

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA
FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR
DEPARTEMENT D'AERONAUTIQUE**

**Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention de Diplôme d'Etudes Universitaires
Appliquées en aéronautique**

Option structure

Thème

**Les Méthodes Préventives et Curatives
de la Corrosion sur un Avion
(Application ATR 72-500)**

Réalisé par :

Melle : ELGHEBIR RABIAA

Melle : CHERIFI FATIMA

Encadré par :

Mr : Ranane Rachid

Melle : Boudjellal Hayet

Mr : Gharbi Amar

Promotion : 2006-2007

RESUME

Le but de ce travail est d'expliquer que la corrosion est un phénomène qui à un effet négatif sur la composition de métal est en même temps il est très dangereux dans le domaine de l'aéronautique ,ce qui exige une étude très approfondie pour trouver les moyens et solutions de lutte contre ce phénomène

Il existe des méthodes d'application pour éviter ce genre de problème que nous avons présenter dans notre présente étude.

SUMMARY

The goal of this work is to explain why corrosion is a phenomenon of metals , it is very dangerous for the field of aeronautics .

What requires a very thorough study to find the means and solutions of flight against this phenomenon because , there are methods to apply to avoid this kind of problem and , which we emphasize in our present study .

التلخيص

الهدف من هذا العمل هو التوضيح أن الصدى ظاهرة سلبية تمس التركيب المعدني و في نفس الوقت هي جد خطيرة في ميدان الطيران , الأمر الذي يتطلب دراسة معمقة لإيجاد الوسائل و الحلول للتصدي لهذه الظاهرة . لا جل ذلك يمكن تطبيق بعض الطرق لتجنب هذا النوع من المشاكل , و هو ما سنتطرق إليه من خلال عرضنا لهذا العمل .

REMERCIEMENT

Nous remercions dieu le tous puissant de nous avoir donner le courage et la patience de finir cet étude.

Durant la réalisation de ce travail, nous étions entourées et guidées par plusieurs personnes qui nous ont transmis leurs savoir faire et expérience pour sur tourner les difficultés que nous avons rencontrées.

Au terme de ce travail nous tenons a remercier :

-Notre prometteur : M : Ranane Rachid ainsi que notre co- prometteuse M elle:Boudjellal Hayat et co- promoteur : M : Gharbi Amar pour leurs encadrement, leurs conseilles, leurs encouragement qu'il trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

Nous adressons également notre remerciements a :

*- M : ranane Rachid pour son aides théorique et leur guide.
- M : djalel : réspensable de la sale de navigation de département de l'aéronautique pour son aide important.*

Les enseignants qui ont contribué à notre formation et qui ont accepté de juger ce travail.

Nous tenons à remercie le personnel administratif et technique d'AIR ALGERIE notamment :

M : Belhamissi Abdelrhmen

M: Horr Abed

M: Tijani Mohamed

M: Adel

M: Rida

M:Kamel ben zata

M: Manssour Omar

M: Rokhma Mohamed

M: Tssabit AliET tous ceux qui nous aide de prés ou de loin.



Dédicace

Je dédie ce travail : à mes parents qui m'ont tant encouragé pendant toute la durée de mes études que Dieu les protèges, espérant que je serai à la hauteur de ce qu'ils attendent de moi.

*A mes sœurs MAHJOUBA, NAWAL,
CHAIMA.*

*A mes frères : Djamel, youcef, AZedine,
et surtout AISSA.*

A tous ma famille

A tous mes amis.

*A tout ceux qui m'ont aidé de près ou de
loin.*

Elghebir Rabiaa

ELGHEBIR RABIAA.

Dédicace

Je dédie ce travail : à mes chers parant qui m'ont tant encouragé pendant toute la durée de mes études que Dieu les protèges, espérant que je serai à la hauteur de ce qu'ils attendent

De moi.

A mes sœurs : AMINA, FARIDA, SAIDA, Nina, Chocho

A mes frères: MOHAMED, AHMED, ABD ELGHANI et mon cher frère BILAL..

A mes amis : MERIEM, HABIBA, KARIMA, IMEN,

*NADIA, ZOLIKHA, DJAHIDA.
RAFIK, DJELLOUL, MOSTAPHA
DJAMEL, TOUFIK, RACHID DJALEL.YACINE*

Et tous mes amis.

A tout ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

CHERIFI FATIMA

SOMMAIRE

Chapitre I

Généralités

I. Généralités.....	1
I.1. Généralités sur l'avion ATR 72-500.....	1
I.2. Nature des phénomènes de corrosion.....	1
I.3. Les facteurs favorisant la corrosion	2
I.3.1. Atmosphère marine	2
I.3.2. Atmosphère polluée.....	2
I.3.3. Précipitations atmosphériques.....	2
I.3.4. Humidité relative.....	2
I.3.5. Piste d'envol.....	2
I.3.6. Longueur d'étape.....	3
I.3.7. Altitude opérationnelle	3
I.3.8. Température.....	3
I.3.9. Gaz volcaniques	3
I.3.10. Poussières abrasives.....	3
I.3.11. Les organismes vivants	3
I.3.12. Environnement intérieur de l'a	3
I.3.13. Toiles d'isolation.....	4
I.3.14. Environnement intérieur du réservoir de carburant.....	4
I.3.15. Contamination accidentelle	4
I.3.16. Facteurs liés à la conception du matériel	4
I.3.17. Facteur définissant les modes d'attaque et condition d'emploi.....	5
I.3.18. Facteurs internes (propre au métal).....	5
I.3.19. Facteurs métallographiques.....	6
I.4. Niveaux de la corrosion	6
I.4.1. Définition.....	6
I.5. Les matériaux en aéronautique.....	7
I.5.1. Les principaux matériaux ou éléments de bases.....	8
I.5.2. Les différents matériaux et alliages utilisés en aéronautique.....	8

Chapitre II : différents types de corrosion

II. Les différents types de corrosion	11
II.1. Corrosion uniforme d'une surface.....	11
II.2. Corrosion électrolyte ou galvanique	11
II.3. Corrosion par piquage (piquration).....	12
II.4. Corrosion par aération différentielle.....	12
II.5. Corrosion par différence de concentration	12
II.6. Corrosion atmosphérique.....	12
II.7. Corrosion sous contrainte.....	13

V.1.5.1.Procédé pour des aciers	47
V.2. La Réparation.....	48
V.2.1. Réparation d'un renfort de la poutre sur un.....	48
 avion ATR 72-500	
V.3. Protection des matériaux aéronautique contre la corrosion.....	51
V.3.1Moyens de protection	51

LISTE DES FIGURES

Chapitre I Généralités

Figure (I-1) : Les principaux Composantes de L'avion ATR 72-500 1

Chapitre II Les différents types de corrosion

Figure (II-1) : Corrosion Filiforme15

Figure (II-2) :Corrosion Exfoliation16

Figure (II-3) :Cavitation17

Chapitre III Distribution de corrosion sur la structure d'un avion

Figure (III-1) : La corrosion dans la zone toilette22

Figure (III-2) : Corrosion de la structure de plancher
(entre couple 36et couple 40).24

Figure (III-3) : Les parties corrodées sur l'avion ATR 72-500 25

Chapitre IV Méthode de détection (visuel+NDT)

Figure (IV-1) : Les courants de Foucault..... 27

Figure (IV -2) : Ultrasons.....29

Figure (IV -3) :La radiographie31

Figure (IV-4) : Le magnétoscopie.....33

Figure (IV-5) : Le ressuage35

Chapitre V Méthode de réparation et maintenance

Figure (V-1) : Quelques outils utilisée pour l'élimination de la corrosion en
Aéronautique 44

Figure (V -2) : Réparation d'un renfort de la poutre50

Figure (V-3) : Assemblage de deux profiles..... 57

Figure (V-4) :Assemblage rivité..... 57

Figure (V -5) : Protection anti-corrosion sur l'avion ATR 72-50061

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I : Généralité

TABLEAU (I.1) : Classement des métaux en groupes 5

CHAPITRE II : Les Différents Types de la Corrosion

**TABLEAU (II-1) : Aspects des corrosions observées sur les alliages
(inspection visuelle)19**

CHAPITRE IV : Méthode de détection (visuel+NDT)

**TABLEAU (VI.1) : Les principales méthodes de détection de la corrosion et
leurs applications36**

Introduction Générale

La corrosion est une dégradation progressive et longue des matériaux, elle est très importante dans l'industrie et notamment en aéronautique de mieux voir et cerner cette maladie. C'est l'un des principaux critères sur lesquels se base le choix des matériaux, il touche particulièrement tous les matériaux utilisés en aéronautique.

Les dommages engendrés par problème touchent la résistance de la structure de l'avion, les pertes humaines suite à des accidents d'avion, et dans certains cas contribuer à la pollution de l'environnement naturel.

Pour éviter de nombreux problème de corrosion, des méthodes préventives pris au bon moment .D'autre méthodes de lutte contre la corrosion (méthodes curatives) demandent parfois des connaissances plus spécifiques et peuvent nécessiter l'intervention de spécialistes.

Notre travail touche différents consiste les méthodes préventives et curatives de la corrosion sur un avion que nous avons a pris durant notre stage à Air Algérie, sur l'avion ATR 72-500. Pour cela nous avons élaboré le plan de travail suivant :

Introduction générale.

Chapitre I : Généralités.

Chapitre II : Différents types de corrosion.

Chapitre III : Distribution de la corrosion sur la structure de l'avion
(Application ATR 72-500)

Chapitre IV : Méthode de détection de la corrosion (visuel et contrôle non destructif).

Chapitre V : Méthode de réparation et maintenance.

Enfin ce mémoire s'achève par une conclusion générale dont lequel les principaux résultats de ce travail sont résumés

I.1 .Introduction

La corrosion est l'action et l'effet des substances corrosives ou d'un milieu corrosif, elle altère le matériau par transformation chimique ou physico-chimique. La corrosion des métaux et de leurs alliages témoigne de leur tendance à revenir à leur état original de minéraux (oxydes, sulfures, carbonates) sous l'action des agents atmosphériques.

Elle est fonction du couple substance corrosive / matériau et de l'environnement dans lequel se trouvent réunis ces deux éléments.

I.2. Nature des phénomènes de corrosion :

La corrosion est un processus lent de détérioration des matériaux, ayant lieu sur une période significative (exemple étant corrosion générale, piqûre de corrosion, etc.) d'autres formes de dégradation de corrosion peuvent se produire rapidement en jours ou même heures, avec des résultats catastrophiques. Ces formes (corrosion sous tension, et fatigue par corrosion) dépendent des aspects chimiques et mécaniques de l'environnement et peuvent causer la défaillance de structure d'avion sous avertissement

C'est un phénomène qui altère les propriétés mécaniques des matériaux, c'est aussi la conséquence d'une réaction chimique entre le matériau métallique et le milieu agressif [4].

I.3. Les facteurs favorisant la corrosion :

Le comportement à la corrosion d'un matériau en service dépend de plusieurs facteurs :

I.3.1. Atmosphère marine :

Les surfaces adjacentes à l'eau salée, entraînent normalement des atmosphères contenant des particules salées ou une humidité saturée en sel. Le degré de salinité de l'eau, et les propriétés corrosives sont considérables dans les régions côtières. Il faut rappeler que l'eau salée est un excellent moyen de promotion de la corrosion électrochimique [8].

I.3.2. Atmosphère polluée: a cause de

- Gaz volcaniques
- Poussières abrasives
- Les organismes vivants
- Précipitations atmosphériques

Dans les zones industrielles l'atmosphère contient toujours des polluants combinés à l'eau, forment des liquides hautement corrosives par exemple, les composés sulfureux sont fréquemment rencontrés et forment des acides à base de soufre. Cela peut être de grand danger quand les vents dominants transportent ces polluants des zones industrielles proches aux parkings d'avions.

I.3.3. Humidité :

Une haute humidité relative, couplée par une haute température entraîne une atmosphère saturée en eau environnant l'avion lorsqu'il est au sol. Si l'avion décolle dans de telles conditions, la condensation qui en découle devient un moyen qui favorisant la corrosion [9].

I.3.4. Piste d'envol:

Les avions opérants sur des pistes d'envol en gravier, gazonnées salées ou sur des piste traitées au chlorure de sodium (pour le dégivrage), sont exposés à des conditions défavorables, la détérioration de la finition et / ou du dépôt de matière corrosives [8].

I.3.5. Longueur d'étape :

Les passages successifs de l'avion, spécialement dans les zones chaudes et humides, vont entraîner une plus grande introduction d'humidité dans l'avion qui est utilisée sur les grandes étapes (longs courriers). Ceci est dû à l'exposition de l'avion pendant l'atterrissage, à la remontée de l'air saturé en eau. Durant le vol ultérieur, cette eau va se condenser et peut donc favoriser la corrosion [8].

I.3.6. Altitude opérationnelle :

Les avions opérants à des altitudes relativement basses, sont dans une large mesure manifestement plus exposés aux polluants en suspension dans l'air et à l'atmosphère Marine, que ceux opérants à plus haut niveaux [9].

I.3.7. Température :

La haute température et la basse humidité forment une bonne condition pour limiter la corrosion, car toute l'humidité peut être évaporée dans l'avion. De même façon une atmosphère extrêmement froide est toujours sèche. Par contre la combinaison d'une haute température et d'une haute humidité est un moyen idéal de déclenchement et propagation de corrosion [9].

I.3.8. Environnement intérieur de l'avion [8] :

Les problèmes de corrosion à l'intérieur de l'avion résultent de plusieurs Facteurs tels que :

- Intérieur prévu pour le confort des passagers : toilettes, les couleurs décoratives, les lavabos.
- Importance du nombre de sièges
- Humidité résultant de la respiration des passagers, cette humidité se condense sur le revêtement intérieur. Ceci est causé par les changements de température dus aux montées et descentes successives de l'appareil.

I.3.9. Toiles d'isolation:

Les toiles d'isolation ou matelas d'isolation à l'intérieur de la cabine des passagers, absorbent l'humidité et la gardent. Ce qui permet sa condensation contre le revêtement de l'avion tandis que les lobes inférieurs de ces mêmes toiles. Maintiennent la condensation de l'humidité en contact avec la structure interne et les câbles de contrôle [8].

I.3.10. Environnement intérieur du réservoir de carburant:

Le problème de corrosion est plus complexe lorsqu'il s'agit de l'appareil à multi stop tel que le boeing 737, car les fréquentes montées et descentes avec des réservoirs presque vides, provoquent la condensation d'un large volume d'air humide qui se transforme en eau [9].

I.3.11. Contamination accidentelle [8] :

- Par le mercure:

Le mercure est un risque pour les avions du fait de la réaction chimique qui se produit lorsqu'il est en contact avec de l'aluminium nu. Il se produit alors une amalgamation que ne s'arrêtent pas tant que la totalité de l'aluminium n'est pas oxydée. Car le mercure ne se consomme pas et continue de attaquer le reste du métal.

I.3.12. Facteurs liés à la conception du matériel :

L'un des facteurs essentiels de la corrosion réside dans la nature des matériaux employés pour la fabrication du matériel, tel alliage choisi pour ses qualités mécaniques, peut présenter à l'usage une très mauvaise résistance à la corrosion. Dans ce cas le seul moyen d'éviter la corrosion réside dans l'application des procédures de maintenance préventive.

Un autre facteur important de résistance à la corrosion due à la nature des matériaux employés est la qualité du traitement thermique. Pour un métal ou un alliage, cette résistance peut être varier énormément selon les traitements thermique ou galvanique ont été appliqués correctement ou non.

L'assemblage de deux pièces de différent alliage peut être le siège de corrosion électrolytique lorsque les conditions défavorables sont réunies [3].

Exemple :

Les métaux classés dans un même groupe ne présentent ; lorsqu'ils sont en contact, qu'une faible tendance à la corrosion galvanique.

Par contre, l'assemblage de métaux de groupes différents présente des risques d'autant plus grands que les deux métaux sont plus éloignés l'un de l'autre comme il est indiqué dans ce tableau (I-1) [3].

Groupe I	Magnésium et ses alliages —Alliages d'aluminium
----------	---

Groupe II	Cadmium, zinc et leurs alliages
Groupe III	Fer, plomb, étain et leurs alliages
Groupe IV	Cuivre, chrome nickel argent. or. Platine, titane, tablat et leurs alliages, acier inoxydables et groplité

Tableau (I.1.) : Classement des métaux en groupes selon

I.3.13. Facteur définissant les modes d'attaque et condition d'emploi [8] :

- Acidité (PH) du milieu.
- Forme des pièces.
- Sollicitation mécanique (contraintes +chocs, frottement).
- Emploi d'unhibiteurs.
- Etat de surface.
- La procèdes d'assemblage.

I.3.14. Facteurs internes (propre au métal):

La corrosion étant le résultat de l'action que développe la surface du métal avec un liquide ou un gaz, il est logique de penser que cette surface joue un rôle important sur le comportement du métal vis-à-vis de la corrosion .Toutes les Caractéristique d'une surface métallique sont désignées sous le nom d'état de Surface :

- Caractéristiques structurales :

Il s'agit essentiellement du type de structure à l'échelle du réseau, du degré de perfection résultant des conditions d'élaboration ou d'emploi.

En ce qui concerne la structure, il est évident qu'un atome situé à la Surface possède un nombre de voisins inférieur à celui qu'il posséderait s'il était situe dans la masse du métal [9].

- Caractéristiques géométriques :

Le comportement de l'aluminium et de ses alliages vis –à vis de la corrosion dépend le plus souvent de son profil microgeometriques. En effet, «une part les points ont une réactivité plus grande que les régions planes et d'autre part, les irrégularités superficielles augmentent la surface du métal en contact avec le réactif. Il en résulte que la quantité de métal attaquée est plus importante que si la surface étant plane [9].

I.3.15. Facteurs métallographiques [9] :

Plusieurs facteurs sont susceptibles d'influer sur l résistance à la corrosion, ils sont déterminés au stade de la conception. Par mis eux, nous citerons:

- Matériaux.
- Traitement thermique
- Surface de section.

I.4. Niveaux de la corrosion [9] :

a- Corrosion niveau 1:

La corrosion se produisant entre les inspection successives lui peuvent être retouchées /traiter dans les limites permises comme définies dans le **SRM** et n'exige pas le renfort ou le remplacement structural.

Ou

Dommmages de corrosion qui dépassent des limites permises et Pourraient exiger le renfort structural ou le remplacement, mais peut être attribué a un événement non typique de utilisation d'opérateurs d'autres avions dans la même flotte et n'est pas critique d'aptitude au vol de la flotte concernée.

Ou

L'expérience d'opérateur a démontré seulement la corrosion légère entre chaque inspection successive mais la dernière inspection et les cumulatifs traités maintenant dépassent les limites permises et pourraient exiger renfort au remplacement Structural.

b- Corrosion niveau 2:

La corrosion se produisant entre l'inspection successive exige une simple traitement / qui excède des limites permises et exige une réparation renfort ou un remplacement complet ou partiel de la structure applicable, mais ce n'est pas urgent ou vol de la flotte concernée.

Un rapport de fait dans la prévention de corrosion et les programmes de control précédemment exigés énonce : des résultats de corrosion qui ont été découverts pendant les taches d'inspection de corrosion accompli au seuil d'exécution, et qui exigent la réparation, renfort, ou le remplacement partiel ou complète de la structure applicable, ne devraient pas être utilisées comme indicateur de l'efficacité des opérateurs **CPCP**.

L'argument est que l'efficacité de programme de la corrosion de l'opérateur peut seulement être déterminée après une inspection répétitive qui été exécutée dans une tache d'inspection donnée de la surface, cet argument est valide pour l'avion avec la prévention de la corrosion exigée et les programmes de control introduits après que l'avion ait été en service pendant un certain nombre d'années sans **CPCP**.

- Cet argument, cependant, peut ne pas être valide pour l'avion qui a été maintenu en utilisant un ATR **CPCP**. En conséquence , les résultats de corrosion excédant le niveau 1 ont trouvés sur la tache d'inspection de corrosion le seuil d'exécution qui ont pu avoir été placés trop haut par ATR pendant que le support et la mesure d'approbation de conception devraient être pris pour ajuster le seuil d'exécution.

c- Corrosion niveau 3 :

La corrosion trouvée pendant la première ou l'inspection suivante qui est déterminée pour être sur une flotte concernée en urgence d'aptitude au vol exigeant l'action expéditive.

Si la corrosion niveau 3 est déterminée au seuil d'exécution ou inspection - répétitive alors il en devrait rapporter. N'importe quelle corrosion qui est plus que maximum acceptable pour l'ATR comme support d'approbation de conception ou pour l'autorité locale d'aptitude au vol doit être rapportée en accordance avec des règlements courants. Cette détermination devrait être conduite en commun avec l'ATR comme support d'approbation de Conception

I.5. Les matériaux en aéronautique:

En aéronautique, le choix des matériaux est important. Il tient compte de Plusieurs facteurs:

- Bonne résilience.
- Nécessité de construire solide et léger.

- Importance des contraintes mécanique, chimiques et thermiques supportées.
- Bonne résistance élastique.
- Domaine d'utilisation.
- Considérablement économique, prix de revient, facilement d'usinage

En conséquence. Les matériaux choisis devront posséder des caractéristiques mécaniques élevées, pour une densité aussi faible que possible, ainsi qu'une grande résistance à la fatigue et au fluage, et enfin , une bonne tenue à la corrosion.

Dans le domaine aéronautique, il est difficile d'avoir une satisfaction totale.

L'Aluminium répond plus ou moins à nos exigences, mais, néanmoins, il reste plusieurs critères non satisfaits De ce fait, des éléments d'addition sont utilisés, de façon à avoir un bon résultat.

I.5.1. Les principaux matériaux ou éléments de bases :

Aluminium:

Symbole mécanique : .A.

Ses propriétés sont:

- Densité : 2,7 Kg/m³
- Température de fusion: 660°C.
- Température d'ébullition: 2056°C
- Module d'élasticité : 103 daN/mm²
- Résistance à la rupture (écroui): 13daN/mm².
- Résistance à la rupture (recuit) : 4,4 da N/mm².

L'aluminium représente le métal de base des alliages légers. De densité trois fois plus faible que le fer, il a une très grande conductivité thermique.

Il constitue souvent une solution efficace dans la lutte contre la corrosion. L'aluminium se recouvre d'un film d'Alumine adhésif, continu et imperméable, ce qui crée une protection contre une oxydation

En profondeur.

Ses propriétés mécaniques ne répondent pas au critères de choix du matériau en aéronautique .C'est la raison pour laquelle l'aluminium pur est rarement utilisé, et l'addition

d'éléments d'alliage permet d'améliorer ses propriétés ; sans pour autant altérer ses caractéristiques est plus importantes [9].

b- TITANE :

Symbole mécanique: T.

Ses propriétés sont:

- Densité : 4,5 Kg/m³.
- Température de fusion: 1668°C.
- Module d'élasticité : 10850 da N/mm.
- Résistance à la rupture: 88 du N /mm².
- Allongement: 25%.

Le titane se situe entre l'Aluminium et les Aciers inoxydables du point de vue de la densité. Sa résistance à la corrosion est comparable à celle de vue de L Acier inoxydable.

Le titane est susceptible de durcissement superficiel par carburation. Ce métal se distingue parmi d'autres élément par sa faible conductivité électrique et thermique. Il est peu élastique, peu tenace et mou [9].

I.5.2. Les différents matériaux et alliages utilisés en aéronautique :

a-Les alliages de titane :

Ils ont une très bonne résistance à la chaleur et à la corrosion, ils sont peut fragiles aux basses températures.

b-Les alliages de magnésium [9] :

Les plus utilisés en aéronautique sont les alliages Magnésium – Aluminium –Zinc, ou l'Aluminium améliore sa résistance mécanique et le Zinc sa ductilité et sa malléabilité ; ils sont utilisés dans la fabrication des portes, qui doivent présenter une certaine rigidité et peu de poids, ainsi que dans les commandes de vol aux bords d'attaques.

A titre d'exemple concert, le **G-A9** est utilisé dans les carters de moteur, les stations des compresseurs et les roues d'avions.

c-Les alliages d'aluminium :

Ces alliages se partagent en deux grades familles :

- **les alliages non trempant:**

Alliages pour les quel une trempe n'apporte pas d'augmentation sensible des caractéristiques mécaniques.

- **Aluminium — Magnésium** : exemple A— M (3.5à 7%) ou «**Duralinox** », il a une excellente tenue à la corrosion chimique - En aéronautique toutes les tuyauteries, raccords et carénages emboutis travaillant peu, sont faits en Duralinox .

- **Aluminium -Silicium** : exemple A — S 3 ou «**Alpax**». Il a une excellente résistance à la corrosion malgré sa structure hétérogène employé dans les cratères et moteurs à piston et a réaction

- **Les alliages trempant :**

Alliages pour lesquels les éléments d'addition permettent une amélioration des caractéristiques mécaniques lorsque l'on procède à un traitement thermique.

- **l'aluminium -cuivre -magnésium:**

Exemple AU4G1 ou «**Duralumin**». C'est l'un des principaux alliages de composition Cuivre 4%, Magnésium 0,7 % et quelques traces de silicium et de Manganèse.

Le duralumin ou le 2024 est celui que l'on peut considérer comme le prototype des alliages légers à haute résistance. L'une de ses particularités est la technique de durcissement par trempe à 500°C environ, suivi d'un vieillissement.

En aéronautique, on utilise le «**Duralumin plaqué**». C'est une sorte de bi-métal consistant dans le revêtement s'applique essentiellement aux tôles; le Duralumin est au cours de son élaboration, recouvert d'une couche d'Aluminium compacte à une épaisseur régulière d'environ 5% de l'épaisseur totale sur chaque.

La couche d'Aluminium pur offre une résistance à la corrosion meilleure que celle de Duralumin. L'Aluminium étant, en effet, plus électro-négatif que le Duralumin, il est attaqué le premier et retarde ainsi la corrosion de l'ensemble.

Le Duralumin rentre dans la construction des fuselages de pièces massives, semelles de longerons, et revêtement structuraux fraisés.

- **Alliages Aluminium- Zinc — Cuivre:**

Exemple le A-Z 5 GU ou 7075. Sa composition est de: 5,5 % de Zn, 2,47 de Mg, 1,41% de Cu, 0,16% de Fe, 0,119% de Si, 0,026% de Mn, 0,22% de Cr, traces de Ti, à 90% d'Aluminium.

- **Les composites :**

Ils sont formés de nids d'abeille en plus de la résine très durs horizontalement et très fragiles longitudinalement. On les trouve dans les carénages des panneaux des boeing 767.

L'utilisation des composites devient de plus fréquente dans les compagnies aériennes ; ainsi le constructeur gagne sur le poids et les risques de corrosion, mais l'handicap reste toujours l'élasticité réduite [9].

II. Les différents types de corrosion :

La corrosion peut être classée en plusieurs types, cette classification est fournie afin de guider le personnel de la maintenance dans l'identification du phénomène et le choix des mesures à prendre.

Elle peut apparaître sur toute une surface métallique ou bien se développer dans la masse et former des piqûres aléatoires.

Elle peut être accentuée par des efforts extérieurs imposés à la structure métallique ou par des contraintes internes dus à un manque d'homogénéité ou un mauvais traitement thermique de surface .

Elle est favorisée par le contact des métaux avec des matériaux qui absorbent l'eau (caoutchouc, bois, impurité ...) .

II.1. Corrosion uniforme d'une surface :

Ce type de corrosion cause une macrographie uniforme de la surface du métal. C'est une attaque directe provoquée par un produit chimique.

La corrosion de surface apparaît d'abord comme une dégradation du métal .Quand il s'agit d'un aluminium poli et peint cette oxydation est caractérisée par un dépôt de poudre blanche semblable à de la poussière ou au résidu blanc d'un dépôt d'échappement. Le revêtement métallique reste lisse au toucher.

Quand le produit blanc est enlevé, la surface retrouve sa brillance normal, mais si on laisse une telle corrosion se développer, la surface prendra, rapidement une apparence de gelée, deviendra rugueuse au toucher et les piqûres seront sur le point de commencer. et Ce genre de corrosion est considéré comme le moins grave.

Néanmoins pour prévenir des dégâts plus sévères au cœur du métal, la corrosion de surface doit être enlevée immédiatement après détection [8] .

II.2. Corrosion électrolyte ou galvanique :

Elle résulte du contact de deux métaux différents en présence d'un électrolyte (liquide ou gazeux, gaz d'échappement ou condensation d'eau), l'attaque corrosive peut progresser plus rapidement sur l'un des deux matériaux . En effet, la surface la plus facilement oxydable devient l'anode et se corrode ; quant à l'autre elle devient la cathode de la pile galvanique ainsi formée [9] .

L'importance de la corrosion dépend de la réactivité des deux surfaces, plus la différence est grande, plus la corrosion est importante.

En général, les matériaux légers (en tête le magnésium), ont une plus grande tendance a cette corrosion, alors que les métaux comme le plomb et le platine sont plus inertes,

il y a d'autant plus des métaux différents dans la structure d'un avion qu'il est nécessaire pour l'ingénieur qui conçu l'avion d'éliminer le courant d'électrons [8] .

II.3. Corrosion par piqûre (piquration) :

Elle peut apparaître sur n'importe quel matériaux, elle est néanmoins plus caractéristique sur des matériaux comme les alliages d'aluminium, de nickel ou de chrome. A l'origine, il s'agit généralement d'un défaut local de la protection qui peut provenir d'un manque d'homogénéité de l'alliage lui-même du à un effort mécanique lorsqu'on a un mauvais traitement thermique.

Cette forme de corrosion peut être causé par les inclusions, a des aspérités dans la surface du métal ou a une contamination locale qui détruit la protection en surface .Les piqûres apparaissent ici, sans suivre forcément les joints des grains .Les zones attaquées deviennent anodiques par rapport au reste de la surface . De plus, comme les produits formés accentuent les caractéristiques anodiques de la zone entourant une piqûre, la corrosion se développe en profondeur plutôt qu'en surface (corrosion générale) [3] .

II.4. Corrosion par aération différentielle :

Par exemple, si un piquet est planté dans la terre ou la vase, la partie proche de la surface est en contact avec plus de dioxygène que la partie profonde, il peut donc se crée une pile entre la partie profonde et la partie en surface.Cela se rencontre aussi pour les pièces immergées, lorsque la concentration en oxygène évolué avec la profondeur. .

Le problème d'aération différentielle peut se poser lorsqu'une pièce n'est peinte qu'en partie, ou lorsque la peinture est rayée [8] .

II.5. Corrosion par différence de concentration :

Le même phénomène est rencontré pour des différences de concentration pour d'autres éléments, on peut voir le cas de la pile d'Evans en supprimant le barbotage de gaz et ayant des concentrations différentes de cations métalliques dans chaque compartiment.

Le phénomène étant renforcé par le fait que les potentiels de dissolutions ont plus important si la lame d'eau est plus faible.

II.6. Corrosion atmosphérique :

La corrosion atmosphérique est de la corrosion générée par l'atmosphère et ses conditions, à des températures naturelles (à ne pas confondre avec la corrosion par l'atmosphère à haute température).

Un des paramètres essentiels est le taux de salinité. Le sel peut provenir de la mer, notamment en milieu littoral, ou bien du salage des routes en hiver.

La pollution également joue un rôle important ; notamment, les rejets de dioxyde de soufre génèrent des pluies acides, qui peuvent attaquer les métaux [8] .

II.7. Corrosion sous contrainte :

Comme son nom l'indique , la corrosion sous contrainte (CSC) résulte de l'action conjuguée d'une contrainte mécanique (résiduelle ou appliquée) , et d'un milieu agressif vis-à-vis du matériau , chacun de ces facteurs pris séparément n'étant pas susceptible à lui seul d'endommager la structure .

Ce type de corrosion, particulièrement sournois et dangereux pour les installations, se caractérise par l'apparition de fissures inter ou transgranulaires dont la direction générale de propagation est perpendiculaire à la plus grande contrainte [8] .

II.8. corrosion par fatigue :

Très comparable à la corrosion sous contrainte, le phénomène de la corrosion par fatigue apparaît sous l'action conjuguée de l'environnement et d'une sollicitation cyclique. Il se manifeste par un abaissement de la résistance du matériau par la fatigue.

Le plus souvent, et compte tenu des cinétiques de dissolution et de repassivation assez lentes comparées aux phénomènes mécaniques, ce type d'endommagement survient pour des pièces sollicitées à basse fréquence, par exemple lors de cycles de chauffage refroidissement de structures. Les mécanismes évoqués en flexion empêchent toute réparation du revêtement de protection ou de la pellicule d'oxyde et permettent à la corrosion de se développer dans les zones travaillantes, il est difficile de détecter une corrosion de ce genre ; on ne peut que la constater qu'avec l'apparition des criques qui la caractérise [8] .

II.9. La corrosion sèche (oxydation à haute température) :

Lorsque l'on met un métal en présence de dioxygène, celui-ci s'adsorbe (c'est-à-dire se fixe) sur la surface et réagit pour former une couche d'oxyde. A température ambiante , la diffusion dans le solide est négligeable ; il y'aura une couche d'oxyde compacte et protectrice (alumine sur l'aluminium ou chromine sur les aciers inoxydables, et le métal ne bouge pas , elle sera poreuse ou non adhérente (rouille) , alors le métal se dégrade par une croissance de la couche d'oxyde au détriment du métal .

Les mécanismes qui entrent en jeu sont la migration dans le milieu extérieur (diffusion, convection, champ électrique) et les réactions de surface. [8]

II.10. Corrosion par contact ou par frottement :

Il s'agit là d'un cas particulier de corrosion qui apparaît dans des mouvements relatifs de faible amplitude causant un frottement entre composants étroitement ajustés.

Le frottement détruit toute pellicule et va jusqu'à arracher de fines particules du métal. Ces particules agissent comme abrasifs, empêchant la formation de toute pellicule d'oxyde de protection et exposant le métal nu à l'air.

Si les zones de contact sont petites et vertes on a des dentelures formées sous pression pouvant apparaître sur la surface de frottement. C'est d'ailleurs pour cette raison qu'on a aussi baptisé ce type de corrosion " fausse brinellisation " lorsqu'il se développe sur les surface des paliers [4] .

Dans le cas des métaux ferreux, l'attaque est généralement accompagnée de la formation d'une certaine quantité d'oxyde ou boue rouge. Les particules d'oxyde sont généralement plus dures que le métal d'origine, leur présence causé par suite, a une usure par frottement (abrasif) de la surface et ainsi la cadence de l'attaque s'accélère [8] .

II.11. Corrosion inter granulaire :

Appelée également inter cristalline (l'apparence est similaire a un mur de pierre), elle consiste en une attaque préférentielle des joints d'un métal.

Elle se manifeste particulièrement dans certains alliages d'aluminium et peut provoquer le soulèvement des grains constituant la surface du métal du fait de la poussée mécanique inter granulaire des sels formés.

Cette corrosion est particulièrement dangereuse pour la résistance mécanique des pièce attaquées puisqu'elle se développe en profondeur sans que la surface présente de profonde modification d'aspect et que les dégâts causés lorsqu'elle devient visible (exfoliation) sont souvent irrémédiable [3].

II.12. Corrosion filiforme :

La corrosion filiforme est une forme de corrosion spécifique aux métaux peints. C'est avant tout une corrosion d'aspect, le métal sous – jacent ne subissent qu'une attaque très superficielle, quelques dizaines de micromètres de profondeur.

La corrosion filiforme démarre toujours à partir des défauts du revêtement comme les rayures, et de ses points faibles : les arêtes vives, les bords de coupé ou les perçages.

Plusieurs mécanismes sont proposés pour tenter d'expliquer cette forme de corrosion spéciale.

- Délaminage cathodique.
- Dissolution anodique.

Les facteurs de la corrosion filiforme :-la nature de revêtement ;
- la préparation de surface ;
- la nature de l'alliage.

Cette corrosion concerne le ZINC, l'ALUMINIUM, le MAGNESIUM, le TITANE, et d'autres métaux utilisés en aéronautique. Elle est fréquente sur les surfaces en Aluminium des carlingues d'avions stationnés en zone tropicale humide.

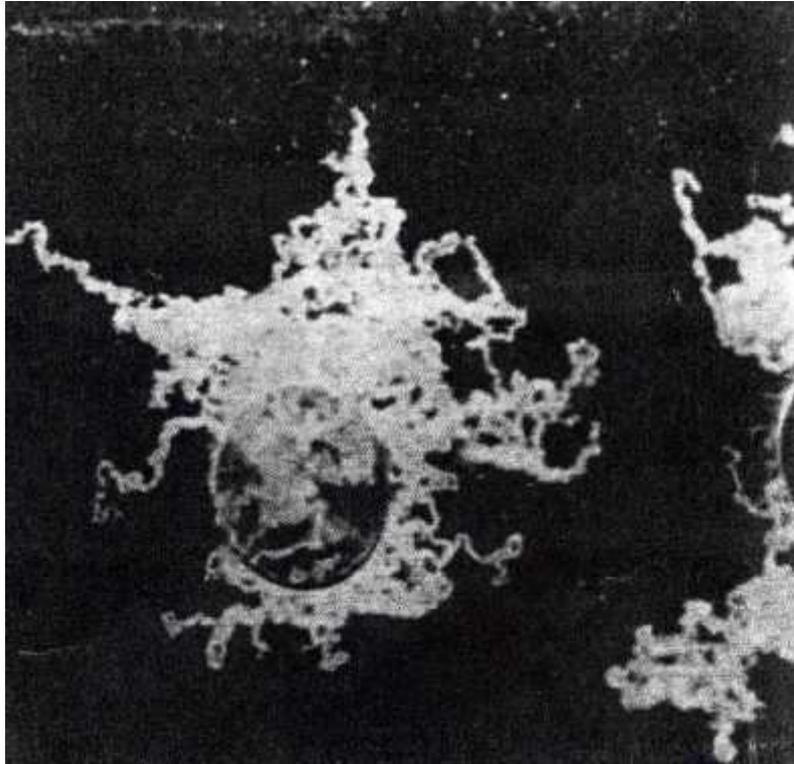


Figure (II-1) : La corrosion filiforme.

II.13. Corrosion microbienne [3] :

C'est un phénomène qui se produit dans les réservoirs métalliques à carburant. Ce phénomène est lié à la présence dans le carburant :

- D'eau
- De contamination (poussières incorporés au carburant ou résidus de raffinage).
- De micro – organismes (bactéries, champignons)

Ces organismes qui existent normalement dans le sol sont transportés par l'air et par l'eau. On peut les voir se développer à profusion dans de nombreux réservoirs de stockage. Ils se nourrissent des produits d'étanchéité, de résidus en suspension dans le kérosène, d'hydrocarbure, de couche du métal. Ils continuent à pousser dans les réservoirs d'avions où une couche d'eau peut exister à la suite d'une mauvaise vidange, après une certaine période de croissance dans les réservoirs il se forme un film qui empêche le passage de l'oxygène et permet l'existence de bactéries aérobies (qui peuvent se passer d'oxygène).

Leurs déjections, forment une boue qui à son tour forme une concentration de cellules sur la gélatineuse acidifiée [8].

II.14. Exfoliation :

Cette forme de corrosion est autorisée par une surface cabossée avec des boursouflures et des lamelles pour les corrosions avancées. La force créée par le produit de corrosion en expansion sur les périphéries des grains cause le décollage de la surface.

L'exfoliation est le plus souvent rencontrée sur les profiles mais aussi sur les stocks de tôles.

Les principaux dangers causés par corrosion par exfoliation viennent de la perte du potentiel des attaches à la suite de l'usure des surfaces portantes et la perte d'épaisseur.

Elle se produit plus fréquemment sur les avions opérant en milieux marins cette corrosion est plus sévère en dessous des ailes et aux surfaces de contrôle autour des joints.

L'attaque est généralement accélérée par la présence d'un métal dissemblable tel que l'acier. L'emploi de liaisons avec des têtes couvertes d'époxy et un système de joints étanches dans les fraises sont très efficaces pour les isoler électriquement afin de prévenir la corrosion [8].

L'apparition de corrosion dans ce cas dépend des alliages.

Cette corrosion est d'ailleurs parfois appelée corrosion à la ligne de surface [8].

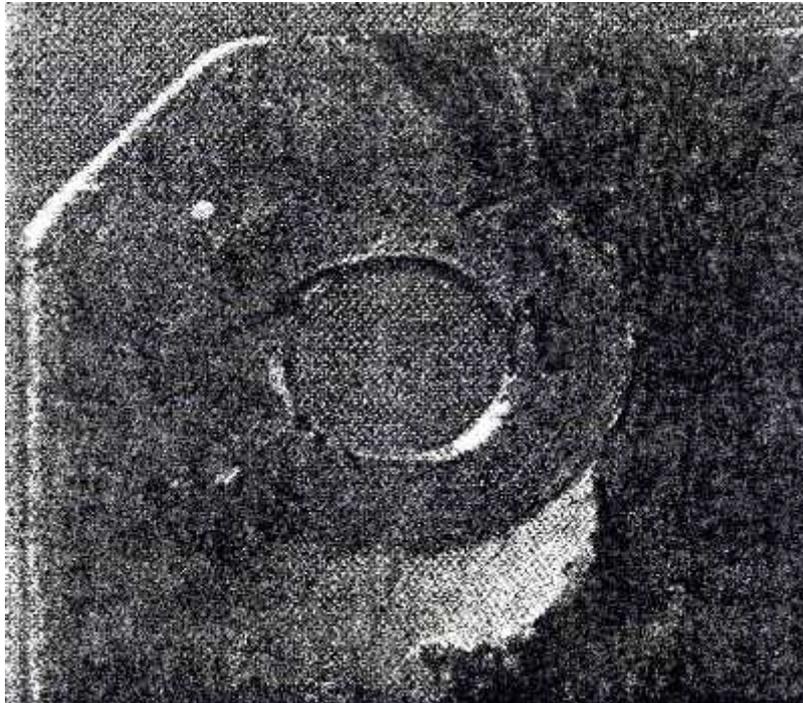


Figure (II -2) : Exfoliation

II.15. Corrosion caverneuse :

Elle se caractérise par une attaque intense qui varie depuis la corrosion presque uniforme à l'attaque par piqûres, à l'intérieure des crevasses et des fissures formées par :

- La géométrie des structures (rivetage, filetage ...).
- Le contact du métal avec des parties non métalliques.
- Le dépôt de particules en suspension dans la solution.

Dans le cas de l'Aluminium et de ses alliages, ce type de corrosion ne se produit que dans des recoins assez étroits ou se trouve emprisonné un liquide [9] .

II.16. Cavitation :

C'est un cas particulier de la corrosion érosion qui résulte de la formation et de l'éclatement des bulles vapeur dans un liquide au voisinage de la surface du métal.

Les bulles de vapeur se forment lorsque la pression locale, la condensation et l'éclatement des bulles, provoquent un arrachement du métal. La figure 3 -12 montre une représentation chimique des différentes étapes de la cavitation [9] ..

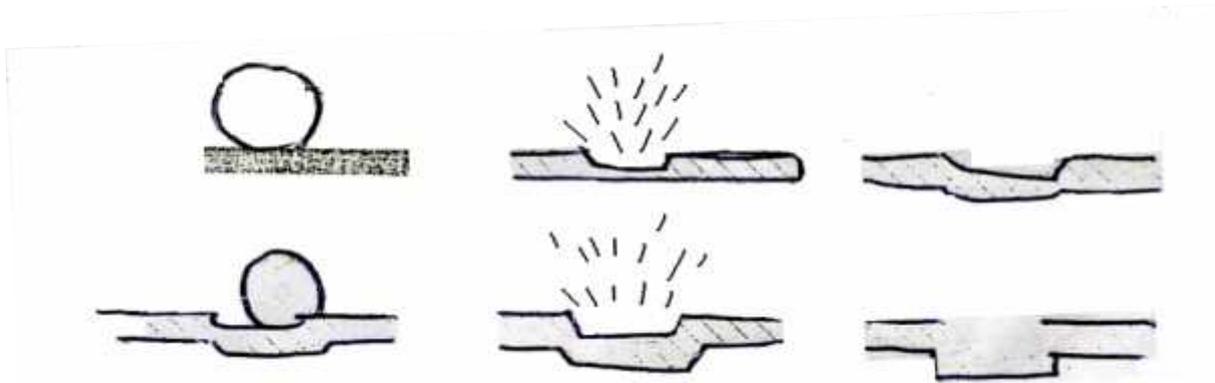


Figure (II-3) : Cavitation

II.17. Corrosion à haute température :

La corrosion à haute température est la dégradation des métaux par environnement à hautes températures (supérieur à 500°C) ; c'est un phénomène complexe qui peut se passer à lieu dans les moteurs, chaudières et réacteurs.

Les gaz de combustion ont une composition complexe du fait de la composition du combustible et de l'air : N_2 , O_2 , CO_2 et H_2O bien sûr, mais bien souvent également S_2 , SO_2 , Cl_2 , $NaCl$, et divers oxydes (V_2O_5 ...).

II.18. Corrosion par érosion :

L'érosion-corrosion est l'accélération du processus de dégradation et d'attaque d'un métal à cause de la vitesse relative qui existe entre le fluide corrosif et la surface du métal.

Les pompes, les hélices, les agitateurs, les pales de turbine etc., sont des cas typiques de ce genre d'attaque de la surface du métal qui présente des concavités, forme ondulée [9].

Tableau (II-1) :

Métal corrosion	Type de corrosion	Apparence de corrosion
Alliaged'aluminium titane	Piqûre intergranulaire exfoliation très résistant à la corrosion. Ou répétés avec des solvants chlorés. Peuvent entraîner la dégradation des propriétés physique du métal.	Poudre blanche ou grise Aucun produit apparent .
Magnésium et alliages	Très susceptibles à la corrosion par piqûres.	Dépôts blancs sur la surface métallique taches blanches sur la surface attaquée.
Acier	Oxydation superficielle, et corrosion par piqûres ou intrgranulaire.	Rouge brun (rouille)
Acier inoxydable	Corrosion intergranulaire (en cas de mauvais traitement thermique). Corrosion par piqûre en milieu marin. Corrosion sous tension, fissures.	Rugosité de la surface métallique parfois, des taches rouges bruns ou noirs.
Alliages à base de nickel	Généralement assez résistants à la corrosion. Parfois susceptible à la corrosion par piqûres .	Dépôts de poudre verdâtre.
Alliages a base de cuivre, bronze	Corrosion uniforme et Inter granulaire.	Dépôts de poudre bleue ou tirant vers le vert.
Cadmium (utilisé dans le cadmiage des aciers	Bonne résistance à la corrosion. Si une attaque survient l'acier est protégé.	Peut varier d'une poudre blanche à des dépôts superficiels marrons et noirs
Chrome (utilisé dans le chromage des aciers)	Corrosion par piqûre dans les milieux chlorés	Le chrome n'est pas attaqué. Cependant, l'acier protégé est attaqué à la base des fissures présentes dans le revêtement

tableau (II-1) : Aspects des corrosions observées sur les alliages (inspection visuelle)

III. Distribution de la corrosion sur la structure d'un avion

Quelques secteurs de l'avion sont enclines à la corrosion qui due au détail structural particulier , au métal différent , habillage de l'humidité , échappement de moteur intoxicant le dépôt , accumulation de l'eau , débris , pertes des fixations , fluides hydrauliques , les trous de drain inefficaces ont bouché par la saleté, la graisse ,l'abrasion , etc....

III.1. Surface encline de corrosion :

Les principales zones enclines à la corrosion sont :

- Zones d'accumulation d'eau :

De part sa conception, un aéronef renferme des zones de dépressions sur la structure. Ces zones sont en principe pourvues de conduits d'évacuation pour les drainer. Cependant, ces conduits peuvent être bouchés causent l'accumulation d'eau et de conduits et du sels.

Le problème de corrosion de ces zones est alors critique et l'inspection de ces dépressions doit être très fréquente.

Il est par contre formellement interdit de percer des orifices de drainage sans une autorisation préalable des autorités compétentes.

Auprès un lavage ou un rinçage de l'appareil, ces zones doivent être contrôlées en priorités et les résidus d'eau éliminés

- Système hydraulique :

L'expérience a montré que les composantes hydrauliques et la tuyauterie résiste relativement bien à la corrosion, à moins que les couches de protection, soient endommagées. Dans ce cas, la possibilité de fuites et l'exposition de ces éléments à un environnement sévère, entraînent leur corrosion.

- Trains d'atterrissage :

Les trains d'atterrissage sont régulièrement exposés aux risques d'intempéries et impact dus aux débris pouvant se trouver sur les pistes, ce qui en fait un élément très vulnérable, spécialement au niveau des articulations auxquelles, on devra apporter une attention très particulière ,ainsi, qu'au niveau des supports de pivots (**trunnion support**) .

- Zones de porte :

La corrosion a des degrés différents au niveau de la structure interne et externe des portes 0. Cette corrosion est souvent due a l'accumulation de l'humidité (atmosphère humide) à la pluie au verglas, à la neige ..., particulièrement quand les portes sont ouvertes.

La corrosion se situe spécialement au niveau des mécanismes (tubes, billes, ferrures ...) et des pointes de connexion.

Les câbles de certaines portes se corrodent souvent et doivent être soigneusement contrôlés.

- Fuselage :

Du fait de l'importance du fuselage de l'avion en tant qu'élément principal et vu son exposition directe aux conditions de vol , les constructeurs y apportent des améliorations continues qui ont notamment trait à :

- La structure intérieure.
- Zone humide (toilette).
- Rails (Sièges et soutes) .
- Encadrement des portes.
- Surfaces extérieures.

- Parties non peintes.

Ces secteurs devraient être examinés pour déceler la corrosion autant que possible et les causes qui favorisent la corrosion éliminent (accumulation de l'eau, saleté, trous de drain branchés, etc.).

**III.2. Quelques exemples de surface encline de corrosion sur
L'avion ATR 72-500 :****III.2.1. Fuselage – Région de toilette :****a- Nature et Raison de la corrosion :**

La corrosion a été trouvée sous la structure de plancher sur les articles suivants :

- a. Appuis.
 - b. Membrane intermédiaire.
 - c. Supportes de plancher.
 - d. Supportes de toilette.
 - e. Zones critiques.
- F face avant et arrière du seuil de porte .

La corrosion est principalement due à la condensation et à l'humidité de l'eau venant du débordement d'apparat de toilette.

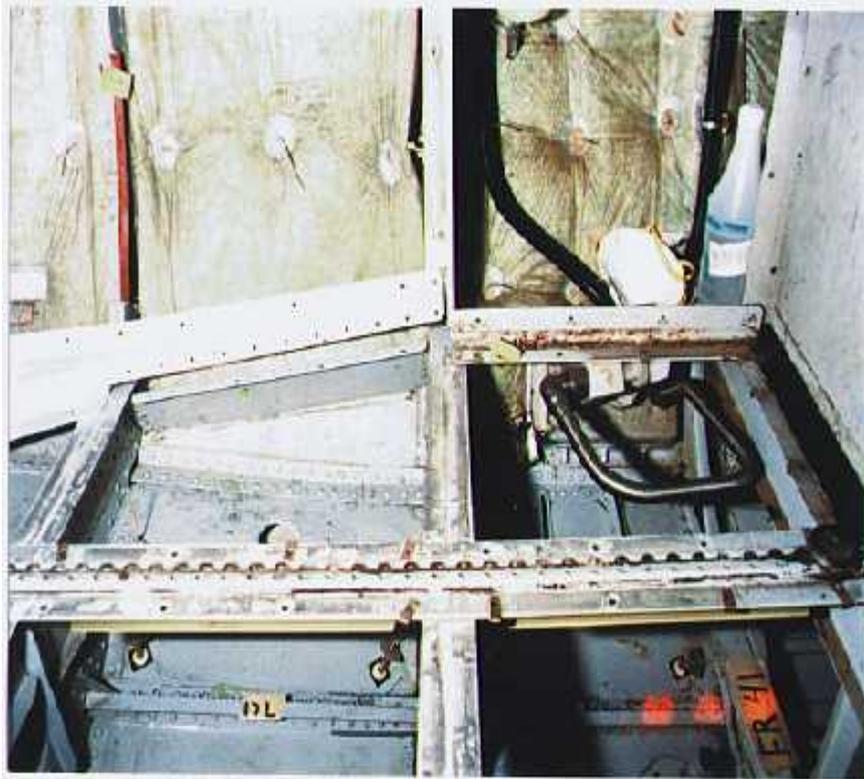


Figure (III-I) : La corrosion dans la zone de toilette

III.2.2. Corrosion de la structure de plancher (entre couple 36 et couple 40) :**III.2.3. a. Nature et raison de la corrosion :**

Tenant compte des années d'expérience de service comprenant la plupart des conditions environnementales graves, plusieurs modifications spécifiques ont été définies pour la série ATR -500, principalement améliorant des surfaces tels que la zone entre le couple (FR36) et le couple (FR 40).

L'outrage de cette amélioration de conception, quelques nouveaux cas de la corrosion têt sont encore trouvés sur les surfaces suivantes :

- a- Les trous utilisés pour l'installation des écrous d'agrafe, et des écrous à rive attachant les panneaux de plancher.
- b- Les surfaces dans la proximité de l'ouverture de porte (seuils de porte).
- c- Les rails des sièges, et les poutres de plancher à l'installation de panneaux de plancher.

La corrosion est principalement due à la pénétration d'humidité et d'eau emprisonnée sous des panneaux de plancher par la protection d'étanchéité existante, en particulier dans la semelle supérieure de la poutre de plancher de la porte.

D'autres causes probables peuvent être :

- Installation des écrous d'agrafe sur la poutre de plancher qui peut rayer des protections ; vis installées sur l'écrou d'agrafe sans assemblée humide ; problèmes possibles de l'entretien et de la qualité [9].

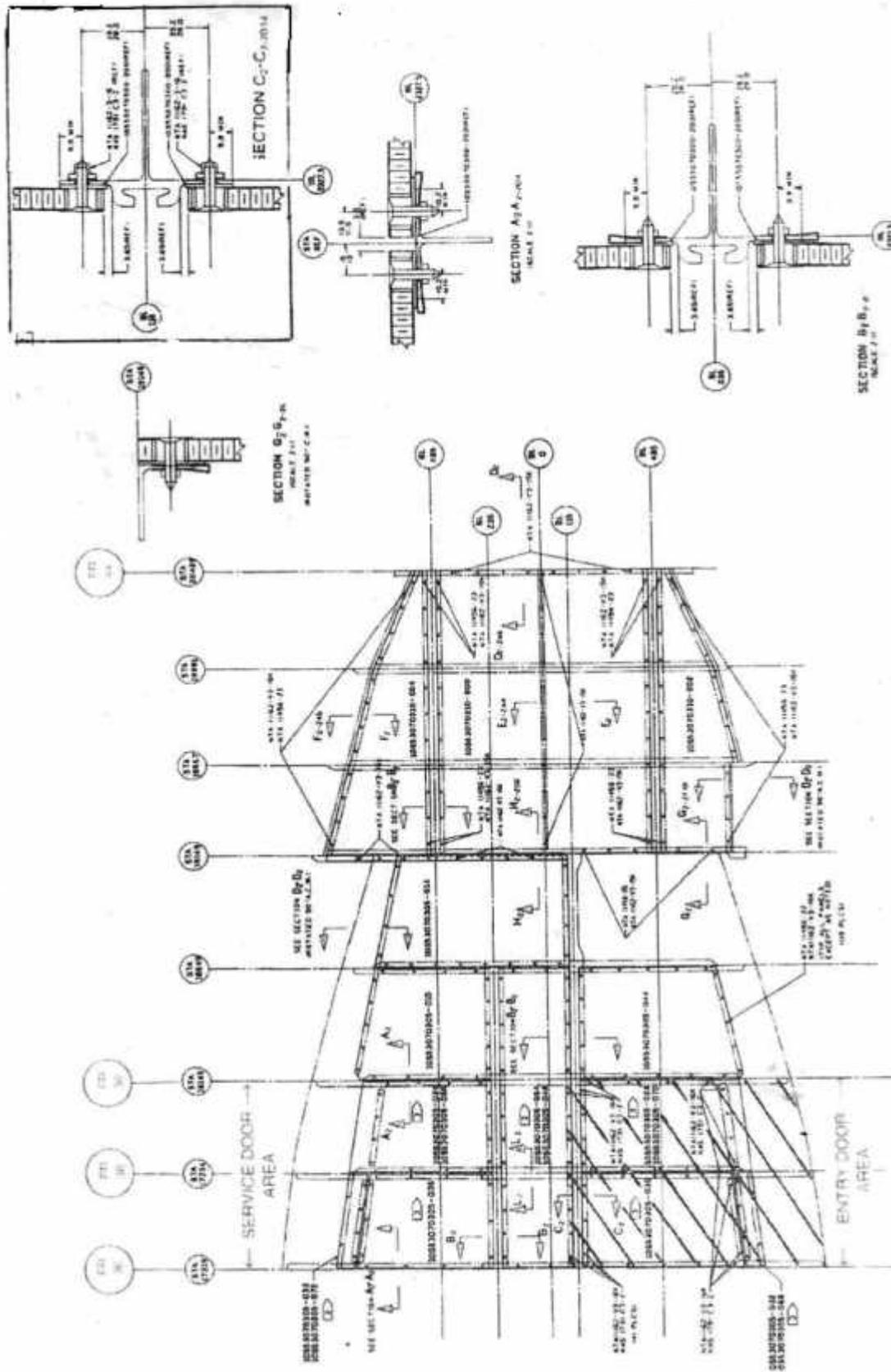


Figure (III-2) :Corrosion de la structure de plancher (entre couple 36 et couple 40)

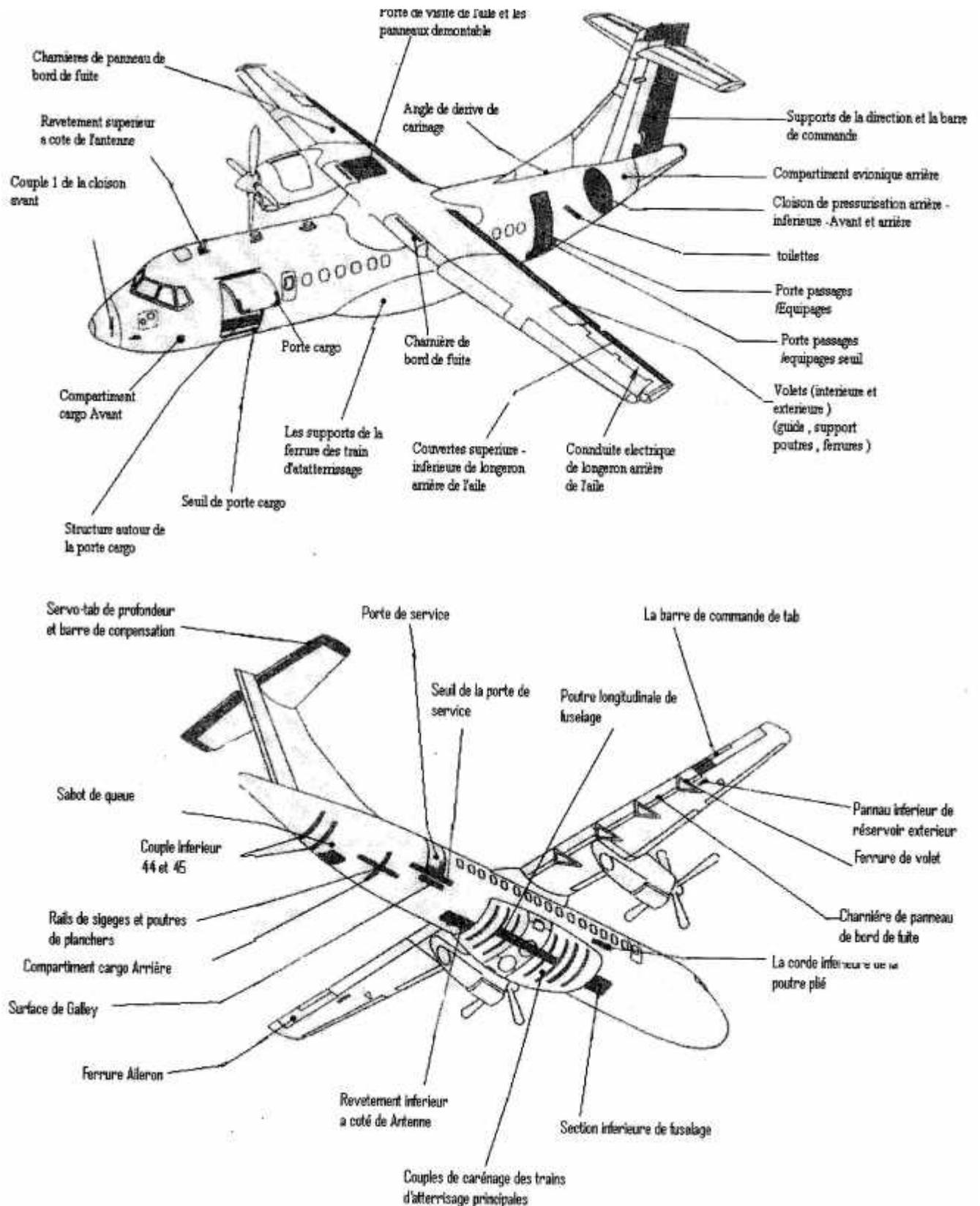


Figure (III-3) : Les parties corrodées sur l'avion ATR 72-500

IV.1. Méthodes de détection de la corrosion sur un avion :

Pour détecter la corrosion sur un avion, plusieurs méthodes peuvent être appliquées.

IV.1.1. Inspection visuelle :

Aujourd'hui, l'inspection est faite à l'aide de moyens techniques sophistiqués (nous en verrons quelques uns). Cependant, l'inspection visuelle reste un outil indispensable pour la détection de la corrosion. En effet, la corrosion de l'aluminium ou du magnésium est remarquable par poudre blanche ou grise qui se développe sur les parties atteintes (en général il s'agit des bords de revêtement ou autour des nervures) [8] .

IV.1.2. Inspection par courant de Foucault :

Une bobine (solénoïde) parcourue par un courant alternatif génère un champ magnétique alternatif. Lorsque cette bobine est mise à proximité d'un matériau conducteur de l'électricité, le champ magnétique alternatif a pour effet de générer des courants induits dans la pièce (courant de Foucault). Ces courants génèrent à leur tour un champ magnétique s'opposant au champ magnétique principal. Ceci résulte en une variation de l'impédance électrique apparente de la bobine. La présence d'un défaut perturbe la distribution des courants de Foucault dans la pièce, entraînant également une variation de l'impédance électrique apparente de la bobine.

L'observation est réalisée par visualisation sur un oscilloscope des variations de l'impédance électrique de la sonde, entre une zone saine et une zone défectueuse.

Cette méthode est applicable sur tous matériaux conducteurs de l'électricité, et ne permet de mettre en évidence que des défauts superficiels. Elle est également utilisée pour réaliser des mesures de conductivité électrique des matériaux (aluminium), et d'épaisseur de Revêtement [8].

Il existe deux, formes de courant de Foucault :

a) Hautes fréquences :

Méthode extrêmement sensible pour les alliages légers, mais bonne pour les cuivro-ferreux [9].

b) Basses fréquences :

Méthode plus faible en ce qui concerne la recherche de défauts, seule la précision de longueur est moins précise [9].

LES PHASE DU CONTROLE :

- 1) Préparation de surface
- 2) Etalonnage
- 3) Inspection

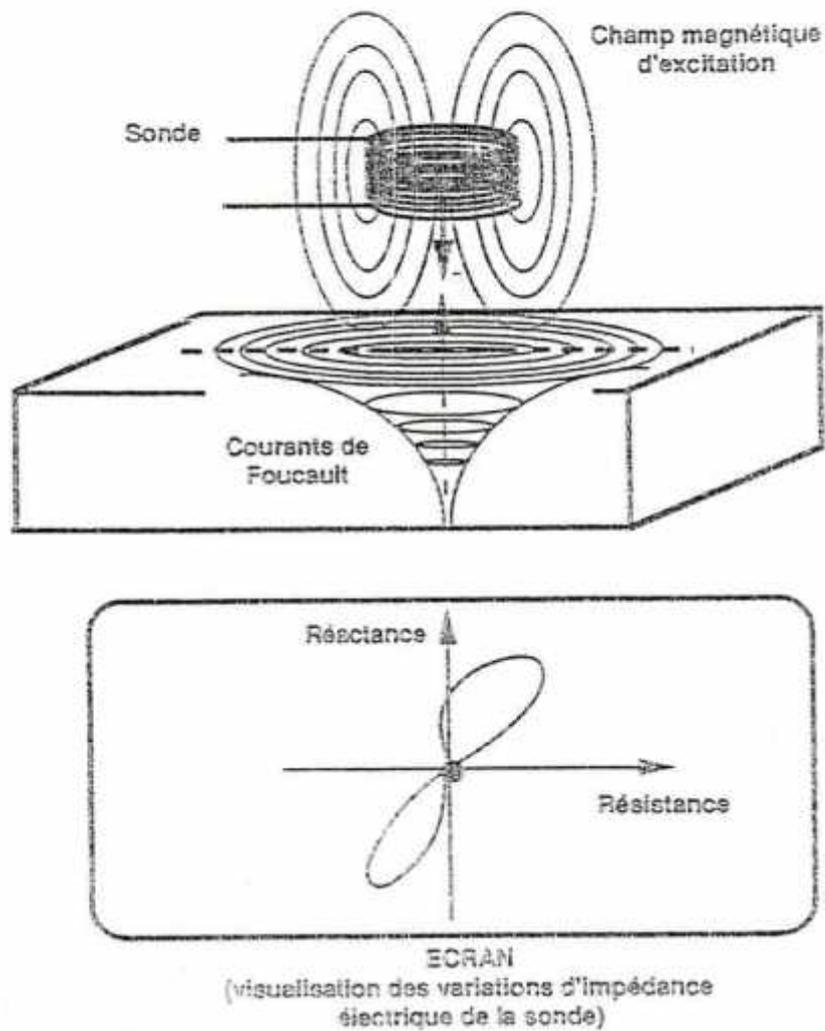


Figure : (IV-1) :

**LES COURANTS DE
FOUCAULT**

IV.1.3. Inspection ultrasonique :

Cette technique consiste à faire propager dans la pièce une onde ultrasonore (vibration acoustique) générée à l'aide d'un transducteur. Le contrôle est basé sur la réflexion (écho) ou la transmission de l'onde ultrasonore au niveau des défauts.

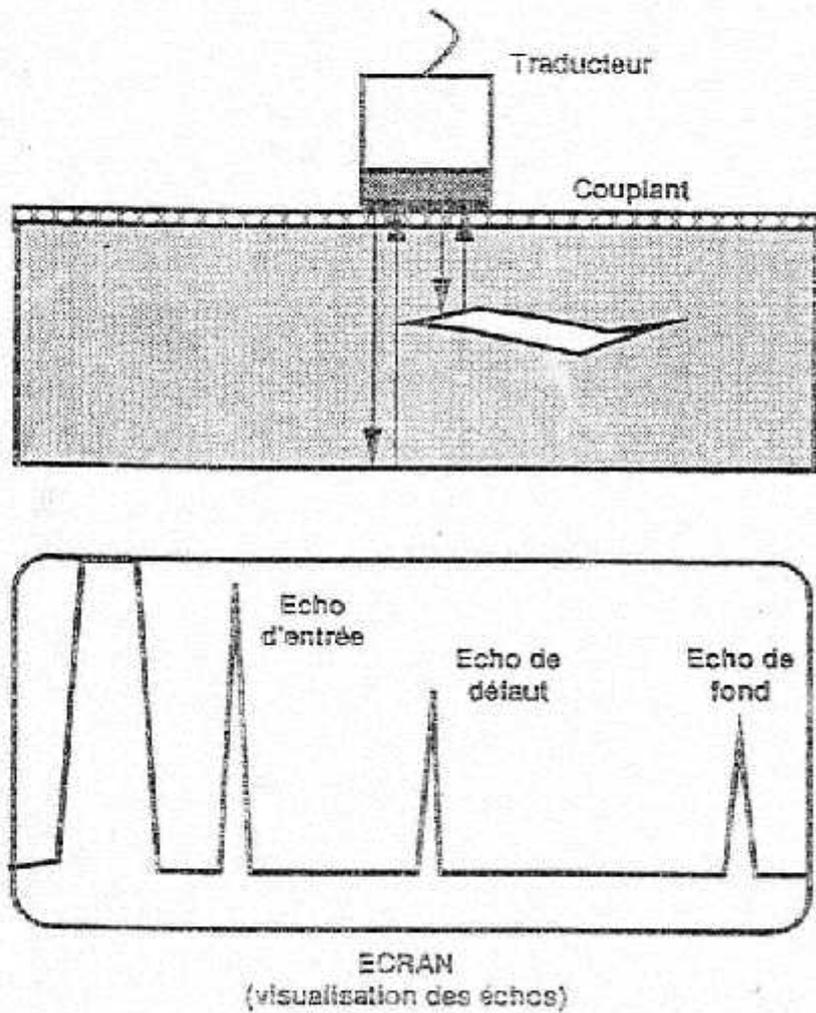
L'observation est réalisée en visualisant les signaux des échos ou de l'onde transmise sur un oscilloscope.

Cette méthode est applicable sur tous matériaux, et permet de mettre en évidence des défauts de surface et des défauts internes. Elle peut être également utilisée pour réaliser des

mesures d'épaisseur [8].

LES PHASE DU CONTROLE

- 1) Préparation de surface
- 2) Application d'un couplant (huile, graisse, eau)
- 3) Etalonnage
- 4) inspection



- 5) Nettoyage des surfaces

Figure (IV-2)**LES ULTRASONS**

IV.1.4. Inspection radiographie :

La radiographie industrielle est comparable à la radiographie médicale. Elle consiste à faire traverser la pièce par un faisceau de rayons X (ou Gamma), et à irradier un film placé derrière la pièce.

La mise en évidence des défauts est assurée par une variation de densité optique sur le radiogramme (film radiographique irradié et développé), suite aux différences d'absorption des X entre une zone saine et une zone défectueuse.

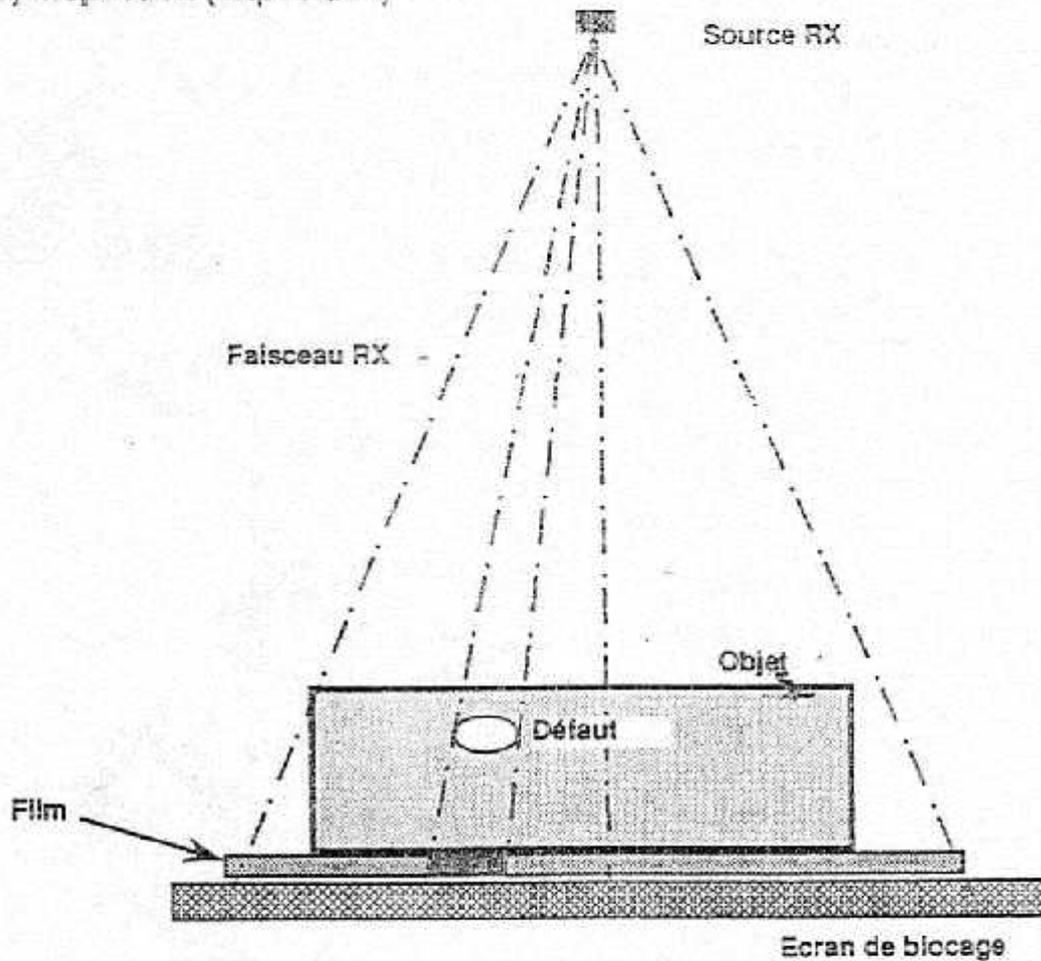
Cette méthode est applicable sur tous matériaux et permet de mettre en évidence des défauts de surface et des défauts internes [8].

On distingue deux types de matériels pour l'inspection radiographique :

- Un matériel de laboratoire.
- Un matériel portatif[8].

LES PHASES DU CONTROLE :

- 1) Préparation de la pièce
- 2) Réglage de l'appareil
- 3) Inspection (Exposition)



- 4) Développement des films
- 5) Interprétation des films

Figure (IV-3) :

LA RADIOGRAPHIE

IV.1.5. Inspection magnétique :

Le principe de cette méthode est l'utilisation de particules magnétique (oxyde de fer liquide ou en poudre) qui s'alignent le long des imperfections sur les surfaces des pièces à l'inspecter.

Ce positionnement des particules magnétiques est réalisé grâce à la création de pôles magnétique locaux suite à l'induction d'un champ magnétique à l'intérieur des pièces.

L'oxyde de fer forme le long du ou des défauts dans pièce, peut être vu et évalué par fluorescence (sous lumière noire) ou par contraste de couleur (sous lumière blanche).

Pour localiser un défaut dans la pièce, il est essentiel que la ligne de force magnétique passe approximativement perpendiculaires au défaut. Par conséquent, il est nécessaire d'induire le flux magnétique dans plusieurs directions car il est probable que les défauts existent dans n'importe quel angle de la pièce [8].

Pour balayer les deux axes de la pièce, il est nécessaire d'utiliser deux type de opérations : une magnétisation circulaire avec un magna flux, puis une magnétisation longitudinale
(Avec parber / research contour probe par exemple) [8] .

LES PHASES DU CONTROLE :

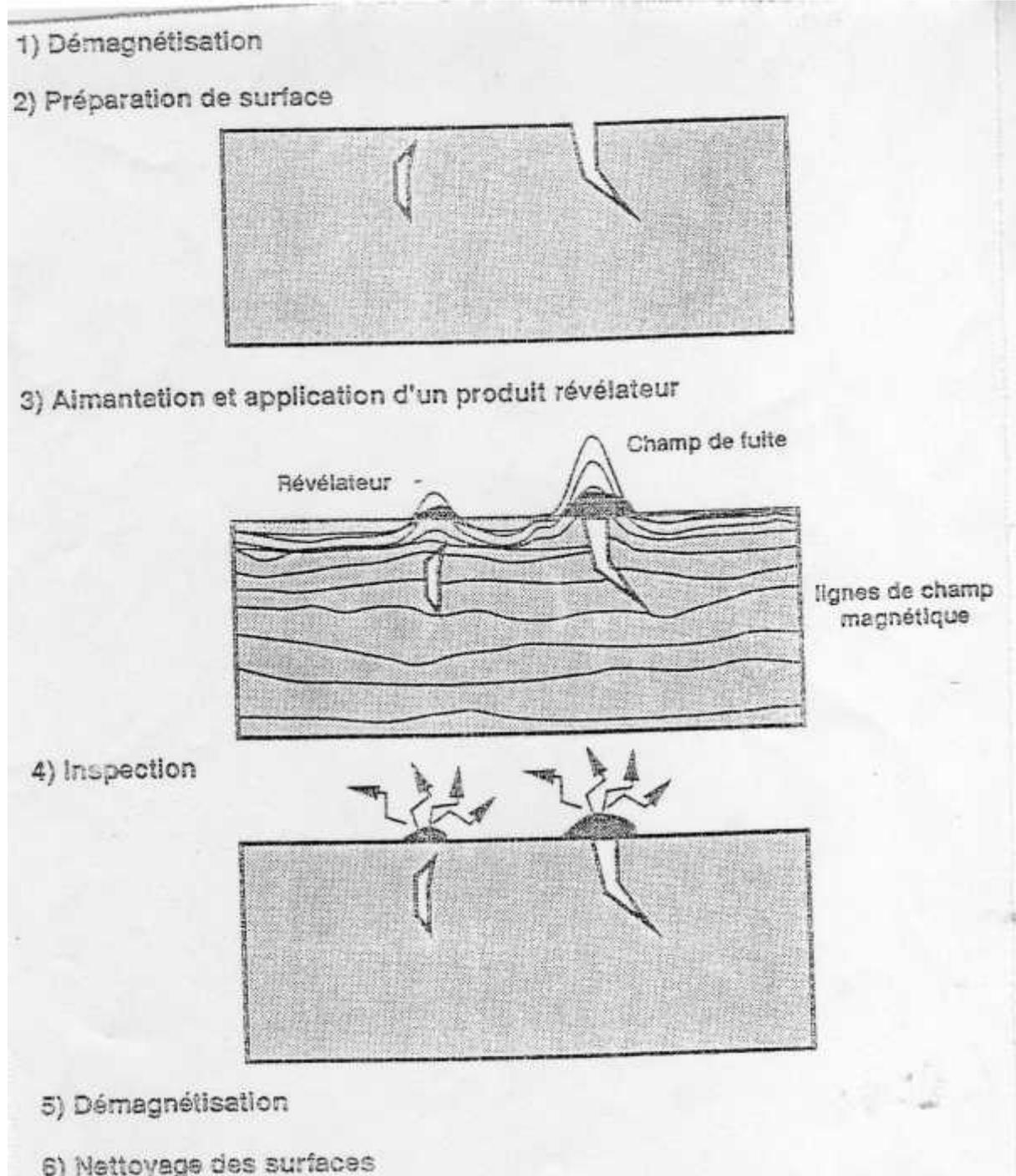


Figure (IV-4) :
LA MAGNETOSCOPIE

IV.1.6. Inspection par ressuage :

On emploie actuellement trois méthodes de ressuage deux consistent en l'immersion de la pièce à ressuage, la troisième par l'emploi de bombes aérosols.

a) Immersion au bain ARDROX 990 ou 996 :

Valable pour tous matériaux métalliques magnétiques ou non. Après décapage, le principe consiste à appliquer un pénétrant par immersion dans un bain d'**ARDROX**, laissez sécher et appliquez par pulvérisation un révélateur.

La crique est révélée par un trait rouge sur fond blanc [9].

b) Le ressuage fluorescent au bain :

Ce procédé s'applique plus spécialement aux alliages d'aluminium, de magnésium titane, cuivre, aciers inoxydables et réfractaires caractéristiques et à tous les métaux ou alliages non magnétiques qui ne peuvent être inspectés par magnétoscooper.

Après décapage, la pièce à contrôler est placée dans un bain de pénétrant fluorescent, rincée à l'eau et séchée. Après une application de révélateur en poudre, cette pièce est alors examinée en lumière de **WOOD**, et les criques sont révélées sous formes de lignes brillantes jaunes verdâtre [9].

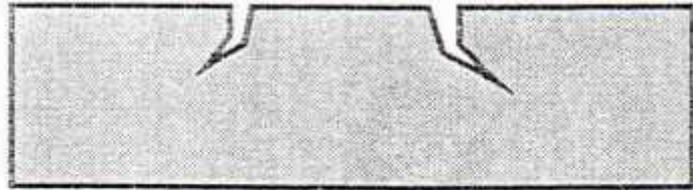
C)Par bombe aérosol

S'applique à tous les matériaux métalliques magnétiques ou non et non sur certains plastiques , et particulièrement sur les pièces de grandes dimensions , sans que leur démontage sur avion soit nécessaire .

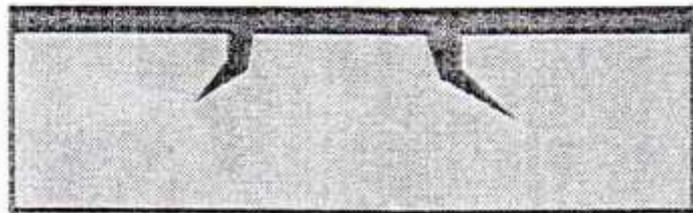
Après décapage , exceptionnellement sans , est pulvérisé un pénétrant a la bombe , et après essuyage de l'excès du pénétrant il sera pulvérisé un révélateur . Après séchage , les défauts apparaissent en rouge vif sur fond blanc .

LES PHASES DU CONTROLE :

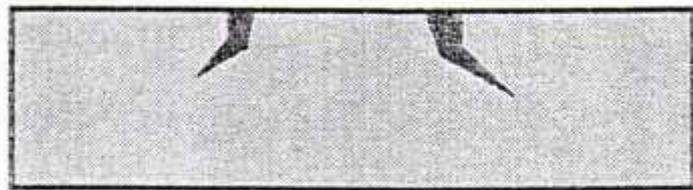
1) Préparation de surface



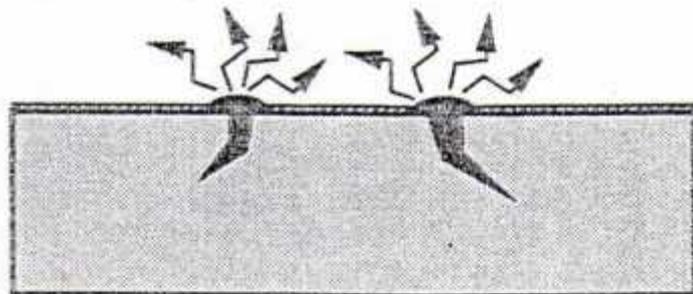
2) Application du pénétrant



3) Lavage (élimination de l'excès de pénétrant)



4) Application du révélateur



5) Inspection

6) Nettoyage des surfaces

7) Application d'une protection si nécessaire pour le stockage des pièces

Figure (IV-5) :

LE RESSUAGE

IV.1.7. CONTROLE PAR SONDICATOR :

Applicable sur tous les matériaux métalliques et phénoliques sur recherche de décollement de deux pièces.

Le contact avec la pièce à vérifier est nécessaire, l'accès ne se faisant que d'un coté .s

- Les schémas suivants illustrent les étapes principales de quelques méthodes de détection :

Tableau (IV -1)

Méthodes CND	Ressuage	Magnétoscopie	Ultrasons	Courants de Foucault	Radiographie
Matériaux contrôlables	Tous (saut poreux)	Ferromagnétiques	Tous	Conducteurs de l'électricité	Tous
Défauts recherches	Débouchant	Débouchant ou sous – jacents	Débouchant et internes	Débouchant ou sous – jacents	Débouchant et internes
Orientation préférentielle	Sans	Perpendiculaire aux lignes de champ magnétique	Perpendiculaire au faisceau ultrasonore	Perpendiculaire aux lignes de courant de Foucault	Parallèle au faisceau RX
Avantages	Méthode globale	Méthode globale	Facilement automatisable dimensionnent des défauts	Dimensionnement des défauts	Dimensionnement des défauts méthode semi-globale
Inconvénients	Pas de dimensionnement raterait des revêtements	Pas de dimensionnement retrait des revêtements	Nécessité d'un couplant méthode ponctuelle	Méthode ponctuelle	Sécurité des opérateurs
Autres applications			Mesures dimensionnelles mesures d'épaisseur	Mesures d'épaisseur mesures de conductivité électrique	

Tableau (VI.1.) : les principaux méthodes de détection de la corrosion et leurs applications

Les résultat d'un Contrôle **CND** ne peuvent être pris en considération qu'à partir du moment ou les opérations antérieures à ce contrôle ne risquent pas avoir masqué certains défauts , et que les opérations postérieures au contrôle ne risquent pas se générer de nouveaux défauts . [8]

Dans le cas des traitements de surface, les inspections sont souvent réalisées avant traitement. Ceci pour deux raisons :

- Les protections de surface risquent de masquer les défauts,
- Les protections ou traitements risquent d'être contaminés par produits de ressuage ou magnétoscopie utilisés .

Cependant, certains traitements (phosphatation parcolubrite, cadmiage, zingage, nickelage, chromage ...) sont considérés fragilisants, et sont susceptibles de générer des défauts a posteriori. Un contrôle est alors conseillé après traitement. Sur certaines pièces, un contrôle peut alors être demandé avant et après cette opération.

Dans le cas de dépôt d'épaisseur supérieure à 50 μm , il est souvent nécessaire d'effectuer un contrôle magnétoscopique avant et après dépôt, une épaisseur supérieure à 50 μm risquant de masquer les défauts.

Si le dépôt est non magnétique , le contrôle après dépôt est alors remplacé par un contrôle ressuage.

Pour tout dépôt d'épaisseur inférieure à 50 μm sur matériau ferromagnétique, un seul contrôle magnétoscopique peut être effectué après dépôt. [8]

V.1. Méthode de traitement de la corrosion sur un avion :

Les méthodes utilisées généralement pour le traitement de la corrosion sont, en général, de deux types :

- La méthode mécanique.
- La méthode chimique.

La méthode mécanique est celle qu'il faut utiliser le plus possible en raison de la haute corrodabilité des produits utilisés, dans la méthode chimique.

Le choix de la méthode dépend de plusieurs facteurs (type de matériaux, degré de corrosion , accessibilité à la zone ...) et lorsque l'utilisation de la méthode s'avère indispensable , des précautions particulières doivent être prises .

V.1.2. Opérations préliminaires et précautions [8] :

Les règles générales à observer :

- Nettoyage et dressage des zones corrodées.
- Elimination des anciens revêtements.
- Masquage des zones adjacentes.
- Traitement de la corrosion.
- Observation des limites de prélèvement.
- Protection des surfaces.
- Finition par peinture d'il y a lieu.

a) Nettoyage des zones corrodées :

Le nettoyage des zones corrodées en vue de les débarrasser des souillures, graisses et autres corps étrangers est un préliminaire à tout traitement. Ce nettoyage permettra de déterminer l'étendue de la partie corrodée et d'obtenir un meilleur traitement de la corrosion.

Les souillures autres que les huiles et graissage, peuvent être éliminées à l'aide d'une solution détergente. Selon l'adhérence de ces souillures, on peut utiliser des chiffons, des brosses à brins non métalliques (en nylon par exemple).

Les huiles et les graisses doivent être éliminées à l'aide d'un solvant organique. Les solvants chlorés comme le trichloréthylène peuvent être en principe utilisés. Cependant, étant donné le danger que présente leur vapeur, il est plus conseillé d'utiliser du White – spirite pur ou mélangé à volume égal avec du xylol ou du naphta, ou utiliser des chiffons propres que l'on mouillera en versant (et non en trempant) dessus peu de solution.

Le point éclair du White – spirite (35° à 40°) étant bas, la température ambiante doit rester bien en de ça de ces limites, pour éviter tout danger d'incendie. Pour les pièces démontées, le nettoyage peut se faire par immersion ou application des produits précédents [8].

B) Elimination des revêtements :

Avant de procéder à n'importe quel traitement de corrosion, il est impératif d'éliminer le revêtement protecteur de la pièce corrodée, et ceci pour assurer une bonne efficacité du traitement à effectuer [8].

c) Décapage des peintures :

L'élimination de la peinture se fait à l'aide de décapants chimiques divers. Ces décapants peuvent être en deux catégories :

- Les décapants neutres.
- Les décapants acides .

Les décapants neutres sont à base de solvants tel l'acétate d'éthyle, l'acétone, le méthyle éthylacétate qui sont utilisés lorsque la zone à traiter est très restreinte. On utilisera un chiffon que l'on mouillera souvent avec le produit et qu'on appliquera en frottant jusqu'à la disparition de la peinture le décapage mécanique à l'aide de scotch ou de papier abrasif peut être considéré lorsque la zone traitée est restreinte, ou si l'opération précédente n'a pas été réussie

Les décapants acides sont à base d'acide sulfurique, nitrique, chlorhydrique ou acétique et sont d'un emploi limité car attaquant les supports, par contre les décapants neutres n'agissent pas sur le décapage de la peinture.

L'application peut être faite avec un pinceau en nylon, un chiffon ou un pistolet. Le produit peut être mis au contact des matières plastiques et élastomère.

À l'apparition de la surface métallique, il faut rincer à l'eau et sécher à l'air comprimé [8].

d) Enlèvement du revêtement anodique :

Le revêtement obtenu par anodisation des surfaces en alliages d'aluminium ne doit être éliminé localement. Ce revêtement constitue en effet, une protection très efficace et ne peut en général être renouvelé sans démontage de la pièce.

Lors d'intervention sur l'avion, il ne faut donc éliminer que le strict minimum et reprotéger la pièce par d'autres moyens.

Pour les pièces démontables, l'idéal serait d'éliminer le revêtement et restaurer la protection d'origine.

Cette opération est nécessaire pour assurer le contact en évitant l'apparition de piqûres. Pour les pièces anodisées qui ne nécessitent pas de traitement anodique, il ne faut éliminer que le strict minimum comme précédemment.

L'élimination d'un revêtement anodique peut se faire par immersion dans l'une des solutions citées ci après – une fois le revêtement dissout, les pièces doivent être rincées complètement à l'eau puis les reprotégées rapidement [8].

V.1.3. Traitement de la corrosion par la méthode mécanique :

Les méthodes mécaniques pour le traitement de la corrosion sont :

- Ponçage manuel, grattage de meulage , polissage, sablage.
- Le matériel nécessaire comprend : laine d'aluminium, papier abrasifs, grattoir à main, meule.

Il faut être extrêmement prudents avec les outils mécanique, il faut les utiliser en tenant compte de éviter sur l'aluminium pur, ce dernier est fragile et l'étendrai sur des régions avoisinantes couvrant ainsi de les points de corrosion existants ; par la suite, même si une couche de protection est appliquée, la corrosion continuera a attaque le métal dans les parties invisibles. Cependant l'utilisation avec précaution d'une meule, peut quelque fois être nécessaire pour sauver une pièce attaquée par la corrosion inter granulaire. Les méthodes mécaniques de traitement de la corrosion sont généralement suivies par un traitement chimique. Son but est de préparer une surface pour l'adhérence de la peinture quant ce la est nécessaire et d'offrir une protection supplémentaire contre la corrosion [8].

A) Ponçage manuel :

La laine d'aluminium ou le papier abrasif à base d'oxyde d'aluminium peut être utilisés pour nettoyer des surfaces attaquées par une légère corrosion ou une corrosion par piquûre sans profondeur.

On peut tremper de laine d'aluminium dans du kérosène pour facilité la procédure. Cette méthode de ponçage est particulièrement pratiquée pour le nettoyage du contour de tubes en aluminium plaqué, les nervures arrondies et autres éléments semblables. La laine d'acier ou des brosses dont les poils sont d'acier ne doivent jamais être utilisées pour l'enlèvement de la corrosion sur l'aluminium. Les deux métaux différents , en présence d'humidité , déclenche une attaque de corrosion , pour la même raison , il est nécessaire d'enlever toutes traces de résidus de corrosion , de grains abrasifs , de poussière de métal et copeaux [8].

B)Grattage de meulage :

Pour enlever la corrosion sur un matériau plus lourd, un grattoir ou une meule sont nécessaires. Un grattoir de type outils au carbure est un meilleur moyen de nettoyer la corrosion inter granulaire ou « **piquûre** » profond.

Au fur et mesure que le travail avance, une loupe ,de grossissement 10 fois , peut a déterminer quant toute corrosion est enlevée , une couche de métal propre de 0,2 inchs devra être grattée en plus . La possibilité de concentration de contrainte doit être considéré.

Pour éviter cela, le grattage sera étendu aux environs immédiats pour former une dépression en forme de godet. A la fin du grattage ou du meulage , la région sera polie avec du papier abrasif a base d'oxyde d'aluminium , d'abord avec du grain 280 et ensuite avec du papier dont le grain et 400 .

En dernier, la surface sera traitée chimiquement et un finition de protection appliqué.

B) Polissage [8] :

La procédure suivante peut être utilisée pour enlever une légère corrosion. On peut suivre les étapes suivantes :

- 1) Avec un chiffon ou une brosse, étendre une fine couche de produit à polir sur une surface limitée. Éviter d'étendre sur une trop grande surface si le produit ne solidifie pas rapidement.
- 2) Fixer un tampon de coton ou de laine de mouton sur la machine pour polir la surface traitée. Afin d'éviter une génération de points chauds, déplacer la machine sur la partie à polir, car la chaleur peut altérer le traitement thermique du métal et il en résulte une plus grande susceptibilité à la corrosion.
- 3) Si on le désire, les ronds et résidus l'aisé autre des rivets et des cordons peut être enlevés par un polissage manuel avec le même produit.
- 4) Lorsque le polissage est terminé, laver toute la surface avec un mélange d'eau et de solvant à base de pétrole. Ces mélanges peuvent ce chiffon jusqu'au fond pour atteindre l'eau plus lourde que le solvant.
- 5) Sécher la surface avec un chiffon doux.

C) Sablage(décapage par injection d'abrasif) :

Dans certains cas, il est nécessaire de traiter de grandes surfaces de corrosion, y compris les attaches. Un équipement pour l'injection d'abrasifs par pression d'air a été mis au point, lorsqu'il est bien utilisé, permet un rapide nettoyage des produits de corrosion.

Un équipement de ce type est connue sous le nom de vécu blast dans tout les cas, l'abrasif utilisé doit être de l'oxyde de l'aluminium ou de poudre de veue. Pour éviter le sertissage des produits de corrosion sur les revêtements en aluminium le pourcentage d'impuretés dans l'abrasif doit être de moins de 2 %.

Les grains d'abrasifs doivent être inférieurs à 0,80 mm pour un court et rapide nettoyage de la corrosion.

Un meilleur contrôle du nettoyage est obtenu ou utilisant des grains de 0,025 à 0,038 mm.

Le décapage par injection d'abrasifs ne doit être utilisé que si on applique une couche de fin organique, vu que le placage des revêtements en aluminium ainsi que le cadmiage des attaches risque d'être enlevé.

L'utilisateur de ces équipements doit être parfaitement formé courair des dangers de la mauvaise utilisation de ce matériel[8].

V.1.4. Traitement de la corrosion par la méthode chimique :

Cette méthode vise à améliorer l'efficacité du film d'oxyde protecteur donc de recouvrir naturellement certains métaux. Ou bien à former, à la surface, des sels ayant des propriétés protectrices comparables [9].

La méthode de traitement chimique de la corrosion est avantageuse, mais exige des précautions spéciales.

Il faut éviter les éclaboussures et éviter de laisser couler dans les portiers adjacents et les encastresments, les différents produits de nettoyage d'acide. Un chiffon humide doit être toujours prêt à les essuyer. Certaines parties doivent être protégées avec du papier imperméable ou un ruban adhésif. Une attaque prolongée de l'acide peut déclencher une corrosion. Il faut donc bien enlever toute trace d'acide [8]

Le film artificiel ainsi obtenu est plus épais, plus dur et plus adhésif que le film naturel. Il constitue une protection suffisante mais une protection supplémentaire peut être obtenue au moyen d'une peinture pour laquelle la couche d'oxyde constitue une excellent base d'accrochage [9].

A) Traitement aux solutions à base d'acide phosphorique :

Il existe de nombreux produits commerciaux à base d'acide phosphorique pouvant servir à l'élimination de la corrosion sur les surfaces en alliages d'aluminium. En général, ces produits sont. Appliqués au trempé ou au pinceau dans un local où la température est d'au moins 15° C.

L'application par aspersion est évitée de préférence à cause de la possibilité de projection du produit sur les surfaces métalliques adjacentes à la zone traitée.

Les produits éliminent les résidus de corrosion et préparent la surface à l'application de la peinture. Une fois appliqué on laisse agir le produit pendant 10 à 30 mn, puis on procède à un rinçage complet à l'eau. Finalement on sèche les surfaces à l'air comprimé. Les surfaces ainsi traitées doivent être peintes dans les trois jours. La solution de traitement doit être mélangée avec des précautions suivant les indications du fabricant.

Les pièces à traiter ne doivent pas être grattées, attaquées au sable, brossées avec une brosse métallique ou usées par une quelconque méthode. Une telle action enlèverait une très grande surface de la couche de protection autre que la région corrodée.

Il faut faire très attention pour ne pas laisser couler la solution dans les surfaces jointes par recouvrement. Il ne faut pas non plus éclabousser de produits chimiques à l'intérieur de la structure. Il est préférable de passer et repasser un tampon avec la solution de traitement, en particulier sur les tuyères, tubes, nervures et autres pièces de formes spéciales.

Appliquer la solution avec une brosse ou un chiffon, laisser agir pendant deux ou trois minutes et frotter légèrement avec une brosse à dure. Rincer avec de l'eau propre et laisser sécher avec de l'air comprimé [8].

B) Traitement aux solutions à base d'acide chromique :

Une solution à base d'acide chimique peut être utilisée pour éliminer les produits de corrosion sur alliages d'aluminium. La solution est de couleur rougeâtre, elle est d'abord diluée dans de l'eau puis appliquée à l'aide d'un chiffon propre ou pinceau. Laisser agir quelques minutes puis essuyer avec un chiffon humide. La surface prend alors une couleur jaune ou brune, laquelle doit être nettoyée à l'aide d'une brosse en nylon, ou à l'eau.

C) Traitement de la corrosion sur l'ART 72-500.*** Généralités :**

A) Tous les composants structuraux qui sont affectés par la corrosion doivent être traités immédiatement.

B) Le personnel qualifié doit déterminer l'ampleur de la corrosion et rivaliser avec des limites permises de dommage corrosion avant le déplacement de la corrosion et les opérations de traitement peut commencer.

C) Il est très important que tous les dépôts de la corrosion soient complètement enlevés avant que des gommages de corrosion soient réparés. Les risques mineurs peuvent agir en tant que points de départ pour la nouvelle corrosion. Le secteur réparé doit être vitrifié pour assurer le traitement complet de la corrosion pour éviter la possibilité de propagation de fissure.

D) Tous les secteurs où la corrosion doit être traitée doivent être exempts de la graisse, de saleté, et de la peinture.

Caractéristiques :**A) Equipements :**

.Papier à l'émeri.

- Racleur.
- Polisseur de coupeur ou de main.
- Garnitures abrasives non métalliques.
- Loupe.
- Brosse nylon.
- Lumière instantanée.
- Miroir sonde.
- Lunettes productrices.
- Gants Protecteurs.
- Equipement des courants parasites.

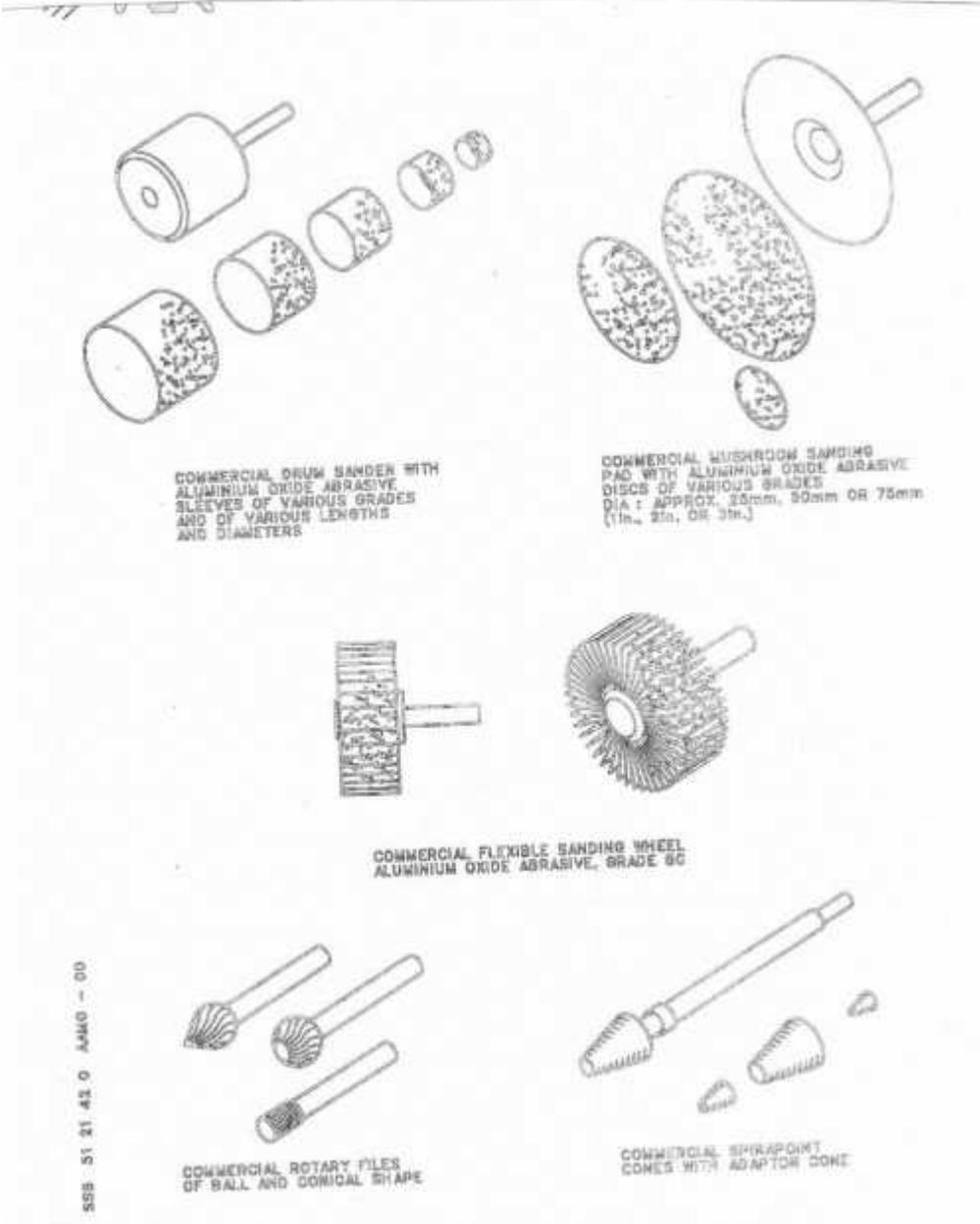


Figure (V-1) : Quelques outils utilisés pour l'élimination de corrosion en aéronautique

B) Matériaux de produits :

Pour la décontamination.

- Solution anhydrides d'acide chromique.
- Cr o3 90 g / l ou agent de désoxydation.
- Dissolvant chloré.
- L'eau déminéralisée, 1L.
- Solution de dichromate de potassium (pour la neutralisation seulement dans le cas d'anhydride de l'utilisation d'anhydride acide de chrome).

C. Technique de traitement de corrosion :

Les procédures générales pour le déplacement mécanique de corrosion sont décrites dans les paragraphes suivants.

1) Aberration à la main :

(a) L'aberration à la main est seulement effectuée ou les dommages légers se produisent le tissu d'émeris et les garnitures abrasives sont les abrasifs les plus communs utilisés à cette fin.

2) Brossage de fil :

(a) La brosse métallique est une opération abrasive mécanique effectuée avec une brosse métallique de main ou une brosse métallique entraînée par un moteur électrique.

Le brossage de fil est employé pour enlever la corrosion lourde et la peinture ou la saleté incorporée. Décrite ci – dessous est un procédé de brossage typique.

b) Câblez le brossage, comme décrit ci – dessous, est un procédé typique pour enlever la corrosion lourde et la peinture ou la saleté incorporée.

1) Suivez les procédures décrites dans le paragraphe intéressé 4 A au besoin.

2) Enlevez n'importe quelle corrosion lâché avec le racleur de main .

3) Meulage :

1) le meulage, comme décrit dans les étapes suivantes, est un procédé typique pour enlever la corrosion lourde à l'aide des roues de meulage motorisées.

2) Enlevez la corrosion par le meulage jusqu'à ce qu'une surface corrosion – libre ferme soit atteinte continuez de rectifier pour enlever des irrégularités brutes. Employez très bien le papier à l'ameri pour polir la surface à la finition désirée.

3) Après avoir enlevé la corrosion par le meulage. Appliquez un Granulage à écrouissage Pour réduire les efforts de tension résiduels peut être envisagé.

4) Dossier rotatoire :

(a) L'application du dossier rotatoire ou du radeur de main se fait lorsque quand la corrosion est lourde. Elle est applicable aux alliages en aluminium et acier. Les étapes suivantes décrivent un procédé typique.

1-Suivez les procédures décrites dans le paragraphe intéressé 4A ou 5 B au besoin.

2- Enlevez la corrosion en utilisant le dossier reptatoire. (Un Papier à l'émeri de 3 utilisations très bien pour polir la surface à la finition désirée).

5) Souffler d'abrasif :

Souffler abrasif est employé couramment pour des métaux de nettoyage ou de finissage en bombardant la surface avec un jet des particules abrasives. C'est également une méthode rapide pour enlever la corrosion filiforme. L'occurrence fréquente de la corrosion filiforme amenée au développement des sables abrasives portative.

Un procédé soufflant de pistolet externes typique est décrit comme suit :

- 1) Suivez les méthodes de travaillé décrites dans le paragraphe Intéressé 4 A.
 - 2) Enlevez la corrosion filiforme en soufflant avec les pertes de verre.
- Pour les meilleurs résultats. le bec de souffle devrait être tenue sur la surface de sorte qu'il enlève la corrosion dans un approximatif chemin de diamètre de 25 millimètres .

V.1.5. Procédé pour les alliages d'aluminium :**A. Préparation extérieur :**

- 1) Masquez des secteurs adjacents non – corrodés par l'installation des écrans en plastique forcés avec le ruban adhésif.
- 2) nettoyez et dégraissez avec le tissu de coton humidifié dans le dissolvant chloré ou ketonic.
- 3) Peignez dépouiller. Peignez dépouiller peut être exécuté dans le dépouillage chimique trop différent de manières notamment et le dépouillage mécanique.
 - a) Dépouillage chimique à employer sur des secteurs externes, pièces disolement, secteurs avec des frontières fixes.
L'utilisation du décolleur de peinture sera suivé du rinçage avec du dissolvant.
 - b) employez un dépouillage chimique en structures en forme de boite
Ou difficile - à - atteignent des secteurs. Utilisez le tissu d'émeris ou les garniture scotchlorite. Rincez au loin avec de l'eau claire.

B- traitement de la corrosion :

Cette opération comporte deux phases successives :

- 1). Action Mécanique.
 - L'utilisation des brosses de fil d'acier est interdite.
 - a) Effacez le secteur corrodé en utilisant les garnitures de descotbhirite ou le tissu d'émeris. Le choix de catégorie dépendra de l'ampleur de corrosion. Finition autre d'employer la catégorie la plus fine. Des garnitures de scotchbrite ou du tissu démeris.
- 2). Action chimique :
 - a) Enlevez la poussière et la dégraisser avec du dissolvant.

En utilisation d'une brosse appliquez la solution d'anhydride d'acide chimique (acide chromique (10 %) + l'eau déminéralisée) ou l'agant de désoxydation.

- b) Permettez à la solution d'agir pour le manganèse 10 mm.
- c) Rincez au loin par l'eau et la bande de frottement déminéralisées vers le bas par une brosse en nylon pour éliminer la coloration jaune foncée.
- d) Effacez avec le tissu.
- e) Séchez au loin avec de l'air exempt d'huile sec.

c) vitrification du traitement de corrosion :

En utilisant une loupe. Vérifiez l'évidence de la corrosion et la présence des fissures.

En cas de doute conduisez le teindre - Pénétrant ou l'inspection des courants parasites.

d) Neutralisation après action chimique :

(Seulement au cas où la solution d'anhydride d'acide chromique serait employée).

1) Appliquant la solution de dichromate de potassium (3% + l'eau déminéralisée) avec la brosse (seulement au cas où pour employer l'anhydride d'acide chromique) .

2) Permettent à la solution d'agir jusqu'à ce que la surface soit sèche.

3) Rinçage au loin avec l'eau et la bande de frottement déminéraliser vers le bas avec une brosse en nylon pour éliminer les traces de jaune.

E- Etapes finales :

Effectuez la combinaison rinçant par l'eau déminéraliser au loin par de l'air exempt d'huile sec.

V.1.5.1. Procédé pour des aciers :**A- Préparation extérieure :**

1) Masquent en plastiques fixés avec le ruban adhésif.

2) Dégraissez avec le tissu de coton humidifier dans le dissolvant chloré ou katonic.

3) Dépouillent la peinture par le dépouillage chimique ou le dépouillage mécanique. Le dépouillage chimique doit être employé sur des secteurs externes. Les pièces disolement – secteur avec des finoutières fixes le dépouillage mécanique doit être employé sur la structure en forme de boîte ou les secteurs inaccessibles.- Rinçage au loin avec de l'eau dissolvants et clair.

B- Traitement de la corrosion :

1) Action mécanique :

a) Le déplacement mécanique de la corrosion peut être fait en frottant la surface avec Désoxydation scotchbrite et garniture abrasives.

2).action chimique :

a) Enlevez la poussière et nettoyez avec du dissolvant chloré ou ketonic.

b) Appliquez l'agent de désoxydation. Avec une brosse et frottez bien sur la garniture employant extérieure de schotbrite, si la partie est démontable, immergez la dans la solution de désoxydation.

c) Laissez désoxyder l'agent pour agir pour 30 manganèse et application de répétition.

- En une heure, l'action de l'agent de désoxydation cause une atténuation de la corrosion Mais l'attaque N'est pas suffisante pour attendre le substrat métal d'un corrosion.

- Plusieurs heures sont alors nécessaires pour obtenir le déplacement complet de la corrosion et une phosphatation superficielle du métal (film blanc ou GRISATRE) .

C) Vérification du traitement de corrosion appropriée :

Assurez – vous que le corrosion a été enlevée complètement.

D) Etapes finales :

- 1) De façon générale rinçant au loin avec de l'eau déminéraliser
- 2) Séchant au loin avec de l'air exempt d'huile sec.

V.2. La Réparation :

Si la quantité du matériau corrodée passe l'intervalle de tolérance la réparation sera obligatoire.

V.2.1. Réparation d'un renfort de la poutre sur un avion ATR 72-500.**• Matériaux de réparation :**

- Poutre de plancher .
- Renfort d'épaisseur de 2mm.
- Cale d'épaisseur de 0,4 mm.
- Rivets de tête bombés .
- Rivets de tête fraisés .

A-les Instructions de réparation :**a- Instructions avant réparation :**

- Placez l'avion dans le hangar
- Désactivez et mettre l'avion mise à la terre
- Effectuez la mise à niveau de l'avion
- Effectuez l'étayage de fuselage
- Enlevez les panneaux de plancher dans la zone de réparation

b- Procédures de la réparation :**B.1. préparation :**

- (1) identifiez la surface à réparer.
- (2) vérifiez et choisissez des matériaux de réparation donnés .

b.2.réparation :

- (1) enlevez les attaches existant dans la zone de réparation.
- (2) coupez la poutre de plancher comme indiquée par arrangement de réparation.
- (3) ébavurez les bords de la découpe.
- (4) dégraissez et appliquer une conversion chimique enduisant en bords de la découper.
- (5) appliquez deux couches de primaire.
- (6) fabriquez des pièces de réparation en utilisant la liste matérielle de réparation et les informations dans le schéma de réparation.
- (7) marquez le nouveau et existant endroit de trous par schémas de réparation et percez le pilote des trous au diamètre de 2,5 millimètre. Maintenir de bord et le pas.

- (8) vérifiez les jeux par schéma de réparation.
 - (9) vérifiez alignement de poutre.
 - (10) percez tous les pièce de réparation au diamètre finale.
 - (11) Enlevez tous les pièce de réparation.
 - (12) Cassez et dé baver les bords de toutes les pièces de réparation.
 - (13) Nettoyez les surfaces de réparation et les pièces avec solvant.
 - (14) Appliquez une couches de conversion chimique sur toutes les pièces de réparation.
 - (15) Appliquez une couche de primaire.
 - (16) Appliquez le **PRC** (étanchéité) .
 - (17) Positionnez les pièces et installer les fixations avec **PRC**.
 - (18) Nettoyez les surfaces de réparation et appliquer un cordon avec **PRC**.
 - (19) Remplacez les jeux des découpes avec **PRC**.
 - (20) Percez les panneaux (suivant les trous de fixation de plancher).
 - (21) Appliquez la conversion chimique Couche sur les fixations de plancher.
 - (22) Appliquez deux couches de primaire sur la fixation de panneaux de plancher.
- C. (fermeture) :

1. appliquez les retouches de la peinture de la finition.
- 2 .installez toute la structure et les équipements de position.
- 3 .installez les panneaux de plancher.

V.3. Protection des matériaux aéronautique contre la corrosion :

La bonne conservation d'un matériel dépend :

- Du choix judicieux des matériaux utilisés pour sa réalisation.
- Du soin apporté à leur élaboration.
- De l'habileté technique avec laquelle ils ont été mis en œuvre.
- Des traitements spéciaux qu'ils ont subis .
- De la nature du service demandé à ce matériel .

Mais principalement des moyens utilisés pour le protéger de la corrosion, c'est –à – dire de l'attaque permanente des agents atmosphériques et de ceux qui sont propres au milieu dans lequel il est utilisé. Tous les matériaux : alliages ferreux, alliages légers à base d'aluminium, alliages ultra –légers à base de magnésium doivent être protégés. Il faut conserver dans le temps

En construction aéronautique, les effets de la corrosion sont encore plus graves que dans les autres construction s , car elle s'effectue sur des structures qui sont généralement de faible épaisseur et subissant de fortes contraintes ; la diminution de résistance prend donc une importance relative élevée .

V.3.1. Moyens de protection :

-Principes généraux :

Pour protéger une surface métallique contre la corrosion, il suffit d'appliquer sur cette surface un revêtement protecteur qui ne sera pas attaqué ou ne le sera que superficiellement par le milieu corrodant. En outre, les procédés de recouvrement permettent de donner aux pièces traitées des aspects variés agréables à l'œil.

Les divers moyens de protection utilisés se différencient d'une part par la nature des revêtements protecteurs et d'autre part, par le mode d'application utilisé.

L'indentification d'un procédé de protection doit comporter la mesure précise de l'épaisseur totale de la couche protectrice ainsi que les tolérances admissibles ; sans cette précaution, des pièce bien que soigneusement tracées risquent de ne plus s'ajuster lorsqu'elles ont été recouvertes du revêtement.

Pour identifier un procédé de protection il faut , non seulement identifier les produits appliqués , mais préciser de quelle manière leur application doit être faite .En particulier la préparation des surfaces doit être l'objet des plus vives préoccupations , car c'est du soin apporté à son exécution que dépend l'efficacité du revêtement [9].

A- Protection des alliages ferreux :

a- Protection par peinture :

Les peintures de protection sont des produits de recouvrement formés de matières colorantes et susceptibles, après application, de sécher plus ou moins rapidement.

b- Protection par procédé électrolytique :

0La surface du métal est recouverte par électrolyse d'une couche d'oxyde protecteur ou par galvano-plastie d'une mince couche de métal insensible à l'action oxydante . Les dépôts électrolytiques sont du domaine de l'électrolyse d'une part , et celles de la chimie d'autre part . Ces procédés , dont les prix d'installation et d'entretien sont assez élevés sont ceux qui donnent les meilleurs résultats pour une protection complète contre les oxydes alcalins , l'eau de mer , etc. ...les dépôts les plus communs sont [9].

- Ceux du nickel ou nickelage :

Le nickelage se fait soit directement sur pièces préparées très soigneusement, soit sur cuivrage intermédiaire. Les bains contiennent du sulfate de nickel, du sulfate double de nickel et d'ammonium et du chlorure de sodium. Les anodes sont en nickel [9].

- Ceux chrome ou chromage :

Il a sur le nickelage certains avantages : il ne ternit pas, résiste à la chaleur et donne une surface dure. Le chromage donne un très bel aspect blanc bleuté. Les bains sont à base d'acide chromique et de sels conducteurs ; ils sont chauffés vers 50°. Il est recommandé de déposer le chrome sur un dépôt intermédiaire de cuivre au lieu de nickel.

Les dépôts électrolytiques de chrome dur et de nickel permettent outre la protection contre la corrosion d'augmenter la résistance à l'usure, par "fretting " dans les assemblages soumis à vibrations [9].

- Ceux cadmium ou cadmiage :

Le dépôt de cadmium est imperméable et a une inaltérabilité supérieure à celle du nickel.

Un procédé à utiliser pour la protection des disques de compresseur des réacteurs consiste à faire diffuser une couche de cadmium dans une couche de nickel préalablement déposée sur l'acier de base [9].

B- Protection des alliages légers :**a- Préparation des surfaces [9]:**

Elle comprend les 3 opérations suivantes :

1) Dégraissages :

Le dégraissage a uniquement pour but de dissoudre les graisses se trouvant à la surface du métal de manière à lui donner un plus bel aspect et à faciliter les opération que celui-ci peut avoir à subir.

Les produits les plus couramment employés sont les solvants organiques : essence, benzol ou dérivés, trichloréthylène, ainsi que des produits spéciaux de dégraissage .

2) Décapage :

Le décapage a pour but de donner aux pièces en métal léger un bel aspect, mais ce procédé qui dissout le métal, n'est pas un procédé de dégraissage.

Les principaux procédés de décapage sont les suivants :

- Décapage à la soude caustique.
- Décapage à l'acide sulfurique.
- Décapage au phosphate trisodique.
- Décapage à l'acide sulfachromique.

Un rinçage à l'eau et une neutralisation à l'acide nitrique sont nécessaires.

3) Sablage – brossage :

Le sablage et le brossage pratiqués parfois dans un but de prestation, servent aussi à préparer les surfaces en vue d'un revêtement métallique ou d'une application de peinture.

On utilise le sable de NEMOURS, grain moyen ou fin, avec une pression d'air de 1,5 à 2 kg /cm².

Le brossage s'effectue avec des brosses circulaires en fils d'acier inoxydable plus ou moins fins.

Les tôles doivent être dégraissées ou décapées au préalable.

b- Protection par peinture [9]:

Les surfaces doivent être dégraissées et décapées très sérieusement afin d'assurer une bonne adhérence.

Les principales peintures utilisées sont :

- Peintures ordinaires et matières plastiques de bonne qualité.
 - Peintures vernissées à aspect brillant.
 - Peintures à base de brai et de poudre d'aluminium pur
- Enduits à base d'huile cuite.
- Laques nitro-cellulosiques à séchage rapide.
 - Résines vinyliques, phénoliques émaux synthétiques.

C- Protection par procédé chimique :

Ce mode de protection s'appelle la protalisation :

Le traitement consiste en un séjour d'une dizaine de minutes des alliages d'aluminium, préalablement dégraissés, dans la solution traitante, suivi d'un rinçage à l'eau courante. La température peu élevée (20°C) nécessaire à cette réaction, ajoute encore à la simplicité de ce procédé de protection.

Étudié primitivement pour le traitement des alliages aluminium -cuivre, ce procédé a été facilement étendu aux alliages aluminium - magnésium.

La surface d'une pièce traitée prend une teinte variant du jaune au vert selon la composition de l'alliage. On y trouve les éléments chrome, fluor et titane ; l'identification de ce dernier élément, facile à effectuer, est un moyen de contrôle. Alors que la surface métallique naturelle se laisse difficilement mouiller, la surface protalisée

permet l'étalement des liquides. La couche ainsi formée à la surface des alliages légers possède des propriétés protectrices que l'épreuve du brouillard salin met en évidence. C'est ainsi qu'une exposition de 600 heures a laissé intactes des éprouvettes du duralumin protégées par protalisation, alors que l'alumine était rapidement apparue sur le métal non traité. Cette couche permet une meilleure adhérence des peintures à condition bien entendu de peindre des surfaces parfaitement sèches [9].

d- Protection par électrolytique [9] :

1) Procédé BENGOUGH ou procédé anodique :

La pièce à protéger est prise comme anode et immergée dans un électrolyte (bain constitué par une solution aqueuse d'acide chromique ou de chromate). La cathode est constituée par des plaques de charbon (40 à 50 v). de f. é .m).

L'oxydation anodique ne peut être pratiquée qu'avec des électrolytes dont les anions contiennent de l'oxygène ; l'électrolyte doit en outre attaquer dans une certaine mesure le métal traité et être capable de dissoudre, fut – ce très lentement, la pellicule protectrice oxydée , sans quoi l'oxydation s'arrête des que la pellicule a une épaisseur infime . . Un procédé spécial permet d'obtenir des couches très épaisses et très dures résistant à l'abrasion (panneaux d'aile de BOEING) .

2) Procédé par cadmiage ou chromage électrolytique :

Ce procédé s'applique également aux alliages légers ; la réussite est fonction des qualités d'homogénéité du métal de base.

Ce procédé présente un double avantage :

- 1) Le cadmium métal est peu attaquable.
- 2) Il est auto- protecteur à la fois par rapport aux alliages légers et aux alliages ferreux.

Toutefois, cet avantage disparaît lorsqu'il s'agit de protéger l'AL.

Pur ; dans le cas ou ces deux métaux voisinent, c'est l'AL, qui tend à se déposer sur le cadmium. Ce point est important car on peut être tenté d'assembler des tôles en alliage léger déjà protégées par un revêtement en Al. Avec des rivets cadmiumés. En pareil cas vaut mieux employer des rivets zingués.

C- Protection des alliages de magnésium :

La protection des alliages de magnésium s'effectue à deux stades successifs :

- Par procédé chimique galvanique ou électrolytique.
- Peinture.

En effet, les couches de protection obtenues par voies chimique, galvanique ou électrolytique sont insuffisantes pour constituer une protection efficace en service des pièces en alliage de magnésium. On leur adjoint des peintures et vernis utilisés déjà pour la protection des autres métaux.

a- Procédé de protection par formation de couche superficielle^[9] :

- Formation de couche superficielle par voies chimique :

La solution acide de bichromate attaque la peau et les muqueuses.

Les ouvriers chargés du mordantage doivent être munis d'un masque , de lunettes de protection , porter des gants en caoutchouc , des sabots en bois ou des bottes en caoutchouc .

- Formation de couche superficielle par voies galvanique :

b- Peintures et vernis [9] :

Pour obtenir une bonne adhérence des peintures, les surfaces doivent être propres, exemptes de matières grasses et légèrement rugueuses. On utilise :

- a) produits séchant l'air : vernis gras, vernis acéto-cellulosique, vernis nitro-cellulosique.
- b) Produits séchant l'air ou au four : vernis à base de résine synthétique.
- c) Produits séchant au four : vernis à base de résine synthétique, vernis à l'asphalte.

Ces produits résistent parfaitement à un séjour de plusieurs mois dans l'eau de mer.

Les protections obtenues par application de peinture ou vernis présente de bonnes caractéristiques ; toutefois, ce mode de protection crée deux genres d'inconvénients :

- a) Surcharge appréciable de l'ordre de 80 à 100 g par m² de surface protégée (5% du poids dans le cas d'une tôle de 1 mm d'épaisseur) .
- b) Les peintures introduisent une surépaisseur qui en prohibe l'emploi pour certaines parties de pièces usinées avec précision.

C- Procédé de protection agissant sur l'état de surface du métal [1] :**1) Par revêtement métallique :**

On recouvre l'alliage à protéger par un métal protecteur formant une couche imperméable aux liquides et aux gaz. La métallisation, procédé qui consiste à projeter sur la surface des pièces un métal fondu est le seul utilisé. Le métal en fusion sort du pistolet à l'état de fines particules liquides, qui, à leur arrivée sur la pièce, se soudent les unes aux autres. On utilise l'aluminium pur ou le duralinox.

2) Par électrolyse :

On dépose une couche d'accrochage à base de zinc que l'on recouvre d'une couche de cuivre intermédiaire. On dépose ensuite sur le cuivre d'autres métaux tels que nickel, chrome, cadmium, argent.

D- Protection des assemblages de métaux différents [9] :**1) Assemblage des alliages légers avec d'autres métaux :**

Pour réaliser un assemblage mixte, on doit isoler les deux métaux l'un de l'autre en ayant soin d'utiliser une matière poreuse susceptible d'être pénétrée par l'humidité. On interpose :

- Soit une peinture à base de goudron.
- Soit une pellicule métallique déposée par shoopage (zinc – cadmium).

Après rivetage, il y a lieu de protéger également les têtes
Des rivets.

2) Assemblage des alliages ultra – légers avec d'autres métaux [9] :

Un isolement soigné des pièces en alliages de magnésium doit être prévu pour éviter la formation des couples électrolytiques ; la condensation de l'humidité de l'air est déjà suffisante pour produire au point de contact une oxydation de magnésium. Les produits employés pour l'isolement peuvent être

:

- 1) Des peintures. (Primaire jaune ou vert au chromate de zinc,

(Laque cuite au four du type bakélite.

- 2) Des enduits (PRC
Spéciaux

Les vis, rivets et rondelles intercalaires doivent être en alliage spécial (Duralinox) qui a l'avantage de ne pas donner de couple sensible au contact du magnésium et d'être lui – même particulièrement résistant à la corrosion.

- Exemples de protection d'assemblages de métaux différents

Couche d'impression primaire et rondelle isolants.

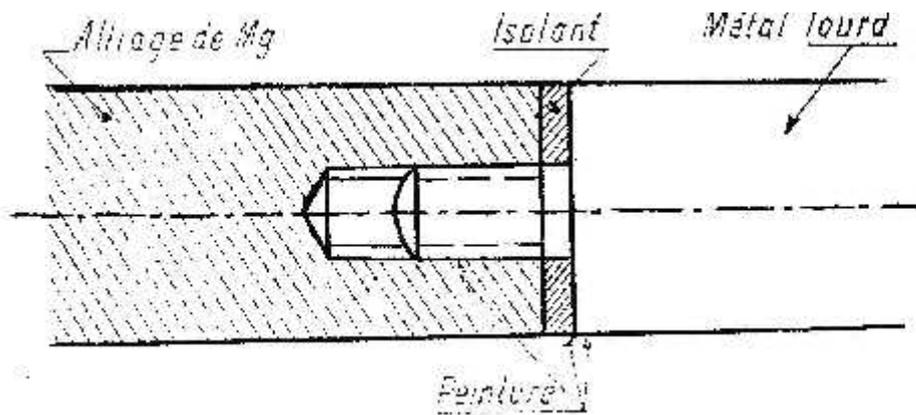


Figure (V-3) : Assemblage de 2 barres

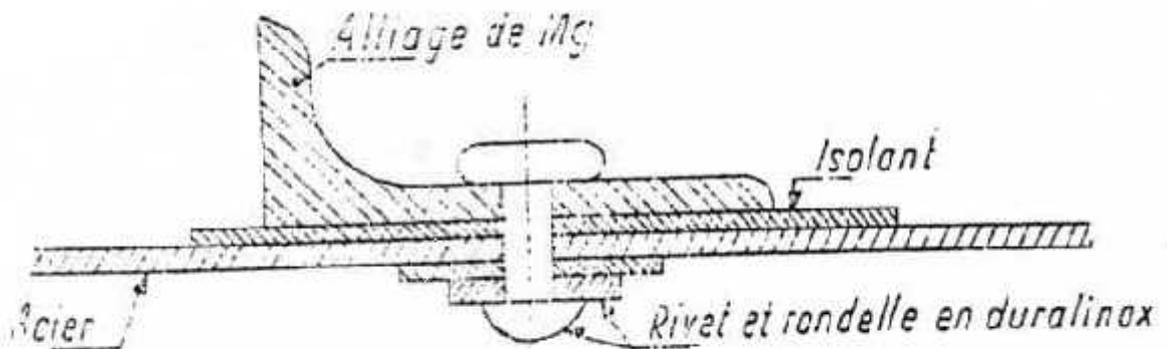


Figure (V-4) : Assemblage rivé

E- Autres méthodes de protection contre la corrosion [3] :

1) Electro - déposition :

Afin de protéger les pièces d'acier contre la corrosion, on a souvent recourus à l'électrolyse pour déposer une couche métallique sur les surfaces.

Cette technique consiste à plonger la pièce à recouvrir dans un bain d'électrolyte pour jouer le rôle d'une cathode sur la quel vient de déposer des ions métalliques , l'électrolyte choisi en fonction du dépôt désire , le procédé de dégazage (passage au four) après l'électrolyse pratiquée pour restaurer le revêtement des aciers de haute résistance .

Cause des zones de concentration de contraintes et des entailles qu'elles présentent, les vis et écrous de haute résistance, du fait de cette fragilisation, sont particulièrement sujets

à la rupture en utilisation normale sous l'effort de contraintes statiques et de contraintes en fatigue

2) Traitement par anodisation galvanique :

Procédé électrolytique formant une couche de protection contre la corrosion et de base pour la peinture sur les alliages de contenant du manganèse].

3) Placage :

Les alliages d'aluminium susceptibles d'être corrodés sont fréquemment recouverts d'une couche d'aluminium pur. Le placage d'aluminium autour des trous, Des éraflures et d'autres défauts de revêtement le protège de la corrosion .

4) Pulvérisation métallique :

Consiste à fondre le métal et à la pulvériser sur la surface à protéger.

5) Grenailage :

De même que les autres traitements qui , comme celui ci , soumettent la surface à des contraintes de compression , permet de protéger efficacement de cette surface de la corrosion sous tension .

6) Revêtements organiques :

Couramment utilisés pour protéger les métaux sont les peintures d'apprêt au chromate de zinc, les peintures émaillées, les composés de caoutchouc chlorurent, etc...

7) Les inhibiteurs de corrosion [9] :

Le taux de corrosion dans le circuit de robinetterie est très élevé dans le domaine aéronautique, c'est pour que la prévention se base sur la réduction de l'agressivité des solutions.

Cette solution est possible par l'addition de produits en faibles quantités que l'on appelle « inhibiteur de corrosion » .

L'inhibition est un moyen de protection d'un métal, qui consiste à introduire au sein du milieu corrosif une faible quantité d'une ou plusieurs espèces chimiques capables de diminuer d'une manière importante la vitesse de corrosion.

- Les inhibiteurs passivantes :

Les substances passivantes sont généralement des substances oxydantes inorganiques.

Généralement, les inhibiteurs passivants réduisent les vitesses de corrosion jusqu'à des valeurs très faibles, ils stabilisent l'oxyde de métal et ainsi forment une couche passive protectrice.

-Les inhibitions l'alliages de l'aluminium :**-CAS des molybdates :**

Si le choix d'inhibiteur répondait surtout aux facteurs technico économiques, actuellement, on prend de plus en considération l'aspect écologique.

Aussi, si les chromates, les nitrites et autres inhibiteur passivantes étaient très couramment utilisés dans le passé, actuellement leur usage est remis en cause, à cause de leur grande toxicité.

A partir de là, les molybdates ont été proposés comme substituant à ces derniers, en tant qu'inhibiteurs pour les métaux dans les systèmes aqueux, en raison de leur très faible, voire même négligeable toxicité.

a. L'inhibition de l'aluminium par les molybdates :

pour l'aluminium pur, qui est très résistant à la corrosion, les molybdates améliore cette résistance, il n'en est rien pour certains de ses alliages.

Il est reconnu par exemple que les alliages d'aluminium qui contiennent du cuivre (série 2000) ou du zinc (série 7000), et qui sont largement utilisés en aéronautique, sont généralement peu résistants à la corrosion. Leur inhibition est donc plus difficile que celle de l'Aluminium pur.

Cependant, l'alliage 7075 est plus facilement inhibé que l'alliage 2024, car ce dernier est sujet à des attaques inter granulaires.

Toutefois, certains travaux rapportent l'effet inhibiteur des ions molybdates

Vis - à - vis de la corrosion généralisée, ou même de la corrosion par piqûres, de certains alliages d'aluminium, dans des systèmes aqueux Alcalines ;

L'inhibition des piqûres par ions molybdates s'explique par l'effet compétitif entre l'ion inhibiteur (Molybdates) et l'ion agressif. En effet, les Molybdates, en formant un film

très protecteur sur l'Aluminium, retardent la piquuration. - Molybdate.

-Cas des phosphates :

L'utilisation des phosphates a beaucoup augmenté, remplaçant l'usage des chromates et des nitrites.

Dans les premiers temps, ils étaient utilisés en addition aux chromates, dans le but de diminuer la concentration des ions chromates.

La littérature rapporte peu de travaux relatifs à l'inhibition de l'Aluminium par les phosphates. Peut être parce qu'à cause de leur grande tendance à s'hydrolyser en ortho phosphates, et plus particulièrement à des PH voisins de 7, cette hydrolyse fait diminuer leur effet inhibiteur [9].

b. Inhibition des aciers inoxydables :

Les Molybdates ont été aussi utilisés pour l'inhibition des aciers inoxydables , surtout contre la corrosion par piqûres . L'effet bénéfique des Molybdates est attribué par certaines autres au fait qu'ils contribuent à l'enrichissement de la couche passive . D'autres pensent que les Molybdates retardent la piquration par adsorption , par formation de certains composés insolubles de Molybdates, par une interaction synergiques des ions Molybdates avec les composés de la couche passive, ou enfin par élimination des sites actifs de la surfaces métallique [9].

8) Protection composée sur l'avion ATR 72-500 :

La protection composée anti corrosion a été présenté sur l'ATR pour mettre en application la résistance à la corrosion de structure.

Ce traitement consiste en appliquant les LPS ou l'équivalent sur les pièces suivantes :

- 1) train d'atterrissage.
- 2) Longerons arrière et avant d'aile
- 3) Caisson intérieur de stabilisateur.
- 4) Caisson extérieur de stabilisateur.
- 5) Surface intérieur de face de bas.
- 6) Structure plancher sur les toilettes et galets.
- 7) Equipement de la zone intérieur de la cone de queue.
- 8) Fixation de train d'atterrissage jonction aile-fuselage. .
- 9) Caisson d'aile extérieure.
- 10) Surface entre le fuselage et le matelas désolation.
- 11) Partie intérieure de surface de vol.
- 12) Couple forts.
- 13) Cadre de renforcement dans la cabine.

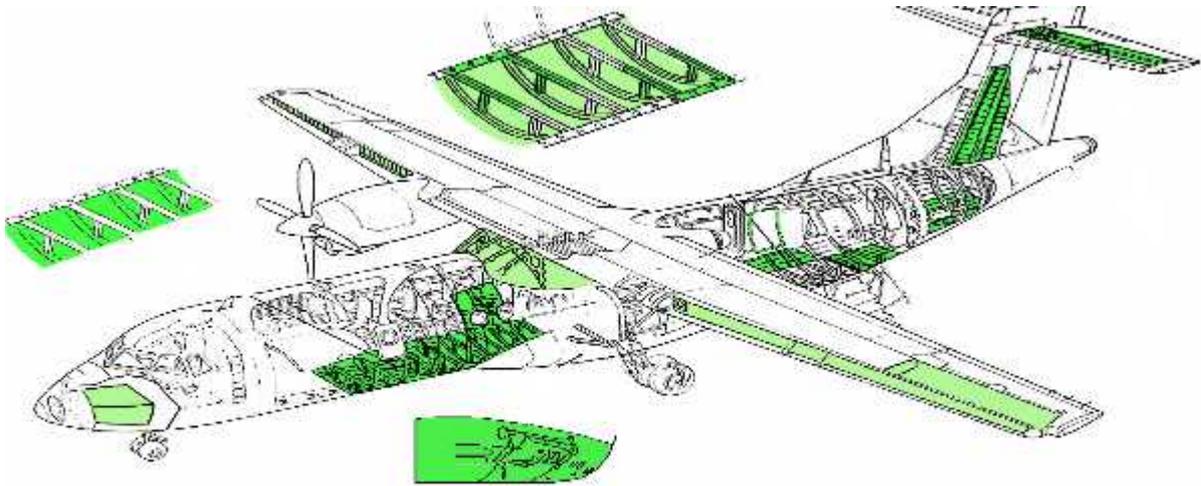


Figure (V-5) : Protection anti-corrosion sur l'Avion ATR 72-500

- 1) train d'atterrissage.
- 2) Longerons arrière et avant d'aile.
- 3) Caisson intérieur de stabilisateur.
- 4) Caisson extérieur de stabilisateur.
- 5) Surface intérieur de face de bas.
- 6) Structure plancher sur les toilettes et galets.
- 7) équipement de la zone intérieure de la intérieure de queue.
- 8) Fixation de train d'atterrissage (jonction aile –fuselage).
- 9) Caisson d'aile extérieur.
- 10) Surface entre le fuselage et le matelas désolation.
- 11) Partie de surface de vol.
- 12) Couples forts.
- 13) Cadre de renforcement dans la cabine.

Conclusion

Notre projet de fin d'études, mené au terme de plusieurs mois de stage à Air Algérie, nous a permis d'acquérir plusieurs informations importantes sur les méthodes préventives et curatives de la corrosion appliquées à la structure de l'avion ATR 72-500.

Notre stage pratique nous a permis également d'enrichir nos connaissances dans le domaine aéronautique en général, et l'étude des méthodes préventives et curatives de la corrosion appliquées à la structure de l'avion ATR 72-500 en particulier.

La synthèse de cette étude conduite à la conclusion générale suivante :

-La corrosion est dû aux différents facteurs : chimiques, physiques, et électrochimiques.

-La corrosion peut apparaître sous différentes formes qui influent sur la résistance des matériaux d'un avion. Elle peut rigoureusement changer avec seulement un petit changement environnemental.

-L'inspection, la prévention ainsi que le traitement de corrosion de la structure d'avion dépend d'un plan, mis en application dès le début de fonctionnement d'un avion, qui inclut essentiellement du :

1) Personnel qualifié dans :

i) techniques d'identification de corrosion.

ii) Détection, nettoyage, et traitement de corrosion.

iii) Lubrification et conservation de structure et de composants d'avions.

2) inspection pour la corrosion sur une base programmée.

3) Inspection, lubrification, et conservation complète à intervalles prescrits.

4) Traitement prompt de corrosion après détection.

5) Utilisation des matériaux appropriés, de l'équipement, et des publications techniques.

6) Entretien des systèmes de base de finition.

7) Réduisant au minimum l'exposition de l'avion aux environnements défavorables.

- L'aéronautique est le domaine de zéro défaut.

Nous espérons qu'on a donné à la bibliothèque d'aéronautique ainsi que les étudiants de département les informations les plus importantes.

Conclusion

Conclusion :

Notre projet de fin d'études, mené au terme de plusieurs mois de stage à Air Algérie, nous a permis d'acquérir plusieurs informations importantes sur les méthodes préventives et curatives de la corrosion Appliquées à la structure de l'avion ATR 72-500 .

Notre stage pratique nous a permis, également d'enrichir nos connaissances dans le domaine aéronautique en général, et l'étude, les méthodes préventives et curatives de la corrosion Appliquées à la structure de l'avion ATR 72-500 en Particulier.

La synthèse de cette étude conduite à la conclusion générale suivante :

- La corrosion est due aux différents facteurs : chimiques, physiques, et électrochimiques.
- La corrosion peut prendre beaucoup de formes et la résistance des matériaux d'un avion à la corrosion peut rigoureusement changer avec seulement un petit changement environnemental.
- L'inspection, la prévention ainsi que le traitement de corrosion de la structure d'avion dépend d'un plan, mis en application dès le début de fonctionnement d'un avion, qui inclut essentiellement du :

1) Personnel qualifié dans :

- i) techniques d'identification de corrosion.
- ii) Détection, nettoyage, et traitement de corrosion.
- iii) Lubrification et conservation de structure et de composants d'avions.

2) inspection pour la corrosion sur une base programmée.

3) Inspection, lubrification, et conservation complète à intervalles prescrits.

4) Traitement prompt de corrosion après détection.

5) Utilisation des matériaux appropriés, de l'équipement, et des publications techniques.

6) Entretien des systèmes de base de finition.

7) Réduisant au minimum l'exposition de l'avion aux environnements défavorables.

- L'aéronautique est le domaine de zéro défaut.

Nous espérons qu'à donner aux bibliothèques d'aéronautique les informations les plus importantes.

BIBLIOGRAPHUE :

- [1] : Traité des matériaux : LANBELT : 12-corrosion et chimie de surfaces des métaux.
ANNE : 1993. Première Edition
1997. Réimpressient corrigée.
- [2] : Thèse : Etude et contrôle et maintenance de la structure ATR 72-500.
- [4] : Etude de la tenue en corrosion du NANO composite FeCo .
Prépare par halil Ali
Medome Mohamed hamza .2005-2007
- [5] : Préparation a la certification des Agents de contrôle non destructif .
COFRND –COSAC.
Introduction Aux technologies de fabrication défauts et CND Associes -niveau 2 .
- [6] : Livre : Structure des matériaux .

Préparé par M : Nacre .B . Bacha : professeur de Module de SDM
(institue de Mécanique générale) .
- [7] :[http : // www. Euralliage . com. / alliage . html](http://www.Euralliage.com/alliage.html).
- [8] :Traitement de la corrosion sur une cloison étanche de pressurisation d'un 737 -200 .

Réalisée par bouhadda Mohamed

Bldjedra Farid .2004 -2005
- [9] SRM : Manuel de réparation structural .