

5/94

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE CHIMIQUE.

الندوة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

CONTRIBUTION A L'ETUDE
DES HERMETIQUES

Proposé par:
E.R.M.Aero.

Etudié par:
B. AMROUN
&
M. DELLAH

Dirigé par:
M^{lle} F. CHENITI
M^{me} F. MOHELLEBI

PROMOTION
Juillet 1994

DEDICACES

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

- *A* ma famille **AMROUZ** de Tinkicht (Cheefa Bahlout).
- *A* mon binôme et ami **M. Dellah**.
- *A* **Aloul Sachmi**.
- *A* tous ceux et celles qui oeuvrent pour que l'Algérie vive en paix.

Boualem.

—ooOoo—

- *A* tous ceux qui m'aiment.

Moh.

REMERCIEMENTS

المدرسة الوطنية المتعددة الفنون
 المكتبة - BIBLIOTHEQUE
 Ecole Nationale Polytechnique

Ce travail a été proposé par Mademoiselle **F. CEMENTI** responsable du laboratoire de Chimie de l'Entreprise de Rénovation du Matériel Aéronautique (E.R.M.Aero). Il a été réalisé sous sa direction et sous celle de Madame **F. MOBELLEBI**, enseignante au département de G. Chimique de l'E.N.P. Nous les remercions vivement pour leurs aides, orientation et encouragement. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

Nous tenons à remercier Monsieur **Ab. BOUZIDJ** qui n'a ménagé aucun effort pour nous apporter son aide si précieuse dans le domaine de l'informatique et du traitement de texte.

Nous remercions spécialement Monsieur **T. DELILA** pour son aide dans la recherche des documents et pour son soutien moral.

Que Monsieur le président et les membres du Jury trouvent ici l'expression de nos vifs remerciements par l'honneur qu'il nous font en acceptant de faire partie de notre Jury.

Nous tenons également à remercier:

- Monsieur **M. BRADAI**.
- Monsieur **D. ZIDANE**.
- Mademoiselle **N. Bensaci**
- Le personnel du laboratoire de Chimie de l'E.R.M.Aero.
- Les travailleurs de la bibliothèque de l'E.N.P (Salah,

Krimo,...

Que tous les Enseignant qui ont contribué à notre formation reçoivent l'expression de notre profonde gratitude.

Nous ne serions oublier tous ceux et celles qui nous ont apporté leur soutien et leur amitié au long de l'élaboration de ce travail.

SOMMAIRE

	Pages
Introduction.....	1
- Problématique.....	1
- Méthodologie et objectif.....	2
I) Partie théorique.....	3
I.1) Définition des différentes étapes pour l'application des hermétiques.....	3
I.1.1) Etanchéité et revêtement de surfaces.....	3
I.1.1.a) Mécanique des matériaux d'étanchéité.....	3
I.1.1.b) Les différents types d'étanchéité.....	5
i) Etanchéité volumique.....	5
ii) Etanchéité aux liaisons.....	5
I.1.1.c) Revêtement.....	6
- Matériaux à base de caoutchouc vulcanisé.....	6
I.1.2) La corrosion.....	7
I.1.3) Traitement de surfaces.....	8
I.1.4) Inhibiteurs de corrosion.....	10
I.2) Définition des différents tests et termes utilisés dans la partie expérimentale.....	11
I.2.1) Humidité relative.....	11
I.2.2) Masse volumique.....	12
I.2.3) La peau.....	12
I.2.4) Points de fragilité.....	12

	Pages
1.2.5) Résistance à la rupture.....	12
1.2.6) Duromètre et dureté.....	13
1.2.7) Temps d'application.....	13
1.2.8) Température de fragilité à froid.....	14
- Rigidité en torsion à basse température.....	14
1.2.9) Mise en charge et mesure des allongements.....	15
1.2.10) Eprouvettes et système d'encastrement.....	16
1.2.11) Durcisseurs.....	17
II) Rappel bibliographique.....	18
II.1) L'évolution des caractéristiques des mastics.....	19
II.2) Sélection des mastics Français.....	20
II.3) Les différents types de mastics Français de l'étude.....	22
II.4) Application des mastics dans les réservoirs structuraux.....	31
III) Partie expérimentale.....	34
III.1) Expériences sur les mastics Russe effectuées par l'entreprise auparavant.....	35
III.1.1) Préparation des mastics Russe.....	36
III.1.2) Tables des caractéristiques des mastics Russe.....	38
III.2) Mode opératoire.....	38
III.2.1) Préparation des portes éprouvettes.....	38
III.2.2) Préparation du mastic.....	40
III.2.3) Caractéristiques des éprouvettes.....	41
III.2.4) Machine d'essai.....	42
III.2.5) Réalisation de l'essai.....	43

	Pages
III.2.6) Calcul des résultats d'essai.....	4 4
III.3) Mode de préparation et résultats des différent tests effectués.....	5 0
III.3.1) Test de traction sur les mastics Français (PRC).....	5 1
III.3.2) Test de traction sur les mastics Hindo (HMP).....	6 4
III.3.3) Test d'adhérence des mastics PRC et HMP.....	8 0
III.3.4) Test de torsion.....	8 1
III.4) Récapitulation des résultats.....	8 2
III.5) Exploitation des résultats.....	8 3
Conclusion.....	8 6
Bibliographie.....	8 8

Annexe A : Volet informatique.

Annexe B : Différents tableaux sur les mastics.

INTRODUCTION

Introduction

L'aéronautique constitue, vu son importance, un domaine stratégique nécessitant un traitement et une technologie d'une haute précision. Les hermétiques ou les mastics offrent à eux seuls une gamme très variée de produits fortement utilisés et sont d'une grande importance tant au niveau sécuritaire qu'au niveau maintenance et protection.

Problématique:

Auparavant, l'entreprise (ERMAero) utilisait des hermétiques russes, l'éloignement géographique et la date de péremption de ces produits, en les comparant avec les hermétiques occidentaux 3 mois et 6 mois respectivement, engendraient un problème d'ordre économique.

A partir d'une étude physico-chimique et mécanique de ces mastics, nous essayerons de trouver une équivalence entre les mastics russes et occidentaux. Ces mastics sont utilisés:

- pour l'étanchéité des réservoirs de carburant
- pour des réservoirs structuraux
- pour les cellules pressurisées
- pour les hublots et les verrières
- pour l'isolement électrique
- pour l'électronique
- contre la corrosion.

Cette gamme de mastics étant variée et vu le temps qui nous est imparti, nous nous penchons alors uniquement sur l'étude de l'étanchéité des réservoirs et des verrières.

Objectifs et méthodologie:

Le présent travail est une initiation à l'étude des hermétiques utilisés en aéronautique, en Algérie. Nous avons cherché à mettre en évidence les caractéristiques physico-chimiques des différents types de mastics. Ce travail consiste à rechercher l'équivalence entre les produits PRC (mastic français) et hermétiques hindous, avec les hermétiques russes utilisés auparavant par l'entreprise. Nous avons dressé une liste qui a pour but de présenter les principaux produits, d'une gamme très étendue de mastics, utilisés dans l'industrie aérospatiale. Dans la première partie de l'exposé, nous passerons en revue les différentes définitions concernant l'étanchéité, le mastic, l'état des surfaces et les traitements de surfaces. La seconde partie du travail se compose d'un rappel bibliographique et d'un exposé expérimental.

Au cours du rappel bibliographique, nous exposons comment sont utilisés les mastics.

Lors de l'exposé expérimental, à l'aide des résultats des différents tests effectués (test de traction, test de fragilité, densité, dureté,...) sur les PRC et les mastics hindous HMP nous essayerons de les comparer avec ceux des mastics russes effectués auparavant par l'entreprise.

Pour finaliser ce travail, une étude informatique a été faite concernant le stockage, le classement de toutes les données, ainsi qu'un programme permettant le calcul des différentes propriétés requises.

Les avantages de ce travail peuvent se résumer d'une part par une mise en place simple et pratique et d'autre part en une bonne utilisation des disquettes, et c'est l'organisation la plus économique en place.

PARTIE THEORIQUE

I) Partie théorique

I.1) Définition des différentes étapes pour l'application des hermétiques:

I.1.1) Étanchéité et revêtement de surface [4]:

Les revêtement d'étanchéité, quelque soit leur destination, sont formés d'une membrane appliquée sur un ouvrage non étanche par lui même, et ont le but d'en assurer l'imperméabilité à l'eau, et à d'autres substances.

Puisque l'ouvrage support est déformable, le revêtement doit lui aussi se déformer, sans se rompre, même s'il se produit des mouvements. Un revêtement doit être déformable.

Cette déformabilité constitue une propriété qui distingue entre les différents revêtements existants. Un solide se déforme de deux manières:

- Par déformation élastique.
- Par déformation plastique.

Dans le premier cas, la sollicitation dont il est l'objet, produit un mouvement dont l'amplitude est proportionnel à l'effort mis en jeu. Le corps retrouve donc sa forme initiale lorsque l'effort a disparu (loi de HOOKE). Dans le second cas, la déformation est de nature visqueuse, elle est variable avec le temps (loi de NEWTON). Le solide ne reprend pas sa forme après disparition de l'effort.

Il existe donc pour un solide une contrainte limite que nous appelons la contrainte à la limite élastique. Au dessous de celle-ci, le solide ne subit que des déformations élastiques. Passé cette valeur, le solide se déforme dans son domaine plastique (plasto-élastique).

Cette valeur présente une grande importance pour connaître le comportement d'un revêtement déformable, sera-t-il déformé dans un domaine élastique ou plastique?

L'important est que ne subsiste aucune déformation permanente après que soit disparue la sollicitation et les deux éventualités peuvent convenir. Jusque là nous pouvons dire que le revêtement d'étanchéité qui posséderai la plus forte limite élastique serait le meilleur mais nous ~~vivons~~ ~~verrons~~ que cela n'est qu'une remarque anticipée et hâtive. En effet, pour concevoir un système d'étanchéité il ne faut pas tenir compte seulement du revêtement, mais aussi du mode de liaison et de celui ci à son support.

On a remarqué que, pour qu'une membrane déformante appliquée sur un support rigide, présentant lui même une discontinuité (fissure) d'ouverture variable, reste dans son domaine élastique, il faut que la valeur de X correspondant à ce mouvement soit telle que:

$$X \leq K \cdot \frac{M \cdot A}{\varphi} \quad [4]$$

A: Allongement à la limite élastique de la membrane, mesuré en traction

M: Effort correspondant par unité de largeur, mesuré dans la membrane lorsqu'elle atteint l'allongement A.

φ : Force par unité de surface que transmet le système de fixation choisi (force de frottement pour les systèmes indépendants et force de viscosité) pour le collage visqueux.

K: Constante qui varie sur le mode de fixation.

$$\left. \begin{array}{l} K = 1 \text{ système indépendant} \\ K = 2/3 \text{ système col.} \end{array} \right\} \text{ pour } \varphi \text{ moyen}$$

1.1.1.b) Les différents types d'étanchéité[4]:

L'étanchéité est la qualité de confinement dans un appareil d'un fluide, liquide ou gaz, mai aussi de très fines particules solides en suspension dans un gaz.

Définition d'une fuite:

L'étanchéité n'est plus satisfaite, en théorie, s'il existe une fuite, qui se traduit par l'écoulement du fluide d'un côté à l'autre de la paroi de confinement sans l'action d'une différence de pression ou de concentration de part et d'autre de cette paroi.

Une fuite est due soit à la perméabilité de la matière ou à des défauts de débouchants.

a) Etanchéité volumique:

Un appareil doit être étanche dans son intégralité, c'est à dire dans son volume. Ce volume est limité par sa surface extérieur, d'où l'appellations d'étanchéité volumiques.

b) Etanchéité aux liaisons:

Il en existe deux types:

- En statique: la jonction doit être généralement démontable, au moins de temps à autre, les surfaces assemblées sont variées.

- En dynamique: la jonction est telle que l'une des deux surface est mobile par apport à l'autre, ces surfaces étant souvent de même nature géométrique.

1.1.1.c) Les revêtements[4]:

Il existe plusieurs type de revêtements, ces derniers sont classés selon leur limite élastique en traction. Nous trouvons des revêtements à base d'Asphalte coulés, des revêtements multicouches à base de bitume oxyde et des revêtements à base de polymères ou d'association bitume-polymère et les revêtements à base d'élastomères vulcanisés ou non. Ces revêtements trouvent l'utilisation dans divers domaines.

Nous nous limiterons à étudier seulement les revêtements à base d'élastomère, qui sont les plus utilisés dans le domaine de l'aéronautique.

Elastomère vulcanisés ou non:

Ils sont classés selon leur domaine d'utilisation.

- Matériaux à base de caoutchouc vulcanisé.
- Matériaux à base d'élastomères vulcanisés.
- Matériaux à base d'élastomères non vulcanisés.

a) Matériaux à base de caoutchouc vulcanisé []:

Description: Le caoutchouc est un polymère ayant une masse moléculaire élevée. Dans une seule molécule de caoutchouc, on peut trouver jusqu'à 2000 molécules mères combinées. L'élasticité du caoutchouc est due à ce que la molécule possède une forme en spirale très serrée, sous l'effet d'une force de tension, cette spirale se détend, elle revient par la suite à sa position initiale.

Le caoutchouc brut est collant à la chaleur et cassant aux basses températures. Charles Goodyear découvrit la vulcanisation en 1839. Ce procédé consiste à chauffer le caoutchouc avec du soufre, cela le rend plus durable moins mou par temps chaud et moins cassant par temps froid.

Pendant la vulcanisation, on incorpore au caoutchouc différents produits tels que du noir fumée, de l'oxyde de zinc, du sulfure d'antimoine et du blanc de plomb, pour augmenter la résistance à l'usure ou pour le couler.

Principes de fonctionnement et mode d'utilisation:

La limite élastique des produits à base de caoutchouc vulcanisé est élevée (45 Bar) et l'allongement à la limite élastique atteint 300%. Ce sont des matériaux essentiellement élastiques. Les caoutchouc butyl ne présentent, après vulcanisation aucune liaison chimique libre ^{et} sont très résistants au vieillissement. Ces qualités rhéologiques de résistance au vieillissement permettent de retenir deux techniques de pose; en indépendance monocouche et en adhérence.

1.1.2) La corrosion []:

La corrosion est un mode de destruction du métal progressant par la surface sous l'action du milieu environnant. Les processus de corrosion sont considérés comme des réactions d'oxydation des métaux qui ^{sont} divisés en deux grands groupes.

- ♦ La corrosion chimique.
- ♦ La corrosion électrochimique.

Au premier groupe appartiennent tout les cas d'interaction chimique directe du métal et du milieu ambiant.

Au deuxième groupe le processus de corrosion comporte essentiellement des réactions électrochimiques, dans ce cas le milieu est électrolyte. Après la nature du processus et du milieu ambiant, on peut effectuer une classification des phénomènes de corrosion.

♦ Corrosion chimique:

- Corrosion par les gaz (air).
- Corrosion par les liquide non électrolytes.

♦ Corrosion électrochimique:

- Corrosion par les liquides électrolytes.
- Corrosion atmosphérique.
- Corrosion par le sol.

L'étude des mécanismes de corrosion nécessite par conséquent la connaissance des moyens a mettre en oeuvre pour y remédier qui repose sur les loi de la thermodynamique et de la cinétique.

1.1.3) Traitement de surfaces [2,4]:

Le terme traitement de surface est défini dans l'encyclopédie Larousse, de façon suivante: "Traitement que l'en applique en surface à une plaque métallique soit pour en modifier les propriétés superficielles soit pour la recouvrir d'une couche protectrice".

♦ Préparation de la surface:

Pour éviter tout défaut ultérieur de protection, toute opération de traitement de surface doit être précédée d'une préparation de la surface qui doit permettre la mise à nu du matériau de base.

En effet, l'interposition de matières étrangères, plus au moins localisées, provoque des défauts dans le revêtement, concernant notamment son adhérence au supports, sa compacité et sa continuité. Les surfaces solides peuvent être souillées par des huiles ou des graisses adsorbées, des films d'oxyde ou des produits de corrosions divers. Une simple trace de doigt, laissée avant le dépôt d'un film de protection empêchera ultérieurement l'adhérence du dépôt et créera un risque de corrosion cavernueuse. Il existe ainsi deux groupes de techniques principales permettant d'éliminer les produits de contamination ou de protection.

- Le dégraissage, qui concerne l'élimination des films gras.
- Le décapage, qui est relatif à la suppression des oxydes métalliques et de dépôts minéraux.

Il existe différentes technologies de préparation de surface.

- Le dégraissage chimique.
- Le dégraissage électrolytique.
- Décapage mécanique ou par grenaillage.
- Polissage mécanique.
- Décapage chimique.
- Traitement de surface des métaux avant l'application de peintures et revêtements plastiques.

♦ **Décapage:**

Son but est principalement d'éliminer des surfaces les couches chimiques adhérentes, il sert aussi à enlever d'anciens dépôts lors de la réfection de protection endommagée, ou à retirer des produits solides incrustés, dans certain cas, pour éviter de polluer les bains, un dégraissage précède cette opération.

♦ **Dégraissage:**

Cette technique est employée pour débarrasser les surfaces des corps gras et de toute matière étrangère qui les souillent. Opération indispensable dans presque toutes les opérations.

L1.4) Les inhibiteurs de corrosion:

Introduction:

Outre le choix judicieux d'un matériau ou d'un revêtement approprié, l'analyse des conditions d'utilisation permet d'envisager d'autres moyens de lutte contre la corrosion notamment en agissant sur le milieu corrosif par addition des substances inhibitrices.

Définition:

On définit par le terme inhibiteur, tout composé chimique, minéral ou organique, qui lorsqu'il est ajouté en très faible quantité dans un milieu corrosif permet de réduire la vitesse de corrosion du métal ou de l'alliage immergé. Le mécanisme de l'inhibiteur de corrosion est très complexe, son action est particulière à un couple milieu-métal et dépend de la température et de la concentration. Les agents oxydants tel que les chromates, les nitrites, les bichromates agissent plus spécifiquement sur les métaux ou alliages dit passivables. Leur influence sur le film de passivation, tantôt il stabilisent les oxydes protecteurs en accélérant leur vitesse de réformation ou

en précipitant des composés insolubles dans les porosités. Ils peuvent également contribuer à la désorption de la surface métallique des anions agressifs.

Les phosphates, les polyphosphates et les silicates ont également une action semblable en renforçant la passivité du métal.

Fonction essentielles des inhibiteurs:

D'une manière générale un inhibiteur doit:

- Abaisser la vitesse de corrosion d'un métal, sans en affecter les caractéristiques physico-chimiques.
- Etre stable en présence des autres constituants du milieu (vis-à-vis des oxydants).
- Etre stable aux températures d'utilisation.
- Etre efficace à faible concentration.
- Etre compatible avec les normes de non-toxicité.
- Etre peu onéreux.

1.2) Définition des termes utilisés dans la partie expérimentale:

Nous définissons ici les différentes expressions utilisées dans notre travail.

1.2.1) Humidité relative:

C'est le rapport de la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air en fonction de la température, à un endroit et un instant donné. On l'exprime en pourcentage.

L.2.2) Masse volumique [4]:

La méthode choisie est :

Méthode par immersion, dite à la balance hydrostatique. Cette méthode est principalement utilisée pour les matières plastiques sous forme d'objets semi-ouvrés, usines ou finis. On détermine la densité relative de la matière à essayer par immersion dans un liquide d'immersion à cette température.

Remarque: Depuis la parution de cette norme, la température recommandée pour l'atmosphère de conditionnement et d'essai est de 23°C.

L.2.3) La peau []:

C'est la pellicule formée sur toute la surface exposée de mastic. Le temps de formation de la peau est évalué en moyenne à une dizaine de minutes.

L.2.4) Point de fragilité []:

Appliqué au caoutchouc, ce terme indique la température la plus basse à laquelle un caoutchouc peut être soumis sans se rompre sous l'effet d'un choc ou d'une sollicitation soudaine.

L.2.5) Résistance à la traction []:

C'est l'effort de traction qu'il faut appliquer à un matériau jusqu'à sa rupture.

1.2.6) Duromètre et dureté:

◆ Duromètre[η]:

C'est un instrument de mesure de la dureté d'un matériau. Celle-ci est généralement exprimée par l'échelle "Shore A" graduée de 0 à 100, un plateau de table atteint 100, un ongle 80, une gomme douce 50 et une éponge entre 5 et 10.

◆ Dureté [η]:

La dureté (ou rigidité superficielle) est une grandeur qui permet d'apprécier la déformabilité lorsqu'elle est sollicitée normalement par un poinçon (ou pénétrateur) de géométrie définie. Il s'agit d'une notion très répandue dans le domaine de la caractérisation des matériaux et la simplicité de certains matériels d'essais en fait une méthode souvent préconisée pour le contrôle courant de fabrication. Cependant, malgré la simplicité du principe de la mesure, une telle sollicitation engendre un état de contraintes complexes au niveau du poinçon, aussi le déplacement du pénétrateur résultant dépend-t-il non seulement du caractère visco-élastique du matériau, mais également de la géométrie, de l'état de surface et de la nature du pénétrateur, autant de paramètres qui ne permettent pas de définir une grandeur caractéristique du matériau.

1.2.7) Temps d'application[η]:

C'est le temps exprimé en heure pendant lequel l'application est possible. Il est toujours défini pour une température de 25°C et 50% d'humidité relative. Ce temps est réduit de moitié pour chaque élévation de température de 5°C et double pour chaque diminution de 5°C. Une humidité élevée au moment du mélangeage réduit également le temps d'application.

1.2.8) Température de fragilité à froid [4]:

C'est la température à laquelle les matières plastiques souples, à la température ambiante, présentent une rupture fragile peut être obtenue dans les conditions particulières de déformation. La température ainsi définie est conventionnelle, elle peut être utilisée pour des spécifications ou pour comparer les différents matériaux, elle ne détermine pas nécessairement la température la plus basse à laquelle la matière peut être utilisée, puisque la fragilité du polymère sera modifiée par les orientations moléculaires se produisant au cours des transformations ultérieures, par sa histoire thermique et par l'ensemble des contraintes appliquées, en particulier la vitesse de sollicitation.

Les trois méthodes ci-après conduisent à la détermination de la température pour laquelle il y a une probabilité de rupture des éprouvettes de 50%. La première est effectuée à grande vitesse, la deuxième est statique.

◆ Méthode par Choc: Cet essai est effectué à environ 2 m/s. Dix (10) éprouvettes, environ, sont encastrées à une extrémité dans un bati-rigide, conditionnées dans un bain réfrigérant et soumises à l'action d'un percuteur.

Il est nécessaire de s'assurer que la vitesse au moment de l'impact est reproductible et égale à la vitesse nominale, sinon les résultats seront très dispersés et souvent contradictoires. La précision obtenue n'est quelque fois pas meilleure que $\pm 5^{\circ}\text{C}$ entre plusieurs laboratoires.

◆ Méthode par mesure du module apparent de rigidité en torsion à basse température: Cette méthode appliquée aux matières plastiques dans le module à 20°C est inférieure à 70 N/Cm^2 et repose sur les travaux de Clash-Berg^[4] effectués sur PVC plastifié, on trace la courbe modules apparentes de rigidité en torsion-température dans la zone de transition de l'état vitreux à l'état

caoutchoutique. On y lit les températures caractéristiques correspondant aux modules suivants: 3150,233 et 60 (ou 42) da N/Cm².

Le module apparent de rigidité en torsion G, exprimé en N/m² ou Pa est calculé suivant la formule:

$$G = \frac{T}{K\theta} \quad [4]$$

avec: T (Nm) : moment de couple en torsion appliquée.

θ : Angle de rotation en degré.

K : Facteur dépendant uniquement de l'expérience.

1.2.9) Mise en charge et mesure des allongements [1]:

Les machines standards soit hydrauliques soit électromécaniques permettent d'appliquer des vitesses de déplacement allant en moyenne de 0,2 mm/min à 600 mm/min, avec une course importante (jusqu'à 1m). Les vitesses recommandées dépendent du type d'éprouvettes de la mesure faite (module de résistance) et de l'allongement des matériaux. On prendra en compte les vitesses absolues, peu significatives physiquement (NF 51 - 034).

On peut enregistrer la déformation de l'éprouvette entre les mors ou, mieux, entre deux repères sur la partie calibrée. Dans les machines électromécaniques la mors mobile est entraîné par une vis sans fini dans la rotation et assuré par un ensemble moteur-réducteur avec variateur électronique. Un renvoi monté sur la vis entraîne un tambour enregistreur par l'intermédiaire d'un système réducteur. On a ainsi la possibilité d'enregistrer l'allongement global de l'éprouvette (entre mors) avec des taux d'amplification différents (1/2 à 20). Il ne faut cependant jamais oublier que la grandeur fournie est la somme de l'allongement de la partie calibrée, de la déformation dans les mors et dans les congés, et des différents jeux. L'erreur que l'on commet en utilisant

l'allongement entre mors et d'autant plus important que l'allongement des matériaux est faible (200% à 300% d'erreur sur le module). Néanmoins, pour les matières thermoplastiques à grand allongement (> 200%), cette méthode peut être retenue bien que, si l'on change de forme d'éprouvette on puisse trouver des résultats différents.

1.2.10) Epreuves et systèmes d'encastrement [J]:

Une éprouvette de géométrie parfaitement définie est encastrée à ses deux extrémités dans des mors ou des mâchoires. L'un de ces mors fixe, est relié, pour la mesure des efforts, à un système d'entraînement à vitesse de déplacement ou, plus rarement, de charge, constante.

Les mors (ou mâchoires) sont à serrage direct par vis (pneumatiques ou autoserrants) ou à serrage sur empreinte. Leur choix dépend essentiellement de la forme de l'éprouvette et de la consistance de la matière; les mâchoires pneumatiques ou autoserrant sont recommandés; elles permettent en effet d'avoir un serrage reproductible, indépendant de l'opérateur.

Le glissement et les ruptures dans les mors seront limités le plus possible en veillant à choisir des surfaces de serrage adaptées à l'épaisseur et à la déformabilité de la matière (surfaces striées ou dépolies pour les épaisseurs supérieures à 2 mm et les matériaux rigides, revêtements élastomères pour les films, etc...).

Des goupilles de centrage dans les talons des éprouvettes facilitent l'alignement et limitent quelquefois le glissement. Sauf cas particuliers, la forme cylindrique des éprouvettes filetées aux deux extrémités n'a pas été retenue, car elle n'est guère compatible avec l'épaisseur moyenne des objets ou plaques en matière plastique. On utilise des éprouvettes planes en forme d'haltère. Leur géométrie dépend des normes et du matériaux utilisé. Si l'on se réfère à la norme ISO R 527; on peut utiliser les éprouvettes type 1, 2 ou 3 (voir fig. N°) suivant que l'allongement à la rupture est moyen (10 à 150%), important (supérieur à 150%) ou faible (< à 10%).

1.2.11) Durcisseur[4]:

Ils interviennent comme agents de réticulation pour la transformation chimique des poudres à mouler ou des résines liquides fusibles et solubles en une matière thermorigide.

Nous ne ~~citons~~ ^{citerons} ici que les anhydrides d'acides et les amines très utilisées.

- anhydrides (anhydrides phtalique, triméthilique, méthyltetrahydrophthalique, chlorondique, etc...).
- amines aromatiques.
- amines aliphatiques.

RAPPEL
BIBLIOGRAPHIQUE

II) Rappel bibliographiques:

II.1) Rappel de l'évolution des caractéristiques des mastics:

Le premier mastic à base de thiokol avec accélérateur utilisé dans l'aviation française a été le EC.801 répondant à la spécification US.MIL.S.7502 B. Ce mastic avait les inconvénients suivants:

- L'homogénéité des deux parties était difficile à contrôler par suite des couleurs très rapprochées du mastic (noir) et de l'accélérateur (marron).
- Le mélange ne permettait d'obtenir qu'une seule consistance d'application (filet), un seul temps de travail et un seul temps de vulcanisation à une température donnée.

Le EC 801/807 a ensuite été remplacé par les mastics de la série 1200 répondant à la même spécification mais présentant les avantages suivants:

- amélioration des teintes du mastic de base (marron) et de l'accélérateur (blanc).
- possibilité de disposer de mastic de consistance différentes (application à la brosse par extrusion, à la spatule) et ayant des temps de travail ainsi que des temps de vulcanisation échelonnés et mieux adaptés aux conditions d'exploitations.

Les mastics utilisés ou recommandés actuellement par les constructeurs américains sont les mastics de la série 1400 conforme à la spécification MIL.S.8802. Ils possèdent en gros les mêmes avantages que les mastics de la série 1200. De plus certaines de leurs caractéristiques telles que la résistance à la chaleur et la résistance aux mercaptans contenue dans le kérosène ont été améliorées.

Dans l'ensemble, leur tenue au carburant est très satisfaisante et il n'est plus obligatoire de les protéger à l'aide d'une couche d'adhésif conforme à la spécification MIL.S.4383 B (PR 1005 ou EC 776).

Toute fois, la plupart des constructeurs maintiennent l'emploi des revêtements conforme à cette spécification en vue d'améliorer la résistance à la corrosion des tôles de réservoirs.

II.2) Sélection des mastics Français[5]:

- Mastic de la série 1400: Pour l'étanchéité des réservoirs d'essence.
- Mastic de série 1200: Pour l'étanchéité des cabines pressurisées.
- Mastic à faible facteur d'adhérence: Pour l'étanchéité des pare-brise, des accessoires démontables.
- Mastic pour dépannage rapide en escale.
- Mastic diélectrique.
 - Remplissage des prises électriques.
 - Protection des câblages électriques.

Désignation des mastics:

Les principaux mastics sont désignés par la référence du fournisseur suivie d'une lettre A ou B et d'un chiffre.

Les lettres A et B désignent la classe.

La classe A correspond à des produits applicables à la brosse.

La classe **B** correspond à des produits applicables au pistolet d'extrusion ou à la spatule.

Le chiffre suivant la désignation de classe indique le temps en heure pendant lequel l'application est possible.

Exemple:

PR 1422 A 1/2 : Mastic d'étanchéité, applicable à la brosse, pouvant être utilisées 1/2 heure Après préparation.

Série **G** : Les produits inhibiteurs de corrosion sont désignés par la lettre "**G**".

Les mastics à base de polysulfure sont utilisés principalement à l'intérieur et l'extérieur des avions pour prévenir la corrosion grâce à leur mélange de chromates incorporés.

Les produits inhibiteurs de corrosion ont une excellente résistance aux carburants d'avion, kérosène et assure une remarquable inhibition contre la corrosion.

- par exfoliation autour des trous de rivets.

- entre tôles sur le fuselage et les ailes.

Ces récents produits contiennent une quantité importante de chromates solubles, lesquels, en présence d'humidité, réagisse pour produire une solution protectrice qui inhibe d'une façon importante la corrosion.

11.3) Les différents types de mastics Français de l'étude[5]:

PR 1422 classe A:

Emploi:

C'est un produit brossable destiné à étancher les réservoirs structuraux de carburant et les cabines pressurisées. Possède une résistance exceptionnelle aux hydrocarbures, aux huiles de lubrification et à la détérioration causés par les fluides hydrauliques skayrol.

Description:

Le PR 1422 classe A est un produit en deux parties à base de caoutchouc liquide thiokol utilisant un nouveau ^{produit} de vulcanisation. Après mélangeage, il vulcanise à température ambiante en donnant un caoutchouc ferme et flexible ayant une excellente adhérence sur l'aluminium, le magnésium, le titane, l'acier et sur de nombreux autres matériaux.

Le produit mélangé a une fluidité permettant son application à la brosse, de nombreuses applications ont prouvé que le PR 1422 classe A se comportait d'une façon remarquable dans des conditions de services jugées jusqu'alors comme trop sévères pour les mastics d'étanchéité à base de caoutchouc liquide thiokol.

Spécification:

Conforme à la spécification MIL.S.8802 B classe A.

Propriétés à l'application:

Essais selon MIL.S.8802 B classe A.

- Couleur:

Compound brun clair.

Accélérateur Noir.

- Rapport de mélangeage (compound/accélérateur) 10 à 1 (en poids).

- Densité:

compound: 1.38

accélérateur: 1.47

- Extrait sec (compound): 90%

- Viscosité Brookfield (tige 4 à 10 t/mn): 200 poise.

Propriétés en service:

Essai selon MIL.S.8802 B classe A.

- Couleur: Brun

- Densité: 1.5

- Dureté Shore A : 50

- Flexibilité à basse température: -55°C

Melangeage:

Un melangeage parfait, dans les proportions spécifiés, est nécessaire pour obtenir les meilleures caractéristiques finales. Il est recommandé que le melangeage soit fait par un personnel expérimenté dans un poste central.

* N'ajoute l'accélérateur au compound qu'^{au} moment de l'emploi.

☞ Agiter l'accélérateur avec une spatule jusqu'à l'obtention d'une consistance homogène. Dans le cas d'un melangeage mécanique, opérer à faible vitesse afin d'éviter un échauffement qui réduirait le temps d'application. Le melangeage à la main est le seul recommandé pour les produits ayant un temps d'application inférieur à 2 heures.

Emploi fractionné des Kits:

En cas d'emploi fractionné des Kits, Après homogénéisation, prélever les quantités nécessaires à raison d'une partie (en poids) d'accélération pour 10 parties (en poids) de compound.

Produits en vrac et melangeage automatique:

Pour des consommations importantes, il peut être intéressant de procéder de façon continue au dosage et au melangeage des deux parties.

Parmi les appareils appropriés, citons l'appareil fabriqué par Bell et Gosset Co, Moton Grove, le mélangeur Pyles série 1600, fabriqué par Pyles industries ou bien le mélangeur rotatif Semco NO 1384 fabriqué par Semco Research Inc.

Application:

Le temps d'application est la période au cours de laquelle la consistance du produit mélangé permet son application à la brosse. Le temps d'application est toujours indiqué pour une température de 25°C et 50% d'humidité relative. Il est réduit de moitié pour chaque élévation de la température de 5°C et inversement doublé relativement élevée au moment du mélangeage

réduit également le temps d'application. Si nécessaire, le produit mélangé peut être stocké Après réfrigération. Il est conseillé d'employer une technique de "congélation rapide" afin de freiner immédiatement l'évolution du produit et de limiter au maximum la réduction du temps d'application.

Une méthode satisfaisante consiste à immerger les caoutchouc remplies, pendant 10 minutes dans un mélange de glace carbonique et d'alcool ce qui fait descendre la température du produit à -60°C environ, puis à les transférer dans une chambre froide maintenue à -30°C on a une température inférieure

Le PR 1422 classe A est recommandé comme couche primaire pour améliorer le mouillage des surfaces par les cordons de PR 1422 classe B et comme couche de recouvrement pour compléter ces derniers et en lisser la surface. Il peut être également utilisé pour étancher les rivets et couture, et par interposition, les surfaces venant en recouvrement.

Application de mastic caoutchoutique

PR 1422, PR 1436 et PR 340:

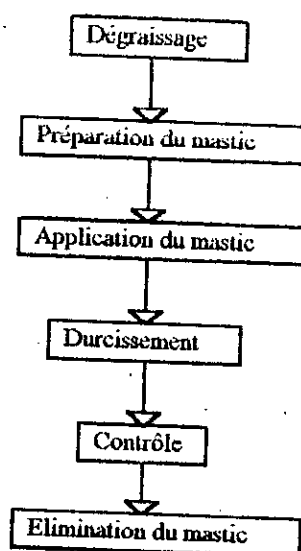
Objet:

Application d'un mastic caoutchoutique, par couches minces, ou cordons épais, adhérent au support, vulcanisable à température ambiante, destiné à assurer l'étanchéité d'assemblages fins, déformables, ou non, vis à vis d'agents extérieurs.

Utilisation:

Le mastic PR 1436 G est remplacé par le mastic PR 340 en raison des qualités variables de livraisons et de la très courte durée de péremption de ce mastic. L'application de mastic PR 1422 classe A (fluide) ou de mastic PR 340 classe E (fluide).

Pour obturation de tous types d'assemblages fins ne formant pas ultérieurement de cavités profondes. Cette obturation ne doit être pratiquée que sur assemblages n'ayant pas à être démontés fréquemment ou réglés Après pose du mastic.



Schémas synoptique des opérations

Résistance:

- A l'arrachement: environ 13 Kgs/Cm²
- A l'abrasion et au frottement : faible
- A l'eau, aux graisses, aux fluides hydrauliques, y compris les couleurs de Skydrol: Bonne.
- Aux décapants pour peintures, et aux solvants de dégraissage, autres que les solvants pétroliers : faibles
- Aux agents atmosphériques: Bonne.

Températures admises en utilisation:

- De -55 à +105°C (PR 340)
- De -55 à +135°C (PR 1422)

Isolation électrique: Moyenne

Préparation des surfaces:

Dégraissage:

Dégraissage localement aux solvants chlorés (trichloréthane, perchloréthane) à l'aide d'un chiffon, ou d'un pinceau propre. éviter le ruissellement du solvant sur les pièces

- i) Pièces peintes: Utiliser du whit-spirit comme solvant de dégraissage.
- ii) Pièces en titane: Utiliser de l'acétone, ou du méthylethyl-cetone comme solvant de dégraissage.

iii) Matière plastiques et élastomères: Utiliser de l'alcool comme solvant de dégraissage.

Matériaux passibles de l'application:

Possible sur :

- tous métaux et alliages nus, ou
- avec leurs traitements de surface, ou
- peints.
- les élastomères des série: AZ_AF_AY (PR 340).
- Les matières plastique: nylon, rilsan, delrin (PR 1422)
- le mastic déjà déposé.

PR 340

EMPLOI

Ce produit épais de couleur aluminium, est appliqué sur les parois externes des avions, dans le triple but de régulariser et lisser la surface des structures, d'étancher et d'empêcher aux interfaces métal la corrosion causée par les produits chimiques de nettoyage et les fuites de carburant.

DESCRIPTION

Le PR 340 est un produit en deux parties à base de caoutchouc liquide thiokol, de couleur aluminium; après mélangeage il vulcanise à température ambiante sans retrait, en donnant un caoutchouc ferme et flexible, ayant une excellente adhérence sur les métaux, et une excellente résistance aux intempéries, aux projections de carburants, à l'abrasion et l'eau salée.

De consistance épaisse, il s'applique soit à la spatule, au pistolet à extrusion.

PROPRIETES A L'APPLICATION (valeurs types)

-couleur	Compound Aluminium.	Aluminium.
	Accélérateur	Brun rouge
-Rapport de mélangeage (compound/accélérateur)		10 à 1 (en poids)
-extrait sec, mini		97%
-Viscosité Brookfield tige 7 à 1 1/2 mn		13.000 poises
-Ecoulement vertical (masse de 38 mm de diamètre et 9.5 mm d'épaisseur)		2.5mm

PROPRIETES EN SERVICE (valeurs types)

-couleur	Aluminium
-Densité	1.50
-Dureté shore A	50
-Adhérence	
décollement linéaire	1.8 kg/cm (cohésion)
cisaillement	5.6 kg/cm ² (cohésion)
-Résistance à la rupture	14 kg/cm ²

-Allongement à la rupture	100%
-Température d'emploi	-55°C à + 105°C

HYGIENE

L'expérience a démontré que le PR 340 peut être manipulé en toute sécurité, en prenant le minimum de précautions. L'accélérateur contient des produits à base de plomb. Eviter un contact répété ou prolongé avec la peau, spécialement avec les plaies ouvertes. Eviter l'ingestion. Se laver toujours les mains avant de s'alimenter ou de fumer. Si l'accélérateur vient au contact de la peau, laver à l'eau chaude.

Le temps de séchage est de 24 heures si la température est supérieure à 15°C sinon 72 heures.

Remarque: Il est conseillé de refaire le test d'étanchéité Après séchage.

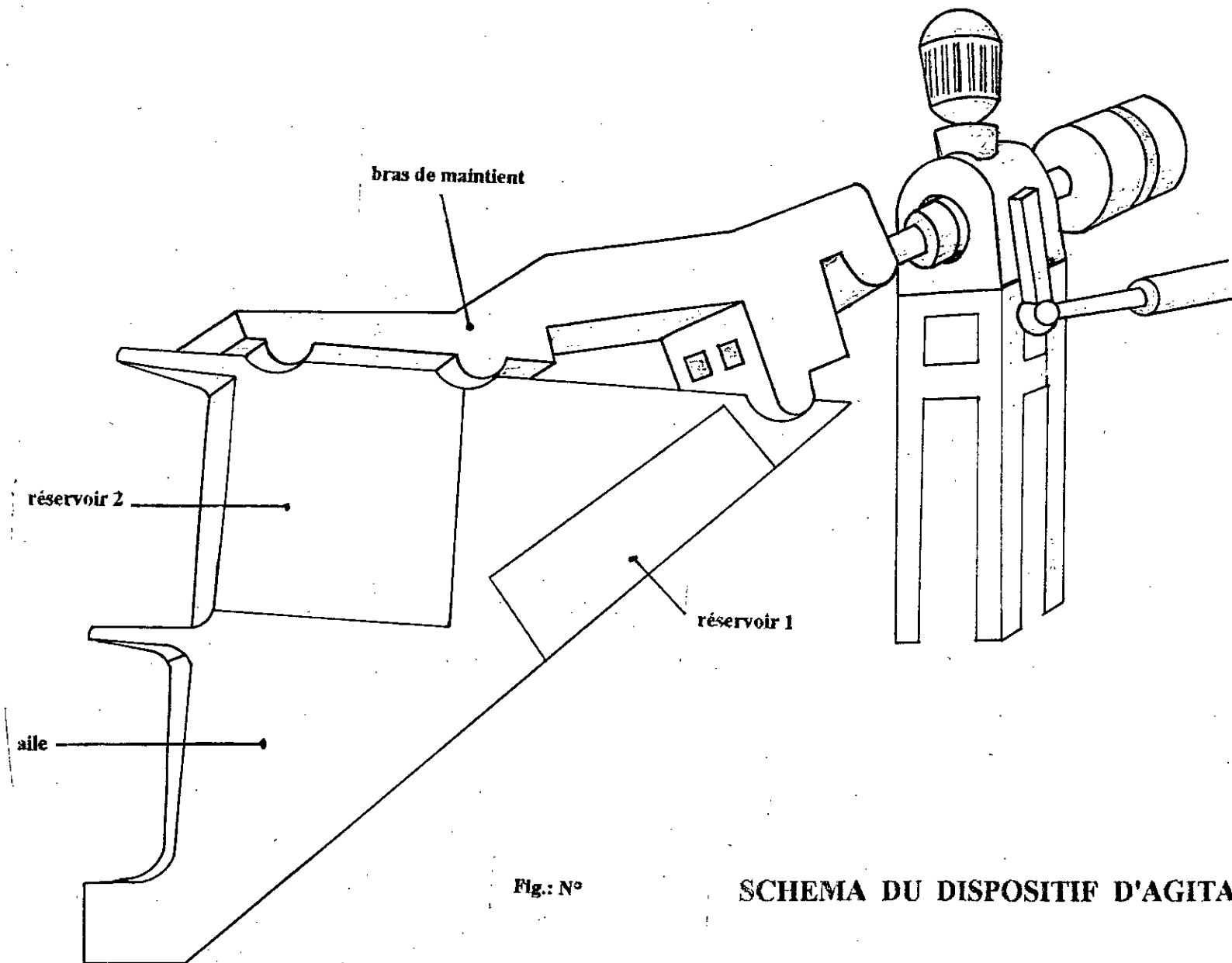


Fig.: N°

SCHEMA DU DISPOSITIF D'AGITATION

PARTIE EXPERIMENTALE

III) Partie expérimentale:

III.1) Expériences sur les mastic Russe effectuées par l'entreprise auparavant:

III.1.1) Préparation et utilisation du mastic d'étanchéité:

Le Mastic d'étanchéité Y 30 est recommandé pour réparer les fissures sur les tubulures souples travaillant dans le milieu d'air ou de combustible, à la température de -60°C à $+150^{\circ}\text{C}$

Le mastic est préparé à la base de la pâte 430-5 (pâte Y30 avec résine époxyde. Pour vulcaniser le mastic on emploie la pâte N° 9 et le diphénylguanidine. La vulcanisation s'effectue à la température ambiante.

Le mastic Y60 pourra être utilisé sans application préalable de la couche première vu qu'il jouit d'une bonne adhérence avec plusieurs métaux: aluminium, acier etc. Le mastic Y60 pourra être formé et pressé.

L'application du mastic est faite au moyen de spatule de seringue ou par un pinceau ou arrosage si le mastic est dilué.

La consistance de mastic pourra être modifiée en fonction des exigences de production. La modification de consistant, ce sera opérer par l'introduction dans la composition de mastic de 10 à 70% de diluants (acétone, éthylacétate).

Préparation du mastic:

i) Méthode à spatule:

Pâte Y30	100 parties en poids
Pâte N° 9	7 à 11 parties en poids
Diphénylguanidine 1er choix	0.3 à 1.0 parties en poids

Le potentiel de vie du mastic varie de 2 à 15 heures en fonction de l'agent de vulcanisation et de la température d'air ambiant.

Pour préparer le mastic il convient de mélanger avec soin, pendant 3 à 5 mn la pâte Y30 avec la pâte N°9. Introduire ensuite le diphénylguanidine et mélanger, encore une fois, pendant 3 mn jusqu'à l'obtention de la masse homogène. Pour vérifier l'homogénéité il faut étendre une couche mince de la masse sur une plaque en verre. On devra y voir des particules isolées.

Les composants seront mélangés à la main; la quantité prise ne doit pas être supérieur à 400 gr:

L'opération se fait dans une capacité dégraissée en métal, en polyéthylène ou en porcelaine à l'aide d'une spatule en bois, en métal ou en porcelaine.

ii) Méthode à pinceau:

Pâte Y30	100 parties en poids
Acétone	25 parties en poids
Etylacétate	25 parties en poids
Pâte N°9	7 à 11 parties en poids
Diphénylguanidine 1er choix	0.7 à 1.0 parties en poids

Le potentiel de vie du mastic varie de 2 à 4 heures en fonction de la quantité prise de l'agent de vulcanisation, de la température de l'air ambiant et l'humidité.

Pour préparer le mastic il convient d'agir comme suit: verser de la pâte Y30 dans une capacité dégraissée en métal, en polyéthylène ou en porcelaine, ajouter, tout en agitant, de l'acétone et de l'éthylacétate. Mélanger jusqu'à l'obtention de la masse homogène. Introduire ensuite la pâte N°9 et le diphénylguanidine dilués préalablement dans une petite quantité acétone et d'éthylacétate (1:1) prise de quantité générale de ces diluants.

Mélanger 3 à 5 mn jusqu'à l'obtention de la masse homogène.

III.2) Mode opératoire:

III.2.1) Préparation des portes éprouvettes:

- On sépare les deux plaques constituant les portes éprouvettes (voir ^{Fig}schéma N° 2)
- A l'aide d'une spatule, on gratte les restes de l'ancien mastic restant sur les plaquettes
- A l'aide de l'Ethylacétone ou/et acétone on nettoie les deux plaquettes jusqu'à élimination de toute trace de l'ancien mastic et de saletés
- On recouvre la plaque métallique inférieure avec le parafilm (voir ^{Fig}schéma N° 2) on évite la création de toute poche d'air il faut que le parafilm soit bien étendu
- On pose la deuxième plaque sur la surface de la première plaque recouverte par le parafilm.
- On assemble les deux plaquettes à l'aide des vis d'assemblage.

III.2.2) Préparation du mastic:

i) mastic sans solvant

- On pèse une quantité nécessaire de pâte (mastic)
- On mélange avec une quantité correspondante de durcisseur
- On mélange bien le tout dans un récipient.
- A l'aide d'une spatule, on étale le mélange obtenu sur les portes éprouvettes de tel sorte à ce que le dépôt effleure la surface supérieur du porte éprouvette
- on détermine le temps de fonction de la peau (voir terminologie)

- On laisse sécher pendant 24 heures à température ambiante et 24 heures à 70°C ensuite pendant 3 heures à température ambiante.

ii) Mastic avec solvant:

On ajoute au mastic obtenu dans la 1^{ere} expérience un solvant, dans notre cas, on a utilisé l'éthyle d'acétate et/ou l'acétone et on répète les mêmes opérations que précédemment.

* SCHEMA DU PORTE EPROUVETTE *

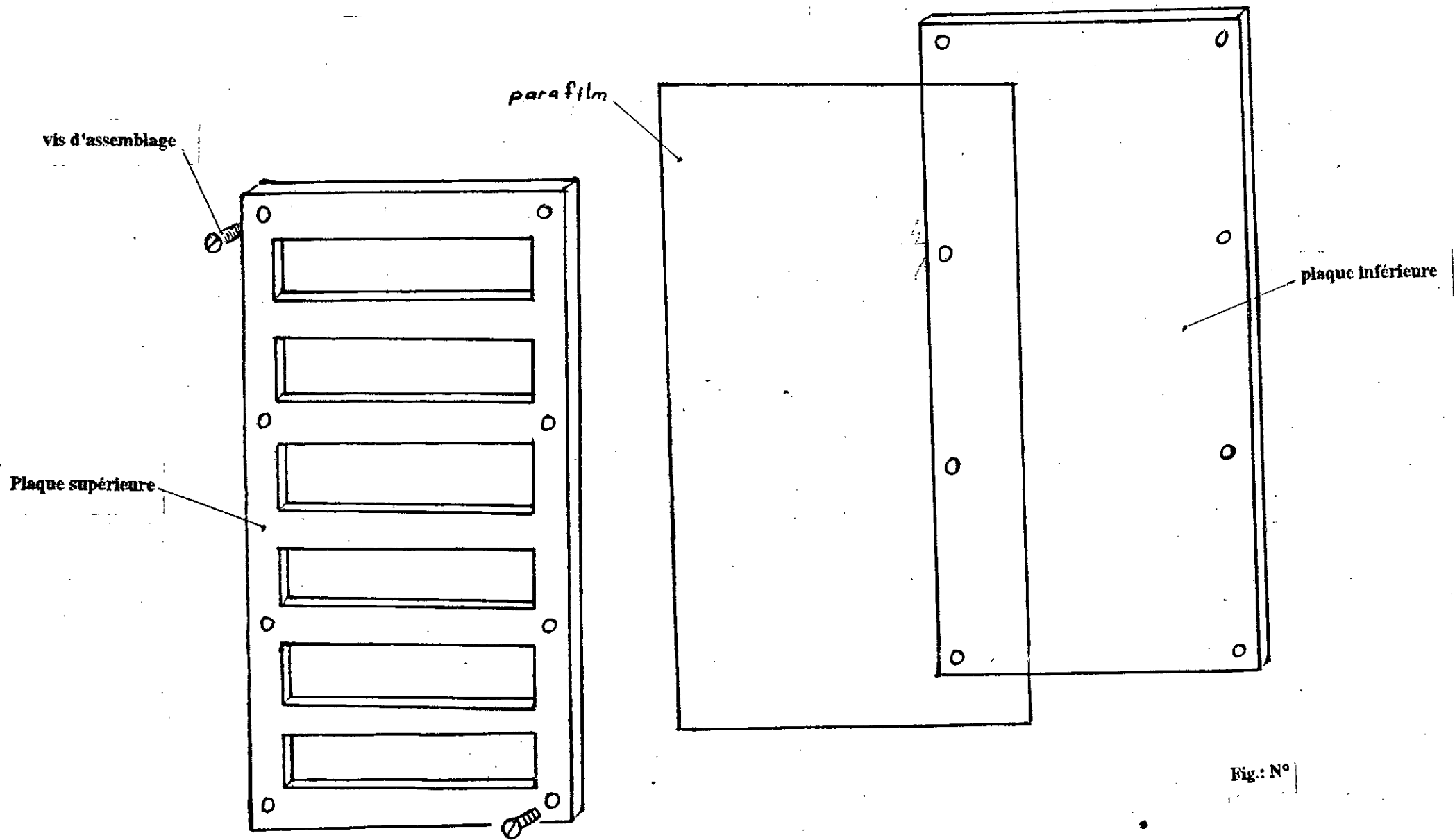


Fig.: N°

Instruction sur la détermination de la résistance à la rupture des pièces en caoutchouc

Mode opératoire:

La présente instruction établit le procédé de détermination de la limite de rupture, de l'allongement relatif, de l'allongement relatif résiduel et des tensions relatives aux allongements donnés. Cette méthode consiste dans l'extension jusqu'à la rupture des éprouvettes à vitesse constante et à température données.

III.2.3) Caractéristiques des éprouvettes:

- 1) Les éprouvettes de types A.B.C.D.E. doivent-êtré découpées à l'aide de moules sur des plaques en caoutchouc d'épaisseur $1=1+0.2$ mm ou $2+0.3$ mm. Les caractéristiques des moules sont données dans le tableau N° et dessin N°
- 2) Les bords des moules doivent-êtré aiguisé comme il est indiqué sur le dessin N°. Les arêtes ne devant présenter aucun défaut
- 3) La largeur de la partie centrale du moule ayant les côtés parallèles est mesurée avec une précision de 0.01 mm. La valeur du rapport de la largeur de l'aire de travail du moule sur sa longueur ne doit pas excéder + 0.02 mm.
- 4) La longueur de l'aire de travail C--C 1 et de l'aire A--A1 des éprouvettes de type différents sont données dans le tableau N° dessin N°
- 5) La variation de l'épaisseur de l'éprouvette; l'aire de travail de l'éprouvettes ne peut dépasser 0.1mm.
- 6) On peut comparer les résultats de l'essai (pour différents types de caoutchouc) que pour des éprouvettes de même types dont les épaisseurs ne diffèrent que de 25% de l'épaisseur minimum.

7) Si les éprouvettes de types A et C (avec plus grande ^{une} largeur de l'aire de travail) n'assurent pas la rupture sur l'aire de travail, elles peuvent-être remplacées par les éprouvettes de types B et D.

Les éprouvettes de types E sont utilisées pour les essais lorsqu'on ne peut pas préparer des éprouvettes de grandes dimensions. Le type de l'éprouvette utilisée doit-être indiqué dans les conditions techniques sur les matériaux et les articles de caoutchouc.

III.2.4) B/Machine d'essai.

8) L'appareil de traction doit assurer le serrage (la fixation) de l'éprouvette dans les collets de serrage, selon les repères A--A1 avec une pression régulière sur toute la largeur.

9) La vitesse des collets de serrage sans charge lors de la traction doit-être de 520 ± 25 mm/min.

10) dans le processus de l'essai, la machine doit garantir la mesure des efforts, pendant l'allongement et à la rupture, avec une précision de $\pm 1\%$ la valeur mesurée.

11) La mesure de la distance entre les repères C--C1 doit être donnée avec une précision de 10% de la longueur initiale.

III.2.5) Réalisation de l'essai:

1) On mesure l'épaisseur de l'éprouvette, avec une précision de 0.01 mm, en trois endroits différents de l'aire de travail; on ne tiendra compte que de la valeur minimale.

Remarque: Lors de l'utilisation des vérificateurs à contacts, de l'épaisseur, la pression de mesure ne doit pas dépasser 0.13 kg/cm².

2) la largeur des traits de repères sur les éprouvettes effectués à l'aide des estampilles spéciales ne doit pas dépasser 0.5 mm. Les distances entre les traits de repères doivent correspondre à celles indiquées sur le tableau N°

3) Les traits de repères doivent être parallèles aux bords de l'éprouvette

4) L'éprouvette est serrée dans les serres-joints de la machine d'essai rigoureusement selon les traits de repères, et l'axe de l'éprouvette coïncide avec la direction de l'extension.

5) On contrôle la mise au zéro des appareils mesurant l'effort et l'allongement. On met en marche le mécanisme de l'extension en fixant pendant l'essai les charges correspondantes aux allongements donnée.

6) au moment de la rupture de l'éprouvette, on relève la valeur des charges et la distance entre les traits de repères de l'aire de travail.

7) On prend en considération seulement les résultats de l'essai si la rupture de l'éprouvette a lieu à l'intérieur de l'aire de travail.

8) Après la rupture de l'éprouvette, on place les parties de celle-ci sur une surface unie et après 1mm, on réunit les parties de l'éprouvette selon le trait de rupture, et l'on mesure alors la distance C-C1 avec une précision de 0.05 mm.

9) Le nombre d'éprouvettes (à essayer) pour chaque lot, à une température donnée, doit être au moins égal à trois.

III.2.6) Calcul des résultats de l'essai:

1) On exprime la limite de rupture du caoutchouc par la valeur de la charge, lors de la déchirure, rapportée à l'unité de la section transversale initiale. La limite de rupture de l'éprouvette de caoutchouc est donnée par la formule suivante:

$$f_z = P_k / S_0$$

f_z : limite de rupture en Kg/cm².

P_k : charge de rupture en Kgf.

S_0 : surface de la section transversale initiale en cm².

On a d'autre part:

$$S_0 = b_0 \cdot h_0$$

b_0 : largeur de l'éprouvette en cm.

h_0 : épaisseur en cm.

2) L'allongement relatif à la rupture est le pourcentage d'accroissement de la longueur de l'aire de travail de la déchirure à la longueur initiale. L'allongement relatif à la rupture en % est donné par la formule:

$$E_z = [(lk_z - l_0) / l_0] \cdot 100$$

lk_z : longueur de l'aire de travail pendant la déchirure en mm.

l_0 : longueur initiale en mm.

3) On calcule l'allongement relatif résiduel θ_z en %, après la déchirure, par la formule:

$$\theta_z = [(l_z - l_0) / l_0] \cdot 100$$

l_z : longueur de l'aire de travail après déchirure des deux parties assemblées de l'éprouvette.

l_0 : longueur initiale en mm.

4) La tension f_ε correspondant à un allongement ε est donnée par la formule:

$$f_\varepsilon = P_\varepsilon / S_0$$

P_ε : charge provoquant l'allongement en Kgf.

S_0 : section transversale en cm^2 .

f_ε : en Kg/cm^2 .

5) L'allongement en % ramené à l'unité de longueur est donnée par la relation:

$$E = [(l_1 - l_0) / l_0] \cdot 100$$

$$l_1 = l_0 \cdot (1 + E / 100)$$

l_1 : longueur de travail correspondant à l'allongement donné.

6) On recommande d'utiliser d'autres caractéristiques du caoutchouc telles que:

La valeur des tensions vrais, à la rupture σ_z et à l'allongement σ_ε donnée par les formules suivants:

$$\sigma_z = f_z (1 + \varepsilon_z / 100)$$

et

$$\sigma_\varepsilon = f_\varepsilon (1 + \varepsilon / 100)$$

La valeur réduite de l'allongement relatif résiduel donné par le rapport: $\sigma_z / \sigma_\varepsilon$

TABLEAU N° :

DIMENSIONS	TYPES DES EPROUVETTES				
	A	B	C	D	E
L	110	110	75	75	55
B	25 ± 1	25 ± 1	12.5 ± 1	12.5 ± 1	9 ± 1
I	25 ± 1	30 ± 1	25 ± 1	25 ± 1	12.5 ± 1
b	6.5 ± 0.3	3.2 ± 0.2	4 ± 0.1	2 ± 0.1	2 ± 0.1
r	14.1 ± 0.5	14.1 ± 0.5	8 ± 0.5	9 ± 0.5	7 ± 0.5
R	25 ± 1	20.3 ± 1	12.5 ± 1	12.5 ± 1	9 ± 1

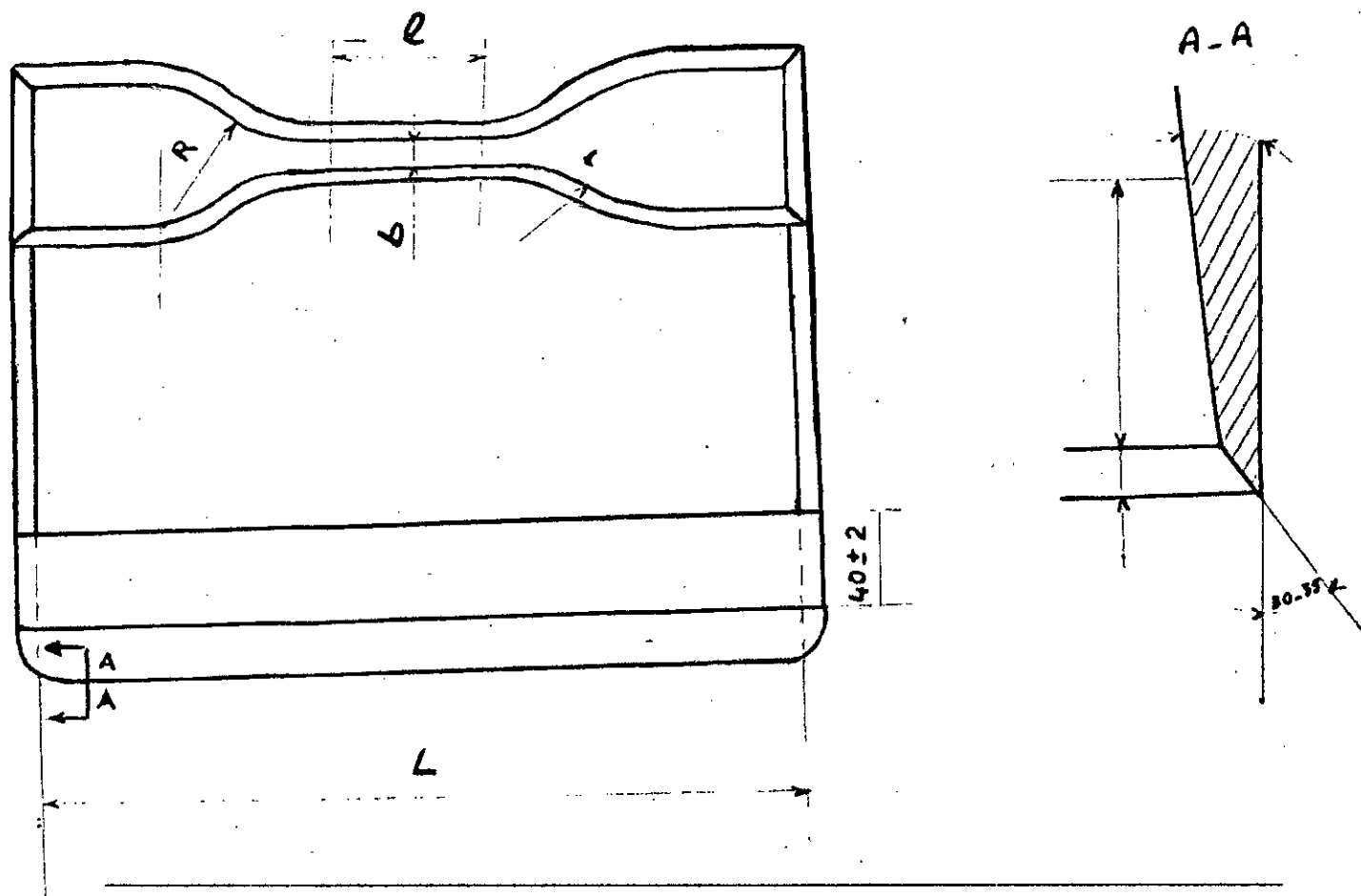


TABLEAU N° :

DIMENSIONS	TYPES DES EPROUVETTES		
	A & B	C & D	E
$a - a_1$	50 ± 1	40 ± 1	25 ± 1
$c - c_1$	25 ± 0.5	20 ± 0.5	10 ± 0.25

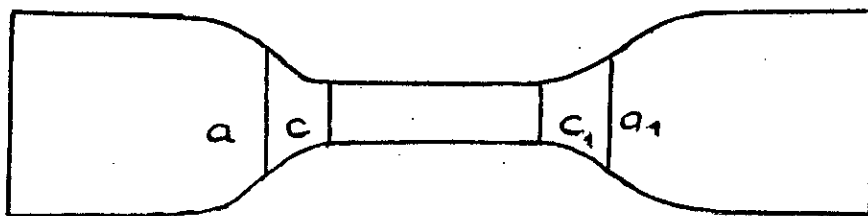


TABLEAU N° :

EPROUVETTES	TYPE	EPAISSEUR e (mm)	LARGEUR L ₁ (mm)	SURFACE S _n (mm ²)	SURFACE S _{min} (mm ²)	SURFACE S _{max} (mm ²)	LONGEUR
EPROUVETTE NORMALE	A	2 ± 0.3	6.5 ± 0.3	13	10.54		
EPROUVETTE MODELE REDUIT	B	2 ± 0.3	3.2 ± 0.2	6.4	5.10	7.82	

TYPE RESINE	CARACTERISTIQUES PHYSOCO-MECANQUES			
	Limite de sécurité ou résistance à la rupture (mini) F _{mini} S _{maxi}	Allongement relatif en % (mini) L _{mini} - L _o L _o	Allongement résiduel après rupture en % (maxi) L _{maxi} - L _o L _o	Coefficient de vieillessement C _v (min) Z _{apv} Z _{avv}
B - 14	100	160	8	0.6
3826	80	300	24	0.6

III.3) Mode de préparation et résultats des différents tests effectués:

Nous avons préparé des éprouvettes des différents types de mastics suivants:

- PS 700 (Français)
- PR 1222 (Français)
- PR 1422 B 2 (Français)
- PR 1436 G B 2 (Français)
- PR 1422 A 1/2 (Français)
- PR 1440 B 2 (Français)
- PR 1403 (Français)
- PR 1321 (Français)
- HMP 930 (Hindou)
- HMP 840 (Hindou)

III.3.1) Test de traction sur les mastics Français:

Mode de préparation des différents types d'hermétiques Français:

- Le mode d'application des mastics français est d'une manière générale le même.

Une fois le durcisseur homogénéisé, nous mélangeons 1 totalité du contenu des deux récipients ayant le même numéro de lot ou bien une partie d'accélérateur (durcisseur) avec dix (10) parties du produit de base en poids.

1) Hermétique PS 700:

N° de lot: 20899195

Durée de conservation du mastic : 12 mois.

Date de fabrication : Août 1992.

Volume du récipient : 0.25 l.

Code : 667 576

Température 20°C

Humidité relative: 83%

Couleur de la pâte : noire.

Durcisseur: Il est à base de butanone, il est liquide de couleur rose violacée

Temps de formation de la peau: 5 mn.

Remarque: Les tests n'ont pas eu lieu, ni que le PS 700 a dépassé sa date de peremption et que les éprouvettes ne répondent pas aux normes, surface non homogène et apparition de pores.

2) Hermétique PR 1222:

N° de lot: 40114891

Durée de conservation du mastic : 12 mois.

Volume du récipient : 0,5 l.

Température 18°C

Humidité relative: 79%

Quantités utilisées:

Pâte du mastic PR 1222 : 200 g

Durcisseur : 20 g

Couleur de la pâte : blanche. Couleur de l'accélérateur: Marron.

Temps de formation de la peau: 14 mn.

Remarque: Le mastic obtenu est très élastique, la résistance à la rupture n'a pu être déterminée car en appliquant une charge sur le mastic l'allongement est très grand.

3) Hermétique PR 1321 A2:

N° de lot: 20697630

Durée de conservation du mastic : 6 mois.

Date de fabrication : Juin 1992.

Code : 664 280.

Température 20°C

Humidité relative: 79%

Quantités utilisées:

Pâte du mastic PR 1321 A2 : 100 g

Durcisseur : 10 g

Temps de formation de la peau: 10 mn.

Remarque: Il y a eu apparition de nombreux petits trous sur les surfaces.

TABLEAU DE VALEURS N° POUR LE PR 1321 A 2

N° éprouvette	1	2	3
Longueur en cm	0.685	0.680	0.675
Épaisseur en cm	0.220	0.210	0.222
Surface en cm ²	0.1507	0.1428	0.1498
Longueur L ₀ en mm	25	25	25
Charge max à la rupture en Kg	1.00	1.30	1.25
Allongement de l'éprouvette avant rupture : L ₁ mm	70	68	72
Allongement résiduel de l'éprouvette après la rupture : L ₁ mm	26	26	26
Limite de sécurité ou résistance à la rupture Kg/cm ²	6.640	9.104	8.344
Allongement relatif en %	180	172	188
Allongement relatif résiduel en %	4	4	4
Densité	1.435	1.505	1.260

4) Hermétique PR 1403 gaz (NA):

N° de lot: 20900640

Volume du récipient : 0.1 l.

Température 20°C

Humidité relative: 83%

Quantités utilisées:

Pâte du mastic PR 1403 : 80 g

Durcisseur : 8 g

Temps de formation de la peau: 12 mn

TABLEAU DE VALEURS N° POUR LE PR 1403

N° éprouvette	1	2	3
Longueur en cm	0.750	0.780	0.705
Épaisseur en cm	0.215	0.210	0.217
Surface en cm ²	0.1612	0.1638	0.1519
Longueur L ₀ en mm	25	25	25
Charge max à la rupture en Kg	1.75	1.50	1.40
Allongement de l'éprouvette avant rupture : L ₁ mm	82	86	79
Allongement résiduel de l'éprouvette après la rupture : L ₁ mm	27	27	27
Limite de sécurité ou résistance à la rupture Kg/cm ²	10.85	9.16	9.22
Allongement relatif en %	228	244	216
Allongement relatif résiduel en %	8	8	8
Densité	1.233	0.126	1.106

5) Hermétique PR 1440 B2:

N° de lot: 20798542

Durée de conservation du mastic : 6 mois.

Volume du récipient : 0.25 l.

Température 20°C

Humidité relative: 83%

Quantités utilisées:

Pâte du mastic PR 1440 B2 : 100 g

Durcisseur : 10 g

Couleur de la pâte : Blanche. Couleur du durcisseur : Noir.

Temps de formation de la peau : 10 mn.

TABLEAU DE VALEURS N° POUR LE PR 1440 B 2

<i>N° éprouvette</i>	1	2	3
Longueur en cm	0.660	0.662	0.664
Epaisseur en cm	0.250	0.252	0.240
Surface en cm ²	0.165	0.167	0.1594
Longueur L ₀ en mm	25	25	25
Charge max à la rupture en Kg	3.0	3.2	3.2
Allongement de l'éprouvette avant rupture : L ₁ mm	96	96	108
Allongement résiduel de l'éprouvette après la rupture : L ₁ mm	26.5	27.0	25
Limite de sécurité ou résistance à la rupture Kg/cm ²	18.18	19.18	20.08
Allongement relatif en %	284	284	332
Allongement relatif résiduel en %	6	8	0
Densité	1.440	1.512	1.520
Test de fragilité			

6) Hermétique PR 1422 A1/2:

N° de lot: 40114794

Durée de conservation du mastic : 6 mois.

Date de fabrication : Janvier 1994.

Volume du récipient : 0.5 l.

Température 20°C

Humidité relative: 75%

Quantités utilisées:

Pâte du mastic PR 1422 A1/2 : 120 g

Durcisseur : 12 g

Couleur de la pâte : jaune indien.

Temps de la formation de la peau : 10 mn

TABLEAU DE VALEURS N° POUR LE PR 1422 A 1/2

N° éprouvette	1	2	3
Longueur en cm	0.680	0.670	0.690
Epaisseur en cm	0.210	0.170	0.195
Surface en cm ²	0.1428	0.1139	0.1346
Longueur L ₀ en mm	25	25	25
Charge max à la rupture en Kg	2.5	2.0	2.1
Allongement de l'éprouvette avant rupture : L ₁ mm	87	92	92
Allongement résiduel de l'éprouvette après la rupture : L ₁ mm	27	27	27
Limite de sécurité où résistance à la rupture Kg/cm ²	17.50	17.56	15.60
Allongement relatif en %	248	268	268
Allongement relatif résiduel en %	8	8	8
Densité	1.42	1.47	1.54

7) Hermétique PR 1436 GB2:

N° de lot: 40115129

Durée de conservation du mastic : 6 mois.

Date de fabrication : Janvier 1994.

Volume du récipient : 0.5 l.

Température 20°C

Humidité relative: 75%

Couleur de la pâte : grise. couleur de l'accélérateur : noire

Temps de formation de la peau : 10 mn.

TABLEAU DE VALEURS N° POUR LE

N° éprouvette	1	2	3
Longueur en cm	0.765	0.780	0.772
Épaisseur en cm	0.225	0.218	0.187
Surface en cm ²	0.1721	0.1444	0.1700
Longueur L ₀ en mm	25	25	25
Charge max à la rupture en Kg	4.4	3.5	2.2
Allongement de l'éprouvette avant rupture : L ₁ mm	88	82	65
Allongement résiduel de l'éprouvette après la rupture : L ₁ mm	27	27	26.5
Limite de sécurité ou résistance à la rupture Kg/cm ²	25.56	20.58	15.24
Allongement relatif en %	252	228	160
Allongement relatif résiduel en %	8	8	8
Densité	1.387	1.286	

8) Hermétique PR 1422 B2:

N° de lot: 21000678

Durée de conservation du mastic : 6 mois.

Date de fabrication : octobre 1992.

\ Volume du récipient : 0.5 l.

Code : 640 132.

Température 20°C

Humidité relative: 87%

Quantités utilisées:

Pâte du mastic PR 1422 B2 : 172.5 g

Durcisseur : 23 g

Solvant (Acetone) : 40 ml

Couleur de la pâte : marron.

Mode d'emploi:

On Homogénéise l'accélérateur (durcisseur). Mélanger la totalité du contenu des deux récipients ayant le même numéro de lot ou bien une (01) partie d'accélérateur avec (7.5) partie de produit de base en poids.

Le temps de formation de la peau:

- Pour le mélange effectué avec addition d'un solvant qui est l'acétone on trouve: $t = 9\text{mn}$
- Pour le mélange effectué sans solvant: $t = 13\text{mn}$.

Une fois préparé, ce mélange est laissé pendant 24 heures à température ambiante puis dans une étuve à 70°C pendant 24 heures.

Remarque: Vu que les normes requises ne sont pas vérifiées et que le mastic a dépassé sa date de péremption, les mesures n'ont pas eu lieu.

III.3.2) Test de traction sur les mastics Hindou (HMP) :

Les hermétiques Hindou utilisés dans cette partie sont:

- Le HMP 930,

- Le HMP 840.

1) Préparation de l'hermétique HMP 840 en utilisant les différents additifs:

N° du lot IND/1565/60/93.

a) (HMP 840+ Durcisseur)solvant:

Quantités utilisées:

Pâte HMP 840 : 100 g

durcisseur : 8.7 g

solvant: mélange de deux solvant :

ethylacetate : 20.5 ml

acétone : 23 ml

Temps de formation de la peau : 7 min

b) (HMP 840+Durcisseur+solvant)+Activateur:

Quantités d'activateur : 4 g

Pâte HMP 840 : 100 g

durcisseur : 8.7 g

solvant: mélange de deux solvant :

ethylacetate : 20.5 ml

acétone : 23 ml

Temps de formation de la peau : 4 min

c) (HMP 840+Durcisseur)+solvant+Retardateur:

Quantités utilisées:

Retardateur : g

Pâte HMP 840 : 100 g

durcisseur : 8.7 g

solvant: mélange de deux solvant :

ethylacetate : 20.5 ml

acétone : 23 ml

Temps de formation de la peau : 10 mn

Puisque le mastic HMP 840 qui est normalement destiné pour les réservoirs souples, nous avons essayé d'utiliser un additif correspondant à un mastic Russe précédemment utilisé pour ce genre de réservoirs, mais à première vue le mélange s'avère non homogène.

2) Préparation de l'hermétique HMP 840:

N° du lot IND/1565/60/93.

Date de fabrication : Novembre 1993

Couleur de la pâte : Noire.

Température : 19°C.

Humidité relative : 84%.

Mode d'emploi:

Vu que le mode d'emploi de ce mastic n' est pas donné par le fabricant, d'où on préconise, l'utilisation du mode d'emploi du PR 1422.

Expérience:

Quantité utilisé:

pâte HMP 840 : 200 g.

durcisseur : 17.4 g.

Solvant: Nous avons utilisé un mélange de solvant qui sont :

L'éthylacétate et acétone avec les quantité donnée par le producteur:

acétone : 46 ml.

éthylacétate : 41 ml.

Temps de formation de la peau: 14 mn.

Notons que pour ce mastic on peut utiliser d'autres additifs qui sont:l'accélérateur+activateur ou accélérateur+retardateur.

TABLEAU DE VALEURS N° POUR LE HMP 840 AVEC SOLVANT

N° éprouvette	1	2	3
Longueur en cm	0.660	0.660	0.660
Épaisseur en cm	0.28	0.29	0.30
Surface en cm ²	0.1848	0.1914	0.1980
Longueur L ₀ en mm	25	25	25
Charge max à la rupture en Kg	7.9	6.6	
Allongement de l'éprouvette avant rupture : L ₁ mm	150	115	
Allongement résiduel de l'éprouvette après la rupture : L ₁ mm	26	26	
Limite de sécurité où résistance à la rupture Kg/cm ²	42.75	34.48	
Allongement relatif en %	500	360	
Allongement relatif résiduel en %	4	4	
Densité			

TABLEAU DE VALEURS N° POUR LE HMP 840 SANS SOLVANT

N° éprouvette	1	2	3
Longueur en cm	0.664	0.690	0.672
Épaisseur en cm	0.234	0.218	0.220
Surface en cm ²	0.155	0.161	0.147
Longueur L ₀ en mm	25	25	25
Charge max à la rupture en Kg	9.0	6.3	7.2
Allongement de l'éprouvette avant rupture : L ₁ mm	120	105	125
Allongement résiduel de l'éprouvette après la rupture : L ₁ mm	26	26	26
Limite de sécurité où résistance à la rupture Kg/cm ²	58	39	49
Allongement relatif en %	380	320	400
Allongement relatif résiduel en %	4	4	4
Densité	1.35	1.26	1.09

3) Préparation de l'hermétique IIMP 930:

N° du lot IND/1565/59/93.

Date de péremption: Février 1994.

Date de fabrication: Novembre 1993.

Couleur de la pâte: Blanche.

Chaque lot contient: 4.6kg de pâte.

Pour l'accélérateur: Quantité: 0.4Kg.

Couleur :Noire.

Mode d'emploi:

Vu que celui ci n'a pas été donné par le producteur, nous avons préconisé le même mode d'emploi que pour les mastics occidentaux, c'est à dire les PRC.

Expérience:

a) Sans utilisation du solvant.

Quantités utilisées:

pâte de base 170 g

Durcisseur: 13.8 g

Temps de formation de la peau: 12 mn.

On laisse le mélange, comme le PR 1422 B 2, une fois qu'on prépare les éprouvette, pendant 24 heures à température ambiante puis à 70°C dans l'étuve pendant 24 heures.

- On a appliqué ce mastic sur des échantillons découpés dans un réservoir souple. On les a laissé sécher à l'air libre pendant quelque jours puis on les a placés dans du kérosène. On a remarqué que ce mastic a une très faible adhérence sur les réservoirs souples.

TABLEAU DE VALEURS N° POUR LE HMP 930 SANS SOLVANT

N° éprouvette	1	2	3
Longueur en cm	0.673	0.660	0.660
Epaisseur en cm	0.220	0.270	0.250
Surface en cm ²	0.1484	0.1782	0.1650
Longueur Lo en mm	25	25	25
Charge max à la rupture en Kg	3.7	4.2	4.3
Allongement de l'éprouvette avant rupture : L1 mm	69	74	78
Allongement résiduel de l'éprouvette après la rupture : L1 mm	26.5	26.5	26.0
Limite de sécurité ou résistance à la rupture Kg/cm ²	25.0	23.6	26.1
Allongement relatif en %	176	196	212
Allongement relatif résiduel en %	6	4	4
Densité	1.73	2.25	1.77

b) Solvant utilisé(mélange d'éthylacétate et d'acétone).

Quantité utilisée:

Pour 92 g de la pâte de base il faut:

8 g de durcisseur.

15 g de chaque solvant.

Temps de formation de la peau:9 mn.

TABLEAU DE VALEURS N° POUR LE HMP 930 AVEC SOLVANT

N° éprouvette	1	2	3
Longueur en cm	0.770	0.673	0.670
Épaisseur en cm	0.170	0.182	0.162
Surface en cm ²	0.1309	0.1225	0.1085
Longueur L ₀ en mm	25	25	25
Charge max à la rupture en Kg	3.6	4.1	3.8
Allongement de l'éprouvette avant rupture : L ₁ mm	83	93	95
Allongement résiduel de l'éprouvette après la rupture : L ₁ mm	26.5	26.5	26.5
Limite de sécurité ou résistance à la rupture Kg/cm ²	27.50	33.47	35.00
Allongement relatif en %	232	272	280
Allongement relatif résiduel en %	6	6	6
Densité	1.89	1.45	1.45

4) Préparation de l'hermétique HMP 930:

N° lot IND/1565/59/93.

Température=18°C.

Humidité relative=75%.

On prépare le HMP 930 avec les différents additifs:

a) Avec retardateur:

Quantité utilisée:

HMP 930: 92 g

durcisseur: 8 g

retardateur:0.6 g

Temps de formation de la peau: 15 min

b) Avec durcisseur seulement.

Temps de formation de la peau: 9 mn

Remarque: Pour le HIMP 930 le pouvoir collant, qui est une propriété aussi des hermétiques, dure pendant 24 heures.

5) Préparation de l'hermétique HMP 840:

N° lot IND/1565/60/93.

Température=18°C.

Humidité relative=75%.

On prépare le HMP 840 avec les différents additifs mais sans utilisation de solvant:

a) Avec retardateur:

Quantité utilisée:

HMP 840: 100 g

durcisseur: 8.7 g

retardateur: 0.4 g

Temps de formation de la peau: 14 mn

TABLEAU DE VALEURS N° POUR LE H M P 840 AVEC RETARDATEUR

N° éprouvette	1	2	3
Longueur en cm	0.660	0.660	0.670
Epaisseur en cm	0.360	0.370	0.370
Surface en cm ²	0.2376	0.2244	0.2368
Longueur L ₀ en mm	25	25	25
Charge max à la rupture en Kg	7.2	8.2	6.6
Allongement de l'éprouvette avant rupture : L ₁ mm	120	134	123
Allongement résiduel de l'éprouvette après la rupture : L ₁ mm		27.0	26.5
Limite de sécurité ou résistance à la rupture Kg/cm ²		36.54	28.87
Allongement relatif en %		436	392
Allongement relatif résiduel en %		8	6
Densité	1.42	1.47	1.54

Remarque: Il n'y a pas eu de résultats (allongement relatif résiduel), vu que l'éprouvette s'est rompue en dehors des traits de limites requises.

b) Avec activateur :

Quantité utilisée:

HMP 840: 90 g

durcisseur: 7.8 g

activateur: 0.6 g

Temps de formation de la peau: 5 mn

III.3.3) Test d'adhérence des mastics PRC & HMP:

-PR 1422.

-HMP 840.

-HMP 930.

-PR 1222.

On effectue un test d'adhérence des mastics: PR 1422, HMP 840 et HMP 930 sur les réservoirs structuraux et les réservoirs souples et du PR 1222 sur les verres et le Plexiglas

1) L'hermétique PR 1422 A 1/2:

N° lot: 40114794.

Couleur de pâte: marron.

Quantités utilisées:

pâte de base 15g.

durcisseur 1,5g.

Cette expérience a pour but d'étudier et de voir le comportement de ces mastics en l'appliquant sur les ailes d'un avion et plus spécialement dans des zones où il y a beaucoup de rivets, zone suspectes pour une éventuelle fuite.

Préparation des surfaces:

La préparation de la surface se fait par un rinçage à l'alcool puis à l'éthylacétate puis on applique le mastic. Le mastic PR 1422 A 1/2 est appliqué sur l'aile, en utilisant différents solvants, pour voir lequel tient bien et sèche rapidement.

a) Mastic sans solvant.

b) PR 1422 A 1/2 avec 6 ml du solvant chloré.

c) PR 1422 A 1/2 avec 5 ml d'éthylacétate.

d) PR 1422 A 1/2 avec 6 ml d'acétone.

Puis on fait de même pour les mastics HMP 840 et HMP 930 qu'on applique aussi sur l'aile.

a) Sans solvant.

b) solvant chloré 7 ml.

c) Ethylacétate 7 ml.

d) Acétone 7 ml.

e) Acetone + éthylacétate.

2) Application du mastic PR 1222 sur le Plexiglas:

Pour cela nous avons utilisé trois types de solvant pour nettoyer la surface.

a) Avec l'éthylacétate.

b) Avec une essence B70.

3) Avec un solvant chloré (tétrachlorure de carbone).

III.3.4) Test de torsion:

TABLEAU N° :

Résultat du test de fragilité en torsion à basse température.

Temps (s)	Temperature (°C)	Angle de rotation en degré				
		HMP 930	PR 1436 C B 2	HMP 840	HMP 840 A.A	PR 1422
5	-52	10	34			40
10	-48	67	48	145	190	89
15	-43	122	95	195	220	95
20	-38	170	125	273	275	220
25	-34	105	218	338	335	360
30	-29	248	310	360	360	
35	-24	255	360			
40	-19	325				
45	-14	360				

A.A: Avec Assélerateur.

Essais de Torsion à basse température.

On porte le mélange liquide (ethacol+elhylineglycol) à une température basse (-52°C) grâce à la carbo_glace. On place l'éprouvette et on l'immerge dans la solution. On enclanche le dispositif de rotation pendant cinq (5) secondes puis on note l'angle de rotation à l'aide de deux résistances on élève la température de cinq (5°C) puis on répète l'opération jusqu'à attendre un angle $\theta = 360$ et on note la température correspondante.

III.4) Récapitulation des résultats:

Dans le tableau suivant nous donnons une synthèse des résultats développés précédemment.

TABLEAU N° :

TABLEAU RECAPITULATIF

	IMP 840 A.S	IMP 840 S.S	IMP 840 A.R	PR 1422 A1/2	IMP 930 S.S	IMP 930 A.S	PR 1416 G B 2	PR 1222	PR 1440 B 2	PR 1403	PR 1321 A 2	Y 30	YT 32
Surface en cm ²	0.1848 0.1914 0.1930	0.1550 0.1610 0.1470	0.2376 0.2244 0.2368	0.1428 0.1139 0.1346	0.1481 0.1782 0.1650	0.1309 0.1225 0.1083	0.1721 0.1700 0.1444		0.1650 0.1670 0.1594	0.1612 0.1638 0.1519	0.1507 0.1428 0.1498		
Longueur Lo en mm	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Charge max à la rupture en	7.9 6.6 7.7 (*)	9.0 6.3 7.2	7.2 (*) 8.2 6.6	2.3 2.0 2.1	3.7 4.2 4.3	3.6 4.1 3.8	4.2 3.5 2.2		3.0 3.2 3.2	1.8 1.5 1.4	1.0 1.3 1.3		
Allongement de l'éprouvette avant rupture : L1 mm	150 115 147 (*)	120 105 125	120 (*) 134 123	87 92 92	69 74 78	83 93 95	88 82 65		96 96 108	82 86 79	70 68 72		
Allongement résiduel de l'éprouvette après la rupture : L1 mm	26.0 26.0	26.0 26.0	27.0 26.5	27.0 27.0	26.5 26.5	26.5 26.5	27.0 27.0		26.5 26.5	27.0 27.0	26.0 26.0		
Limite de sécurité où résistance à la rupture Kg/cm ²	42.75 34.48	58.00 39.00 49.00	36.54 27.87	17.50 17.56 13.60	23.00 23.60 26.10	27.50 33.47 33.00	23.36 20.58 15.24		18.18 19.18 20.08	10.83 9.16 9.22	6.64 9.10 8.34	25 (#) 15 (#) 12 (#)	15 (#)
Allongement relatif en %	500 360	380 320 400	436 392	248 268 268	176 196 212	232 272 280	252 228 160		284 284 332	228 244 216	180 172 188	140 (#) 160 (#) 200 (#)	200 (#)
Allongement relatif résiduel	4 4	4 4 4	8 6	8 8 8	6 6 4	6 6 6	8 8 6		6 8 0	8 8 8	4 4 4	10 (\$) 13 (\$) 20 (\$)	20 (\$)
Dureté Shore		55 55 55 55	50 50 45 50	55 60 60		60 60 60 60	45 45 45 45						
Densité		1.35 1.26 1.09		1.42 1.47 1.54	1.73 2.26 1.77	1.87 1.45 1.45	1.38 1.28		1.44 1.51 1.52	1.23 1.13 1.11	1.43 1.50 1.26		

A.S : Avec Solvant.

S.S : Sans Solvant.

A.R : Avec Retardateur.

(*) : Expérience à éliminer.

#) : La valeur doit être supérieure à la valeur mentionnée.

(\$) : La valeur doit être inférieure à la valeur mentionnée.

Remarque: Les mastics Russos Y30 & YT32 ne sont pas disponibles au niveau de l'entreprise, les tests ont été effectués auparavant.

III.5) Exploitation des résultats:

En appliquant les deux types de mastics existants au sein de l'entreprise, sur les réservoirs souples et les ailes, il s'est avéré que le HMP 840 n'adhère pas sur les ailes et les réservoirs souples, mais le HMP 930 offre une bonne adhérence sur les réservoirs structuraux mais pas sur les réservoirs souples par le PR 1422 A 1/2 est meilleur puisqu'il adhère remarquablement sur les réservoirs souples et sur les réservoirs souples. Le PR 1222 est un produit qui est utilisé dans la verrière et adhère lui aussi remarquablement sur ces derniers et pour les 3 solvants utilisés pour préparer la surface du plexiglas.

Remarques: sur les temps de formation de la peau des hermétiques utilisés:

D'après le tableau N° représentant les différents temps de formation de la peau, nous remarquons que:

- Ce temps tourne généralement autour de 10, sauf dans le cas où nous utilisons des additifs tels que le retardateur ou l'activateur qui servent respectivement à retarder ou activer (accélérer) le temps de formation de la polymérisation et donc le temps de formation de la peau d'une façon remarquable.

- La température est aussi un paramètre influant sur le temps de formation de la peau "T.F.P", ainsi, nous avons remarqué que ce dernier diminue si la température augmente et vis versa.

- L'humidité relative donnée par les services de la météorologie, a aussi son influence sur le "T.F.P". Ainsi, toute augmentation considérable de l'humidité augmente le "T.F.P" et une diminution de l'humidité relative, diminue le "T.F.P".

TABLEAU N° :

Temps de formation de la peau des différents mastics utilisés à l'E.R.M.A et l'influence de la température, de l'humidité et des différents additifs.

Mastics	HMP 840 A.S	HMP 840 S.S	HMP 840 A.R	HMP 840 A.A	HMP 930 A.S	HMP 930 S.S	HMP 930 A.R	PR 1422 A 1/2	PR 1436 G B 2	PR 1222	PR 1440 B2 SS	PR 1403	PR 1321 A2 SS	PR 1422 B2 AS	PR 1422 B2 SS
T.F.P (mm)	7	10	14	4	9	12	15	10	10	14	10	12	10	9	13
T (°C)	18	18	18	18	18	18	18	20	20	18	20	20	20	20	20
HR (%)	77	84	77		75	83	75	75	75	79	83	83	79	87	87

T.F.P : Temps de Formation de la Peau.

H.R : Humidité relative.

Influence du Kérosène sur les mastics:

Les mastics destinés aux réservoirs souples sont mis au contact avec le kérosène. Nous avons remarqué, que le HMP 840 et le HMP 930 qu'il faut le rappeler n'offrent pas une bonne adhérence sur ces réservoirs, sont devenus encore moins adhérents, par contre le PR 1422 A 1/2, qui adhère d'une façon remarquable sur les réservoirs souple et structuraux, n'est pas affecté par le kérosène.

Conclusion:

Le travail que nous avons effectué dans ce mémoire n'est que le début d'une grande étude et recherche sur les produits d'étanchéité dans l'industrie aéronautique.

Malgré les tests que nous avons effectué sur les différents hermétiques, le problème d'équivalence posé dans l'introduction n'est pas résolu d'une manière définitive. Les tests de dureté Shore, densité, limite de sécurité, allongement relatif ainsi que l'allongement relatif résiduel ne peuvent constituer à eux seuls un moyen pour affirmer ou infirmer, l'équivalence d'un mastic avec un autre. En effet d'après le tableau N° nous avons remarqué que plusieurs mastics peuvent répondre aux normes requises pour un autre mastic sans que celui ci ne soit réellement son substitut.

Par contre le test d'adhérence s'avère prometteur, puisque il permet de voir l'efficacité d'un mastic sur les différents supports d'utilisation, mais ce test reste insuffisant car il ne permet pas d'avoir l'équivalence d'une manière précise. Ainsi nous pouvons, grâce à ce test, déterminer les destinations de chaque mastic.

* Le PR 1422 A 1/2: Ce mastic adhère remarquablement sur les réservoirs structuraux et sur les réservoirs souples, de plus, il offre une bonne résistance au kérosène et il est d'une application facile. Les différents solvants utilisés pour ce mastic donnent de bons résultats surtout avec l'acétone. Il sèche relativement plus vite que les autres. Il peut remplacer la Y 30 Russe.

* Le PR 1436 G B 2: Ce mastic inhibiteur de corrosion, on l'utilise dans les supports plus exposés à la corrosion, il peut substituer le mastic Hindon HMP 930 et le mastic Russe YT 32, il adhère bien aux supports métalliques et d'une façon moindre aux réservoirs souples.

* Le HMP 840 n'adhère pas bien sur les réservoirs souples et structuraux, donc il ne peut substituer ni la Y 30 ni le PR 1422.

Pour mieux connaître ces mastics, nous suggérons une analyse chimique plus fine pour déterminer leurs compositions intimes.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) ELEMENTS DE CHIMIE MODERNE 3^eed M.Graw Hill 1978.
- 2) INTRODUCTION A LA CORROSION:Formes et prévention ."guide pratique".
Centre technique des industries mécaniques 1988.
- 3) CORROSION ET PROTECTION DES METAUX seminaire industriel 1987.
- 4) TECHNIQUES DE L'INGENIEUR.
- 5) Ensemble de brochures des produits PRC de la société Francaise: Le joint Francais
- 6) CORROSION ET PROTECTION H.Uhlig ed Dunod Paris 1970.

ANNEXIE

PROGRAMME DE CALCUL DES DIFFERENTES PROPERTIES DES EPROUVETTES

```

*
* Programme source JUBA-II.PAS ( sous Turbo Pascal 6.0)           E.N.P. 1994
*
* Auteurs : M. DELLAI
*           &
*           B. AMROUN
*
*****

```

```

Program CALCUL ;

```

```

Uses Crt;

```

```

Var a, b, c, s, p, l, m, lz, h, g, k, f, e, q, w : Real;

```

```

Begin

```

```

  ClrScr ;

```

```

  a:=0; b:=0; s:=0; p:=0; l:=0; m:=0; lz:=0; h:=0; g:=0; k:=0; f:=0; e:=0;

```

```

  WriteLn(* LIMITE DE RUPTURE lz DE L'EPROUVETTE *);

```

```

  write(> Donnez la valeur de la largeur de l'éprouvette b en cm');

```

```

  write('b0=');

```

```

  Readln(b);

```

```

  WriteLn(> Donnez la valeur de l'épaisseur h en cm : ');

```

```

  Write('h0=');

```

```

  Readln(h);

```

```

  s:=b*h;

```

```

  WriteLn('S0=',s);

```

```

  writeLn(> Donnez la valeur de la charge de rupture Pk en Kgf');

```

```

  Write('pk=');

```

```

  Readln(p);

```

```

  p:=p/s;

```

```

  WriteLn('fz=',p);

```

```

  WriteLn(* L'ALLONGEMENT RELATIF A LA RUPTURE Ez *);

```

```

  write(> Donnez la longueur de l'aire de travail pendant');

```

```

  writeLn(' la déchirure lkz en mm');

```

```

  Write('lkz=');

```

```

  Readln(l);

```

```

  writeLn(> Donnez la longueur initiale l0 en mm');

```

```

  Write('l0=');

```

```

  Readln(m);

```

```

  l:=l-m;

```

```

  l:=l/m;

```

```

  l:=l*100;

```

```

  WriteLn('Ez=',l);

```

```

  WriteLn(* L'ALLONGEMENT RELATIF RESIDUEL Uz *);

```

```

  Write(> Donnez la longueur de l'aire de travail après déchirure');

```

```

  writeLn(' des deux parties assemblées de l'éprouvette lz');

```

```

  Write('lz=');

```

```

  Readln(lz);

```

```

  lz:=lz-m;

```

```

  lz:=lz/m;

```

```

  lz:=lz*100;

```

```

*****SUITE JUBA-ILPAS*****
WriteLn('Úz=',lz);
WriteLn('* LA TENSION f CORRESPONDANT A UN ALLONGEMENT - *');
write(> Donnez la valeur de la charge p provoquant');
writeLn('l'allongement en Kgf');
Write('p =');
ReadLn(a);
b:=a/s;
Write('f =',b);writeLn('Kgf/Cm²');
WriteLn('* ALLONGEMENT "E" EN % RAMENE A L'UNITE DE LONGUEUR *');
Write(> Donnez la longueur de l'aire de travail correspondant');
writeLn('à l'allongement donné L1');
Write('l1=');
ReadLn(c);
c:=c-m;
c:=c/m;
c:=c*100;
WriteLn('E=',c);
Write('* LES TENSIONS VRAIS ,');
writeLn('A LA RUPTURE Öz ET A L'ALLONGEMENT Ö- ');
Write('Öz=');
ReadLn(h);
g:=b/100;
g:=g+1;
g:=f*g;
WriteLn('Öz=',g);
Write('Ö- =');
ReadLn(k);
q:=k/100;
q:=q+1;
q:=q*b;
WriteLn('Ö- =',q);
WriteLn('* VALEUR REDUITE DE L'ALLONGEMENT RELATIF RESIDUEL *');
c:=lz/h;
writeLn('Úz/z=',e);
writeLn;
writeLn('## RESUME DES RESULTATS ##');
WriteLn('fz =',p:4:2);
writeLn('Ez =',l:4:2);
writeLn('Úz =',lz:4:2);
writeLn('fz =',b:4:2);
writeLn('E =',c:4:2);
writeLn('g=',g:4:2);
writeLn('q=',q:4:2);
writeLn('Úz/z=',c:4:2);
readLn;
End.
*****Fin JUBA-II.PAS*****

```

***** EDITION & CLASSIFICATION DES ARTICLES HERMITIQUES***

```

*
* Programme source MASS.PRG ( sous Clipper 5.0) E.N.P. 1994
*
* Auteurs : M. DELLAH
*           &
*           B. AMROUN
*

```

```

//include "Inkey.ch"
Store '' To Choix
Store Space(8) To Code
Store Space(50) To Libele
Set Key K_F10 To Saisie_Texte
FDbf := {}
If .Not. File("ARTICLES.DBF")
// Création de la structure du fichier DECISION.DBF
AADD(Fdbf,{"CODE", "C", 8, 0})
AADD(Fdbf,{"LIBELLE", "C", 50, 0})
DECREATE("ARTICLES.DBF",Fdbf)
Endif
USE ARTICLES
Do While .T.
  Choix = ''
  Clear
  (@ 10,15 Say "1 - Créer un article."
  (@ 11,15 Say "2 - Editer les articles."
  (@ 12,15 Say "3 - Quitter le programme."
  (@ 14,15 Say "Tapez la touche de votre choix : " Get Choix Picture "X"
  Read
Do Case
  Case Choix = "1"
    Clear
    Append Blank
    Browse() // TITLE "LISTE DES ARTICLES"
  Case Choix = "2"
    Clear
    Browse() //TITLE "LISTE DES ARTICLES"
  Case Choix = "3"
    Exit
EndCase
EndDo
Close
Return
Procedure Saisie_Texte
Local Nomfichier := ALLTRIM(CODE) + ".TXT"
Local Ecran := SAVESCREEN(0,0,24,79)
RENAME (NomFichier) to ARTICLE.TXT
! ED ARTICLE.TXT
RENAME ARTICLE.TXT TO (NomFichier)
RESTSCREEN(0,0,24,79, Ecran )
Return
*****/in MASS.PRG *****

```

Manuel d'utilisation

Ce manuel d'utilisation est nécessaire, il est destiné exclusivement à l'utilisateur, de manière à lui faciliter l'accès le plus rapidement possible à l'information qui est stockée et classée dans les disquettes 1, 2, 3.

Les avantages de ce travail peuvent se résumer, d'une part, en une mise en place simple et pratique et d'autre part en une bonne utilisation des disquettes.

Utilisation des disquettes:

Disquette n° 1

- Nom du répertoire JUBA-I
- Mot de passe MASS

Disquette n°2

- Nom du répertoire JUBA-II
- Mot de passe JUBA-II

Disquette n°3

- Nom du répertoire DIHYA
- Mot de passe DIHIA

Contenu des disquettes:

La Disquette n°1 contient :

- Tables d'équivalence des différents types de mastics occidentaux .
- Tables des différentes propriétés et caractéristique des différents type de mastics

Disquette n°2:

programme de calcul des différentes propriétés des éprouvettes .

* langage utilisé :Pascal .

Disquette n°3

le stock de différents types d' hermitique .

Une fois le programme lancé, on voit apparaitre sur l'écran le menu principal

- 1) nouveau article
- 2) editer les articles
- 3) quitter le programme

Tapez la touche de votre choix

Le menu principal est composé de trois options :

1) créer un nouvel article :

Cette option nous permet de saisir les informations (données d'un nouvel article)

- code
- désignant de l'article(label)

2) Editer un article :

Cette option nous permet de choisir un article déjà existant par son code, ou par sa désignation et de le modifier, ou de l'imprimer.

3) Quitter le programme : nous permet de quitter le programme.

Une fois que la liste des articles visualisée sur l'écran par le biais d'un brosser, on se positionne à l'un des articles puis on appuie sur la touche F10 pour éditer par le biais d'un éditeur de texte qui permet les fonctions suivantes :

- Modification du contenu de l'article.
- Sauverde, impression, annulation de l'article.

Une fois que le traitement est fini on appuie sur ALT+X ou ECHAP pour revenir au menu principal.