

LA REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA
FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT D'AERONAUTIQUE



PROJET DE FIN D'ETUDE

POUR
L'OBTENTION DU DIPLOME DE DEUA
OPTION STRUCTURE



Réalisé par :

BOUHADDA MOHAMED
BELDJEDRA FARID

Encadré par :

promoteur: Mr TSABIT
co-promoteur: Mr SETTOUF

PROMOTION 2004/2005

« *REMERCIEMENTS* »

Nous tenons à exprimer nos vives reconnaissances a
Monsieur Le chef du département de L'AERONAUTIQUE.

Aussi nous remercions chaleureusement notre
promoteur et co-promoteur Messieurs : TSABIT et
SETTOUF.

Qui grâce a leurs précieux conseils et orientations, que nous
sommes parvenus a élaborer ce modeste mémoire de fin
d'Etude.

SOMMAIRE

- RESUME	
- INTRODUCTION	01

CHAPITRE I: *DEFINITION ET DESCRIPTION*

I. 1. PRESENTATION DE L'AVION BOEING 737 - 200	02
I. 2. DEFINITION DE CORROSION	02
I. 3. FACTEURS AGISSANTS	04
I. 3.1. Atmosphère marine	04
I. 3.2. Atmosphère polluée	04
I. 3.3. Précipitations atmosphériques	04
I. 3.4. Humidité relative	04
I. 3.5. Température	05
I. 3.6. Piste d'envol	05
I. 3.7. Altitude opérationnelle	05
I. 3.8. Longueur d'étape	05
I. 3.9. Gaz volcaniques	06
I. 3.10. Poussières abrasives	06
I. 3.11. 1. Environnement intérieur de l'avion	06
I. 3.11. 2. Animaux vivants	07
I. 3.12. Toiles d'isolation	07
I. 3.13. Environnement intérieur du réservoir de carburant	07
I. 3.14. Contamination accidentelle	08
I. 3.14. 1. Par le bétail	08
I. 3.14. 2. Par les fruits de mer	08
I. 3.14. 3. Par le mercure	08
I. 4. ZONES CRITIQUES (parties de l'avion facilement corrodables)	09
I. 4.1. Zones d'accumulation d'eau	09
I. 4.2. Système hydraulique	09
I. 4.3. Trains d'atterrissage	10
I. 4.4. Les portes	10
I. 4.5. Fuselage	10
I. 4.6. Parties non peintes	11
I. 4.7. Emplacement des rivets	11

CHAPITRE II : *LES DIFFERENTS TYPES DE CORROSION ET LE MECANISME DE DEGRADATION*

II. 1. LES DIFFERENTS TYPES DE CORROSION :	
II. 1. 1. Corrosion uniforme d'une surface	12
II. 1. 2. Corrosion galvanique	12
II. 1. 3. Corrosion par aération différentielle	16
II. 1. 4. Corrosion par différence de concentration	16
II. 1. 5. Corrosion par piqûres "PITTING"	18
II. 1. 6. Corrosion atmosphérique	22
II. 1. 7. Corrosion sous contrainte	22
II. 1. 8. Fatigue corrosion	22
II. 1. 9. Corrosion à haute température	23
II. 1. 10. La corrosion sèche (oxydation à haute température)	23
II. 1. 11. Corrosion par contact ou par frottement	24
II. 1. 12. Corrosion Inter granulaire	24
II. 1. 13. Corrosion filiforme	24
II. 1. 14. Corrosion microbienne	25
II. 1. 15. Exfoliation	25
II. 2. MECANISME DE LA DEGRADATION	27
II. 3. CHOIX DU MATERIAUX	28
II. 3.1. Conception de la pièce	28
II. 3.2. Maîtrise de l'environnement	28
II. 3.2. 1. Empêcher la réaction chimique	28
II. 3.2. 2. La dissolution des métaux	29

CHAPITRE III : *INSPECTION ET TRAITEMENT DE LA CORROSION*

III. 1. INSPECTION DE LA CORROSION	32
III. 1.1. Inspection visuelle	32
III. 1.2. Inspection par courant de Foucault	32
III. 1.3. Inspection ultrasonique	32
III. 1.4. Inspection radiographique	35
III. 1.5. Inspection peinturant	35
III. 1.6. Inspection magnétique	37
III. 2. TRAITEMENT DE LA CORROSION	38
III. 2.1. Généralités	38
III. 2.2. Opérations préliminaires et précautions	39
III. 2.3. Nettoyage des zones corrodées	39
III. 2.4. Elimination des revêtements	41

III. 2.4.1. Décapage des peintures	41
III. 2.4.2. Enlèvement du revêtement anodique	42
III. 2.5. Traitement de la corrosion par la méthode mécanique :	42
III. 2.5.1. Ponçage manuel	43
III. 2.5.2. Grattage de meulage	44
III. 2.5.3. Polissage	44
III. 2.6. Applications ou différents cas de corrosion :	47
III. 2.6.1. Corrosion légère	47
III. 2.6.2. Corrosion modérée	47
III. 2.6.3. Corrosion sévère	47
III. 2.7. Traitement de la corrosion par la méthode chimique	48
III. 2.8. Traitement aux solutions a base d'acide phosphorique	48
III. 2.9. Traitement aux solutions a base d'acide chromique	50
III. 2.10. Traitement des matériaux et des alliages couramment utilises en aéronautique	50
III. 2.10.1. L'aluminium et ses alliages	51
III. 2.10.2. Traitement mécaniques	51

CHAPITRE IV : *INSPECTION REPARATION*

IV. 1. INSPECTION ET REVISION DE CLOISON ETANCHE ET LA LUTTE CONTRE LA COROSION :	54
IV. 1.1. La panne	54
IV. 1.2. La cause de la panne	54
IV. 1.3. La révision	54
IV. 1.4. Le programme de révision	55
IV. 1.5. Inspections et réparations	55
IV. 2. Les étapes de réparations	65
IV. 2.1. Réparation de la corrosion dans LE C.E.P	65
IV. 2.2. Mesure a prendre après l'inspection	67
 CONCLUSION	 68

LISTE DES FIGURES :

CHAPITRE II: les différentes types et le mécanisme de dégradation

Fig.(II-1) :principe d'un couple galvanique (zn-cu).....	13
Fig.(II-2) :corrosion galvanique de deux tôles (cu-al).....	14
Fig.(II-3) :corrosion galvanique de deux tôles (sn-fe).....	14
Fig.(II-4) :corrosion galvanique d'une tôle étamé dans un liquide alimentaire(cu-al).....	15
Fig.(II-5) :corrosion par différence de concentration entre les Eléments.....	17
Fig.(II-6) :corrosion par piqûres (pitting).....	19
Fig.(II-7) :corrosion par piqûres dans le cas d'un alliage d'aluminium avec agrandissement.....	20
Fig.(II-8) :schéma simplifié de la corrosion par piqûre d'un alliage d'aluminium.....	21
Fig.(II-9) :formation de la corrosion par piqûre d'un alliage d'aluminium.....	21

CHAPITRE III: inspection et traitement

Fig.(III-1) :inspection visuelle par outillage.....	32
Fig.(III-2) :courant de Foucault.....	33
Fig.(III-3) :inspection par ultra son.....	36
Fig.(III-4) :nettoyage des zones corrodées.....	40
Fig.(III-5) :outillage pour le traitement mécanique.....	46
Fig.(III-1) :outillage pour le traitement chimique.....	53

CHAPITRE IV: inspection et réparation

Fig.(IV-1) :position de la station 1016 (C.E.P).....	59
Fig.(IV-2) :la partie corrodée sur la C.E.P.....	60
Fig.(IV-3) :vue d'ensemble de la C.E.P (COTE BAS).....	61
Fig.(IV-4) :réparation des enchaînements de la C.E.P corrodée....	62

Fig.(IV-5) :réparation des enchaînements de la C.E.P partie A
subissant des
craques.....63
Fig.(IV-6) :inspection et réparation des différents éléments touchés
par la
corrosion.....64

CHAPITRE I

***DEFINITIONS ET
DESCRIPTIONS***

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 aux même temps et il est très dangereux pour le domaine de l'aéronautique. Ce qui exige une étude très approfondie pour trouver les moyens et solutions de lutte contre ce phénomène. Car, il existe des méthodes à appliquer pour éviter ce genre de problème et, que nous faisons ressortir dans notre présente étude

SUMMARY

The goal of this work is to explain why corrosion is a phenomenon of destruction of metals, it is very dangerous for the field of aeronautics. What requires a very thorough study to find the means and solutions of fight against this phenomenon because; there are methods to apply to avoid this kind of problem and, which we emphasize in our present study

INTRODUCTION

La corrosion est la destruction des métaux dans l'effet du milieu ambiant, par une réaction apparaissant au premier regard comme ayant un caractère chimique apparent.

Notre travail consiste à la maintenance des cloisons étanches de pressurisations (C.E.P) qui doit être faites conformément aux consignes de maintenance appropriées que nous les avons pris durant notre stage.

Pour cela, le travail effectué est présenté sous forme de quatre parties :

- 1)- Les différents facteurs agissant sur la corrosion et les parties concernées par ce phénomène au niveau de la structure de l'avion.
- 2)- Présentation des différents types de corrosion rencontrés dans le domaine aéronautique .
- 3)- Les moyens de détection et traitements des surfaces corrosives.
- 4)- Enfin la dernière partie sera consacré à la description et maintenance de la C.E.P .

I. 1. PRESENTATION DE L'AVION BOEING 737 – 200

Le 22 février 1965, la firme BOEING annonce la réalisation du BOEING 737, comme avion de transport en court et moyen courrier et cela, quelques jours avant le vol d'un de ses principaux rivaux le DC.9 et six semaines avant la mise en exploitation d'un autre concurrent le B.A.C. "One eleven". Cet avion existe en deux versions: le 737-100 avec un fuselage court (28,65m) et le 737-200 avec un fuselage long (30,43m). Par rapport aux autres BOEING, et si le diamètre du fuselage est le même que celui des premiers BOEING (3,76m) le 737 est un avion nouveau et très élaboré. Il peut recevoir six sièges de front, et permet une utilisation d'environ 60% de la structure, et les équipements de son prédécesseur immédiat le BOEING 727. L'aile avec ses bords d'attaque krueger et les volets de bord de fuite à triples fentes confèrent au 737 une excellente approche des grandes vitesses et des basses vitesses, avec l'utilisation des pistes très courtes. Le BOEING 737 peut transporter 115 passagers. Le modèle qui vous est présenté est un BOEING 737- 200.

La plupart des 737 sont dotés de téléphones à bord. Tous sont équipés d'un système de divertissement en vol et de fauteuils branchés pour l'utilisation d'ordinateurs portatifs en vol. L'aluminium utilisé pour la construction d'un 737-200 pèse 24 268 kg (53 500 lb).

Il s'agit du seul réacteur qui décolle et atterrit tous les jours sur une piste de 1100 m (3609 pieds), quelles que soient les conditions météorologiques.

La surface des ailes d'un 737 est de 60.4 m² (198.16 pieds²),

Avec une charge intégrale, un 737 peut prendre de l'altitude à une vitesse de 882 m (2895 pieds)/minute, ce qui est plus rapide que la vitesse atteinte par les ascenseurs des structures les plus élevées du monde.

Le train d'atterrissage d'un 737 pèse 1564 kg .

Ce fut le premier réacteur à disposer d'un système de freinage complètement automatisé.

I. 2. DEFINITION DE LA CORROSION

Action et effet des substances corrosives ou d'un milieu corrosif. La corrosion 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 originel de minerais (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.

Par exemple, l'eau a un rôle très corrosif sur les aciers non inoxydables. Ce rôle est activé par certains sels minéraux et autres produits éventuellement contenus dans l'eau (l'eau de mer est plus corrosive que l'eau douce), mais aussi par la température, la présence d'oxygène,...

Les matériaux composites sont insensibles à la corrosion, mais de nombreux mécanismes d'altération des propriétés mécaniques peuvent néanmoins apparaître. Par exemple, dans les cas d'osmose des polyesters ortho phtaliques ou après vieillissement hygrothermique de la résine époxyde.

On rencontre des cas de corrosion galvanique du métal lorsqu'il est utilisé en présence de matériaux composites à fibres de carbone.

I. 3. FACTEURS AGISSANTS :

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.

I. 3.2. Atmosphère polluée :

dans les zones industrielle l'atmosphères contient toujours des polluants combinés à l'eau, forment des liquides hautement corrosive. Par exemple, les composés sulfureux sont fréquemment rencontrés et forment des acides à base de sulfure . cela peut être de grand danger quand les vents dominants transportent ces polluants des zones industrielles proches aux parkings d'avions.

I. 3.3. Précipitations atmosphériques :

les précipitations modérés dans les climats tempérés ou froids ne constituent pas un problème d'environnement. les fortes précipitations ou grêle peuvent entraîner des dégâts dans la finition, qui conduit éventuellement a un début de corrosion . les pluies tropicales entraînent une atmosphère humide et chaude qui favorise la corrosion.

I. 3.4. Humidité relative :

une haute humidité relative , couplée avec une haute température entraîne une atmosphère saturée en eau environnant l'avion tandis qu'il est au sol . si l'avion décolle dans de telles conditions, la condensation qui en découle devient un moyen favorise à la corrosion.

ant

I. 3. 5. Température :

la haute température et la basse humidité . forment de bonne conditions pour limite la corrosion, car toutes l'humidité peut être évaporée dans l'avion . de la même façon une atmosphère extrêmement froide est toujours sèche . par contre la combinaison d'une haute température et d'une haute humidité est le moyen idéal de déclenchement et propagation de corrosion.

I. 3. 6. 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 , à cause de – suivant les cas- la détérioration de la finition et /ou du dépôt de matière corrosives.

I. 3. 7. Altitude opérationnelle :

les avions opérants a 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 a plus haut niveaux.

I. 3. 8. Longueur d'étape :

les passages successifs de l'avion, spécialement dans les zones chaudes et humides, vont entraîner une plus grande introduction humidité dans l'avion utiliser sur les grandes étapes (longs courriers) . ceci est du a 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 donc favoriser la corrosion.

I. 3. 9. Gaz volcaniques :

dans certaines régions , des gaz volcaniques corrosifs sont transportée dans l'atmosphère . les retombées volcanique qui sont situées sous les volcans actifs peuvent également être des éléments indésirables.

I. 3. 10. Poussières abrasives :

le soufflement du sable (très important dans le sud algérien), ou la poussière de corail. Peuvent avoir un effet érosif sur la finition et peut pénétre dans les interfaces des parties mobiles ou les roulements . cet abrasions ne crée pas, seulement un problème de revêtement, mais elle expose aussi les métaux non protégés. Le matériau abrasif lui même peut être corrosif, comme cela peut être le cas avec le sable provenant des plages d'eau salée.

I. 3.11. Les organismes vivants :

Nous avons vu que la corrosion résultait de l'interaction entre la pièce manufacturée et l'environnement. Outre les propriétés chimiques et physiques de l'environnement, il y a aussi les organismes vivants. Le métabolisme des organisme peut modifier localement la composition chimique à l'interface de la pièce, et donc créer une corrosion localisée. C'est notamment le cas des bactéries sulfato-réductrices (BSR). Les crustacés, qui se fixent sur les coques de bateaux et les piliers immergés, peuvent aussi poser problème, c'est la raison pour laquelle on utilise des peintures anti-fouling.

La protection contre la corrosion peut aussi avoir un impact négatif sur l'environnement, en libérant des substances toxiques. C'est ainsi que les peinture antirouille au minium on été abandonnées. La teneur en zinc due à la dissolution des anode sacrificielles peut aussi poser problème, c'est la raison pour laquelle on travaille de plus en plus vers des solutions de protection cathodiques par courant imposé problème de

l'interaction entre le métal et le milieu vivant se pose aussi dans le cas d'implants et de prothèses.

notamment pour les soins dentaires (plombages, couronnes), les prothèses articulaires (par exemple prothèse de hanche), et les broches, plaques et vis posées à titre provisoire ou permanent pour soigner certaines fractures et luxations. On utilise en général comme matériau des céramiques et du titane.

I. 3. 11. 1. Environnement intérieur de l'avion :

les problèmes de corrosion a l'intérieur de l'avion résultent de plusieurs facteurs tels que :

- intérieur prévu pour le confort des passagers : toilettes, lavabos, couleurs décoratives.
- Importance du nombre de sièges.
- Humidité résultant de la respirations des passagers, la quelle se condense sur le revêtement intérieur. Ceci a cause des changements de température dus aux montées et descentes successives de l'appareil.

I. 3.11. 2. Animaux vivants :

Le transport des animaux vivants peut être la cause d'une sévère corrosion . les animaux rejettent beaucoup plis humidité que les humains.

I. 3. 12. Toiles d'isolation :

Les toiles d'isolation ou matelas d'isolation a 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 structure interne et les câbles de contrôle.

I. 3. 13. Environnement intérieur du réservoir de carburant :

Le problème de corrosion est plus complexe lorsqu'il s'agit d'appareils a multi stop tel que le Boeing 737, car les fréquentes montées et descentes avec des réservoirs presque vides, provoque la condensation d'un large volume d'air humide qui se transforme en eau.

I. 3.14. Contamination accidentelle :**I. 3. 14. 1. par le bétail :**

Le transport des animaux peut être la cause d'une corrosion due aux déchets, considérés comme extrêmement corrosifs. En conséquence, il est prévu des cages spéciales de transport.

I. 3. 14. 2. Par les fruits de mer :

Le renversement accidentel des fruits de mer peut être très nuisible et il est prévue trois catégories d'emballage pour les fruits de mer :

- poissons vivants en réservoir d'eau salée
- poissons ou crabes emballés dans la glaces salée
- poissons ou crabes emballés dans des herbes marines (algues).

I. 3. 14. 3. Par le mercure :

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

I. 4. ZONES CRITIQUES (parties de l'avion facilement corrodables) :

Certaines parties de l'avion sont plus vulnérables que d'autres à la corrosion, et méritent une attention particulière ; tant au niveau des inspections et de l'entretien qu'au niveau de la conception (matériau , assemblages...)

I. 4.1. Zones d'accumulation d'eau :

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

I.4.2. Système hydraulique :

L'expérience a montré que les composants hydrauliques et la tuyauterie résiste relativement bien à la corrosion , a 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, entraîne leur corrosion.

Notons que les conduits dont l'usure dépasse 10% de l'épaisseur de la paroi doivent être remplacés.

I. 4.3. 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 particulière . ainsi, qu'au niveau des supports de pivots (trunnion support) qui présente souvent une corrosion par frottement, Le train arrière présente en plus un fréquente corrosion au niveau des charniers de porte du train.

I. 4.4. Les portes :

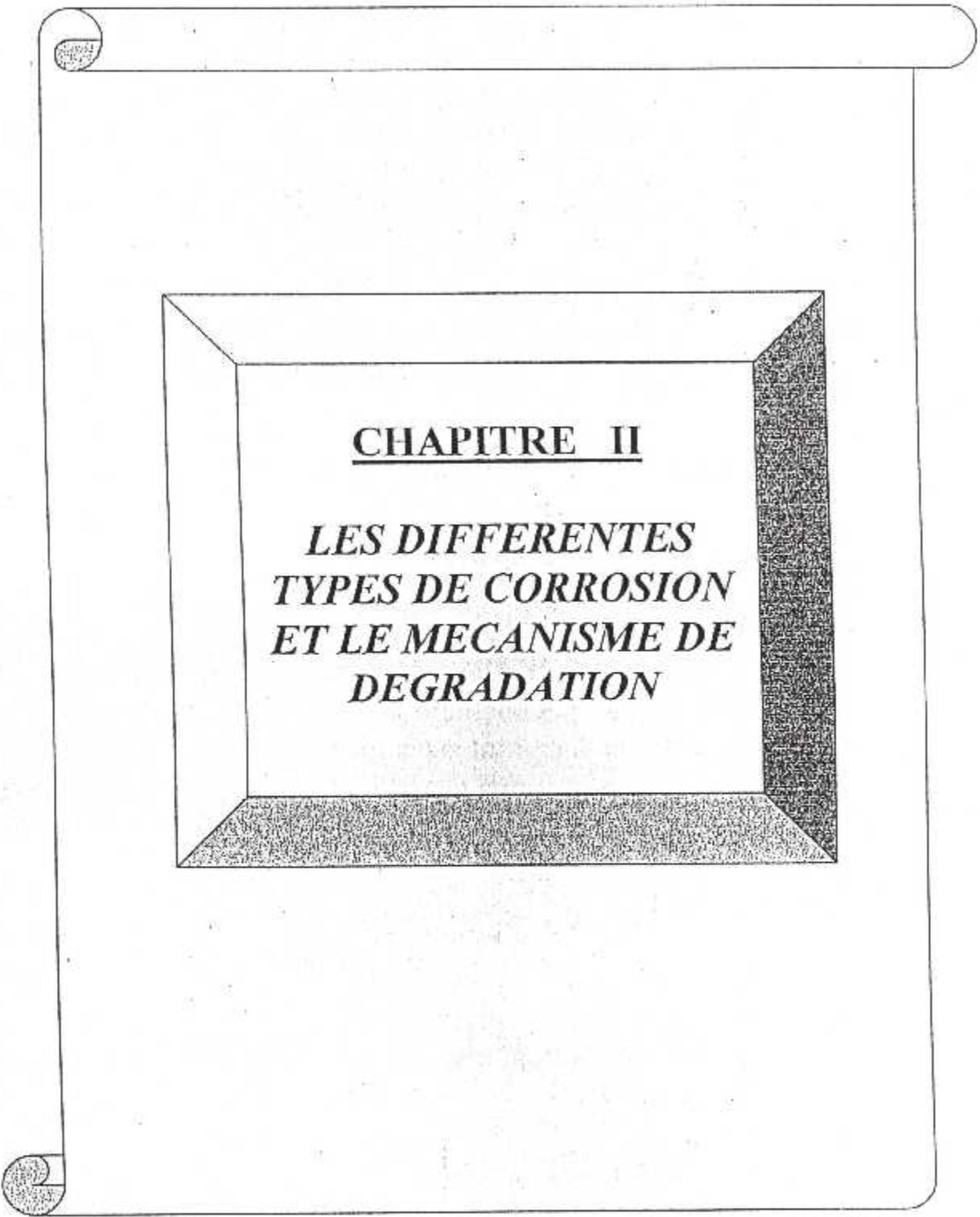
La corrosion a des degrés différentes au niveau de la structure interne et externe des portes 0. Cette corrosion est souvent due a l'accumulation de l'humidité (atmosphère humide) à la pluie au verglas , à la neige..., particulièrement quand les portes sont ouvertes. La corrosion se situe spécialement au niveau des mécanismes (tubes, billes , ferrures ...) et des pointes de connexion .

Les câbles de certaines portes (soutes 737, 727) se corrodent souvent et doivent être soigneusement contrôlés.

I. 4.5. Fuselage :

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

- La structure intérieure.
- L'office et les toilettes.
- Glissières (sièges et soutes).
- Encadrement des portes .
- Surfaces extérieure.
- Support de l'antenne extérieure.



CHAPITRE II

***LES DIFFERENTES
TYPES DE CORROSION
ET LE MECANISME DE
DEGRADATION***

II. 1. LES DIFFERENTS TYPES DE CORROSION :

II. 1.1. Corrosion uniforme d'une surface

Ce type commun corrosion cause une macrographie uniforme de la surface du métal. C'est une attaque directe provoquée par un produit chimique . l'exemple typique réside dans celle causée par produit chimique.

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

Quand le produit blanc est enlevé , la surface retrouve son brillant normal, mais si on laisse une telle corrosion se développer, la surface prendra rapidement une apparence de gelée , deviendra rugueuse au toucher et le pitting sera sur le point de commencer.

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 .

II. 1.2. Corrosion galvanique

Appelée parfois corrosion des métaux dissemblables, la corrosion galvanique est causée par un courant d'électrons dont les degrés d'activité sont différents quand ils sont en présence d'un produit conducteur en solution. La quantité de courant circulant entre le métal de l'anode (actif) et la cathode métallique détermine le degré de l'attaque de l'anode par la corrosion .

En général, les métaux légers (en tête le magnésium), ont une plus grande tendance à 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 conçoit l'avion d'éliminer le courant d'électrons.

Le mécanisme de corrosion galvanique, nécessite trois jonctions pour la circulation de courant :

- La solution d'un corps électrolyte
- Le métal à oxyder
- Un conducteur d'électrons du métal à la solution (qui peut être un autre métal)

comme le matériau de la structure doit exister, les deux autres liens doivent être modifiés ou supprimés pour empêcher un courant d'électrons.

Exemple de corrosion galvanique pour un assemblage de tôles aluminium et cuivre par un rivet sans isolation (figure.(II-1)) .

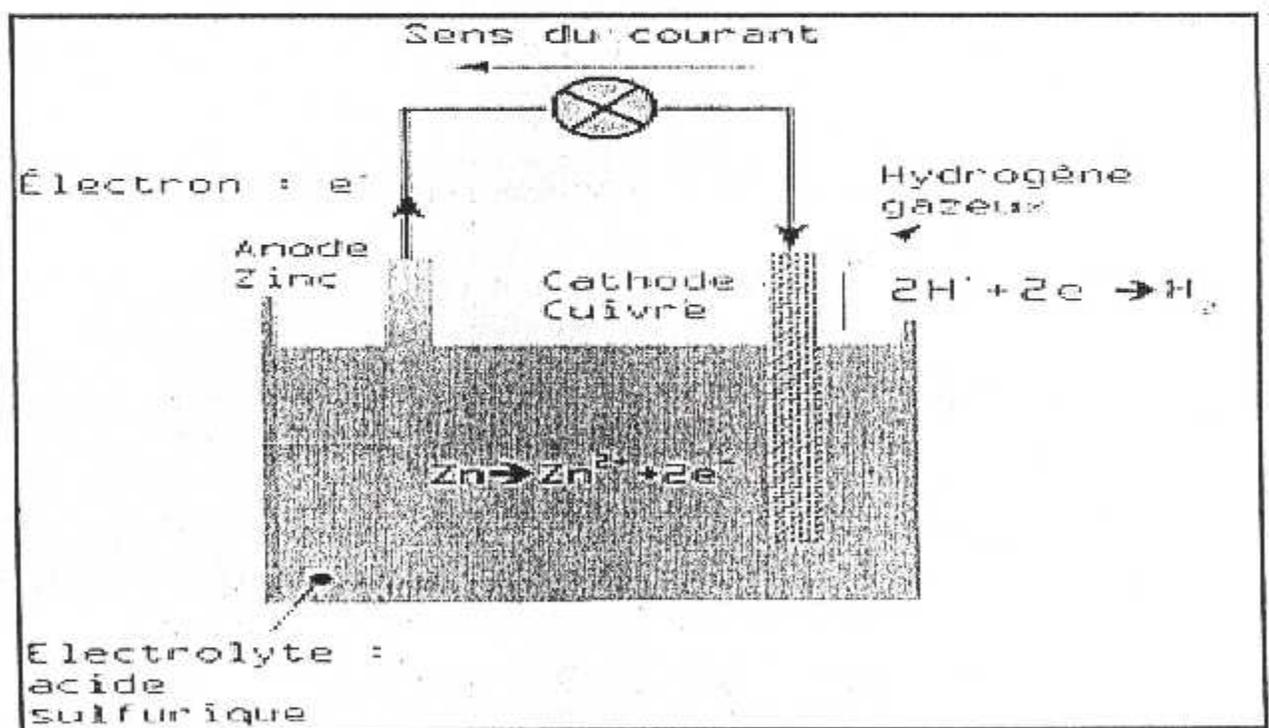


fig.(II-1) :principe d'un couple galvanique(zn-cu)

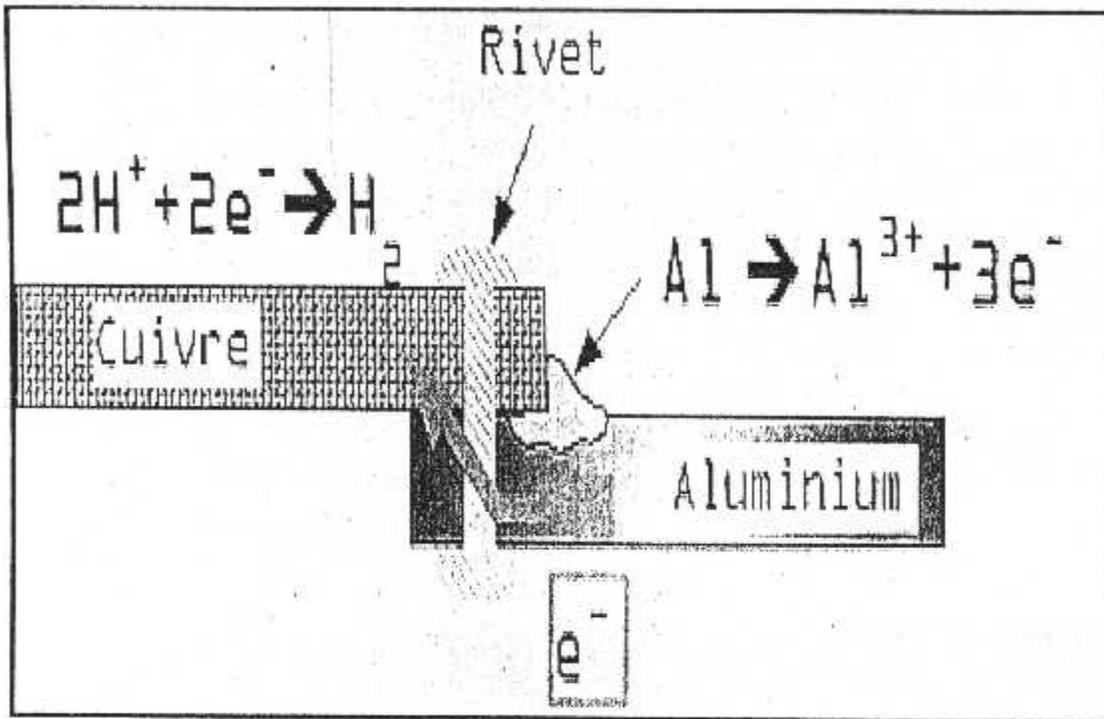


fig.(II-2) :corrosion galvanique de deux tôles(cu-al)

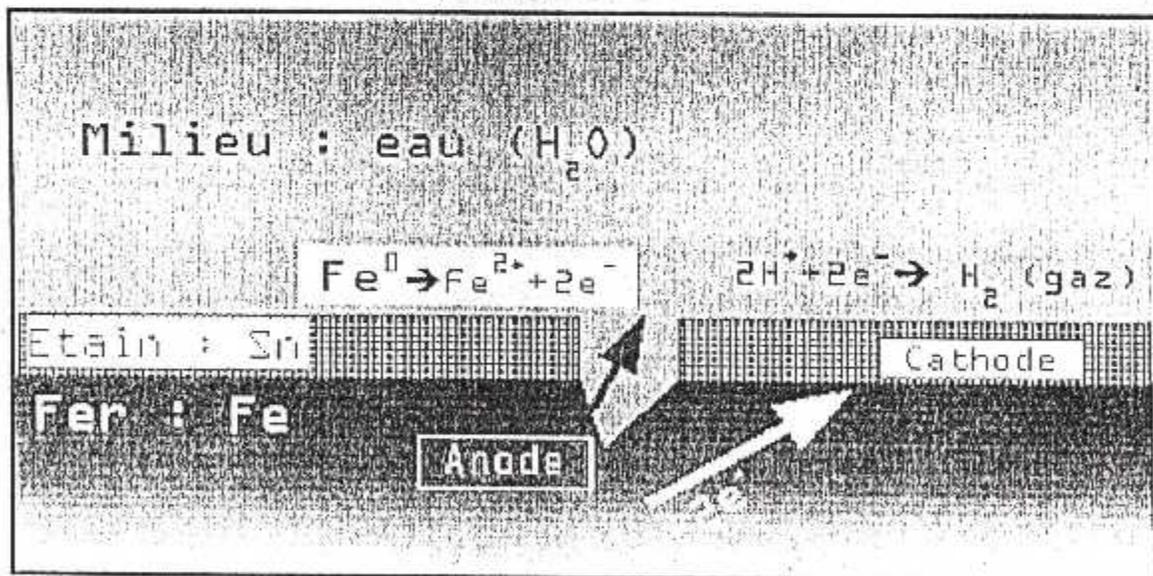


fig.(II-3) :corrosion galvanique de deux tôles(sn-fe) dans un milieu liquide (eau)

II. 1.3. 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 créer une pile entre la partie profonde et la partie en surface.

Cela se rencontre aussi pour les pièces immergées, lorsque la concentration en dioxygène évolue avec la profondeur. C'est parfois le cas de coque de bateau.

La couche d'eau proche de la surface est plus riche en oxygène que les couche profonde. Il peut y avoir des corrosion au niveau de la ligne de flottaison.

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

II. 1.4. Corrosion par différence de concentration

Le même phénomène est observable pour des différences de concentration d'autres éléments. On aura le même phénomène que pour 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 . L'apparition de corrosion dans ce cas dépend des alliages. L'expérience montre que certains alliage ne présentent pas de corrosion dans ce cas. Cette corrosion est d'ailleurs parfois appelée corrosion à la ligne de surface.

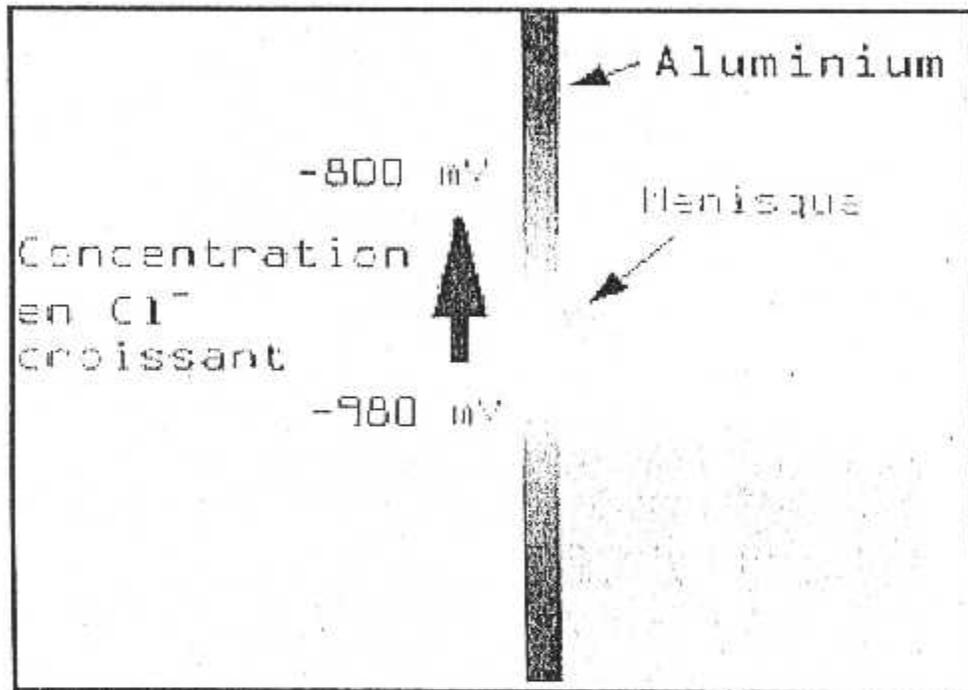


fig.(II-5) :corrosion par différence de concentration entre les éléments

II. 1.5. corrosion par piqûres "PITTING"

L'attaque par la corrosion de petites surfaces bien définies est appelée "PITTING". Elle peut être complètement visible à la surface, mais les trous peuvent être plus grands sous la surface, donnant une structure en nid d'abeille.

Une action chimique ou électrique produit le "PITTING" et cela peut arriver à la plupart des alliages (l'aluminium et ses alliages offrent un terrain favorable à ce processus de corrosion quand l'intégrité de la couche est altérée). Cette corrosion atteint souvent les métaux qui sont résistants aux attaques uniformes mais sont susceptibles à un ou deux produits chimiques. Sur les alliages d'aluminium ou de magnésium, une telle corrosion commence par être visible sous forme de poudre blanche ou grise. Si la surface est négligée, elle devient de plus en plus rugueuse au tacher quand les dépôts sont enlevés, de petites croûtes sont évidentes.

Dans les cas les plus ou moins sévères on peut voir à l'aide d'une loupe (grossissement 10 fois par exemple) des creux et des bosses. Si la pénétration dépasse les tolérances, la pièce doit être changée. Si on ne distingue pas de creux ou de bosse avec la loupe, la corrosion est légère et peut être enlevée à l'aide d'un acide, par nettoyage ou polissage.

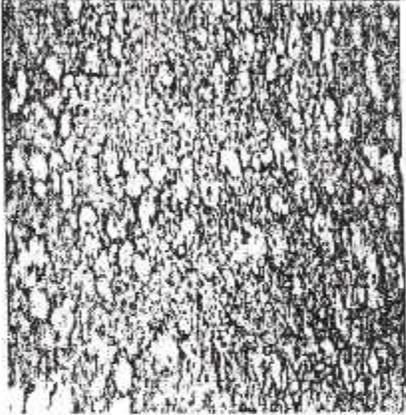
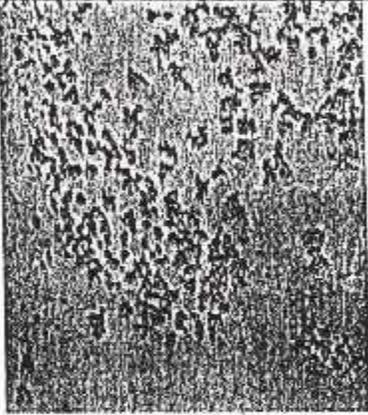
Aspect de surface d'un alliage d'aluminium type 7000 avec des piqûres de corrosion.	Aspect de surface d'un alliage d'aluminium type 7000 avec des piqûres de corrosion (après décapage)	Piqûre (gros plan)
		
Piqûres avec l'hydroxyde d'aluminium	Piqûre sans l'hydroxyde	Gros plan, la pustule d'hydroxyde d'aluminium est bien visible

Fig.(II-7) :corrosion par piqûres dans le cas d'un alliage d'aluminium avec agrandissement

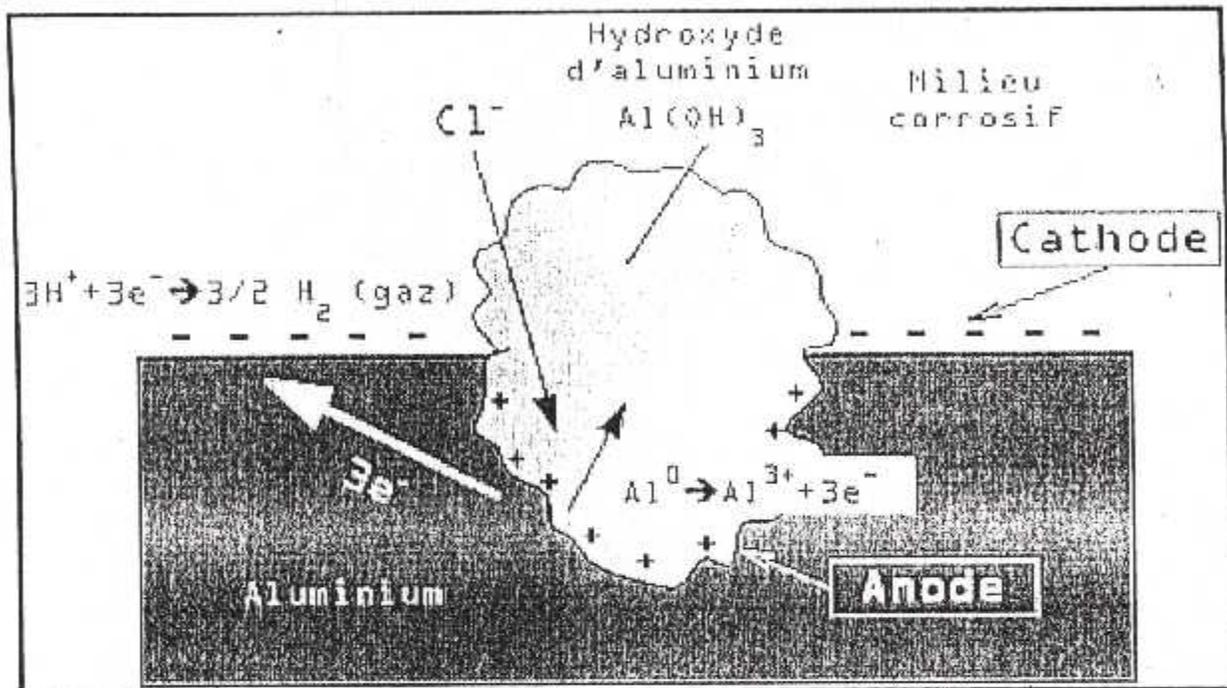


fig.(II-8) :Schéma simplifié de la corrosion par piqûre d'un alliage d'aluminium suivant

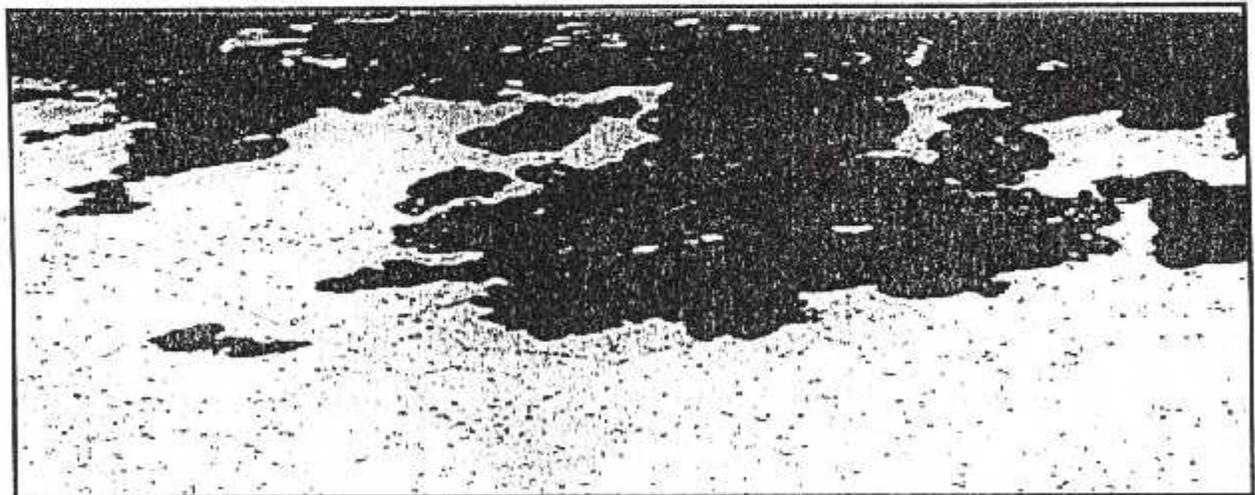


fig.(II-9) :formation de la corrosion par piqûres d'un alliage d'aluminium

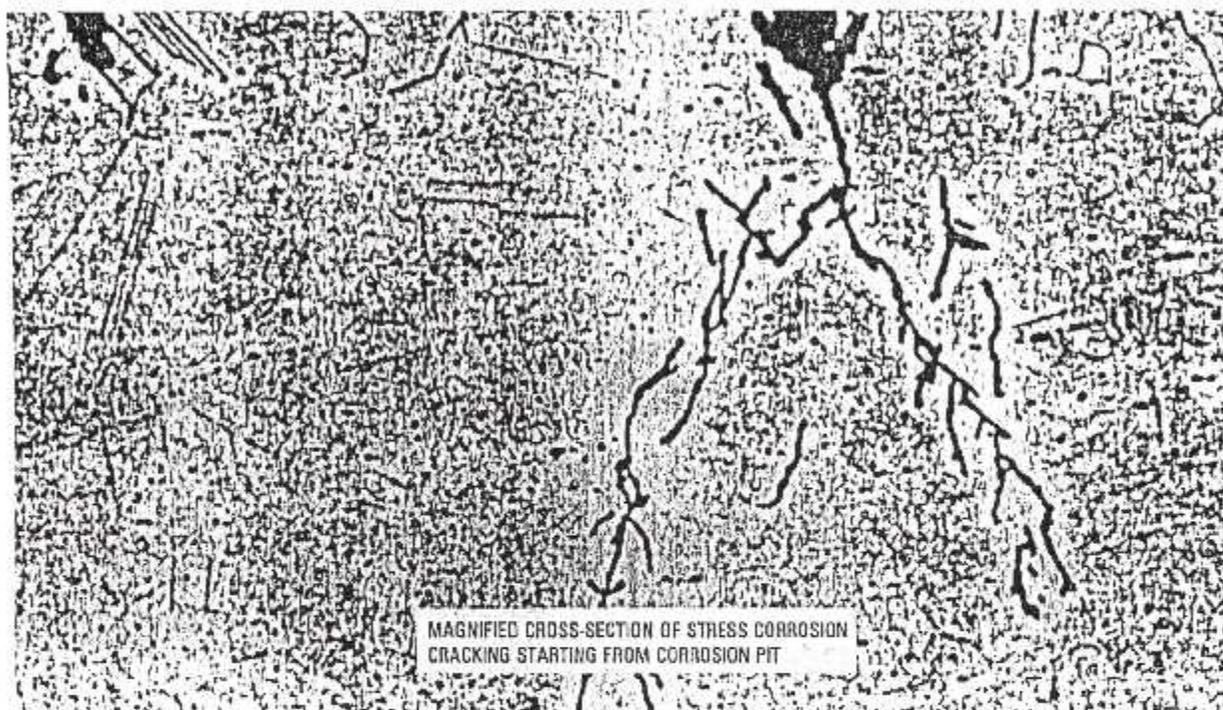


Fig.(II-6) :corrosion par piqûres (*pitting*)d'une surface quelconque

II. 1.6. 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. Pour tester cette résistance, on effectue des tests dits de brouillard salin. La pollution peut également jouer un rôle important ; notamment, les rejets de dioxyde de soufre génèrent des pluies acides, qui peuvent attaquer les objets.

II. 1.7. 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.

II. 1. 8. Fatigue corrosion

Très comparable à la corrosion sous contrainte, le phénomène de **Fatigue corrosion** apparaît sous l'action conjuguée de l'environnement et d'une sollicitation cyclique. Il se manifeste par un abaissement de la résistance du matériau à 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 (fatigue oligocyclique), par exemple lors de cycles de chauffage refroidissement de structures. Les mécanismes évoqués

pour rendre compte de la Fatigue corrosion sont les mêmes que ceux présentés pour la corrosion sous contrainte, et les essais de laboratoire sont en général des essais de fatigue en présence du milieu considéré réalisés soit à amplitude de déformation constante, soit à amplitude de contrainte constante.

II. 1.9. Corrosion à haute température

La corrosion à haute température est la dégradation des métaux par l'environnement à haute températures (supérieure à 500 °C) ; c'est un phénomène complexe qui a lieu dans les moteurs, chaudières et réacteurs. Les gaz de combustion ont en effet 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 ($V_2O_5...$).

On distingue alors deux type de dégradations:

- la corrosion dite « sèche », qui résulte de l'oxydation du métal par les gaz (O_2 , S_2 , SO_2 , H_2O),
- et la corrosion dite « chaude », ou « fluxage », qui résulte d'une dissolution de l'oxyde par des sels fondus (Na_2SO_4) et oxydes qui se déposent (il peut aussi y avoir une fusion eutectique, mécanisme similaire au sel sur la glace).

III . 10. 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. À température ambiante, la diffusion dans le solide est négligeable ; soit la couche d'oxyde est compacte et protectrice (alumine sur l'aluminium ou chromine sur les aciers inoxydables) et le métal ne bouge pas, soit elle est poreuse ou non adhérente (rouille), et 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.

III. 11. Corrosion par contact ou par frottement

Quand deux surfaces en contact subissent un léger mouvement d'oscillation relative, il peut en résulter une sévère attaque connue sous le nom de "corrosion par frottement".

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 cause par suite, usure par frottement (abrasif) de la surface et la cadence de l'attaque s'accélère.

II. 1.12. Corrosion Inter granulaire

C'est la corrosion de périphérie des grains adjacents d'un matériau, sans attaque des grains eux même. Chaque grain du métal a une enveloppe bien définie qui diffère chimiquement du métal de base. Ce manque d'uniformité est dû aux changements qui ont lieu dans le métal lors du réchauffage, du refroidissement, du laminage, de l'étirage à froid...

La corrosion granulaire est rencontrée dans beaucoup d'alliages y compris l'acier et l'aluminium à grande résistance qui sont mal traités (thermiquement) et exposés à milieu corrosif sont attaqués par la corrosion de type granulaire. Cela arrive généralement à certains alliages d'aluminium utilisés pour le revêtement d'ailes, particulièrement quand des attaches en acier sont utilisées.

II. 1.13. corrosion filiforme

La corrosion filiforme est un filament qui se forme sur les revêtements en aluminium peints de l'extérieur. Elle se forme sous la couche organique et sera intensifiée à l'endroit où la couche est

mécaniquement rompue, telle que la partie autour de la tête des attaches, en présence d'activateurs, en particulier le chlore

Et / ou l'humidité assez élevée (78-95% , humidité relative 45%). Dans les environnements où la corrosion filiforme est répandue, des inspections visuelles plus fréquentes sont nécessaires.

II. 1.14. corrosion microbienne

Cette corrosion se développe dans les réservoirs structuraux des avions stationnant en régions chaudes et humides. Elle est principalement provoquée par les déjections acides de micro-organismes (bactéries-champignons, levures des carburants contaminés).

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 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 anaérobies (qui peuvent se passer d'oxygène). Leurs déjections, forment une boue qui à son tour forme une concentration de cellules sur la gélatineuse acidifiée.

II. 1. 15. Exfoliation

Cette forme de corrosion est caractérisée par une surface cabossée avec des boursouffures et des lamelles pour les corrosion avancées. La force créée par le produit de corrosion en expansion sur les périphéries des grains cause le détachement de la surface. L'exfoliation est le plus souvent rencontrée sur les profils mais aussi sur les stocks de tôles.

Les principaux dangers quand il s'agit de 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 fraisures est très efficaces pour les isoler électriquement afin de prévenir la corrosion.

II. 2. MECANISME DE LA DEGRADATION

Dans certains cas, l'oxyde est volatil (cas par exemple du PtO_2), ou bien est fragile, poreux, n'adhère pas au substrat. Dans ce cas, le mécanisme de dégradation est évident, le dioxygène réagit avec le métal pour former de l'oxyde et cet oxyde s'évapore ou s'écaille. Dans le cas d'un oxyde adhérent et compact, le mécanisme de la dégradation a été décrit par J. BARRALIS.([1] précis métallurgie édition –2001). La dégradation se fait en cinq étapes:

- Dissociation du dioxygène sur la surface du métal .
- Réaction Adsorption entre les atomes d'oxygène adsorbés et le métal pour former des germes d'oxyde .
- Croissance latérale des germes jusqu'à la jonction, formation d'un film continu .
- Croissance du film d'oxyde en épaisseur par diffusion dans le film ;
- Rupture du film d'oxyde par les contraintes induites par sa croissance et les défauts.

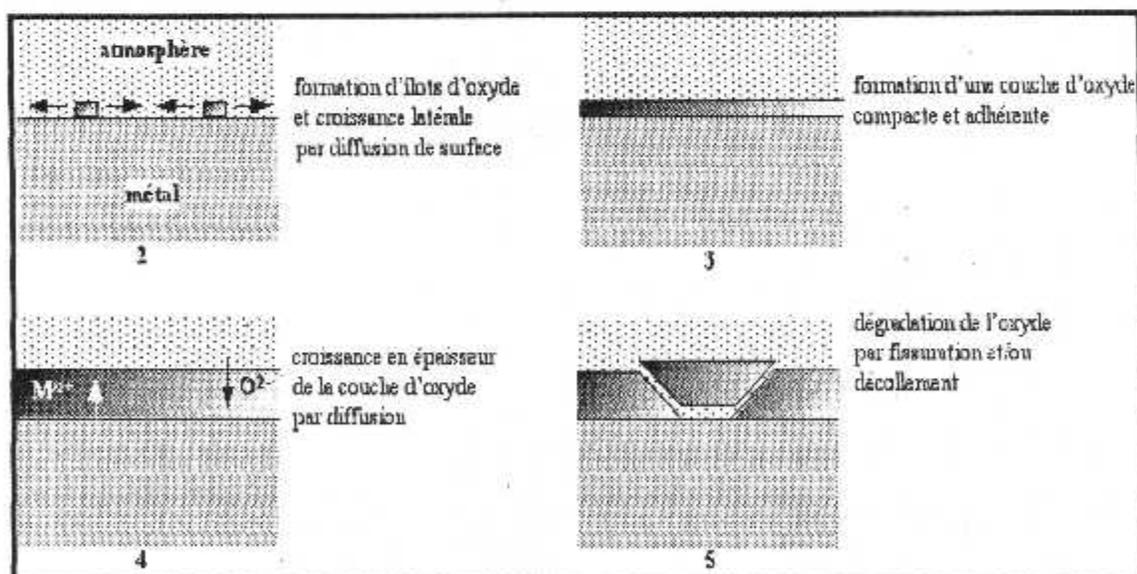


figure (II-9) : MECANISME DE LA DEGRADATION D'UN MATERIAUX

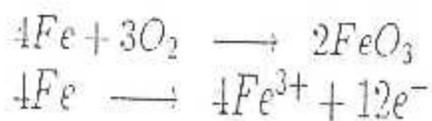
chromatation ou projection plasma). On peut aussi introduire une autre pièce pour perturber la réaction ; c'est le principe de l'«anode sacrificielle». On met une pièce (souvent en zinc) qui va se corroder à la place de la pièce à protéger ; la réaction chimique entre l'environnement et la pièce sacrifiée empêche la réaction entre l'environnement et la pièce utile. En milieu aqueux il suffit de visser l'anode sacrificielle sur la pièce à protéger. A l'air, il faut entièrement recouvrir la pièce, c'est le principe de la galvanisation.

Il est à noter que le chromage a été complètement abandonné (ne pas confondre le chromage, un dépôt de chrome, la chromatation, qui est la formation d'une couche de métal combiné à des ions chrome VI) et la chromisation, parfois appelée cémentation au chrome, qui est une diffusion d'atomes de chrome dans les couches superficielles d'un acier. En effet, le chrome en lui-même ne se corrodait pas, donc protégeait la pièce, mais la moindre rayure était catastrophique car la pièce jouait alors le rôle d'anode sacrificielle pour le chrome et se corrodait à la vitesse grand V !

Les peintures anticorrosion au plomb (minium) ont été abandonnées en raison de leur impact dramatique sur l'environnement.

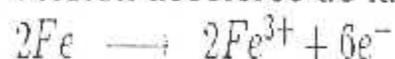
II . 2 . 2. La dissolution des métaux:

Nous avons vu dans l'article corrosion que la corrosion des métaux consistait essentiellement en leur oxydation (retour à l'état « naturel »). Mais l'oxydation, ce n'est pas forcément la combinaison avec de l'oxygène ; d'une manière plus générale, c'est une réaction chimique dans laquelle le produit considéré cède des électrons. Par exemple, l'oxydation du fer par le dioxygène de l'air pour former de l'hématite (Fe_2O_3)



l'hématite peut alors être vue comme un cristal ionique ($\text{Fe}^{3+}_2\text{O}^{2-}_3$), ce qui n'est pas tout à fait exact, mais donne une bonne approche du phénomène. Dans l'histoire, le fer perd des électrons, on dit qu'il est oxydé ; l'oxygène, lui, gagne des électrons, on dit qu'il est réduit.

Lorsque l'on plonge du fer dans une solution acide ($\text{pH} < 7$), le fer se dissout avec un dégagement de dihydrogène. On a en fait là une version accélérée de la corrosion en milieu aqueux :



les ions Fe^{2+} passent alors en solution, et peuvent éventuellement se combiner avec l'oxygène dissout dans l'eau et former de l'hématite. Cette dissolution est favorisée par les solutions acides, mais elle est aussi possible dans une solution d'eau neutre ($\text{pH} = 7$) ou basique ($\text{pH} > 7$) puisque l'eau contient de toutes manières des ions H_3O^+ . Cette dissolution dans l'eau par oxydation s'appelle (**corrosion généralisée**).

On peut aussi avoir une oxydation sans dissolution, par exemple, l'oxygène réagit avec l'aluminium pour former une couche d'oxyde (alumine Al_2O_3) ; si cette couche est compacte et adhérente, elle protège la pièce. On dit que le métal est **passive**. Une pièce passivée continue à se dissoudre, mais à une vitesse extrêmement lente, la couche d'oxyde dite « passive » fait un écran. La pièce est donc considérée comme totalement protégée contre la corrosion.

[1]- J.BARRALIS – G.MAEDER (précis de métallurgie. Edition 2001).

METAL CORROSION	TYPE DE CORROSION	APPARENCE DE CORROSION
Alliages D'aluminium TITANE	Piqûre Inter granulaire exfoliation Très résistant à la corrosion. Cependant des contacts prolongés 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 en flocons 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 intrgranulaire (en cas de mauvais traitement thermique). Corrosion par piqûre en milieu marin. Corrosion sous tension .fissures.	Rugosité de la surface métallique parfois , taches rouges brunes ou noires.
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.

III.1. INSPECTION DE LA CORROSION

Introduction

Toutes les maladies et les fléaux dans les différents domaines sont localisées d'après des inspections différentes, et c'est le cas dans le domaine de l'aéronautique par exemple durant notre stage on a détecté la corrosion en utilisant une inspection visuelle. Et il existe d'autres formes d'inspections.

III.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, 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).

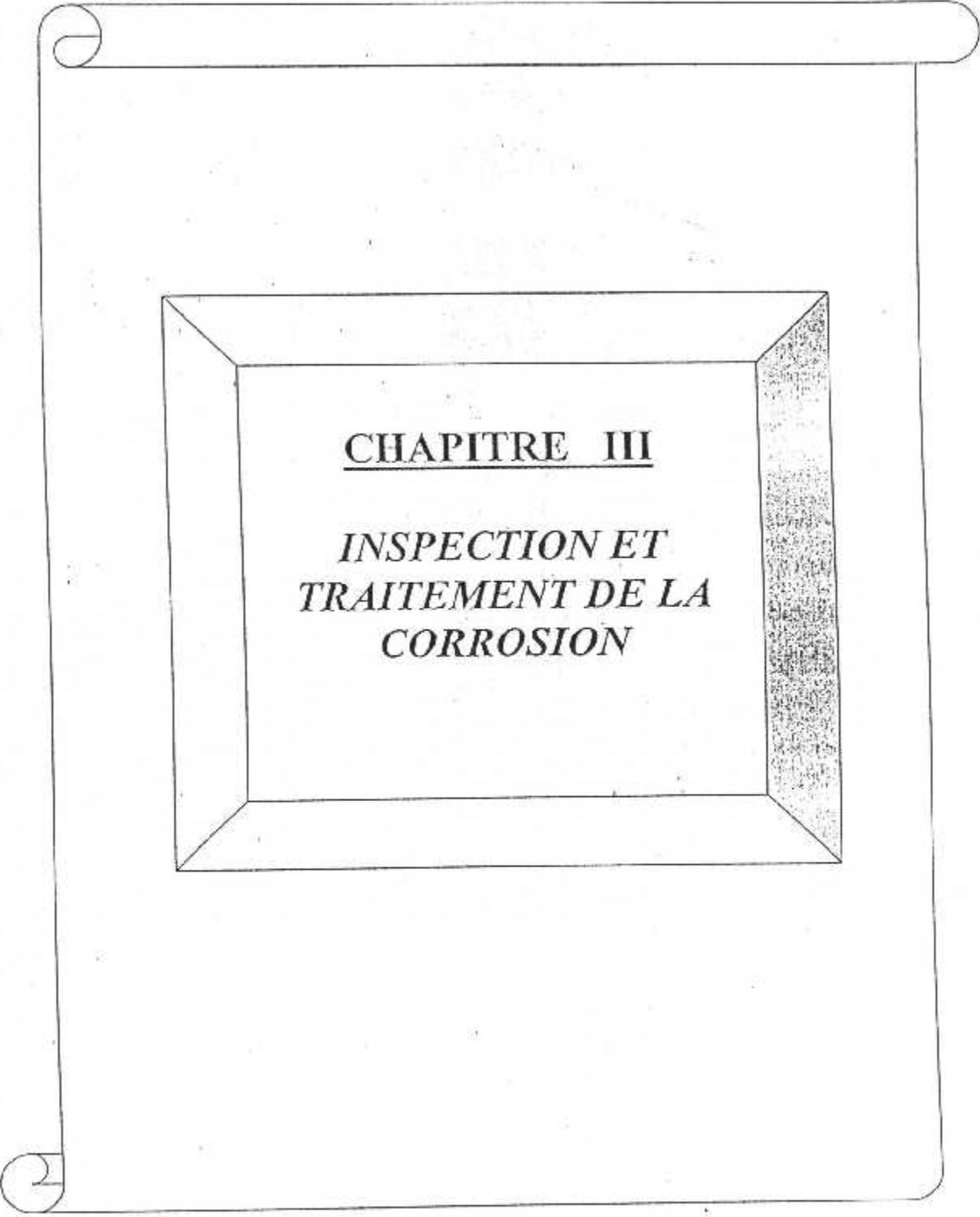
III.1.2. Inspection par courant de Foucault

On introduit des courants électriques dans la pièce à inspecter. Ces courants induisent un champ d'induction et c'est les variations électriques du champ induit qui nous renseignera sur l'état de la pièce. En général, les variations électriques sont pour ce type d'utilisation (maintenance), captées par un instrument qui permet un lecteur facile (aiguille réfléchissante).

III.1.3. Inspection ultrasonique

L'inspection ultrasonique fait partie des tests non destructifs utilisés dans la maintenance aéronautique, et est très efficace pour la détection des défauts de surfaces de la plupart des métaux.

Le principe de fonctionnement est simple ; on introduit une onde ultrasonique à l'intérieur de la pièce à étudier, grâce à une sonde, puis



CHAPITRE III

*INSPECTION ET
TRAITEMENT DE LA
CORROSION*

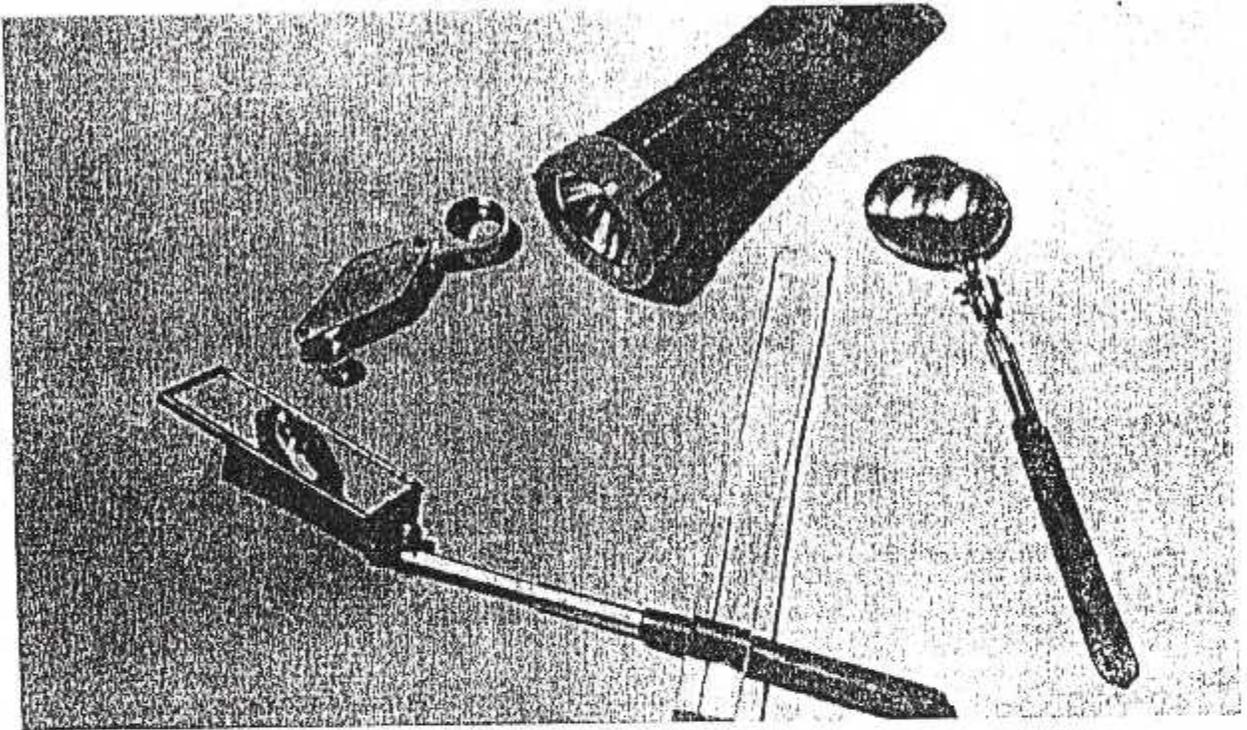


Fig.(III-1) : inspection visuelle par outillage

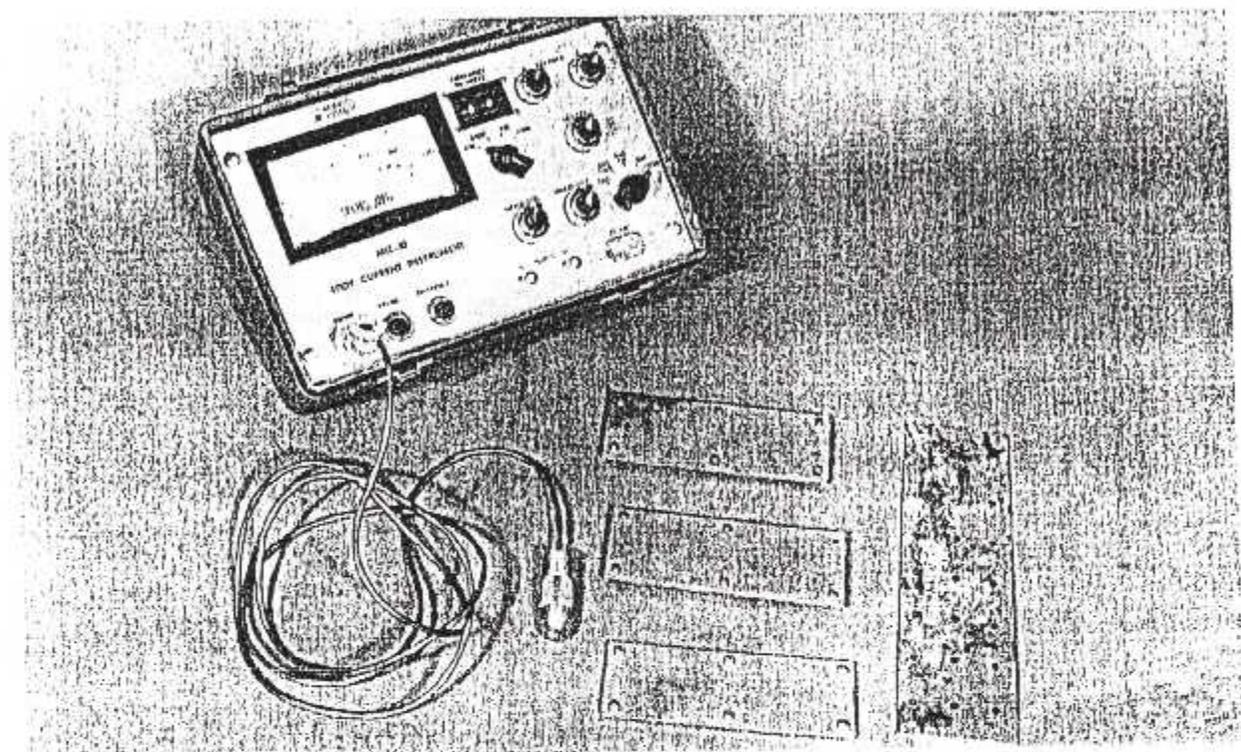


Fig.(III-2) :courant de Foucault

on interprète les réflexions ultrasoniques captées à partir de l'intérieur de la pièce . les ondes réfléchies par la pièce peuvent être affichées électriquement sur un oscilloscope L'inspection ultrasonique fait intervenir deux méthodes de base :

L'inspection ultrasonique par impulsion et l'inspection ultrasonique par résonance.

III. 1.4. Inspection radiographie

L'inspection radiographique – aux rayons X – est une méthode d'inspection basée sur la projection de rayons X ou gamma sur le matériel à l'inspecteur (pièces, fuselage ...) puis l'exposition des parties traversées par les rayons à un film radiographique . le développement de ce film mettra en évidence la structure même de la pièce et les défauts (criques, fissures ...) apparaîtront sous forme du film (densité, variation en d'autres termes , c'est l'aspect du film (densité , variation de tons ...) , qui reflète l'état de la structure de la pièce.

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

- Un matériel de laboratoire.
- Un matériel portatif.

III. 1.5. Inspection peinturant :

L'inspection aux pénétrants est utilisée pour la détection des fissures et des discontinuités aux quelles les surfaces sont exposées cette méthode d'inspection est très utilisée lorsque l'inspection visuelle normale n'est pas convaincante
(doute sur une fissure, crique)

L'inspection pénétrante est basée sur la théorie de l'action capillaire . elle est valable sur la plupart des métaux, sur les pièces, fuselage , ou le groupe propulseur

Son principe est l'application d'un liquide pénétrante (le pénétrante), sur la surface à l'inspecter (en prenant soin de nettoyer le surplus de liquide) et l'application d'un révélateur qui sépare le pénétrant du défaut éventuel. La séparation est mise en évidence par une indication visuelle soit par un contraste de couleur , soit par fluorescence sous lumière noire. L'inspection pénétrante peut être divisée en deux grandes classes par équipements de tests.

- 1-Equipement portable pour utilisation sur le terrain :
 - pénétrants visibles
 - pénétrants fluorescents
- 2-équipement lourd , immobile pour utilisation en laboratoire.

III. 1.6. Inspection magnétique

Cette méthode est pour les pièces ferromagnétiques. Le principe 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 magnétiques locaux suite a l'induction d'un champs magnétique à l'intérieur des pièces .

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

Pour localisé un défauts dans la pièce , il est essentiel que les lignes de force magnétique passent approximativement perpendiculaires au défauts. 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.

Pour balayer les deux axes de la pièce , il 'set nécessaire d'utiliser deux types de opérations : une magnétisation circulaire avec un magna

flux (p-90 par exemple) , puis une magnétisation longitudinale (avec parber / research.contour probe par exemple).

III. 2. TRAITEMENT DE LA CORROSION :

III. 2.1. Généralités :

Nous avons vu dans les chapitres précédents comment éviter la corrosion par des méthodes de protection au niveau de la fabrication ou niveau de l'exploitation. cependant , malgré toutes les précautions prises avant et après la fabrication, les métaux subissent les effets de la corrosion et ceci pour des raisons diverses . aussi , faut il être capable d'agir sur la corrosion de façon à en éliminer toutes les traces.

Les méthodes utilisées généralement pour l'enlèvement de la corrosion sont de deux types.

La méthode mécanique et la méthode chimique :

La première de ces méthodes est celle qu'il faut utiliser le plus possible en raison de la haute corrodabilité des produits utilisé dans la méthode chimique.

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

Pendant le traitement de la corrosion , il est nécessaire de déterminer le point d'arrêt optimum : si le nettoyage n'est pas suffisant, il faut continuer. Cependant , il ne faut pas enlever trop de matière pour ne pas nuire a la structure.

Dans tous les cas la quantité de la matière à enlever devra être minimum, généralement préciser par le constructeur . une pièce qui coûte chère peut être ruinée par des efforts trop grand de nettoyage de la corrosion.

III. 2.2. Opérations préliminaires et précautions :

Règles générales à observer :

- ❖ nettoyage et dressage des zones de corrodées.
- ❖ élimination des anciens revêtement.
- ❖ masquage des zones adjacentes.
- ❖ traitement de la corrosion.
- ❖ observation des limites de prélèvement.
- ❖ protection des surfaces.
- ❖ finition par peinture d'il y a lieu.

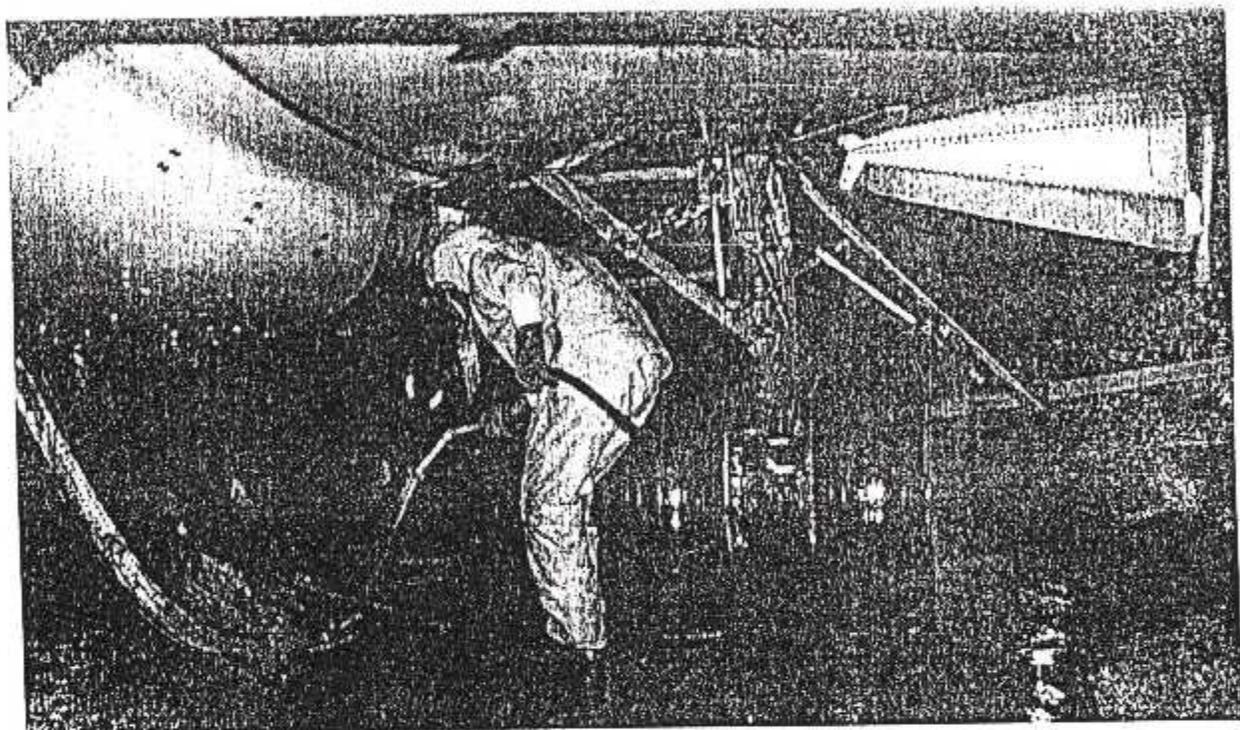
III. 2.3. Nettoyage des zones corrodées :

le nettoyage des zones corrodées en vue de les débarrasser des souillures, grasses 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 graissages, peuvent être éliminer a l'aide de solution détergentes . selon l'adhérence de ces souillures, on peut utiliser des chiffons , des brosses à brins non métalliques (en Nylon par exemple) (figure(III-6)).

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

Le point éclair du white-spirit (35 à 40° C) étant bas, la température ambiante doit rester bien en de ca de ces limites , pour éviter tout danger d'incendie.



figure(III-6) :nettoyage des zones corrodées

Pour les pièces démontées, le nettoyage peut se faire par immersion ou application des produits précédents.

1. SOLVANT : substance capable de dissoudre un corps et qui sert généralement de diluant ou de dégraissant
2. POINT ECLAIR : température à laquelle le produit s'auto-inflamme

III. 2.4. 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.

III. 2.4.1. Décapage des peintures :

L'élimination de la peinture se fait à l'aide de décapants chimiques divers. Ces décapants peuvent être classés en deux catégories les décapants neutres et acides.

Les décapants acides sont à base d'acide sulfurique, nitrique, chlorhydrique ou acétique et sont d'un emploi limité car attaquant le support, par contre les décapants neutres n'agissent pas sur la surface métallique si ils sont rincés immédiatement après le décapage de la peinture.

Les décapants neutres sont à base de solvants tel l'acétate d'éthyle, l'acétone, le méthyle éthylacétone sont à utiliser 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 disparition de la peinture.

Le décapage mécanique à l'aide de scotch ou de papier abrasif peut être considéré la zone traitée est restreinte, ou si l'opération précédente n'a pas réussi.

Le matériel nécessaire comprend : laine d'aluminium, papier abrasif, grattoir à main , meule.

Il faut être extrêmement prudents avec les outils mécaniques qu'il faut utiliser en tenant compte de matériau. Par exemple , les brosses mécanique et les meules sont éviter sur l'aluminium pur qui est fragile et l'étendrai sur les régions avoisinantes couvrant ainsi des points de corrosion existants : par la suite, même si une couche de protection est appliquée , la corrosion continuera a attaquer le métal dans les parties invisibles . cependant l'utilisation avec précaution d'une mule, peut quelque fois être nécessaire pour sauver une pièce attaquée par la corrosion inter granulaire. Les méthodes mécanique de traitement de la corrosion sont généralement suivies par un traitement chimique . sont but est de préparer une surface pour l'adhésion de la peinture quant cela est nécessaire et d'offrir une protection supplémentaire contre la corrosion.

III. 2.5.1. Ponçage manuel :

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

On peut tremper de laine d'aluminium dans du kérosène pour plus de facilité. Cette méthode de ponçage est particulièrement pratiquée pour le nettoyage des 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 enlever 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.

III. 2.5.2. 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 le meilleur moyen de nettoyer la corrosion Inter granulaire ou " piting" profond.

Au fur et mesure que le travail avance, une loupe , grossissement 10 fois , peut a déterminer quant toute corrosion est enlevée, une couche de métal propre de 0.20inchs devra être grattée en plus . la possibilité de concentration de contrainte doit être considérée.

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 est de 400.

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

III. 2.5.3. Polissage :

La procédure suivante peut être utilisée pour enlever une légère corrosion :

- 1- avec un chiffon ou une brosse , étendre une fine couche de produit à polir sur une surface limitées. Eviter d 'étendre sur une trop grande surface si le produit se solidifie rapidement.
- 2- Fixer un tampon de coton ou de laine de mouton sur la machine a polir . 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'aisées autour des rivets et des cordons peuvent 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 (1 volume d'eau pour un volume de solvant). Ces mélanges peuvent se dissocier dans le récipient par densité ; il faut donc tremper le chiffon jusqu'au fond pour atteindre l'eau plus lourde que le solvant.
- 5- Sécher la surface et polir avec un chiffon doux.

Décapage par injection d'abrasif sablage

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 et, lorsqu'il est bien utilisé, permet un rapide nettoyage des produits de corrosion . un équipement de ce type est connue sou le nom de "vacu-blast"

Dans tout les cas , l'abrasif utilisé doit être de l'oxyde de l'aluminium ou de poudre de verre (jamais de carbure de silicium). 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 en 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 fini 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 et courant des dangers de la mauvaise utilisation de ce matériel.

IV. 1. INSPECTION ET REVISION DE CLOISON ETANCHE ET LA LUTTE CONTRE LA CORROSION :

IV. 1.1. La pane :

D'après le service bulletin, les opérateurs avaient trouvé la corrosion et le craque sur le longeron et les renforts centraux de cloison étanche de pression, sur treize avions accumulés 14500 à 29000 cycles de vol (18300 à 30000) HDV . quatre avions qui ont eu la corrosion qui pénétré la pleine épaisseur de longeron, et deux ont été criqué. Y compris un qui ont éprouvés pendant que dépressurisation rapide d'une larme formée par U-shaped plus de 17 inchs le long de la périphérie en raison de la lourde corrosion dans le longeron et les renforts a côté de l'armature inférieur près de la section longitudinale.

Et un avion avec 34800 HDV et 36800 cycle de vol, ont éprouvée une dépressurisation rapide résultant d'une l'arme de longeron qui était le long du bord inférieur de longeron, et commencé par 5 inche de quatre renforts radiaux qui ont été également corrodées.

IV. 1.2. La cause de la pane :

La corrosion sur plusieurs avions a résulté des flaques et les fuites des toilettes et des offices ou tuyauterie associée et, dans au moins un cas, étaient dues à la conservation des fluides corrosifs résultant du colmatage du trou de drain avec le matériau d'étanchéité..

IV. 1.3. La révision :

La révision 1 : a changé le bulletin de service en "statut alerte ", a ajouté le nouveau service éprouvé et le seuil initial d'inspection, souligné le besoin de programme d'opérateur de l'entretien préventif de suite, et inspection clarifiée de cloison étanche en avant et de côtés arrière .La révision 2 : a remplacé le KIT SUPÉRIEUR 65-91361-1 avec le KIT SUPÉRIEUR 65-9136-2.

III. 2.7. Traitement de la corrosion par la méthode chimique

Lorsque la quantité de matériau à enlever doit être minimum, la méthode traitement chimique de corrosion est avantageuse, mais exige des précautions spéciales.

Il faut éviter les éclaboussures et éviter de laisser couler dans les parties adjacentes et encastements, 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.

III. 2.8. 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 degrés 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.

Parmi ces produits nous pouvons citer : jenoline (AKSJ), foscral (C 513), framanol, deoxidine (205), paintfix...

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 proportions 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 trop grande surface de la couche de protection autour de 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 poil dur, rincer avec de l'eau propre et laisser sécher avec de l'air comprimé.

III. 2.9. Traitement aux solutions a base d'acide chromique :

Une solution a base de acide chromique peut être utilisée pour éliminer les produits de corrosion sur les 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 un pinceau. laisser agir quelque minutes puis essuyer avec un chiffon humide. La surface prend alors une couleur jaune ou brune, laquelle doit être nettoyée a l'aide d'une brosse en Nylon t à l'eau, à moins que la surface ne soit appelée à être peinte ou polie.

L'acide chromique attaque la peau, les vêtements et s'enflamme énormément au contact de matières organiques. le chiffons utilisés doivent être soigneusement rincés d'être jetés.

poudre blanche, essuyer avec un chiffon sec et propre. Si la corrosion existe toujours, utiliser du grès N° 600 humide ou du papier abrasif et de l'eau, pour enlever la corrosion restante.

3- grattage à l'aide d'accessoires (corrosion rude) :

un frottement continu, rude ou vigoureux (comme avec, les brosses métalliques actionnée à l'énergie), peut générer assez de chaleur pour causer des changements métallurgiques, aussi il faudra faire attention en utilisant les accessoires suivants :

- Grattoir au bout de carbure.
- Une fine lime rotative à cannelures.
- Du papier abrasif (grès d'oxyde d'aluminium N°400).
- Une brosse en acier inoxydable (les poils de la brosse ne doivent pas excéder 0.01 inchs de diamètre).

4- utilisation d'une brosse en acier inoxydable , destruction abrasive ou polissage a la meule (corrosion sévère ou modérée).

En travaillant sur les surfaces qui on été anodisée, faire attention aux surfaces anodisées adjacentes à la zone corrodée. En utilisant la brosse en acier inoxydable (ou une lime), la surface doit être polie avec du papier abrasif (grès d'aluminium N° 400 OU 600)

5- le bombardement aux abrasifs humides avec des grains de verre, est une méthode recommandée pour le traitement de la corrosion de l'aluminium et de ses alliages. Les pression de l'air de 40 à 80 psi peuvent être utilisées. La haute pression enlève la corrosion plus rapidement.

- Apres avoir enlevé la corrosion visible à la loupe (grossissement 10fois , enlever une couche supplémentaire de matériau de 0.002 inchs pour assurer une complète disparition de la corrosion.

III. 2.10. Traitement des matériaux et des alliages couramment utilisés en aéronautique :

III. 2.10.1. L'aluminium et ses alliages :

Ils sont les plus largement utilisés dans la construction des avions commerciaux. Les tôles et les plaques sont disponibles avec un revêtement plus anodique que le métal de base, lui donnant une protection par anode soluble, tandis que les pièces forgées, profilées ou pourquoi elles doivent être anodisées.

Bien que l'aluminium apparaît relativement haut dans les séries électrochimiques, la formation naturelle d'une couche d'oxyde anodique fermement collante sur la surface, offre une résistance aux conditions corrosives modérées.

III. 2.10.2. Traitement mécaniques :

Avant de traiter la corrosion on doit :

- identifier le métal (être sûr que c'est de l'aluminium)
- protéger les surfaces adjacentes aux zones corrodées.
- nettoyer la surface (éliminer toute trace de graisse et salissures).
- Enlever la peinture (grattage , décapage...)
- Déterminer l'importance des dégâts.

Le traitement se fait par l'une des méthodes suivantes :

- 1- léger nettoyage au sable et à la main (corrosion légère)
- 2- utilisation de la pâte ponce (corrosion légère) :

mélanger la poudre ponce avec de l'eau pour former une pâte plus ou moins consistante. Appliquer sur les zones touchées, en utilisant un chiffon propre et en frottant doucement. Quand la pâte devient une

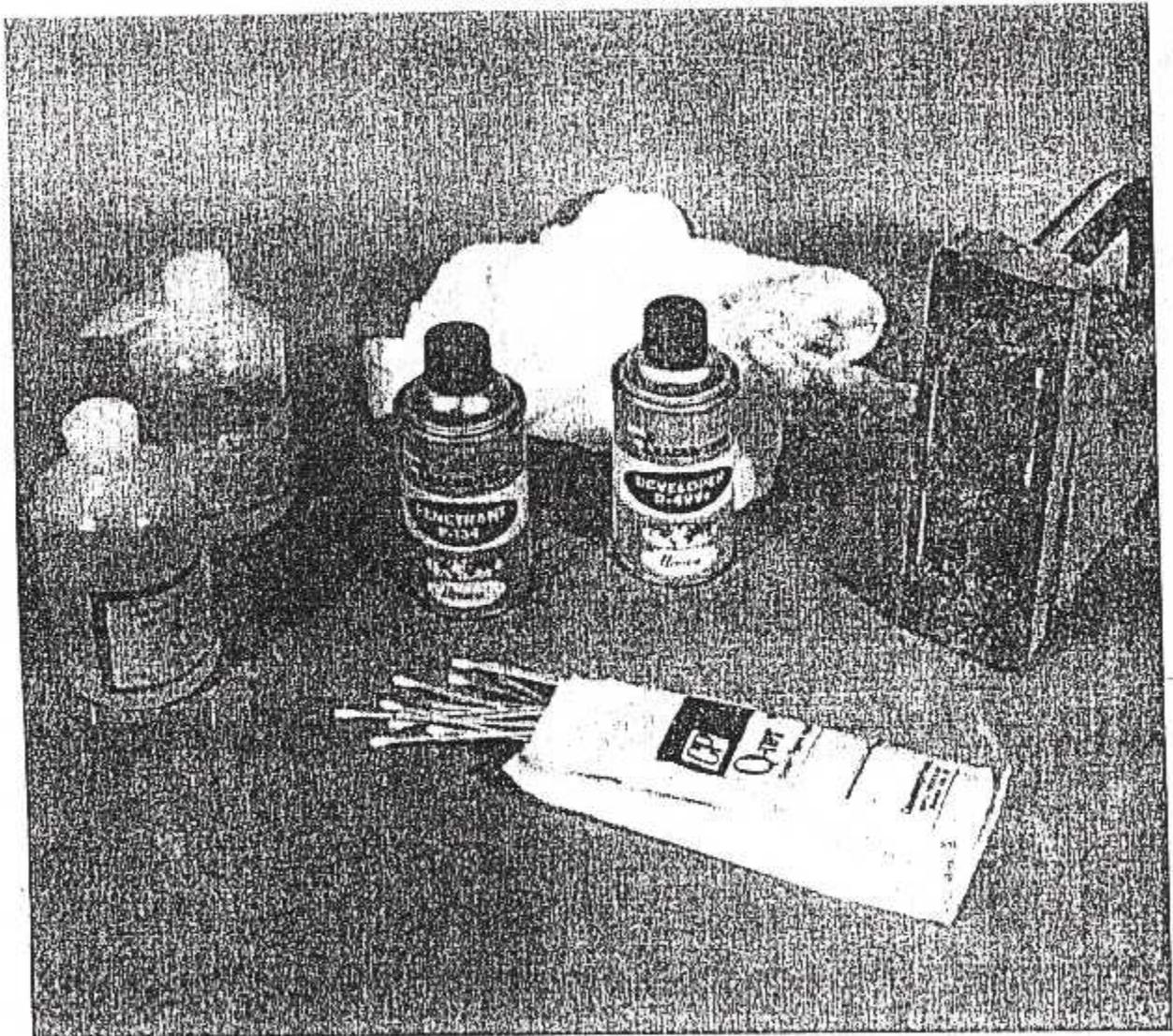


Fig.(III-8) :outillage pour le traitement chimique

CHAPITRE IV

***INSPECTION ET
REPARATION DE
LA PANNE***

La révision 3 : augmente l'efficacité pour inclure chacune des 737-100/200/300 et 500 configurations, établit les conditions de réinspection et fournit la clarification additionnelle des conditions d'accès, de nettoyage et du secteur d'inspection

description :

L'efficacité d'avions est divisée dans 2 groupes, 1 extrémité 2, parce que groupe 2 en raison non applicables de coupe-circuit d'accès d'avions d'une porte spéciale installée au STA 1033 pour surveiller et en remplissant huile de l'APU n'être aucune déviation du bulletin de service pour les avions de groupe .

Inspecter l'enchaînement 1016 et les renforts pour déceler la corrosion et fendre de cloison étanche de la station de corps (BS) des côtés vers l'avant et arrière de la cloison étanche au-dessous du niveau de plancher de carlingues la corrosion ou fendre est réparation trouvée par bulletin de service, si dans les limites réparables. si les dommages sont en dehors du contact réparable Boeing de limites pour des instructions de réparation remplacer niveler le composé si criquet ou disbonded, et appliquent le composé préventif de corrosion au secteur efficace.

La cloison étanche arrière de pression au-dessous du faisceau de plancher, devrait être traitée comme secteur potentiel de haut corrosion en raison de sa proximité aux toilettes ou aux gallyes et de lignes de tuyauterie associées des appels de ce bulletin pour des inspections de répétition après la première inspection, modification et ou réparation. après accomplissement de modification ou de réparation, les opérateurs devraient suivre un programme de gestion de corrosion comprenant la modification périodique ou la réparation, opérateurs devrait suivre un programme de gestion de corrosion comprenant l'inspection périodique pour le déplacement de corrosion, et l'application de BMS 3-23 dans ce secteur.

IV. 1.4. Le programme de révision :

Boeing recommande pour des avions avec la ligne numéros que 1-929 inspectent pour déceler la corrosion et ou les fissures comme indiqué dans la révision 3 dans un délai de 2 ans de la date de l'inspection précédente de la révision 2. pour la ligne numéros 930-1042 effectuent une première inspection comme indiqué dans la révision 3 tous les 2 ans.

pour la ligne numéros 1043-3132 effectuent une première inspection comme indiqué dans la révision 3 avant que l'avion finisse 6 ans de durée de vie ou dans un délai de 2 ans de la date des inspections de répétition de la révision 3. comme indiqué dans la révision 3 tous les 4 ans.

IV. 1.5. Inspections et réparations :

A. accéder pour l'inspection visuelle DÉTAILLÉE et le nettoyage du côté vers l'avant de BS 1016 par la prise arrière de cargaison, la porte dans le mur arrière de compartiment de cargaison débouchent la ligne de drain et de flottaison de toilettes ou n'importe quel autre comme requis, mettre en référence les 737 que manuel d'entretien énuméré dans des références de la section 1.J. exposent le visage avant de cloison étanche de BS en détachant la couverture isolante comme exigé pour l'inspection visuelle DÉTAILLÉE de la cloison étanche. accéder au côté 1016 arrière de cloison étanche de BS par la porte d'accès 3701.

B. nettoyer le secteur à inspecter selon les besoins pour accomplir une inspection visuelle DÉTAILLÉE. nettoyer à l'aspirateur la surface pour enlever les corps étrangers d'excès. il n'est pas nécessaire d'enlever des quantités normales de mastic sur la mise à niveau du composé à moins qu'ils aient détérioré à un point où l'humidité peut pénétrer vers le bas au métal. Un film uniforme léger de la corrosion empêchant le CIC composé qui n'a pas

Accumulé la saleté des débris permettra normalement à inspection proportionnée de la surface sans déplacement. la corrosion empêchant le déplacement composé est exigée s'il y a des couches multiples et ou d'accumulation de la saleté ou des débris. enlever le composé empêchant de corrosion comme détaillé dans le sujet du manuel de réparation 737-100/200 structurale (SRM) le sujet 51-20-01. de 51-10-20 ou de 737-300/400/500 SRM (figure(IV-1)),(figure(IV-2)) pour des endroits d'inspection.

effectuer une inspection visuelle DÉTAILLÉE des composants arrière de cloison étanche de pression sur l'avant et les côtés arrière pour la corrosion et ou les fissures (figure(IV-1)),pour des secteurs et des articles d'inspection de corrosion.

inspecter le chemin de drain pour assurer qu'ils sont certains et libres des débris tels que le composé de corrosion excessive de graisse ou les copeaux empêchant en métal. (figure(IV-2)), pour des endroits de chemin de drain.

si la corrosion et ou les fissures sont trouvées ou pour l'agrandissement de trou de drain et si la mise à niveau du remplacement composé est nécessaire (figure(IV-3)).

si aucune corrosion ou fissure ne sont festin trouvé le secteur avec le composé empêchant de corrosion (figure(IV-3)),étape 9.

s'assurer que le chemin de drain est dégagé et exempt de débris (figure(IV-3)),avant de mise a niveau le secteur.

rapporter la corrosion et ou des fissures à la compagnie de Boeing, même dans les dommages peuvent être réparées comme indiqué dans ce bulletin de service a détaillé l'endroit des dommages, des numéros d'article affectés et la taille des dommages (longueur, largeur, et épaisseur de restant) ,mettre l'avion de nouveau à un état de service.

répéter l'inspection comme donné dans la conformité de la section 1.E. et à chaque festin intervalle d'inspection le secteur avec le composé empêchant de corrosion (figure(IV-3)) , étape 9.

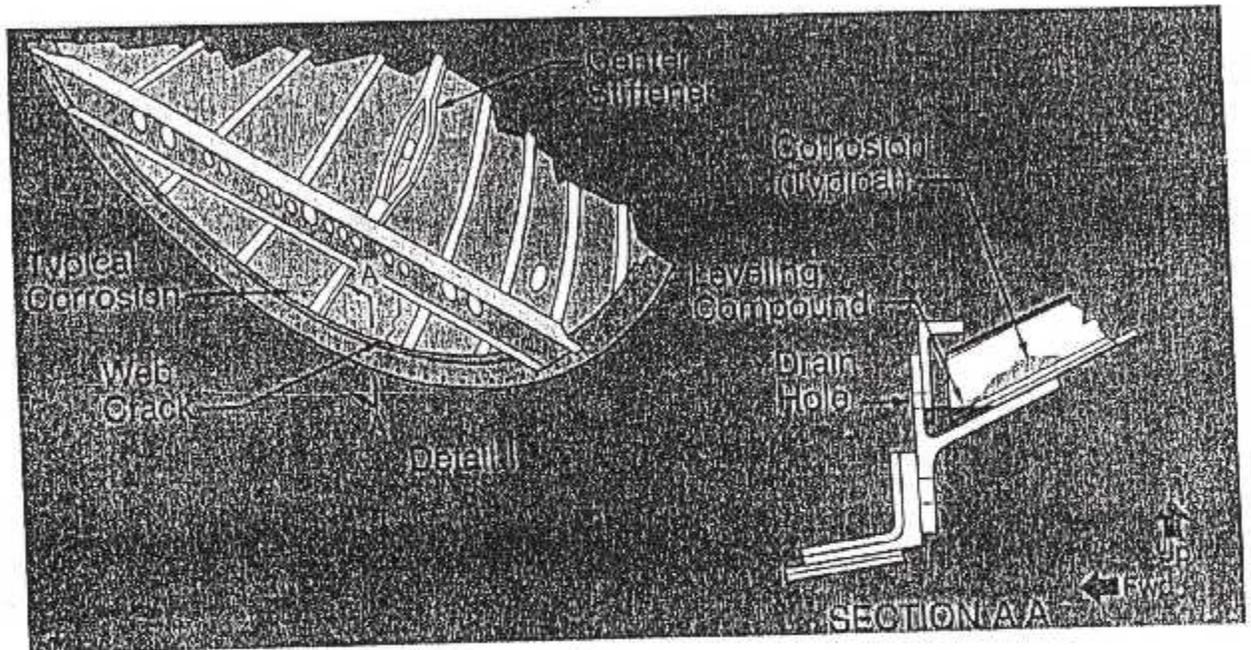


Fig.(IV-2) : la partie corrodée sur la C.E.P

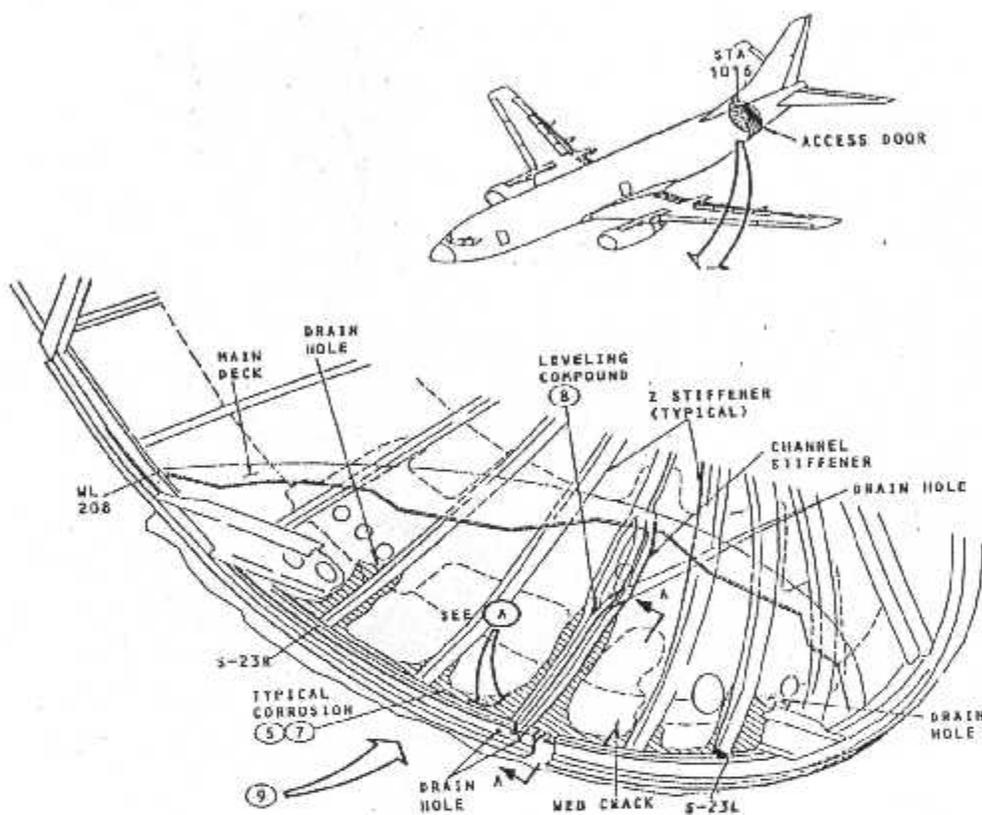


fig.(IV-3) :vue d'ensemble de la C.E.P (coté bas)

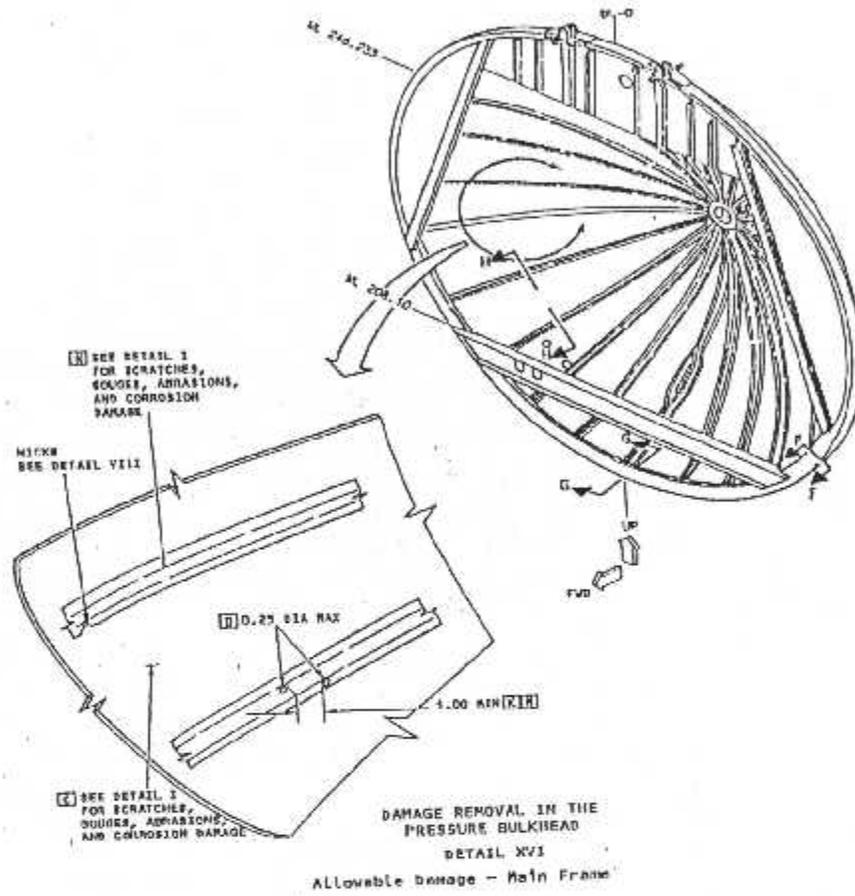


Fig.(IV-4) réparation des enchaînements de la C.E.P corrodée

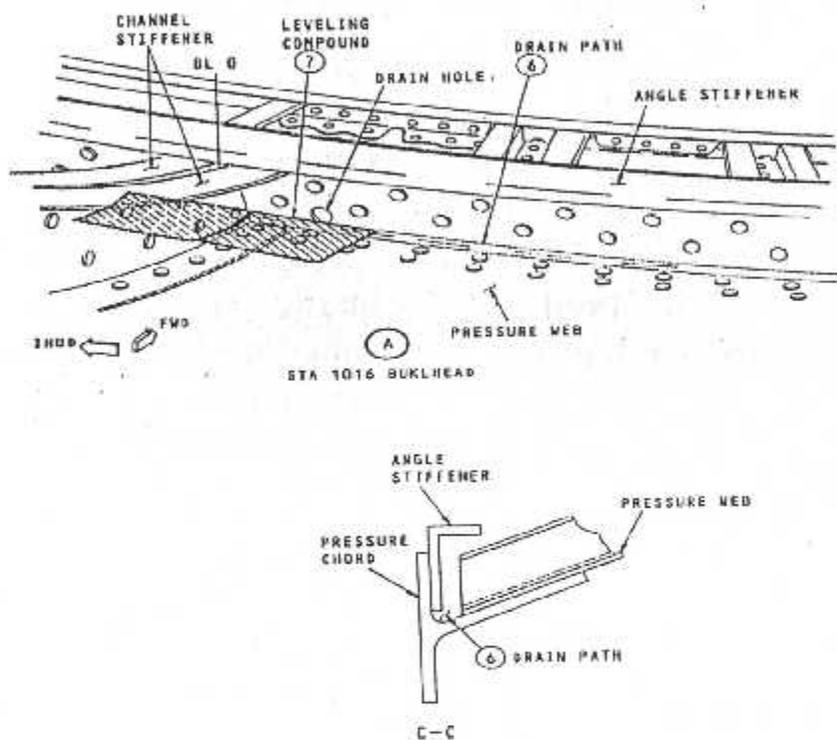


Fig.(IV-5) :réparation des enchaînements de la C.E.P partie A subissant des craques

IV. 2. Les étapes de réparations :

IV. 2.1. Réparation de la corrosion dans la C.E.P

A. Etapes a suivre

1. enlevée la porte d'accès du C.E.P
2. Effectuer une inspection visuelle détaillée des composants au niveau de C.E.P du coté vers l'avant et arrière au dessous du niveau de plancher de carlingue.
3. Nettoyer le bord de la partie endommager
4. Enlever le bord de la partie endommager sans oublier de déconnecter les files électrique au niveau de la partie d'accès de C.E.P qui peut causer en court circuit

Les moyens utilisés pour le nettoyage de la corrosion sont :

- brosse métallique circulaire
- sablage (billes de verres)
- produit chimique acide liquide (FREMANOL)
- le déliant pour le dégraissage
- le décapant pour décaper la peinture

5. inspecter au FPI pour s'assurer que toute la corrosion à été éliminé

B. Essais non destructifs

il est apparaît de plus en plus nécessaire de s'assurer à tous les stades de fabrication de quantité du matériau des éléments des assemblages d'une structure complète afin d'améliorer la rentabilité et réaliser des produit sains et léger . les CND permettent de déceler aux stades de réception des matières première , des ébauche des pièces sortant de fabrication mais aussi au cours des révisions de pièces en service que le matériau employer ne contient pas de défauts susceptible de modification ses propriété mécaniques.

Ces types de contraintes ne modifient pas les caractéristiques dimensionnelles, géométrique physique et chimique de la pièce contrôlée.

Resserrage :

Il permet de détecter uniquement des débouchant à la surface de la pièce (crique, parasite)

Cette méthode simple d'emploi est utilisée notamment pour la détection des criques situées dans les longés et les soudures des ébauches de fonderie ou de forge, des criques de fatigue des tubes

Cette méthode conduit à reprendre à un liquide appelé PÉNÉTRANT dont le pouvoir mouillant est très important (généralement à base de pétrole contenant en suspension des particules colorées en rouge ou fluorescentes). Le pénétrant appliqué sur la pièce par immersion ou pulvérisation va pénétrer dans des formants des petites cavités débouchant en surface (temps de pénétration voisin de 15 mn) en suite soigneusement à l'aide d'un chiffon sec, ou par un lavage à l'eau l'excès de pénétrant.

Puis on dépose un poudre hygroscopique ou révélateur afin d'absorber (comme un bavard) le pénétrant qui subsiste, après nettoyage à l'intérieur des cavités, la présence d'un défaut se produit par une tache plus ou moins grande selon le volume de pénétrant qui a ressue.

Cet examen s'effectue à la lumière du jour (pénétrant rouge) soit en lumière noire (pénétrant fleurissant jaunes ou vert, sous un éclairage ultraviolet)

La mise en œuvre de cet essai nécessite les précautions suivantes :

- la partie à contrôler doit être nettoyée de façon efficace afin d'éliminer les corps gras, l'état de surface doit être bon, ceci pour

- éviter la présence de point de retenue de pénétrant pendant difficile la détection des défaut, si la surface est peinte elle ci doit décapée.
 - Les cavités de débauchant trop largement ouverte ou les fissures trop fine ne seront pas décelées au cours de l'opération de resserrage.
6. appliquer un traitement de précontraint sur la surface endommagé en utilisant les l'équipement nécessaire des traitements de précontraintes, avec des abrasifs ou un équipement standard.
 7. Effectuer un traitement de surface sur une surface de 125 micro inchs.
 8. Appliquer un traitement de protection en alodine sur la surface réparé

IV. 2.2. Mesure a prendre âpres l'inspection

Après l'inspection et nettoyage de la surface, en dommage (corrosion), et âpres aussi pris la profondeur de la pièce, si la profondeur dépasse la tolérance (2/3), en doit changer cette pièce par une autre .