

Chapitre Mat-7

La réaction des matériaux avec l'air – Oxydation des métaux

Quand la science vient à la rencontre des arts, T.P. ART ET CHIMIE



Monsieur ARTUS est un artiste qui utilise du fer pour réaliser des sculptures. On lui a commandé deux œuvres qui seront exposées à l'extérieur. Une sera située dans la région littorale et l'autre en région parisienne.

Monsieur ARTUS s'inquiète du devenir de ses sculptures, aussi il aimerait que vous effectuiez des tests pour savoir comment elles vont évoluer dans le temps.

Remarque : les statues seront modélisées par de la laine de fer.

Simulation des conditions humides	Simulation des conditions très humides
Région littorale	Région littorale
Région parisienne	Région parisienne

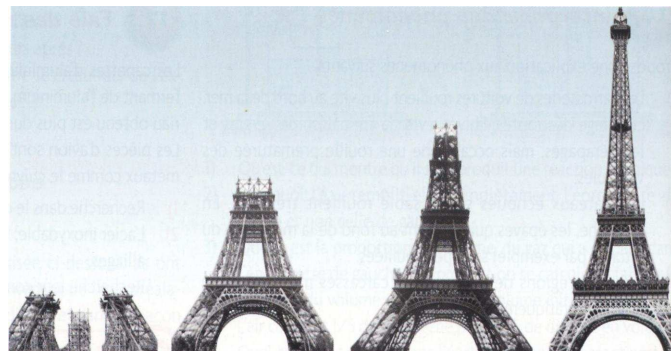
1- LA CORROSION DU FER

Activité documentaire :

Les constructions métalliques, LA TOUR EIFFEL (Paris)

Le développement de la métallurgie au XIX^{ème} siècle a entraîné une révolution dans l'architecture. La pierre et le bois ont cédé leur place à l'acier pour la construction de charpente, de ponts et de viaduc. La tour Eiffel est un exemple monumental du savoir faire de cette époque.

Commencé le 1^{er} Juillet 1887, la construction de la tour s'achève le 1^{er} mars 1889 pour l'Exposition Universelle de Paris. LA tour domine alors le Champs de Mars de ses 312m. C'est, pour de nombreuses années, le plus haut monument du monde. Sa masse totale est de 10 000 tonnes dont 7 300 tonnes pour la charpente métallique.



Les 18 000 pièces d'acier qui constituent la Tour Eiffel ont été assemblées à l'aide de 2 500 000 rivets, par rivetage à chaud. Un rivet chauffé au rouge est introduit dans le trou préalablement percé dans les deux pièces à assembler. La tige du rivet est aplatie par martelage. En se refroidissant le rivet se contracte et serre fortement les deux pièces.

La tour Eiffel est repeinte tous les sept ans. Pendant quinze mois, vingt-cinq peintre déposent au pinceau 60 tonnes de peinture anti-rouille sur les 200 000m² de surface à protéger. On estime à 15 tonnes la masse de peinture corrodée en sept ans.

De nos jours, les pièces en acier des constructions métalliques sont galvanisées, c'est-à-dire recouvertes d'une fine couche de zinc par immersion dans un bain de zinc en fusion. L'acier galvanisé résiste bien à la corrosion, car le zinc, comme l'aluminium, s'oxyde superficiellement ; la couche d'oxyde formé protège alors le métal de la corrosion.

— Questions —

(1) Pour quelle manifestation la tour Eiffel a-t-elle été construite ?

(2) Pour quelles raisons chauffe-t-on les rivets avant la pose ?

(3) Pourquoi faut-il repeindre régulièrement la tour Eiffel ?

(4) Pourquoi les poteaux téléphoniques sont-ils en acier galvanisés ?

Rappel de Quatrième :

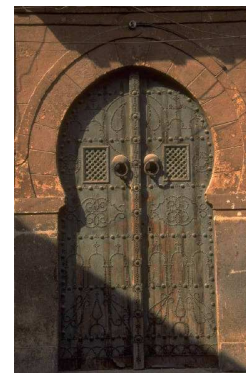
Depuis les expériences de Antoine-Laurent de LAVOISIER (1743-1794) sur l'air, nous savons que : **L'air est un mélange de gaz. Il contient principalement du diazote (N₂) et du dioxygène (O₂), mais aussi de la vapeur d'eau et du dioxyde de carbone en plus faible quantité : 4/5 ou 80% de diazote et 1/5 ou 20% de dioxygène.**

1. Exploitation de l'expérience

Abandonné plusieurs jours dans l'air humide, un morceau de fer se recouvre d'une couche brune appelée **la rouille** (oxyde de fer, Fe₂O₃). **Le métal est ensuite attaqué en profondeur.** On constate que l'eau est montée dans le tube à gaz, environ 1/5 de la hauteur. On retrouve ici la proportion de dioxygène dans l'air : le dioxygène de l'air est le gaz qui a réagi avec le fer.

La formation de la rouille n'est possible qu'en milieu humide (air humide, eau liquide), et elle est favorisée par la présence de sel dans l'eau (sel = chlorure de sodium, NaCl).

La formation de la rouille est une réaction chimique lente. Elle se produit à température ordinaire et nécessite de l'air humide. Elle est plus rapide avec de l'eau salée.



2. Equation de la réaction

En présence d'eau, le fer réagit avec tout le dioxygène disponible pour donner la rouille selon une réaction chimique lente.

(1) Détermination des corps présents

Etat Initial (E.I.)	Etat Final (E.F.)
Fer métal, Fe -- <i>réactif</i>	Fer métal, Fe
Eau liquide, H ₂ O	Oxyde de fer (rouille), Fe ₂ O ₃ -- <i>produit</i>
Chlorure de sodium, NaCl	Eau liquide, H ₂ O
----- Air à l'état gazeux -----	Chlorure de sodium, NaCl
Dioxygène, O ₂ -- <i>réactif</i>	Diazote, N ₂
Diazote, N ₂	

(2) Rédaction de l'équation de réaction

	Réactifs			Produits	
Bilan	fer	+	dioxygène	→	Rouille (oxyde de fer)
Squelette	Fe	+	O ₂	→	Fe ₂ O ₃
Atome O	0		2×3 = 6		3×2 = 6
Atome Fe	1×4 = 4		0		2×2 = 4
Equation bilan	4 Fe	+	3 O₂	→	2 Fe₂O₃

La formation de la rouille est une réaction d'oxydation.

3. Protection du fer contre la corrosion



Les bateau en acier (ou la Tour Eiffel) doivent être repeints pour éviter qu'ils se corrodent.

On peut également recouvrir le fer d'une couche de métal qui ne subit pas de corrosion. Le fer des boîtes de conserve est recouvert par de l'étain : c'est le 'fer blanc'. Quand le fer est mélangé à d'autres métaux (alliage), il peut acquérir une grande résistance à la corrosion : c'est le cas de l'acier inoxydable.



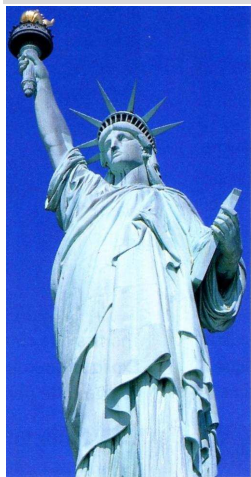
Le fer doit être protégé pour être utilisé dans des milieux oxydants.

11- CORROSION ET PROTECTION D'AUTRES METAUX

1. Corrosion et protection du cuivre

Activité documentaire :

Les constructions métalliques, LA STATUE DE LA LIBERTE (New-York)



La Statue de la Liberté est une oeuvre imaginée par le sculpteur Auguste BARTHOLDI et mise en place par l'ingénieur Gustave EIFFEL (1832-1923) à l'entrée du port de New-York. Haute comme un immeuble de quinze étages, achevée en 1886, elle fut construite en cuivre et en fer. La robe de la stature est ainsi constituée de 300 plaques de cuivre rivées sur une armature en fer. Il fallut 31 tonnes de cuivre et 125 tonnes d'acier pour réaliser ce chef-d'œuvre. A l'origine, la statue de la Liberté était donc de couleur cuivre, mais, soumise aux intempéries, elle s'est colorée en brun foncé, puis s'est recouverte d'une patine vert clair très adhérente, appelée vert-de-gris, qui la protège de toute oxydation ultérieure. Il a donc fallu attendre presque trente ans pour que ce symbole de la liberté revête sa jolie tenue verte.

Ce phénomène s'observe également sur les toits de cuivre de certains monuments, comme celui de l'Opéra de Paris.

— Questions —

- (1) Quel est le nom donné au produit de l'oxydation atmosphérique du cuivre ?

- (2) Est-il nécessaire de peindre la statue de la Liberté ? Pourquoi ?

Abandonné plusieurs jours dans l'air, un morceau de cuivre se recouvre d'une couche superficielle d'oxydation vert clair, appelée vert-de-gris. **Le métal est attaqué en surface.**

La formation du vert-de-gris est une réaction chimique lente. La couche de vert-de-gris est imperméable à l'air et à l'eau, elle protège le cuivre des attaques ultérieures. Elle se produit à température ordinaire et nécessite la présence d'air (le dioxygène, O₂).

2. Corrosion et protection de l'aluminium

La surface d'un morceau d'aluminium frotté avec du papier de verre est brillante. En présence d'air, la surface se ternit : elle se recouvre d'une fine couche d'oxyde d'aluminium ou alumine (Al_2O_3), imperméable à l'eau et à l'air, qui lui donne un aspect terne. Au cours du temps, l'aluminium n'est pas attaqué en profondeur : il est protégé par la couche d'alumine.

La formation d'alumine ne paraît pas plus importante dans l'air humide ou en présence d'eau salée.

L'alumine (oxyde d'aluminium) protège l'aluminium de la corrosion.

L'oxydation superficielle de l'aluminium est une réaction chimique lente.



(1) Détermination des corps présents

Etat Initial (E.I.)	Etat Final (E.F.)
aluminium métal, Al -- <i>réactif</i> ----- Air à l'état gazeux ----- Dioxygène, O_2 -- <i>réactif</i> Diazote, N_2	aluminium métal, Al Oxyde d'aluminium (alumine), Al_2O_3 -- <i>produit</i> Diazote, N_2

(2) Rédaction de l'équation de réaction

	Réactifs				Produits
Bilan	aluminium	+	dioxygène	→	Alumine
Squelette	Al	+	O_2	→	Al_2O_3
Atome O	0		$2 \times 3 = 6$		$3 \times 2 = 6$
Atome Al	$1 \times 4 = 4$		0		$2 \times 2 = 4$
Equation bilan	4 Al	+	3 O_2	→	2 Al_2O_3

L'aluminium peut être utilisé sans protection pour réaliser des structures métalliques exposées aux intempéries.