

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

SESSION 2018

Série STD2A

Sciences et Technologies du Design et des Arts Appliqués

PHYSIQUE CHIMIE

Épreuve du 25 juin 2018

Durée de l'épreuve : 2 heures

Coefficient : 2

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies.

IMPORTANT

Ce sujet comporte 8 pages numérotées de 1/8 à 8/8.

Assurez-vous qu'il est complet ; s'il est incomplet, veuillez le signaler au surveillant de la salle qui vous remettra un autre exemplaire.

L'énigme Vermeer

Une exposition intitulée « *Vermeer et les maîtres de la peinture de genre* » a été organisée au musée du Louvre du 22 février au 22 mai 2017. Johannes Vermeer, peintre néerlandais né en 1632 et décédé en 1675, a révolutionné la peinture. Dans l'un de ses célèbres tableaux, « *La Laitière* », l'aspect réaliste est saisissant. Ce tableau, sous plusieurs aspects, ressemble à une photographie : on se demande si le peintre n'aurait pas utilisé du matériel d'optique pour réaliser son œuvre. Cependant, il n'y a aucune preuve écrite ; c'est une énigme, « *L'énigme Vermeer* ».

Le but de ce sujet est d'étudier des techniques qui auraient pu être utilisées par Vermeer, aussi bien du point de vue de l'optique que de celui de l'enregistrement de l'image, en s'appuyant sur des documents et une modélisation.

Document 1 – « *La Laitière* » et « *Vue de Delft* » de Vermeer.



La Laitière



Vue de Delft

Le tableau « *La Laitière* » a été peint entre 1658 et 1659. Le tableau « *Vue de Delft* » (Delft est une ville fluviale hollandaise) a été peint entre 1659 et 1660.

Document 2 - Vermeer et le mystère de la chambre noire.

Lorsque Vermeer peint « *La Laitière* », il est encore un tout jeune peintre. C'est un de ses plus célèbres tableaux. Cette composition fourmille d'indications pour les experts qui traquent le secret de la technique de Vermeer. Toute leur attention s'est d'abord fixée sur la trame lumineuse disposée devant tous les objets situés au premier plan de la toile : le pain, la corbeille, le pichet de grès bleu. Ils se sont aperçus que cette fameuse trame lumineuse rendait tous ces objets presque flous, alors qu'au deuxième plan, le clou sur le mur et la panier d'osier sont d'une netteté parfaite. Comme si une mise au point avait été faite sur le plan le plus éloigné ! D'où l'hypothèse maintes fois formulée, mais jamais jusqu'à aujourd'hui réellement prouvée : et si Vermeer avait utilisé la chambre noire (*camera obscura*) pour rendre cet effet stupéfiant ? La chambre noire est l'ancêtre de l'appareil photographique. Il s'agit d'une boîte dans laquelle la lumière pénètre seulement par un petit trou. [...]. Ce procédé a été révélé au début du XI^e siècle par le père de l'optique moderne, le savant Ibn al-Haytham. Léonard de Vinci le décrit avec beaucoup de précision dans son « *Traité de la peinture* ».

D'après <http://www.lefigaro.fr>

Partie A - Une première reconstitution de la « chambre noire » de Vermeer (7 points)

La chambre noire est une boîte ou une pièce dont l'intérieur est noir et mat (afin d'éviter toute réflexion des rayons de lumière) et dont l'une des faces est percée d'un trou appelé « sténopé ». Ce trou laisse entrer la lumière à l'intérieur de la chambre noire. Le matériau percé doit être très mince et le trou très petit pour que l'image soit nette.

A.1. En 1550, le mathématicien, médecin et astrologue italien Gerolamo Cardano (1501-1576) équipe le sténopé d'un disque de verre. Ce disque permet de concentrer les rayons lumineux, de donner une image beaucoup plus précise et lumineuse, d'autant plus lumineuse que son diamètre est grand.

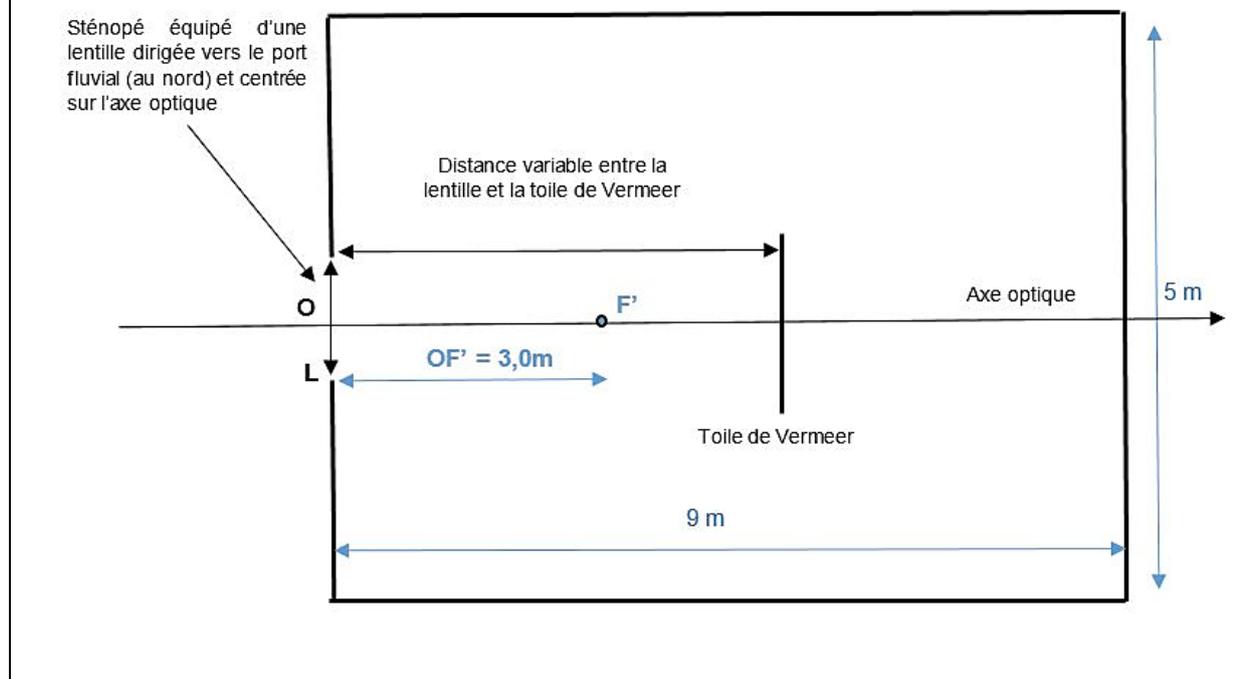
A.1.1. Donner le nom du matériel de laboratoire correspondant au disque de verre utilisé par Cardano.

A.1.2. Donner le principal constituant du verre minéral.

A.1.3. Le verre est transparent à cause de sa structure « amorphe ». Préciser la signification du terme « amorphe ».

Le document 3 donne le schéma d'une vue de côté de la chambre noire qu'aurait pu utiliser Vermeer pour réaliser sa célèbre « *Vue de Delft* ». Sur ce schéma figurent la lentille L de centre optique O ainsi que les positions possibles de la toile du maître.

Document 3 – Reconstitution de la chambre noire telle qu’aurait pu l’utiliser Vermeer.



Données :

Formule de conjugaison pour une lentille mince : $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'} = \frac{1}{f'}$

Formule du grandissement : $\gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA}$

A.2. On s’intéresse à la construction géométrique de l’image A'B' d’un objet AB, perpendiculaire à l’axe optique, par la lentille L. AB est un objet de hauteur égale à 2,0 m placé à la distance de 10,0 m de L, à sa gauche. A est situé sur l’axe optique.

Schématiser sur la copie l’axe optique, la lentille L, le centre optique O, le foyer image F' et le foyer objet F de la lentille L. Placer l’objet AB et construire son image A'B' en traçant au moins deux rayons particuliers.

Pour cette construction, une longueur de 1,0 m dans la réalité sera représentée par une longueur de 1,0 cm sur la copie.

A.3. Déterminer par le calcul la position et la taille de l’image A'B' de l’objet AB.

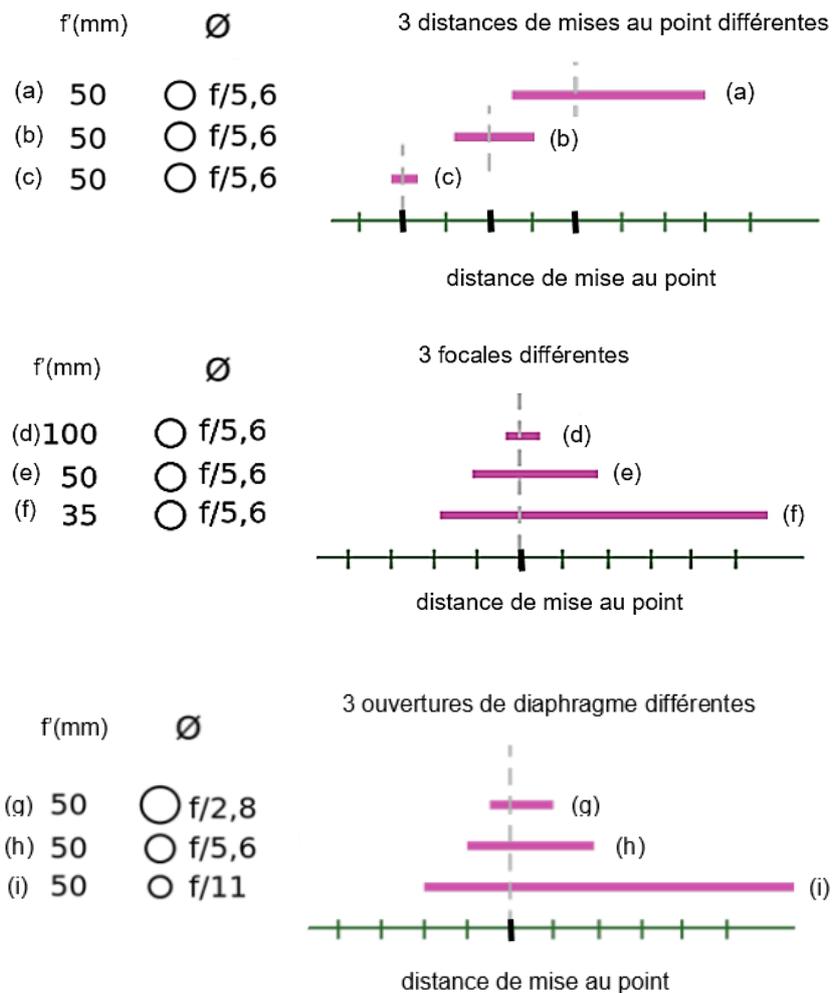
Vermeer place sa toile pour que les images des objets considérés à l’infini (maisons, bateaux...) soient nettes.

A.4. Préciser la position de la toile.

A.5. Pour cette position, indiquer si la nouvelle image de l'objet AB étudié aux questions A.2. et A.3. est nette ou floue.

Partie B - La profondeur de champ (5 points)

Document 4 - Évolution de la profondeur de champ en fonction de différents paramètres : distance de mise au point, focale et ouverture du diaphragme.



D'après Wikipédia

- B.1. Donner la définition de la profondeur de champ et indiquer comment elle est représentée sur le document 4.
- B.2. Extraire du document 4 les trois paramètres qui influencent la profondeur de champ et indiquer dans quel sens ils la font varier.
- B.3. Dans le cas d'un portrait, expliquer comment un photographe peut modifier la profondeur de champ. Préciser quel peut être l'intérêt artistique d'une telle modification.
- B.4. À partir du document 2 et des réponses aux questions précédentes, montrer que Vermeer pourrait avoir utilisé du matériel d'optique pour réaliser ses toiles.

Partie C - Enregistrement de l'image (8 points)

Document 5 - Des points de Vermeer au pointillisme de Seurat.

Les experts ont décelé, en disséquant « *La Laitière* », le secret des extraordinaires « fondus lumineux » obtenus par Vermeer. C'est ici que l'on distingue le mieux la technique consistant à rendre l'éclat lumineux du tableau par la ponctuation de la touche picturale. Sur cette composition, les spécialistes ont observé les mêmes points microscopiques, brillants, qu'ils avaient remarqués dans « *La Lecture de la lettre* », la « *Vue de Delft* » et « *La Dentellière* ». Dans « *La Laitière* », ils scintillent presque blancs sur le pot bleu, la corbeille, les brioches posées sur la table et le tablier de la jeune femme, mais les petits points virent au jaune d'or sur la miche de pain. Cette technique n'a rien de commun avec le pointillisme de Seurat ou de Signac. Chez Vermeer, il n'y a pas de division du ton et juxtaposition de taches comme chez les impressionnistes. Il est probable que Vermeer, de la pointe de son pinceau, ait déposé, avec une minutie horlogère, des gouttes de couleurs claires sur d'autres couleurs sombres.

D'après <http://www.lefigaro.fr>

C.1. À l'époque de Vermeer, on ne pouvait « conserver » l'image qu'en la dessinant ou en la peignant.

C.1.1. Donner les trois principaux constituants d'une peinture à l'huile telle que pouvait l'utiliser Vermeer.

C.1.2. Les « points microscopiques » évoqués dans le document 5 ne peuvent pas être vus par notre œil si l'on regarde le tableau au-delà d'une certaine distance (2 à 3 mètres). Donner le nom de la propriété d'un dispositif imageur (comme l'œil) permettant de distinguer les détails.

C.1.3. Préciser le type de synthèse des couleurs ainsi que les couleurs primaires utilisées par Seurat. Indiquer comment il obtient du jaune à partir de ces couleurs primaires.

C.1.4. Seule une observation minutieuse par des experts a permis de découvrir les tout petits points brillants de Vermeer. Préciser le rôle de ces points. Expliquer en quoi leur présence permet de donner un argument supplémentaire en faveur de l'utilisation par Vermeer d'un dispositif optique.

C.2. On s'intéresse maintenant à un appareil photographique « Reflex 24 x 36 ».

C.2.1. Donner la signification de ces deux indications.

Dans cette partie, l'appareil photographique « Reflex 24 x 36 » est de type argentique avec une pellicule noir et blanc. L'usage d'une technique reposant sur une action chimique permet la « conservation » de l'image.

Document 6 - Principe de « conservation » de l'image en photographie argentique.

La photographie argentique fait intervenir des microcristaux (ou « grains ») de sels d'argent photosensibles, non solubles dans l'eau. Le bromure d'argent, solide ionique de formule $\text{AgBr}_{(s)}$, contient le cation métallique Ag^+ et l'anion bromure Br^- . En « noir et blanc », le noir est de l'argent solide de formule $\text{Ag}_{(s)}$ et le couple d'oxydoréduction $\text{Ag}^+/\text{Ag}_{(s)}$ est mis en jeu.

Lorsque des cristaux reçoivent de la lumière (quand l'obturateur de l'appareil photographique est ouvert par exemple), des germes d'argent invisibles se forment en leur sein. On obtient alors l'image latente : celle-ci contient des grains avec germes et des grains vierges. On révèle l'image latente lors du développement, à l'aide d'un bain de révélateur, dans l'obscurité. Après un bain d'arrêt qui stoppe l'action du révélateur, on utilise un bain de fixateur, contenant l'ion thiosulfate $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}{}_{(aq)}$, dans lequel les sels d'argent sont solubles, afin d'éliminer les sels d'argent vierges. On peut alors exposer à la lumière, rincer et sécher.

C.2.2. Écrire la demi-équation d'oxydoréduction correspondant à la transformation subie par l'ion argent contenu dans les sels d'argent sous l'effet de la lumière ou du révélateur. Préciser si elle traduit une oxydation ou une réduction.

C.2.3. L'hydroquinone, de formule brute $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_2$, est un révélateur photographique. La demi-équation d'oxydoréduction relative au couple $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_2 / \text{C}_6\text{H}_4\text{O}_2$ est la suivante :



Indiquer si l'hydroquinone est un oxydant ou un réducteur en justifiant la réponse.

C.2.4. Établir l'équation de la réaction – correspondant à la révélation de l'image latente – entre les ions argent d'un grain de sel d'argent ayant reçu de la lumière et l'hydroquinone.

C.3. Dans cette partie, l'appareil photographique Reflex 24 × 36 est de type numérique avec un capteur de 36,3 mégapixels. L'usage d'une technique reposant sur des notions d'électronique permet la « conservation » de l'image.

Données

Pour un pixel, la luminosité et la couleur sont codées sur 256 niveaux pour chaque couleur primaire, de 0 = 00000000 (en base 2) à 255 = 11111111 (en base 2). Les « photosites » sont insensibles à la couleur. Pour les rendre « sensibles » aux couleurs, on place des filtres de couleur primaire devant chacun d'eux. Ce « damier » de filtres est appelé « filtre de Bayer ».

C.3.1. Le capteur est fait d'une matrice de « photosites ». Un « photosite » permet de transformer une forme d'énergie en une autre : indiquer la nature de ces deux formes d'énergie.

C.3.2. La lumière a une double nature, ondulatoire et corpusculaire. Nommer les corpuscules correspondants.

C.3.3. Donner la définition du terme « pixel » en image numérique. Indiquer si un

pixel est identique à un « photosite ». Si cela n'est pas le cas, préciser la différence.

- C.3.4. Déterminer la « définition maximale » d'une image numérique prise avec cet appareil photographique numérique.
- C.3.5. Citer les trois couleurs primaires que l'on trouve sur le « filtre de Bayer ». Préciser avec quel type de synthèse trichromique l'appareil photographique numérique fonctionne.
- C.3.6. Déterminer le nombre de couleurs différentes par pixel qui peuvent être codées avec cet appareil photographique.
- C.3.7. Déterminer le nombre d'octets nécessaires pour coder un pixel. En déduire le « poids » du fichier, en mégaoctets (Mo), correspondant à une photographie prise avec cet appareil photographique en résolution maximale.