**1.1**.**Généralité sur la dégradation** :

La dégradation ou la corrosion implique la détérioration de ces métaux lorsqu'ils sont exposés à un environnement entraînant la perte de ces métaux, le cas le plus courant étant la corrosion des métaux et de l'acier par l'eau. Les changements provoqués par la corrosion comprennent la perte ou le gain de poids, la perte de matériau ou les changements dans les propriétés physiques et mécaniques.

 **I.2. Principe de la dégradation des métaux par corrosion :**

A cause du développement intensif de leur technologie ,les métaux non ferreux tels que :le cuivre ;plomb ;zinc ;nickel ;aluminium…deviennent de plus en plus rare ,vu leur utilité dans la majorité des entreprises industrielles .Avec l’augmentation de la production de ces métaux leur réserve diminue dans les carrières et le mines ce qui oblige les exploitants à utiliser ceux de faibles teneur.

 La corrosion des métaux implique des réactions d'oxydo-réduction dans lesquelles le métal est perdu par dissolution à l'anode (oxydation). Les électrons se déplacent vers la cathode où la réduction a lieu. Un pôle positif comme cathode et un pôle négatif, appelés anode , sont ainsi créés avec un flux de courant entre eux. Ainsi, le processus de corrosion est essentiellement électrochimique. [9]

Pour que la corrosion se produise, il faut que certaines conditions se présentent. Ce sont: (1) une différence de potentiel entre la cathode et l'anode pour conduire la réaction;

(2) une réaction anodique;

(3) une réaction cathodique équivalente;

(4) un électrolyte pour le circuit interne; (5) un circuit externe où les électrons peuvent voyager.

Parfois, la polarisation des réactions anodiques et cathodiques doit être prise en compte. La polarisation est un changement du champ électromagnétique d'équilibre d'une cellule en raison du flux de courant. Il a été rapporté que la polarisation peut retarder la corrosion, comme dans l'accumulation d'hydrogène n'ayant pas réagi sur la cathode.

Dans la corrosion du fer dans l'eau, les réactions diffèrent diffère de celle en présence de l’oxygène. Les réactions courantes qui ont lieu dans un milieu désaéré sont essentiellement une réaction d'oxydation libérant de l'ion ferreux en solution à l'anode et une réaction de réduction libérant de l'hydrogène gazeux à la cathode. En présence d'oxygène, une réaction de cathode complémentaire implique la réduction de l'oxygène en eau.

Certaines formes de corrosion peuvent être visiblement apparentes, mais d'autres ne le sont pas. La corrosion de surface, la corrosion dans des zones discrètes et l'attaque anodique dans une corrosion à deux métaux peuvent être facilement observées. Une forme moins identifiable, l'érosion-corrosion, est causée par des modèles d'écoulement qui causent l'abrasion et l'usure ou balaient les films protecteurs et accélèrent la corrosion. Une autre forme de corrosion qui implique l'enlèvement sélectif d'un constituant d'alliage nécessite un autre moyen d'examen. La fissuration, une forme de corrosion qui est provoquée par les effets simultanés de la contrainte de traction. [10] Certaines mesures adoptées pour prévenir la corrosion dans les métaux sont la protection cathodique, l'utilisation d'inhibiteurs, le revêtement et la formation d'un film de passivation. D'autre part, la protection peut être obtenue, en évitant le pH corrosif de l'eau avec laquelle le métal est en contact, en évitant des concentrations excessives d'ammoniaque et en évitant la désaération dans les tuyaux. [11]

**I.3 Notion sur la biodégradabilité :** Un matériau est dit biodégradable s'il a des caractéristiques de biodégradabilité très fortes. Un matériau est biodégradable s'il peut être converti en [dioxyde de carbone](https://fr.wikipedia.org/wiki/Dioxyde_de_carbone) ou en [méthane](https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9thane), en eau et en [biomasse](https://fr.wikipedia.org/wiki/Biomasse_%28%C3%A9cologie%29) sous l'effet des micro-organismes qui utilisent le matériau comme nutriment. Dans un milieu [anaérobie](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ana%C3%A9robie), c'est-à-dire sans oxygène, la biodégradation est plus lente car l'oxygène est nécessaire aux micro-organismes aérobies, mais il existe toute une population de micro-organismes qui sont actifs en milieu anaérobie. Dans ces conditions, la biodégradation peut quand même avoir lieu mais elle produit du méthane, [gaz à effet de serre](https://fr.wikipedia.org/wiki/Gaz_%C3%A0_effet_de_serre) relativement puissant. C'est le cas, par exemple, des déchets à base végétale qui sont enfouis.

La biodégradation est la [décomposition](https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9composition) de [matières organiques](https://fr.wikipedia.org/wiki/Mati%C3%A8re_organique) par des [micro-organismes](https://fr.wikipedia.org/wiki/Micro-organisme) comme les [bactéries](https://fr.wikipedia.org/wiki/Bact%C3%A9rie), les [champignons](https://fr.wikipedia.org/wiki/Champignon) ou les [algues](https://fr.wikipedia.org/wiki/Algue). La biodégradabilité est la qualité d'une substance biodégradable. Elle s'apprécie en tenant compte à la fois du degré de décomposition d'une substance et du temps nécessaire pour obtenir cette décomposition[1](https://fr.wikipedia.org/wiki/Biod%C3%A9gradation#cite_note-JO-1). Une substance est dite biodégradable si, sous l'action d'organismes vivants extérieurs à sa substance, elle peut se décomposer en éléments divers, « dépourvus d'effet dommageable sur le milieu naturel » (selon la législation française) , [dioxyde de carbone](https://fr.wikipedia.org/wiki/Dioxyde_de_carbone) CO2, eau, [méthane](https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9thane). La biodégradation crée des [gaz à effet de serre](https://fr.wikipedia.org/wiki/Gaz_%C3%A0_effet_de_serre) ; une lente biodégradation est préférable à une biodégradation rapide.

La biodégradation est spontanée et parfois lente, ou peut être favorisée ou accélérée par des apports en [nutriments](https://fr.wikipedia.org/wiki/Nutriment) (éléments de nutritions)ou de souches bactériennes. Les organismes qui dégradent les molécules complexes et stables sont plus rares et fonctionnent souvent mieux en association (exemple : un ensemencement par des souches mixtes de [*Rhodococcus*](https://fr.wikipedia.org/wiki/Rhodococcus_%28bact%C3%A9rie%29) et [*Pseudomonas*](https://fr.wikipedia.org/wiki/Pseudomonas) (cellule ayant l'aptitude à se dupliquer, à produire des cellules identiques à elle-même )s'est montré plus efficace pour dégrader le fioul en milieu aquatique, et sans qu'on ait réussi à améliorer leurs performances en portant l'association à trois, quatre, ou cinq souches d'autres bactéries). L'association champignon/bactérie est très fréquente pour la dégradation de matières organiques [12].

Le [compostage](https://fr.wikipedia.org/wiki/Compostage_%28biologie%29) permet la biodégradation des matières organiques. Il ne faut pas confondre le compostage industriel et celui du fond du jardin. Le compostage industriel requiert un équipement spécifique pour le broyage, le compactage, l'aération, le retournement puis le criblage. Un produit dit composables conforme à certaines normes l'est en général en compost industriel. Avant tout, les matières à composter doivent être soigneusement triées des matières non biodégradables, c'est un exercice auquel chaque consommateur devrait se former.

Un produit ne se biodégrade que s'il est en contact avec un environnement favorable aux micro-organismes. La biodégradation d'un matériau est déterminée par sa nature chimique et non pas par son origine fossile ou végétale.

L'évaluation de la biodégradation est effectuée par les méthodes ISO du type 14855, 14882, 14851, en différents milieux.

Pour les bioplastiques ,il existe désormais une alternative économiquement considérée face à la menace[13]. représentée par les [déchets plastiques](https://fr.wikipedia.org/wiki/Valorisation_des_d%C3%A9chets_en_mati%C3%A8re_plastique) dérivés des [combustibles fossiles](https://fr.wikipedia.org/wiki/Combustible_fossile) : les [bioplastiques](https://fr.wikipedia.org/wiki/Bioplastique) (exemple : à base de maïs), biodégradables, et successeurs possibles une fois le [pic du pétrole](https://fr.wikipedia.org/wiki/Pic_du_p%C3%A9trole) annoncé dépassé.

Les [matières plastiques](https://fr.wikipedia.org/wiki/Mati%C3%A8re_plastique) hydro-biodégradables se biodégradent par [hydrolyse](https://fr.wikipedia.org/wiki/Hydrolyse). Elles sont à base végétale et comportent une forte addition de produit fossile, en général du [polyester](https://fr.wikipedia.org/wiki/Polyester) aliphatique, pour leur conférer des propriétés mécaniques satisfaisantes. Dans l'état actuel de la technique, elles ne peuvent toujours convenir pour l'[emballage](https://fr.wikipedia.org/wiki/Emballage) des aliments car elles sont sensibles à l'humidité et les qualités barrières pour la [conservation des aliments](https://fr.wikipedia.org/wiki/Conservation_des_aliments) ne sont pas optimales. L'[acide poly lactique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Acide_polylactique) est un exemple de matériau biodégradable. D'autre part, il ne faut pas systématiquement considérer qu'un matériau biodégradable est écologique.

**I.4. Dégradation en fonction des propriétés physiques des matériaux :** [6] [7] [8]

Les propriétés physiques des matériaux dépendent essentiellement de la nature des atomes

dont sont constitués ces matériaux. Parmi ces propriétés, nous distinguerons la densité, les

propriétés thermiques, rhéologiques, optiques, les propriétés de surface et la solubilité et

sorption. Les propriétés électriques et électrochimiques, comme les propriétés mécaniques

(ces dernières sont, en fonction des résultats de recherches très avancé vers les nano composition des matériaux. Il est a noter que chacune de ces propriété est le siége du début du changement de l’état des matériaux vers l’état initial et naturel .Tous sa est du a l’exposition et les conditions où se trouve ces matériaux qui sont généralement est naturellement instables

**I.5.** **Dégradation en fonction de la densité des matériaux:**

Cette propriété est rarement prise en compte dans la sélection d’un matériau. Il existe une exception notable pour l’importance de la

densité lors du choix d’un alliage pour de grande étendue, tout

particulièrement en ce qui concerne une infrastructure métallique. Un poids final trop élevé de la pièce pourra jouer un rôle néfaste dans la recherche de la dégradation et la stabilité des matériaux.

La densité d’un matériau est une de ses propriétés fondamentales. Selon les publications,

l’unité indiquée pour un matériau sera sa masse volumique ou la densité. La masse

volumique est un rapport établi entre la masse d’un matériau et son volume et les unités

seront exprimées en g.cm-3, kg.dm-3 ou en t.m-3. La densité permet de s’affranchir de

l’unité puisqu’on rapporte la masse volumique d’un matériau à celle de l’eau qui par

définition possède une densité de 1.

Tableau I.1 Simplification des densités de quelques matériaux

|  |  |
| --- | --- |
| ***Densité*** g./cm3 |  ***Matériau*** |
| *1,2* | *Résine polyester .* |
| *2* |  *Porcelaine* |
| *4* | *Titane et alliage de titane* |
| *8* | *Alliages non précieux (CrCo et NiCr)* |
| *12* | *Alliages précieux base palladium* |
| *16* | *Alliages précieux base or* |

Ainsi, le poids final d’une plaque titane pèse environ une dizaine de grammes contre vingt grammes pour une plaque en chrome-cobalt et plus de quarante (épaisseur majorée dans ce dernier cas pour améliorer les qualités mécaniques).

La densité joue également un rôle dans la sélection de la technique de coulée des alliages.

Les alliages à faible densité nécessitent des systèmes d’injection plus complexes, soit à très haute vitesse de haute centrifugation soit à très haute pression. Ce point sera abordé dans le chapitre sur les métaux et alliages.

Il faut enfin noter une densité particulière : celle du mercure, un métal liquide, dont la

densité est de 13,6, soit 1,36 kilogramme pour un décilitre. Un flacon de ce matériau, doit être manipulé avec précaution.

I.6. Dégradation par les le changement des propriétés thermiques :

A proximité du 0 absolu, les atomes sont immobiles. Lorsque la température s’élève, cet

apport d’énergie est transmis aux atomes sous forme d’énergie cinétique. L’agitation

atomique qui en résulte entraîne un éloignement des atomes les uns par rapport aux autres.

Ceci se traduit macroscopiquement par une dilatation du corps.$$

Cette dilatation, lorsque la température s’élève, ou contraction lorsque celle-ci s’abaisse provo$$que généralement un changement et une macro dislocation qui peut entraine un début de dégradation mécanique selon les contraintes qui agissent sur ces les matériaux.

La variation de la température est exprimée par le coefficient d’expansion thermique

(CET) lié à la nature du corps étudié.

Pour un matériau isotrope, c’est à dire possédant un comportement identique dans toutes

les directions de l’espace, nous pouvons exprimer ce coefficient par la formule suivante ;

Coefficient d’Expansion Thermique linéaire (a):

a = [(Lfinale-Loriginale) / Loriginale.] $Δ$ °c = [ΔL / Lo ]. $Δ$°C

Cette dilatation provoque aussi un changement de l’état du matériaux lorsque il va tendre à reprendre son état initial et ce changement influx aussi sur l’état de passivation qui existé et exigé pour le travail de ce matériaux. On peut ajouter ici que

La rhéologie est une branche de la physique qui étudie l’écoulement ou la déformation des

corps sous l’effet des contraintes qui leur sont appliquées, ou plus généralement de leur variation au cours du temps I.7.La conductivité thermique, k qui est la quantité de chaleur évaluée en calorie par seconde passant à travers un corps d’un centimètre d’épaisseur de section de 1 cm2 lorsque la différence de température entre la face chaude et la face froide est de 1°C,c’est aussi la cause de la dégradation de ces matériaux surtout lorsqu’ils sont de différente constitution.

 L’unité du système internationale (W. m-1. K-1) n’est que très rarement utilisée.

La diffusivité thermique Ä exprime l'aptitude d'un corps à transmettre la chaleur. Plus la

chaleur met un temps élevé à traverser un corps et plus sa diffusivité est faible.

Elle est en fait le rapport entre la conductivité thermique d’un corps et sa chaleur spécifique

(Cp, quantité de chaleur nécessaire pour élever une masse donnée d’un matériau de 1

degré).

**Ä = K/(Cp.ñ)**

Où :

K = conductivité thermique

Cp = chaleur spécifique

ñ = densité

Cette propriété nous permet de comprendre la vitesse à laquelle la température se propage en

profondeur, est cette vitesse joue un rôle très important dans la détermination de la vitesse de corrosion des matériaux.