

## Exemple n°2 : La Tour Eiffel

### 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

Le sujet comporte deux parties A et B qui sont indépendantes entre elles.

La ville de Paris, dans un souci de valorisation de son patrimoine, lance un concours autour de ses monuments.

Dans le cadre du projet pluridisciplinaire de votre classe de STD2A, la Tour Eiffel a été choisie comme sujet d'étude.

La participation à ce concours est l'un des aspects du projet. Outre la réalisation de photographies de ce monument, vous vous intéressez à la problématique de la conservation de la Tour Eiffel.

Au cours de vos recherches, vous trouvez sur le site dédié, le document suivant :

#### Document 1

La tour Eiffel est construite en fer puddlé\*, matériau dont la longévité est quasi éternelle pour peu qu'il soit repeint régulièrement ! [...]

La peinture appliquée en 2002 et en 2009 est une formule sans pigments de plomb, remplacés par du phosphate de zinc comme agent anticorrosion, et plus résistante à la pollution atmosphérique.

De plus, des tests de peinture aux composés organiques volatils et quasi dépourvue de solvant ont été effectués lors de la campagne 2009 en vue de répondre aux normes environnementales mondiales qui seront imposées après 2012.

\* Le fer puddlé contient très peu de carbone ; il est donc mécaniquement sain et plus facile à travailler que l'acier.

Source : [www.tour-eiffel.fr/tout-savoir-sur-la-tour-eiffel/dossiers\\_thematiques/97.html](http://www.tour-eiffel.fr/tout-savoir-sur-la-tour-eiffel/dossiers_thematiques/97.html)

Intrigué par le contenu de cet article, vous poursuivez votre investigation en vous documentant sur les peintures anticorrosion avant de réaliser les photographies du monument.

## Document 2 : Principaux constituants des peintures

Les peintures à séchage air ou four sont des préparations formulées à partir de matières premières tels que liants (polymères), matières pulvérulentes<sup>(1)</sup> (pigments et matières de charges), d'additifs. Elles permettent la protection et la décoration des subjectiles<sup>(2)</sup> métalliques.

Ces peintures sont des préparations liquides ou pulvérulentes obtenues après dispersion dans le liant de différentes matières dont les principales sont présentées succinctement :

**Composant A** : Macromolécules synthétisées en milieu solvant et/ou aqueux qui constituent la partie non volatile du milieu de suspension [...], confèrent donc les propriétés mécaniques et physico-chimiques aux revêtements filmogènes [...]

**Composant B** : Substances minérales ou organiques pulvérulentes non volatiles, pratiquement insolubles dans les milieux de suspension habituels, utilisées en raison de certaines de leurs propriétés optiques, protectrices ou décoratives, généralement présentes sous forme de fines particules [...]

**Composant C** : Substances pulvérulentes, pratiquement insolubles dans les milieux de suspension souvent blanches ou faiblement colorées [...] qui entrent dans la formulation des peintures en raison de certaines de leurs propriétés physiques ou chimiques [...]

**Composant D** : Constituants liquides, volatils dans les conditions normales de séchage, et qui permettent de solubiliser totalement le liant ou le mélange de liants même à forte concentration [...]

**Composant E** : Substances minérales ou de synthèse souvent incorporées à faible dose dans les peintures afin d'améliorer certaines propriétés lors de leur fabrication et/ou de leur conservation et/ou de leur application.

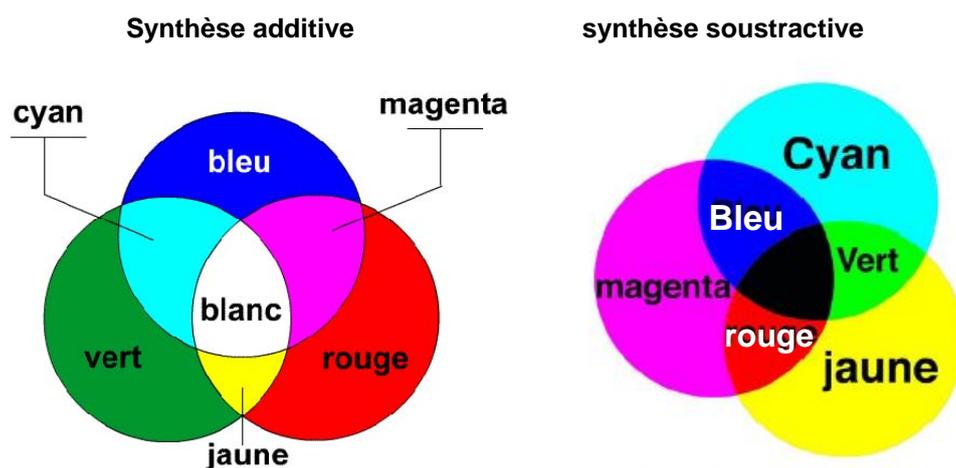
(1) Sous forme de poudre.

(2) Un subjectile est une surface qui reçoit une couche de peinture.

Extrait d'un article rédigé par JC LAOUT

source : [www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/materiaux-th11/peintures-et-colorants-42567210/protection-et-decoration-par-peinture-m1505](http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/materiaux-th11/peintures-et-colorants-42567210/protection-et-decoration-par-peinture-m1505)

## Document 3 :



#### Document 4 : Peintures anticorrosion : mode d'action des pigments

Pour renforcer la protection des subjectiles métalliques, les fabricants de peinture dispersent, au sein du liant, des pigments anticorrosion. L'ajout de ces matières pulvérulentes permet d'augmenter la pérennité des matériaux.

Plusieurs mécanismes sont proposés selon la nature chimique et le mode d'action des pigments : inhibition par effet barrière, inhibition par passivation, inhibition cathodique.

##### Inhibition par passivation :

Cette inhibition consiste à isoler la surface du métal par création d'un composé lié chimiquement au métal. Elle est obtenue avec des pigments anticorrosion, de la famille des chromates par formation d'une couche d'oxyde en surface du métal, de la famille des phosphates par formation d'une couche barrière mixte de phosphate de zinc et de fer lié au métal et précipitation de phosphates de zinc et de fer [...] ]

##### Inhibition par protection cathodique :

La protection cathodique est obtenue par l'utilisation d'un métal plus réducteur que celui que l'on souhaite protéger. Ainsi lors de l'application de la peinture riche en poussière de zinc sur de l'acier, le zinc joue le rôle d'anode et l'acier celui de cathode. Ce qui signifie que le zinc se corrodera préférentiellement à l'acier, donc qu'il assurera sa protection [...]

Source : [www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/materiaux-th11/peintures-et-colorants-42567210/protection-et-decoration-par-peinture-m1505](http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/materiaux-th11/peintures-et-colorants-42567210/protection-et-decoration-par-peinture-m1505)

#### Document 5 :

Dénomination	Couleur	Inhibition	Utilisation dans	pictogrammes
Phosphate de zinc	Blanche	Par passivation	Anticorrosion sur acier	
Chromate de zinc	Jaune	Par passivation par oxydation	Anticorrosion sur acier	  
Ferrite de calcium	Marron	Réduction de la perméabilité du film à l'eau	Anticorrosion sur acier	
Poussière de zinc	Grise	Cathodique	Anticorrosion sur acier/acier galvanisé	
Aluminium pelliculant	Métallique	Effet barrière	<ul style="list-style-type: none"><li>• Peintures hautes températures</li><li>• Peintures métallisées</li></ul>	

## Partie A : Lutte contre la corrosion et respect de l'environnement

---

En vous appuyant sur les documents ci-dessus, répondre aux questions suivantes :

### A.1. Les constituants d'une peinture

**A.1.1.** Attribuer à chacun des composants A, B, C, D et E du document 2 le terme approprié, choisi parmi la liste suivante : solvant, pigment, liants, additifs, charges.

**A.1.2.** Quel autre terme est utilisé dans ce document pour désigner les « macromolécules » ?

**A.1.3.** Donner les étapes physico-chimiques du séchage d'une peinture.

Certaines peintures anticorrosion nécessitent un séchage, à haute température dans un four, durant lequel le film de peinture est « cuit ». Autrement dit, d'autres macromolécules se forment durant cette cuisson, permettant alors le durcissement du film.

**A.1.4.** Quelle hypothèse pouvez-vous formuler quant au comportement thermique de la matière plastique constituant ce type de peinture ?

**A.1.5.** Quelle propriété physique justifie le terme pigment employé pour désigner la matière colorante incorporée dans une peinture ?

Tous les sept ans, une campagne de peinture est entamée et la Tour Eiffel se refait une beauté.

**A.1.6.** Si on remplaçait l'agent anticorrosion utilisé en 2002 par un pigment au chromate de zinc, quelle serait la couleur du pigment à ajouter à ce chromate de zinc pour restituer à la Tour Eiffel sa couleur rouge des années 50. Justifier la réponse.

**A.1.7.** Quelle réserve formuleriez-vous quant à l'utilisation du chromate de zinc ?

### A.2. La protection contre la corrosion

Sans protection, la Tour EIFFEL (appelée aussi la Dame de Fer) subirait des dégradations du fait de la corrosion.

La corrosion du fer engendre la formation d'un mélange complexe d'oxydes et d'hydroxydes de fer.

**A.2.1.** Quel nom donne-t-on à ce mélange complexe ?

Donner une caractéristique de ce mélange.

**A.2.2.** Nommer le mode d'action du pigment anticorrosion incorporé dans la peinture utilisée en 2009 pour la Tour Eiffel. Expliciter en quelques lignes ce mode d'action.

**A.2.3.** Il existe divers pigments anticorrosion, chacun ayant un mode d'action différent. Le procédé par protection cathodique aussi appelé « procédé à anode sacrificielle » met en jeu un pigment riche en poussière de zinc.

**A.2.3.1.** Justifier le fait qu'un monument contenant du fer puisse être protégé si on utilise une peinture riche en poussière de zinc.

**A.2.3.1.** Écrire l'équation de la réaction ayant lieu à l'anode.

### A.3. Le respect de l'environnement

**A.3.1.** En vous appuyant sur vos connaissances et sur les documents fournis, citer et justifier une amélioration apportée aux peintures utilisées pour la Tour Eiffel.

## Partie B : Photographies de la tour Eiffel

### B.1. Choix d'un appareil photo

Vous disposez de 2 appareils photographiques numériques dont les caractéristiques sont données ci-dessous. L'un est un appareil « réflex », l'autre un « compact ».

#### Données techniques

Caractéristiques	Appareil A	Appareil B
Capteur	CCD	APS CMOS
Taille du capteur (en mm)	4,6 x 6,2	23,5 x 15,6
Stabilisateur capteur	non	oui
Définition maximale	16 Mpixels	16 Mpixels
Focale réelle (focale équivalente en 24x36)	5/25 mm (25/125 mm)	18/70 mm (27/105 mm)
Objectif complémentaire	-	70-200 mm (105-300 mm)
Zoom numérique	x5	x2
Nombres d'ouverture mini/maxi	4/8	3.5/27
Sensibilité ISO	100-3200	100-16000
Mise au point mini/macro	80 cm/5 cm	40 cm/-
Vitesse d'obturation	1/8-1/2000 s	30-1/4000 s
Écran tactile	non	oui
Masse (en g)	170	445 (boitier nu)

**B.1.1.** À quoi correspond la « définition » d'un capteur ?

**B.1.2.** La « définition » du capteur est-elle, dans le cas des deux appareils considérés, un critère de choix ?

**B.1.3.** Identifier l'appareil photographique à visée « réflex » (appareil A ou B). Justifier le choix effectué.

**B.1.4.** En vous appuyant sur les données techniques fournies et sur le document de l'**annexe 1**, justifier l'intérêt de l'utilisation d'un appareil « réflex » par rapport à un appareil « compact ».

**B.1.5.** Citer quelques avantages de l'appareil B par rapport à l'appareil A.

**B.1.6.** Citer un inconvénient de l'appareil B par rapport à l'appareil A.

### B.2. Premier essai

Vous décidez d'utiliser l'**appareil photographique numérique B**.

Lors d'un week-end, vous effectuez votre première photographie du monument.

On assimile l'objectif de l'appareil à une lentille mince convergente de centre optique O, de distance focale :  $\overline{OF'} = f' = 18\text{mm}$

Vous vous placez à une distance de 300 m de la Tour Eiffel de hauteur 324 m.

**B.2.1.** Déterminer par le calcul la position de l'image de la Tour Eiffel.

**B.2.2.** Ce résultat était-il prévisible sans calcul ? Justifier la réponse.

**B.2.3.** En déduire la taille de l'image de la Tour Eiffel.

**B.2.4.** Compte tenu de la taille du capteur, à quelle condition la Tour Eiffel apparaîtra-t-elle complètement sur la photographie ?

**B.2.5.** Relever, dans les données techniques, la focale équivalente en format 24x36 de l'objectif 18 mm et en déduire le type d'objectif utilisé pour cette photographie.

En mode automatique, l'appareil indique les réglages suivants :  $1/250$  s et  $f/8$ .

**B.2.6.** Que représentent ces valeurs ?

**B.2.7.** Vous choisissez de mettre l'appareil en mode manuel et vous prenez comme valeur de réglage  $f/16$ . En vous appuyant sur les tableaux ci-dessous, indiquer le réglage à effectuer pour la seconde valeur afin d'avoir la même exposition qu'en mode automatique. Justifier la réponse.

Les valeurs des temps de pose sont les suivantes :

1	1/2	1/4	1/8	1/15	1/30	1/60	1/125	1/250	1/500	1/1000
---	-----	-----	-----	------	------	------	-------	-------	-------	--------

Les valeurs normalisées des nombres d'ouverture sont les suivantes :

2,8	4	5,6	8	11	16	22	32
-----	---	-----	---	----	----	----	----

Données : **Formules de conjugaison et de grandissement d'une lentille**

$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'} ; \gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA}$$

### B.3. Comparatif de photographies.

Vous avez l'occasion de voir deux photographies prises par d'autres élèves de la classe. Ces photographies sont données **en annexe 2**.

Cependant, vous soupçonnez vos camarades de ne pas avoir pris eux-mêmes ces dernières. Pour le vérifier, vous décidez de les interroger et vous leur posez la question suivante :

« A quelle distance de la Tour Eiffel t'es-tu placé pour prendre cette photographie et quel type d'objectif as-tu utilisé ? ».

- Réponse de l'élève 1 : « Objectif standard à 300 mètres environ ».
- Réponse de l'élève 2 : « Un objectif grand angle fish-eye à 50 mètres ».

**B.3.1.** Les réponses des deux élèves sont-elles plausibles ? Argumenter dans chacun des cas.

### B.4. Préparation de l'exposition.

Le grand jour est bientôt arrivé ! Un des clichés de votre planche d'essai est sélectionné par les élèves de votre classe et vous décidez de l'exposer dans le plus grand format admis pour le concours: 90 cm (horizontalement) sur 135 cm (verticalement) en mode portrait.

Or, un de vos camarades vous dit : « Je pense que ta photo n'aura pas une assez bonne résolution. À un mètre, on verra forcément les pixels. ».

Pris d'un doute et avant d'effectuer le tirage de la photographie, vous faites des calculs pour vérifier cette affirmation.

**B.4.1.** Définir la résolution d'une image numérique.

**B.4.2.** L'image comporte 3264 pixels horizontalement et 4912 pixels verticalement. Quelle est la résolution de cette image dans le format choisi pour l'exposition ?

Avec la résolution trouvée **en 0.**, la distance minimale d'observation à partir de laquelle on ne distingue plus les pixels est égale à 117 cm.

**B.4.3.** L'affirmation de votre camarade est-elle correcte ? Justifier la réponse.

**B.4.4.** Quelle décision prenez-vous en ce qui concerne le format à choisir pour l'exposition ?

## Annexes

### Annexe 1

#### La taille des capteurs photo

Du temps de l'argentique, le capteur photographique était le même pour (quasiment) tout le monde : la pellicule 24 x 36 mm était omniprésente, des plus simples des compacts aux plus avancés des reflex. Ce n'est plus le cas avec le numérique, et on entend souvent dire qu'un « capteur de reflex », beaucoup plus grand, est bien meilleur. Examinons quelques facteurs d'influence :

#### Principale influence : la sensibilité (photo 1)

Un capteur est composé d'un grand nombre de photosites, des éléments qui transforment la lumière en courant électrique. Chaque photosite peut donc être vu comme un minuscule panneau solaire captant la lumière d'une couleur primaire (rouge, vert ou bleu).

Cela paraît logique : un grand panneau solaire capte plus de soleil qu'un petit, et donc fournit plus d'électricité. À quelques détails techniques près, ce phénomène se produit également sur les photosites. Il est évident que si l'on entasse 12 millions de photosites sur un capteur d'environ 4,5 x 6 mm chaque photosite sera beaucoup plus petit que si on en met le même nombre sur un capteur de 15 x 23 mm

Or, si le courant est trop faible, on ne peut pas le mesurer avec précision. Il faut l'amplifier, ce qui augmente les petites erreurs aléatoires qu'il transporte.

Et, au final, on obtient des images « bruitées » : dans l'exemple ci-dessus (photo 1), voyez comme l'image du bas est granuleuse. À l'inverse, un courant fort n'aura pas besoin d'être amplifié et pourra être mesuré plus efficacement ; le bruit sera nettement plus faible.

Photo 1

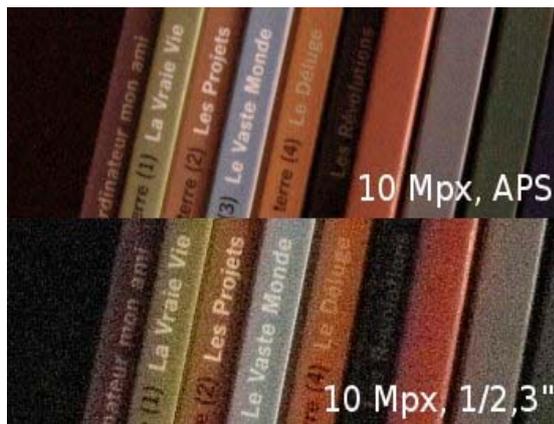


Photo 2



Copyright **Factory 11** tous droits réservés

Source : [www.lesnumeriques.com/appareil-photo-numerique/taille-capteurs-photo-a790.html](http://www.lesnumeriques.com/appareil-photo-numerique/taille-capteurs-photo-a790.html)

**Photo 1** Même définition, même sensibilité (1600 ISO), mais taille de capteur différente : reflex APS en haut, compact en bas.

**Photo 2** : taille de capteur différente : compact à gauche, reflex APS à droite.

#### Seconde influence : la profondeur de champ (photo 2)

Ici, la mise au point est dans les deux cas faite sur le nez de l'individu ; les deux images sont réalisées à la même distance, avec le même cadrage ( focale équivalente à 105 mm) et la même ouverture (f/5), avec un compact à capteur 1/2,3" à gauche et un reflex à capteur APS à droite.

Dans le premier cas, l'arrière-plan attire l'œil et peut être gênant. Dans le second, l'œil est attiré sur le visage par la netteté et ignore l'arrière-plan.

## Annexe 2

### Photographie n°1



© Michel Hasson

### Photographie n°2



Ludovic Jany ([http://imagine.ac-montpellier.fr/pmi\\_imagehd.php](http://imagine.ac-montpellier.fr/pmi_imagehd.php), CC - BY-NC-SA)