

.....

6) Que s'est-il passé ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7) Quelles informations sur l'œuvre peuvent être mises en évidence grâce aux infrarouges ?

.....

.....

.....

.....

8) Une fois l'étude de son propre tableau terminée, essayer de deviner les dessins sous-jacents des tableaux des autres groupes !

Un peu d'Histoire :

Sur le site internet [www.universcience-VOD](http://www.universcience-VOD), regarde la [Vidéo : Main de Madame Röntgen](#) présentant la première radiographie, puis répond aux questions suivantes :

1) Quand Wilhelm Röntgen a-t-il découvert l'existence des rayons X ?

.....

2) Les rayons X sont :

- invisibles pour l'œil humain
- visibles, ils produisent une lumière légèrement bleutée
- inoffensifs pour l'homme

3) Les rayons X utilisés par Wilhelm Röntgen proviennent :

- d'une ampoule électrique
- d'un tube cathodique
- d'un moteur électrique

4) Que représentait la première radiographie effectuée par Wilhelm Röntgen ?

.....  
.....

Wilhelm Röntgen a montré que les rayons X peuvent traverser :

- la peau
- les muscles
- les os
- les métaux
- du papier noir

5) Quel prix reçut Wilhelm Röntgen pour sa découverte ?

.....

7) Juste après la découverte de la radiographie, beaucoup de personnes décidèrent de se faire radiographier, curieuses de connaître l'intérieur de leur corps. Pourquoi cette activité est-elle de nos jours interdite ?

.....  
.....  
.....  
.....

Aujourd'hui, la radiographie est principalement utilisée en médecine.

8) Les rayons X ne sont pas capables de traverser les os. De quelle couleur les os apparaissent-ils sur une radiographie ?

.....  
.....

## **Principe de la radiographie d'un tableau :**

La radiographie permet d'observer la structure interne d'une œuvre.

On envoie des rayons X sur le tableau. Les constituants de l'œuvre absorbent plus ou moins ces rayons X (l'absorption peut dépendre de la nature du matériau, de son épaisseur...). Les rayons X qui ont traversé l'œuvre viennent alors imprimer un film placé derrière l'objet.

**9) Schématiser l'expérience permettant de radiographier une peinture. Placer sur le schéma le **tableau**, le **film** et l'**appareil produisant les rayons X**.**



**10) Sur la radiographie d'une œuvre, les zones sombres correspondent :**

- aux matériaux qui ont absorbés les rayons X
- aux matériaux qui sont transparents aux rayons X (c'est-à-dire qui laissent passer les rayons X)
- à toutes les parties sombres du tableau.

*Remarque :* pour répondre à cette question, aide-toi de la partie historique sur la radiographie.

**11) Va-t-on pouvoir radiographier en classe le tableau créé lors des séances précédentes ? Pourquoi ?**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## Exemples : radiographies de deux tableaux

### Petite présentation du C2RMF

Le C2RMF (Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France) permet aux oeuvres de traverser le temps. Lors de leur passage au C2RMF, les oeuvres sont analysées. Selon les résultats obtenus, les techniques de restauration et/ou de conservation les plus adaptées sont retenues. Deux radiographie effectuées par le C2RMF sont présentées dans les document suivants.

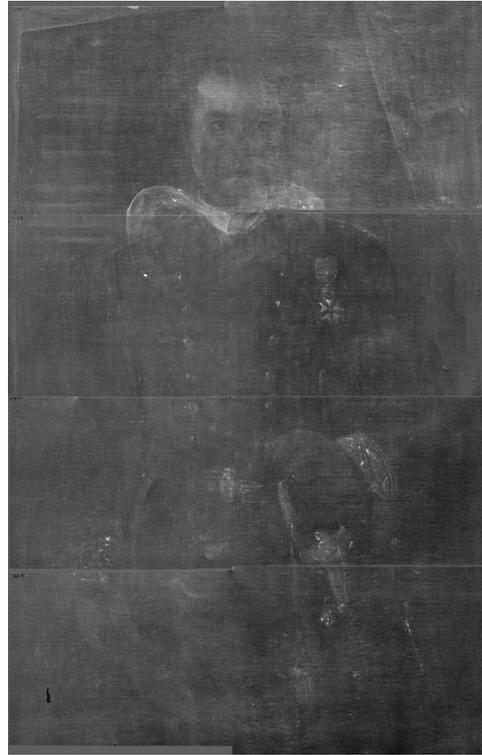
### Le gobeur d'oursin (Picasso)

Le C2RMF a radiographié le tableau intitulé "Le Gobeur d'oursin" peint par Pablo Picasso.



© C2RMF

Photographie en lumière réfléchie



© C2RMF, Jean-Louis Bellec

Radiographie

### **Le Gobeur d'oursin (Pablo Picasso)**

**12)** Est-ce surprenant d'observer, sur la radiographie de ce tableau, l'image d'une Général portant une médaille sur sa veste ?

.....  
.....

**13)** Que peut-on supposer ?

.....  
.....

**14)** Sur la radiographie, quelle partie du visage du gobeur d'oursin de Picasso retrouve-t-on ?

.....  
.....

**15)** Faire des recherches sur l'histoire de ce tableau. Comment explique-t-on le portait observé sur la radiographie ?

.....  
.....  
.....  
.....

## Le repos de la sainte Famille pendant la fuite en Egypte (Orazio Gentileschi)



© C2RMF. Odile Guillon

Photographie en lumière réfléchie



© C2RMF E. Ravaud

Radiographie

### **Le repos de la sainte Famille pendant la fuite en Egypte (Orazio Gentileschi)**

La radiographie de ce tableau nous indique que plusieurs parties de la toile semblent abîmées (en particulier dans les coins), comme si elles avaient été pliées puis dépliées. En effet, au cours du temps, la peinture a changé de format. Avant 1683, l'œuvre a tout d'abord été agrandie en haut et en bas. Puis, sous Louis XIV, elle a été repliée pour être insérée dans une bordure ovale pour orner le salon de l'œil-de-bœuf à Versailles. Par la suite, cette œuvre a retrouvé une forme rectangulaire.

16) Sur l'image suivante, retrouver puis indiquer à l'aide d'un feutre l'ancienne forme du tableau.



© C2RMF E. Ravaud

Le repos de la sainte Famille pendant la fuite en Egypte, radiographie.

17) Un autre changement de format a eu lieu au cours du temps, retrouver lequel.

.....

.....

.....

**Fiche n°7 : Conclusion**

Remplir le tableau suivant en s'appuyant sur les fiches précédentes :

Type d'éclairage	Permet d'étudier, d'observer...
Lumière blanche	
Lampe à vapeur de sodium	
Ultraviolets	
Infrarouges	
Rayons X	

1) Un peintre a signé son œuvre à l'aide d'un fusain en même temps que le dessin sous-jacent. Une fois le tableau terminé, sa signature n'est pas visible lorsque le tableau est éclairé en lumière blanche. Quelle technique peut alors permettre d'observer sa signature ?

.....  
.....  
.....

2) Etudier une peinture à l'aide des différentes méthodes étudiées dans ce dossier, a l'avantage de laisser l'œuvre intacte. D'autres techniques d'analyses existent, mais bien souvent elles demandent d'effectuer des prélèvements. Faire une recherche de deux de ces techniques, puis les présenter en quelques lignes.

.....  
.....  
.....  
.....