

Exemple n°1 : La science au service de la restauration – Les noces de Cana

Sujet

À l'exclusion de tout autre matériel électronique, l'usage de la calculatrice est autorisé conformément à la circulaire n°99-186 du 16-11-1999

Les techniques scientifiques apportent de précieux renseignements sur les changements opérés sur un tableau. Un exemple : Les Noces de Cana de Véronèse.

La restauration réclame une extrême rigueur et des informations précises sur la commande du tableau et sa réalisation, ainsi que sur les déplacements et restaurations anciennes de l'œuvre. Les chercheurs du Laboratoire de recherche des Musées de France (LRMF) rejoignent l'équipe d'historiens et de six restauratrices. Leur mission : passer la toile au crible. Radiographie, prélèvements de peinture, analyses chimiques, rien ne lui sera épargné.



Les noces de Cana. 1563.

Huile sur toile de Paolo CALIARI, dit VÉRONÈSE (Vérone 1528 - Venise, 1588). Paris, musée du Louvre. H. : 6,77 m. ; L : 9,94 m.

(C) 2010 Musée du Louvre / Angèle Dequier

www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosart/decouv/cana/definition.html

Comment être sûr d'améliorer l'état d'une œuvre sans trahir la pensée originelle de l'artiste ?

Vous êtes stagiaire dans le service de restauration des musées de France (SRMF). Votre tuteur vous propose de travailler sur des documents retraçant quelques-unes des étapes de la restauration avant de vous faire participer aux différents ateliers.

- Partie A : Comprendre le processus de vieillissement.
- Partie B : Diagnostiquer l'état du tableau.
- Partie C : Analyse stratigraphique des couches de peinture.

Le sujet comporte trois parties A, B et C qui sont indépendantes entre elles. Vous respecterez la numérotation des questions.

Partie A : Comprendre le processus de vieillissement

La lumière d'exposition est un des facteurs responsable du vieillissement d'une œuvre d'art au cours du temps.

[.....] Le rôle des vernis utilisés dans l'art est double. D'une part, le rôle de protection de la couche picturale superficielle de l'œuvre est primordial. D'autre part, c'est l'un des composants avec lequel l'artiste peut jouer pour obtenir le rendu esthétique désiré de l'œuvre. En effet, le vernis se comporte comme une couche transparente, non diffusante et peu absorbante et, de ce fait, modifie l'aspect visuel de la couche picturale sur laquelle il est apposé. Il lisse cette surface et donc modifie sa brillance [.....].

Les vernis sont sensibles au vieillissement, en particulier les vernis naturels. Ce vieillissement se traduit par l'apparition de microfissurations ainsi que celle de produits nouveaux décalant le seuil d'absorption vers les grandes longueurs d'onde, ce qui explique le jaunissement des vernis.

Jaunissement des vernis

Le vieillissement qui modifie la structure chimique des vernis peut notamment créer des chromophores dont l'absorption des rayons lumineux peut être active au-delà de la zone du rayonnement ultraviolet et s'étendre dans le bleu. Cette modification de la couleur de la couche de vernis se traduit par un jaunissement et même parfois un brunissement de la couche, illustré par la figure ci-dessous. Ce phénomène complexe peut trouver son origine dans une oxydation de la résine naturelle entrant dans la composition du vernis, mais également de l'huile utilisée. En effet l'oxydation des huiles peut entraîner la création au sein du réseau tridimensionnel de triglycérides, des cétones conjuguées absorbant fortement dans le bleu. Ainsi le jaunissement est favorisé dans les huiles où prévalent les acides gras les plus fortement insaturés. L'huile de noix jaunit donc moins que l'huile de lin qui, elle-même, jaunit moins que l'huile d'œillette.

Source : *Identification non-destructive des vernis des œuvres d'art par fluorescence UV*. Thèse de Mathieu Toury, université de Paris VI, mars 2006

Exemple d'une zone présentant des allègements qui mettent en exergue le jaunissement de la couche de vernis.



www.cnrs.fr, les Noces de Cana, histoire d'un repeint

www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosart/decouv/cana/restauration.html

En vous aidant du texte ci-dessus, répondre aux questions suivantes :

- A.1.** Quel groupe caractéristique apparaît lors du vieillissement d'un film de vernis ?
- A.2.** Donner les domaines du spectre de la lumière dans lesquels absorbent ces groupes caractéristiques.
- A.3.** Expliquer en quelques lignes l'aspect jaunâtre pris par le vernis.

Le texte renvoie l'origine de ce phénomène de vieillissement du vernis à une possible oxydation des différents composants du vernis dont les huiles utilisées.

- A.4.** Quel autre composant du vernis est susceptible de subir une oxydation ?
- A.5.** Expliquer la raison pour laquelle l'huile de noix jaunit moins que l'huile de lin.
- A.6.** Quel est, d'après vos connaissances, l'intérêt de déposer une couche de vernis sur un tableau ?
- A.7.** Citer un facteur, autre que la lumière, responsable du vieillissement d'une œuvre d'art. Proposez alors une solution permettant d'éviter le vieillissement dû à ce facteur.

Partie B : Diagnostiquer l'état du tableau

Avec son format impressionnant de 994 x 677 cm, le tableau « *Les Noces de Cana* » est sans doute le plus imposant des tableaux anciens présents dans les collections nationales françaises, en particulier dans celles du Louvre. Pour diagnostiquer l'état du tableau, on réalise une série de clichés du tableau, en lumière blanche, suivie d'une radiographie aux rayons X.

B.1. Photographies préliminaires

Les fiches techniques de l'appareil photographique numérique utilisé et de son objectif assimilé à une lentille mince convergente sont fournies en **Annexe 1**.

De manière à obtenir une image avec la plus haute résolution possible, on réalise une succession de clichés à courte distance que l'on assemblera par la suite en une seule image numérique.

B.1.1. Compléter la figure 1 de l'**annexe 2** en indiquant les dimensions, en millimètres ainsi qu'en nombre de pixels, du capteur de l'appareil photographique.

La définition d'un capteur correspond au nombre de photorécepteurs qui le compose.

B.1.2. Relever la valeur de la définition du capteur de l'appareil photographique utilisé.

B.1.3. Relever la valeur de la distance de mise au point minimale de l'objectif utilisé. On notera le centre optique de l'objectif O et la valeur précédemment trouvée sera notée OA.

B.1.4. Que se passerait-il si l'on se plaçait à une distance inférieure à celle de OA ?

On se place donc à la distance de mise au point minimale avec un objectif de focale $f' = 30$ mm.

B.1.5. Vérifier par le calcul que la position du capteur est telle que : $\overline{OA'} = 32,8$ mm .

B.1.6. Connaissant les dimensions du capteur vérifier que :

B.1.6.1. La largeur notée $A_L B_L$ du détail du tableau pouvant être photographiée à chaque cliché est égale à 238 mm.

B.1.6.2. La hauteur notée $A_H B_H$ du détail du tableau pouvant être photographiée à chaque cliché est égale à 159 mm.

B.1.7. En déduire le nombre de clichés à effectuer afin d'obtenir une image complète du tableau.

La résolution d'une image est le nombre de pixels par unité de longueur.

B.1.8. Compte tenu des caractéristiques du capteur et des dimensions du détail photographié à chaque cliché, déterminer :

B.1.8.1. La résolution en points par millimètre de l'image numérique obtenue.

B.1.8.2. La résolution en dpi* de l'image numérique obtenue.

Données :

Formules de conjugaison et de grandissement d'une lentille : $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'}$; $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$

*Le dpi est le nombre de points par pouce : On donne 1 pouce = 2,54 cm

B.2. Analyse radiographique

Les rayons X font partie des ondes électromagnétiques de haute fréquence. Leur longueur d'onde est comprise approximativement entre 5.10^{-3} et 10 nanomètres. Étant donné la richesse d'informations dévoilées par ces rayons, leur utilisation est primordiale dans l'analyse d'œuvres d'art.

Les rayons X sont capables de traverser l'ensemble des éléments constitutifs d'un tableau pour atteindre une plaque sensible. Seule une partie d'entre eux atteint cette plaque.

L'absorption par le tableau est d'autant plus importante que le numéro atomique (Z) des éléments présents dans ses constituants est élevé.

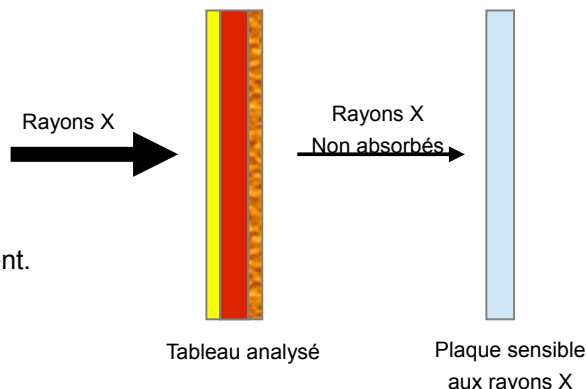
Le travail du peintre est ainsi révélé dans toute sa profondeur, mettant en valeur les hésitations successives et autres repentirs du peintre.

Ces rayons révèlent la constitution du support, les repeints éventuels au cours du temps ainsi que les fissures microscopiques dues au vieillissement.

Données :

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$$

$$c = 3,00.10^8 \text{ m.s}^{-1}$$



La radiographie dévoile les hésitations du peintre



Les rayons X dévoilent que le septième convive en partant de la droite du tableau (le moine barbu et vêtu de noir), dont on n'aperçoit que le visage et l'épaule, a été ajouté au dernier moment. Véronèse a en effet profité de l'espace entre les têtes des deux ecclésiastiques barbus qui l'entourent afin de pouvoir insérer cet "invité de dernière minute" : il s'agirait du nouveau prieur de San Giorgio, nommé en 1564, après l'achèvement du tableau.



www.cnrs.fr, les Noces de Cana, histoire d'un repeint

www.ciram-art.com/cariboost_files/03_20-20Tableaux_203_20-20Noces_20de_20Cana.pdf

B.2.1. Les rayons X sont des rayonnements de même nature que la lumière. Quelle est la nature de ces rayonnements ?

La longueur d'onde de ces rayonnements est donnée par la relation : $\lambda = \frac{c}{f}$

B.2.2. Donner le nom de chacune des grandeurs physiques présentes dans cette relation et préciser l'unité correspondante.

B.2.3. Vérifier que les fréquences des rayons X ont des valeurs comprises entre $f_1 = 3.10^{16}$ Hz et $f_2 = 6.10^{19}$ Hz.

B.2.4. Sachant que les fréquences du spectre visible sont de l'ordre de 10^{14} Hz, justifier à l'aide d'un calcul simple l'appellation « d'ondes électromagnétiques de haute fréquence » donnée aux rayons X dans le texte.

B.2.5. Situer sur l'axe orienté présenté en **figure 2 de l'annexe 2**, le domaine des rayons X.

B.2.6. Quelle grandeur influe sur l'absorption des rayons X traversant un tableau ?

B.2.7. Quelles informations peuvent être révélées lors de l'analyse d'un tableau grâce aux rayons X ?

La restauration est un moment privilégié pour l'étude d'une œuvre.

B.2.8. Quelle information précieuse et inattendue a été révélée par les rayons X lors de la restauration des « Noces de Cana » ?

Partie C : Analyse stratigraphique des couches de peinture

Lors de la restauration du tableau « Les Noces de Cana », un problème majeur est apparu lors de l'allègement du vernis : la coloration rouge du manteau de l'Intendant.

C.1. Les solvants des vernis

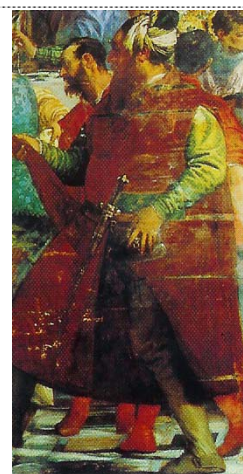
L'Intendant du festin : un début de restauration surprenant ...

Le problème s'est manifesté par un comportement singulier du rouge lors du nettoyage : le mélange de solvants utilisé pour l'allègement des vernis jaunés (acétate d'éthyle et éthanol en proportion égale), inoffensif pour les autres couches de couleur du tableau, s'est révélé actif sur ce rouge.

Un vert sous-jacent, insensible aux mêmes solvants, est apparu dans le premier sondage effectué sur l'épaule gauche. Malgré la petitesse de la surface visible, ce vert paraissait modulé en diverses nuances et travaillé avec de légers empâtements.

Par ailleurs, un examen attentif à l'œil nu ou à la loupe révéla que le rouge suivait maladroitement les contours du manteau : du vert était visible en divers emplacements mal recouverts.

Dans d'autres parties au contraire, le rouge débordait abusivement hors du vêtement. Ce manque de soin paraissait difficilement compatible avec une exécution de Véronèse.



www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosart/decouv/cana/definition.html

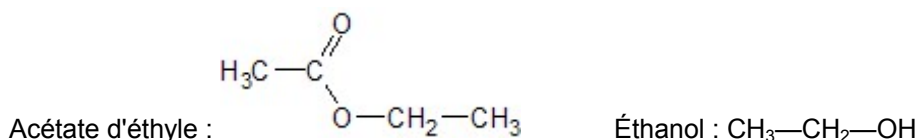
Apport des méthodes d'analyse scientifique pour la connaissance d'une œuvre et l'élaboration d'un constat d'état, peintures de chevalet – part 3 « Les Noces de Cana », Véronèse, 1563, CIRAM (Laboratoire Scientifique pour l'Art et le Patrimoine Culturel)

C.1.1. Quel était le rôle attendu du solvant utilisé lors de la restauration de ce tableau?

C.1.2. Cependant qu'a-t-il permis de mettre en évidence ?

C.1.3. Citer un exemple de solvant naturel couramment utilisé en peinture.

Le solvant utilisé lors de la restauration est un mélange d'acétate d'éthyle et d'éthanol.



C.1.4. À quelles familles chimiques appartiennent ces deux composés ?

L'acétate d'éthyle est obtenu par réaction entre l'éthanol et l'acide éthanóique de formule CH_3-COOH . La réaction entraîne également la formation de molécules d'eau.

C.1.5. Écrire l'équation de la réaction de formation de l'acétate d'éthyle.

C.2. Analyse stratigraphique

Pour mener la restauration avec précision tout en respectant la pensée de l'artiste, il a été décidé de réaliser une analyse stratigraphique du tableau au niveau du manteau de l'intendant.

Cette analyse consiste à prélever un échantillon de la couche picturale à l'aide d'une aiguille creuse puis d'observer la coupe transversale obtenue au microscope. On obtient alors un cliché des différentes couches de peinture appliquées sur l'œuvre. Ce cliché est donné en **annexe 3**.

Cet échantillon a été analysé grâce à l'AGLAÉ (Accélérateur Grand Louvre pour l'Analyse Élémentaire) en utilisant la technique PIXE (Particle Induced X-ray Emission). Cette méthode permet d'établir la composition du pigment analysé en éléments chimiques majeurs, mineurs et sous forme de traces. Les courbes PIXE obtenues sont données en **annexe 3**.

C.2.1. D'après la coupe stratigraphique donnée en annexe 3, quelle était la couleur d'origine du manteau ?

Pour atténuer l'effet sombre du pigment vert-gris, on ajoutait un pigment jaune.

C.2.2. Quel type de synthèse de couleurs a-t-on alors réalisé ?

C.2.3. D'après les courbes PIXE, quel est l'élément chimique prépondérant présent à la fois dans le pigment vert et le pigment jaune ?

C.2.4. Cet élément est-il encore présent dans les peintures utilisées actuellement ? Justifier la réponse.

C.2.5. En comparant les courbes PIXE d'analyse des pigments présents dans la couche vert foncé, identifier l'élément chimique qui confère à chacun des pigments sa couleur.

Les analyses effectuées ont apporté des éclaircissements à l'équipe de restaurateurs. Néanmoins, elles n'ont pas été suffisantes pour déterminer avec certitude si la couleur rouge du manteau est un repeint ou un repentir de l'artiste. Une équipe constituée des six plus grands spécialistes de Véronèse a été amenée à prendre position pour la couleur verdâtre du manteau.

C.2.6. D'après les informations dont vous disposez (coupe stratigraphique, effet du solvant utilisé, ...), auriez-vous laissé la couleur rouge du manteau de l'intendant ou auriez-vous pris la décision de retrouver la coloration verdâtre ? Argumenter en quelques lignes.

Annexes

Annexe 1

Extrait de la fiche technique de l'appareil photographique

Capteur d'image

Type	CMOS 22,3 x 14,9 mm
Nombre de pixels effectifs	5 196 x 3 464
Nombre total de pixels	Environ 18,0 millions
Ratio de format	3 : 2
Type de filtre couleur	Couleurs primaires

Prise de vue

Modes	Auto, portrait, paysage, prise de vues rapprochée, sport, portrait de nuit, flash débrayé, vidéo, programme, priorité à la vitesse, priorité à l'ouverture, manuel et priorité à la profondeur de champ
Styles d'image	Standard, portrait, paysage, neutre, fidèle, monochrome et défini par l'utilisateur (x3)
Espaces couleurs	S RVB et Adobe RVB

Extrait de la fiche technique de son objectif

Caractéristiques techniques

Image size	APS-C
Focale en équivalent (24x36 mm ²)	24-136
Angle de champ (horizontal, vertical, diagonal)	74° 10' - 15° 25', 53° 30' - 10° 25', 84° 30' - 18° 25'
Construction optique (lentilles/groupes)	17/12
Nombre de lamelles du diaphragme	7
Nombre d'ouverture minimal	3,5 (à 15 mm)
Nombre d'ouverture maximal	22
Distance de mise au point minimale (m)	0,35
Grandissement maximal (x)	0,21 (à 85 mm)
Poids (g)	575

Annexe 2

Figure 1 : Capteur CMOS de l'APN

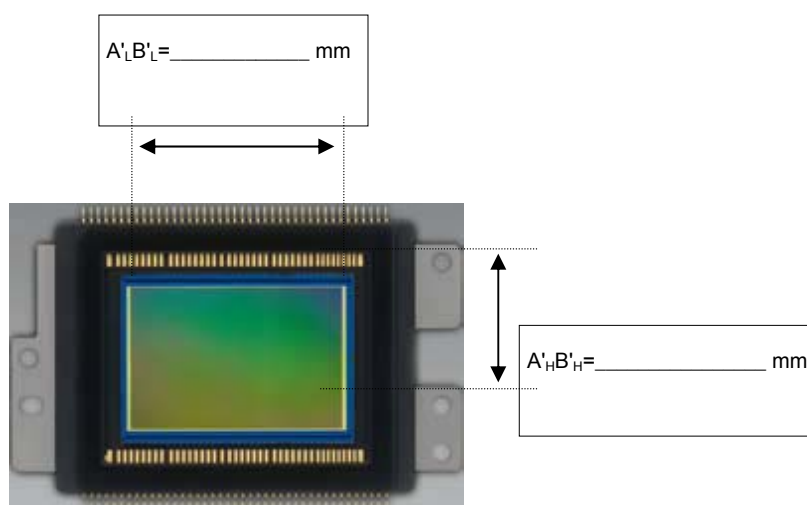
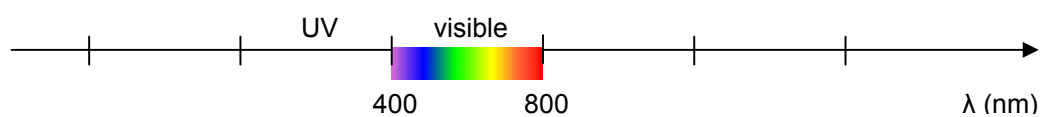
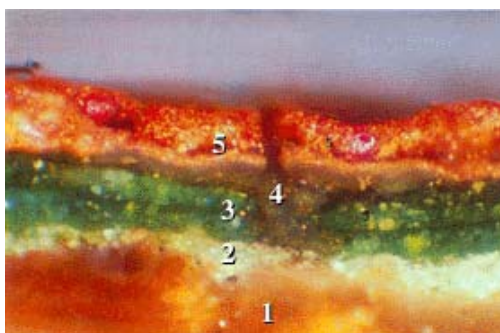


Figure 2 : Domaines de longueur d'onde de quelques ondes électromagnétiques



Annexe 3

Coupe stratigraphique du manteau de l'intendant



1 : Préparation.

2 : Vert clair, épaisseur 0 à 30 μm .

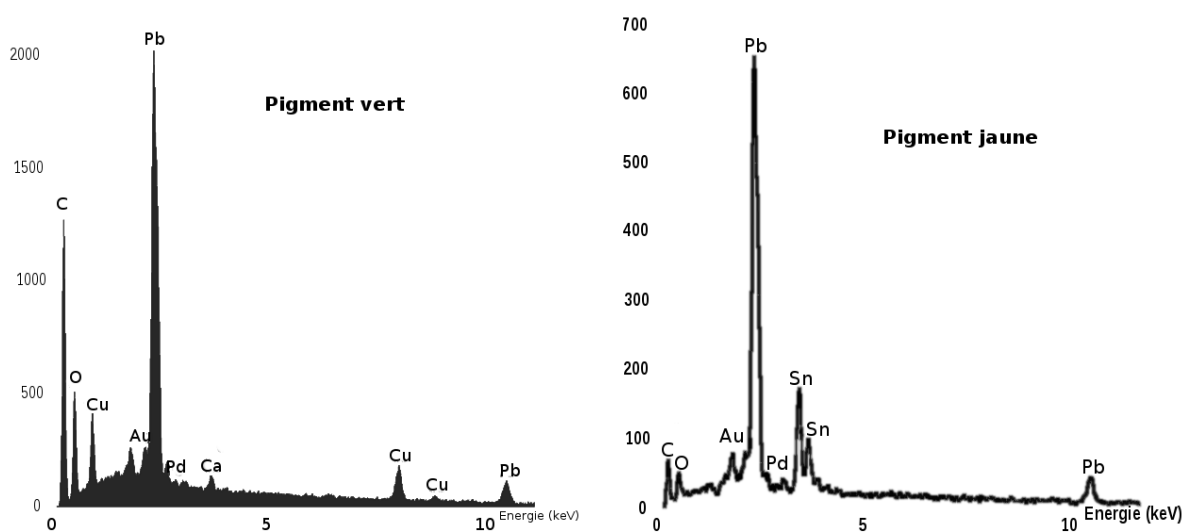
3 : Vert foncé translucide étendu en deux couches ; épaisseur 70 μm .

4 : Matière de transition grisâtre, partiellement présente à la surface de la couche 3 et dans une lacune des couches vertes.

5 : Repeint rouge étendu en deux couches : la première représente la couleur générale du vêtement, la seconde celle du motif ; épaisseur : 70 μm environ.

www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosart/decouv/cana/definition.html

Courbes PIXE d'analyse des pigments présents dans la couche vert foncé (couche n°3)



www.ciram-art.com/cariboost_files/03_20-20Tableaux_203_20-20Noces_20de_20Cana.pdf

Partie A (3,5 pts)

A.1. Cétones conjuguées ou chromophores (0,5 pt)

Notions et compétences attendues du programme (BO spécial n°3 du 17 mars 2011)

- Mettre en évidence le rôle du pH, de l'humidité, de la lumière d'exposition sur la couleur d'un pigment ou d'un colorant.
- Les constituants d'une peinture : pigments, colorants, solvants, formulation.

Compétences transversales évaluées :

- Rechercher, extraire et exploiter des informations

A.2. UV et bleu (0,5 pt)

Notions et compétences attendues du programme (BO spécial n°3 du 17 mars 2011)

- Prévoir et interpréter la couleur observée d'un objet éclairé à partir de la couleur de la lumière incidente et des phénomènes d'absorption, de diffusion et de transmission

Compétences transversales évaluées :

- Rechercher, extraire et exploiter des informations

A.3. Les cétones conjuguées formées absorbent dans le spectre de l'UV jusqu'au bleu. Le tableau renvoie donc le rouge et le vert, ce qui donne son aspect jaunâtre au tableau. (0,5 pt)

Notions et compétences attendues du programme (BO spécial n°3 du 17 mars 2011)

- Prévoir et interpréter la couleur observée d'un objet éclairé à partir de la couleur de la lumière incidente et des phénomènes d'absorption, de diffusion et de transmission

Compétences transversales évaluées :

- Restituer et mobiliser ses connaissances
- Rechercher, extraire et exploiter des informations

A.4. Résine naturelle (0,5 pt)

Compétences transversales évaluées :

- Rechercher, extraire et exploiter des informations

A.5. Les huiles contenant les acides gras les plus insaturées jaunissent plus vite. L'huile de noix jaunit moins que l'huile de lin car elle contient des acides gras moins insaturés que l'huile de lin (0,5 pt)

Notions et compétences attendues du programme (BO spécial n°3 du 17 mars 2011)

- Prévoir et interpréter la couleur observée d'un objet éclairé à partir de la couleur de la lumière incidente et des phénomènes d'absorption, de diffusion et de transmission

Compétences transversales évaluées :

- Rechercher, extraire et exploiter des informations
- Reasonner, argumenter et faire preuve d'esprit critique

A.6. Le vernis protège la couche picturale des agressions extérieures (lumière, humidité,...) (0,5 pt)

Notions et compétences attendues du programme (BO spécial n°3 du 17 mars 2011)

- Mettre en évidence le rôle du pH, de l'humidité, de la lumière d'exposition sur la couleur d'un pigment ou d'un colorant

Compétences transversales évaluées :

- Restituer et mobiliser ses connaissances

A.7. Humidité, ... Système de régulation de l'humidité dans les musées. Vitres anti-UV, ... (0,5 pt)

Notions et compétences attendues du programme (BO spécial n°3 du 17 mars 2011)

- Mettre en évidence le rôle du pH, de l'humidité, de la lumière d'exposition sur la couleur d'un pigment ou d'un colorant

Compétences transversales évaluées :

- Restituer et mobiliser ses connaissances

Partie B (10,5 pts)

B.1. Photographies préliminaires

Notions et compétences attendues du programme (BO spécial n°3 du 17 mars 2011)

- Lentilles minces convergentes
 - Utiliser les formules de conjugaison et de grandissement.
- L'appareil photographique. Réglages.
- L'image numérique.
 - Expliquer le principe du capteur photosensible d'un appareil photographique numérique (APN)
 - Définir le pixel. Exemple de l'appareil photo numérique.
 - Distinguer définition et résolution d'une image numérique ; illustrer par des exemples.

B.1.1. 22,3 x 14,9mm et 5 196 x 3 464 px (0,5 pt)

Compétences transversales évaluées :

- Rechercher, extraire et exploiter des informations

B.1.2. 18 millions de pixel (0,5 pt)

Compétences transversales évaluées :

- Rechercher, extraire et exploiter des informations

B.1.3. 0,35 m (0,5 pt)

Compétences transversales évaluées :

- Rechercher, extraire et exploiter des informations

B.1.4. On ne peut pas faire la mise au point et le sujet est flou. (0,5 pt)

Compétences transversales évaluées :

- Raisonner, argumenter et faire preuve d'esprit critique

B.1.5. Utilisation correcte des formules de conjugaison. (1 pt)

Compétences transversales évaluées :

- Effectuer un calcul numérique

B.1.6.1. Utilisation du grandissement pour trouver AB à partir de A'B', OA et OA'. (0,5 pt)

Compétences transversales évaluées :

- Effectuer un calcul numérique

B.1.6.2. Idem (0,5 pt)

Compétences transversales évaluées :

- Effectuer un calcul numérique

B.1.7. $9\,940 / 238 = 41,8$ de large ; $6\,770 / 159 = 42,6$ de haut, soit $416 \times 419 = 1\,780,7$ clichés (1 pt)

Compétences transversales évaluées :

- Effectuer un calcul numérique

B.1.8.1. 218 ppm (0,5 pt)

Compétences transversales évaluées :

- Effectuer un calcul numérique

B.1.8.2. $218 \times 25,4 = 5537$ dpi (0,5 pt)

Compétences transversales évaluées :

- Effectuer un calcul numérique

B.1. analyse radiographique

Notions et compétences attendues du programme (BO spécial n°3 du 17 mars 2011)

- Les ondes électromagnétiques
 - repérer sur une échelle de longueur d'onde les différents domaines : γ , X, UV, visible, IR, micro-ondes, ondes hertziennes.
- Images de l'invisible
Analyses scientifiques d'œuvres d'art : Rayons X, microscopie électronique, stratigraphie, gammagraphie, accélérateurs de particules, chromatographies, etc.
 - Recueillir et exploiter des documents illustrant et expliquant les principes et les techniques d'examen d'œuvres d'art en vue de leur restauration.

B.2.1. ondes électromagnétiques (0,5 pt)

Compétences transversales évaluées :

- Restituer et mobiliser ses connaissances
- Rechercher, extraire et exploiter des informations

B.2.2. c : célérité dans le vide en m.s^{-1} ; λ : longueur d'onde en mètre ; f : fréquence en hertz (0,5 pt)

Compétences transversales évaluées :

- Restituer et mobiliser ses connaissances

B.2.3. Repérer dans le texte les longueurs d'onde et utilisation correcte de la relation avec les unités.

Calcul des fréquences f_1 et f_2 correct (1 pt)

Compétences transversales évaluées :

- Rechercher, extraire et exploiter des informations
- Effectuer un calcul numérique

B.2.4. Les rayons X ont une fréquence entre 10^2 et 10^5 fois plus élevée que celles des ondes lumineuses visibles (0,5 pt)

Compétences transversales évaluées :

- Raisonner, argumenter et faire preuve d'esprit critique
- Effectuer un calcul numérique

B.2.5. longueurs d'onde plus faibles que celles des UV (0,5 pt)

Compétences transversales évaluées :

- Restituer et mobiliser ses connaissances

B.2.6. Absorption augmente avec Z (0,5 pt)

Compétences transversales évaluées :

- Rechercher, extraire et exploiter des informations

B.2.7. Constitution du support, repeints, repentirs, fissures microscopiques (0,5 pt)

Compétences transversales évaluées :

- Rechercher, extraire et exploiter des informations

B.2.8. Un invité a été ajouté à la dernière minute car celui-ci a été nommé après l'achèvement du tableau. (0,5 pt)

Compétences transversales évaluées :

- Rechercher, extraire et exploiter des informations
- Communiquer

Partie C (6 pts)

C.1. Les solvants des vernis

Compétences attendues du programme (BO spécial n°3 du 17 mars 2011)

- Images de l'invisible
Analyses scientifiques d'œuvres d'art : Rayons X, microscopie électronique, stratigraphie, gammagraphie, accélérateurs de particules, chromatographies, etc.
 - Recueillir et exploiter des documents illustrant et expliquant les principes et les techniques d'examen d'œuvres d'art en vue de leur restauration

C.1.1. Dégraisser, alléger le vernis (0,5 pt)

Compétences transversales évaluées :

- Restituer et mobiliser ses connaissances

C.1.2. Une couche de peinture rouge avait été posée sur une couche de peinture verte initiale. (0,5 pt)

Compétences transversales évaluées :

- Rechercher, extraire et exploiter des informations

C.1.3. Essence de térébenthine (0,5 pt)

Compétences transversales évaluées :

- Restituer et mobiliser ses connaissances

C.1.4. Ester et alcool (Fait appel aux compétences de première dans le chapitre polymères ainsi qu'en terminale dans le chapitre sur les solvants) (0,5 pt)

Compétences transversales évaluées :

- Restituer et mobiliser ses connaissances

C.1.5. Savoir poser une équation en séparant réactifs et produits (fait appel aux compétences à maîtriser dès la classe de seconde) (0,5 pt)

Compétences transversales évaluées :

- Reasonner, argumenter et faire preuve d'esprit critique

C.1. Analyse stratigraphique

Compétences attendues du programme (BO spécial n°3 du 17 mars 2011)

- Images de l'invisible

Analyses scientifiques d'œuvres d'art : Rayons X, microscopie électronique, stratigraphie, gammagraphie, accélérateurs de particules, chromatographies, etc.

- Recueillir et exploiter des documents illustrant et expliquant les principes et les techniques d'examen d'œuvres d'art en vue de leur restauration

C.2.1. Origine : vert, repeint en rouge (0,5 pt)

Compétences transversales évaluées :

- Rechercher, extraire et exploiter des informations

C.2.2. Synthèse soustractive car mélange de pigments (0,5 pt)

Compétences transversales évaluées :

- Restituer et mobiliser ses connaissances

C.2.3. Le plomb (Pb) (0,5 pt)

Compétences transversales évaluées :

- Rechercher, extraire et exploiter des informations

C.2.4. Non car il est toxique, saturnisme (0,5 pt)

Compétences transversales évaluées :

- Restituer et mobiliser ses connaissances
- Communiquer

C.2.5. Le cuivre, (éventuellement le calcium) pour le pigment vert / L'étain (Sn) pour le pigment jaune. En effet, on trouve les éléments C, O, Au, Pb dans les deux pigments. (0,5 pt + 0,5 pt)

Compétences transversales évaluées :

- Rechercher, extraire et exploiter des informations
- Reasonner, argumenter et faire preuve d'esprit critique

C.2.6. Libre avec argumentation en fonction des réponses précédentes et de la doc fournie. (0,5 pt)

Compétences transversales évaluées :

- Reasonner, argumenter et faire preuve d'esprit critique
- Communiquer