

Collection

COMMISSARIAT
A L'ÉNERGIE ATOMIQUE

Laboratoires du Fort de Châtillon

Fontenay-aux-Roses

Rapport C. E. A.

N° 6 -

1949

Service Documentation

Rapport C.E.A. N° VI.

Copie N° 63

Date: Mars 1949.

Auteur: A. CHARBONNEL.

Service: Constructions Electriques.

Titre: -CARACTERISTIQUES ET FABRICATION DES COMPTEURS
GEIGER MULLER A PAROI MINCE EN MAGNESIUM TRAITE.

-Note sur l'utilisation de l'araldite.

- I) Caractéristiques des compteurs GEIGER MULLER
à paroi de magnésium (Épaisseur: 17 mg par cm^2).
- II) Fabrication de ces compteurs.

---:---:---:---:---:---:---:---:---

I) Caractéristiques.—Les compteurs à paroi de magnésium sont constitués par des tubes de métal d'environ 6 cm de long, la partie centrale de ces tubes étant amincie à l'épaisseur désirée.

Le diamètre du tube est de 20 mm, la hauteur de la partie amincie est de 40 mm, ce qui donne une paroi perméable aux rayons mous d'environ 25 cm^2 de surface. La partie amincie ayant une épaisseur de l'ordre de 1/10 mm, elle laisse passer environ 80% d'un rayonnement bêta de 100 kilovolts d'énergie.

Le tube contient une atmosphère d'argon à basse pression (quelques centimètres de mercure) auquel est ajouté une faible quantité d'alcool (quelques millimètres), cet alcool ayant comme propriété d'interrompre automatiquement la décharge dans le compteur après une durée de 10 micro secondes environ.

Il existe, mis au point au laboratoire de M. le Professeur F. JOLIO, des compteurs analogues, mais où le tube métallique mince est en duralumin, au lieu d'être en magnésium.

Il était difficile de construire ce type de compteur en série relativement grande car l'usinage de la paroi de duralumin pour l'amener à une épaisseur uniforme de 0,1 mm est un travail long et délicat. Le polissage mécanique de la paroi interne de la coque pour lui donner l'aspect d'un miroir, nécessaire au bon fonctionnement du compteur, est également un travail très long.

Le problème qui se posait était donc le suivant:

- 1°) trouver un métal ne nécessitant pas un travail délicat et couteux pour l'amener à une épaisseur uniforme de 0,1 mm environ, et, si possible, pouvant facilement se polir.
- 2°) ce métal ne doit pas réagir avec l'atmosphère du compteur de façon que celui-ci conserve des caractéristiques stables aussi longtemps que possible.

Les alliages qui se travaillent le plus facilement sont ceux à forte teneur en magnésium. En outre, par simple attaque dans des bains de polissage électrolytique on peut très facilement les amener à l'épaisseur voulue, et donner un poli miroir à la surface. On peut même, grâce à la propriété qu'ont ces bains d'attaquer les aspérités, même importantes, se contenter avant l'attaque chimique d'un travail mécanique très rudimentaire, avec de fortes passes de tour effectuées à grande vitesse.

Par contre, les alliages à forte teneur en magnésium réagissent très fortement avec le mélange gazeux situé à l'intérieur du compteur; en particulier, lorsque la décharge a lieu, il est probable qu'il y a formation de radicaux organiques, aux dépens de l'alcool, et ces radicaux réagissent très rapidement avec la paroi de magnésium où ils sont probablement absorbés.

Il faut donc protéger le métal en le recouvrant d'un enduit approprié.

Les vernis sont à proscrire car ils absorbent en général la vapeur organique présente dans le compteur.

On a donc essayé les revêtements minéraux, analogues à ceux qui sont utilisés dans le procédé classique de mordantage des alliages de magnésium, et qui sont constitués en général par un mélange d'oxydes de chrome et de magnésium en proportions variables. Dès les premiers essais effectués avec le bain classique de mordantage, le revêtement s'est montré très pro-

tecteur. Il importe seulement de prendre quelques précautions, que nous décrirons plus bas, pour éviter que la couche d'oxyde ne se détache lors des opérations de montage du compteur.

Quelques difficultés se sont présentées lors du choix d'un mode de scellement étanche et isolant destiné à fermer les extrémités du compteur. On employait autrefois des mastics à base de gomme laque ("cire anglaise", ...), qui ont la propriété regrettable d'absorber rapidement les vapeurs d'alcool. Dans les pays anglo-saxons on utilisait des produits genre "Apiezon W", beaucoup plus satisfaisants au point de vue inertie, mais qui sont malheureusement difficiles à obtenir actuellement, de plus ils ne sont pas très résistants au point de vue mécanique, ce qui entraînerait des modifications importantes des dimensions du compteur si on voulait les utiliser.

La résine synthétique "araldite" a donné des résultats satisfaisants: une fois polymérisée par chauffage à l'étuve elle devient très dure, n'absorbe plus les vapeurs organiques, ne dégaze pas, et constitue avec la plupart des métaux et des verres des joints parfaitement étanches au vide. En outre, elle présente un grand isolement tant dans la masse qu'en surface, et cela même en atmosphère fortement humide.

Les compteurs ainsi obtenus ont une vie utile de l'ordre de 4 mois. La pente de leur palier ne varie pas pendant ce temps, c'est seulement la longueur de celui-ci qui diminue. Cette diminution a en général l'allure ci-dessous:

Immédiatement après fabrication:	Palier 250 à 300 v.	Pente 5 à 10%
10 jours	" "	" 150 à 200 v. " " "
2 mois	" "	" 100 à 150 v. " " "
après 4 mois	" inférieur à 50 v."	" "

Ces mesures de palier et de pente sont effectuées à l'aide d'une source diffuse de $U_3O_8 (\beta + \gamma)$. En utilisant une source canalisée,

de sorte que les rayons ne frappent que la partie centrale du compteur, on obtiendrait évidemment des caractéristiques meilleures car les effets de bord qui varient rapidement avec la tension appliquée, n'interviennent plus.

D'autre part, les taux de comptage étant de l'ordre de 100 coups à la seconde, on utilise pour cette mesure des échelles démultiplicatrices dont le pouvoir de résolution est de l'ordre de 10 micro secondes. Lorsque la tension appliquée entre les électrodes du compteur augmente, la proportion des coups doublés ou triplés croît également (ces coups sont deux ou trois coups très rapprochés, se suivant à 10^{-4} seconde environ, alors qu'une seule particule est passée dans le compteur). Grâce au pouvoir séparateur important de l'échelle, un coup double est compté pour deux. La pente du palier a pour raison essentielle cette proportion croissante des coups doubles avec la tension. (Ces coups doubles ou triples sont probablement dus à l'arrivée d'ions positifs sur la coque.) En effet, si l'on réduit le pouvoir de résolution de l'échelle à 10^{-3} seconde, ou si l'on utilise un intégrateur C.E.A. standard, on obtient des paliers pratiquement plats dans la plus grande partie de leur longueur.

L'évolution quoique lente est encore rapide si on la compare à celle des compteurs tout verre-métal, qui peuvent être étuvés sous vide, et qui ne contiennent pas de métaux légers agissant à la longue sur l'alcool malgré la protection d'oxyde. Néanmoins on n'a pas poussé plus loin, pour l'instant, l'étude du fonctionnement des compteurs à paroi de magnésium, une stabilité de l'ordre de quatre mois étant suffisante pour les expériences dans lesquelles on les utilise. Cette étude sera reprise et les résultats en seront publiés ultérieurement.

Remarque.—Pour les usages spéciaux où l'on a absolument besoin de coques en aluminium et non en magnésium on a mis au point un procédé de protection de l'aluminium par oxydation anodique voisin de ceux utilisés dans

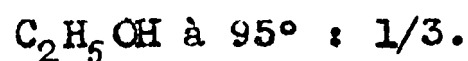
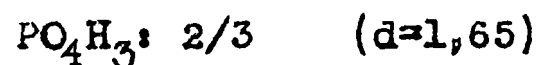
l'industrie et qui donne à ces compteurs des caractéristiques comparables à celles des compteurs en magnésium.

II) Fabrication des compteurs à paroi de magnésium. La fabrication comporte les étapes suivantes:

- 1) tournage des coques en magnésium.
- 2) amincissage et polissage chimique des coques.
- 3) montage proprement dit.
- 4) scellement des joints étanches.
- 5) pompage.
- 6) remplissage.
- 7) essais de contrôle.

1) Tournage des coques en magnésium. - Le métal utilisé est l'alliage T2 (magnésium à 2% de manganèse). La matière de départ est un tube de 16 x 20 mm. Le tournage s'effectue facilement en alésant d'abord l'intérieur pour l'amener à la cote 17 puis en enfilant le tube sur un mandrin extensible et en reprenant ensuite l'intérieur pour l'amener à la cote 17,3 mm. Les sillons laissés par l'outil ne doivent pas avoir une profondeur supérieure à 1/100 de mm environ. Les coques sont ensuite dégraissées au tétrachlorure, essuyées et stockées.

2) Amincissage et polissage chimique des coques. - Les coques dès l'arrivée du tournage sont décapées dans un bain de composition:



en opérant de la façon suivante:

La coque est passée sous un courant d'eau froide (15°) puis trempée quelques secondes (1 à 5) dans le mélange (15° à 25°) (il se forme une couche visqueuse et blanche à la surface). On a ainsi enlevé de 1 à 5 centièmes de millimètres d'épaisseur. Elle est ensuite immédiatement rincée à grande eau (eau froide). Si le brillant n'est pas suffisant (ce qui

peut arriver lorsque les coques ont été tournées depuis un certain temps) on recommence une deuxième et même une troisième fois. Toutefois il faut veiller à ne pas trop insister sinon les coques étant trop attaquées dans leur partie mince, risqueraient de s'écraser lors du pompage.

N.B. Il faut renouveler le bain dès qu'on s'aperçoit que la couche blanche ne se forme pas d'une manière uniforme sur la coque, sinon on a des attaques irrégulières.

Avec un bain de 250 cc on doit pouvoir décaper au moins une cinquantaine de coques.

Instantanément après cette opération les coques sont plongées dans le bain de mordantage constitué de la façon suivante:

Eau: 3 litres. SO_4Mg : 180gr. $\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2$: 120gr.

L'opération se fait dans un grand béccher en verre, de 5 litres, par exemple.

On peut mordancer dix à douze coques à la fois.

(Lorsque l'on est amené à se servir d'un bain neuf il ne faut l'utiliser qu'après une dissolution complète des sels).

Le temps de séjour dans le bain semble avoir une grosse importance car il faut que lors du chauffage des coques pour l'application de l'araldite, le mordantage tienne bien et n'ait pas tendance à devenir pulvérulent et à se décoller. Nous nous sommes arrêtés à une durée de l'ordre de 3 à 5 heures qui nous a semblé la plus propice. Après cette durée, la couleur de la coque est devenue café au lait foncé.

(La formation de bulles à la surface des coques nous avait amené à agiter le bain; cette méthode ne semble pas devoir être utilisée car le mordantage dans ce cas ne tient plus du tout à chaud).

Dès la sortie du bain les coques sont rincées dans un courant d'eau froide

puis on les laisse sécher à l'air libre. Il est bon d'opérer un deuxième rinçage une demi-heure après environ, car il reste toujours une peu de liquide du bain à la surface du métal qui risque de laisser des cernes.

N.B. Pendant toutes ces opérations il faut veiller à avoir les mains très propres.

Les coques doivent être conservées dans une boîte très propre.

3) Montage du compteur.-Les autres pièces utilisées sont:

a) deux rondelles de sibor ou de stéatite émaillée (de préférence sibor) qui doivent s'ajuster aussi bien que possible dans la coque.

b) un anneau de garde en laiton poli-miroir sur lequel se visse une broche qui servira à établir le contact électrique sur le fil, le pas de vis servant au serrage et à la tension du fil.

c) un deuxième anneau de garde en laiton poli-miroir par lequel s'effectue le pompage et dans lequel repose le cavalier qui sert à maintenir le fil.

d) une pièce en pyrex, en forme de cône surmonté d'un tube qui doit aussi s'ajuster aussi exactement que possible (l'opération s'effectue avec une rectifieuse ordinaire, la pièce ayant été au préalable préparée par un souffleur de verre) et qui servira au scellement sur le banc de pompage.

Le jeu maximum entre la coque et le cône de pyrex est de l'ordre de 1/10 de mm.

e) le fil est un fil de molybdène de 7/100 qui doit être absolument exempt de bosses et de nœuds comme il peut s'en former sur un fil mal enroulé. Une des extrémités du fil est nouée autour d'un petit cavalier en fil de cuivre de 4 à 5/10 .

(Pour les cotes exactes de toutes ces pièces et leur assemblage, voir le dessin ci-joint).

Les anneaux de garde sont d'abord très soigneusement polis au papier émeri 000 et grattés à l'intérieur pour les débarrasser des petites poussières de laiton qui peuvent se trouver dans les orifices qui proviennent de la fa-

brication mécanique.

Puis toutes les pièces, à l'exception de la coque, sont mises à tremper dans un bain de méthylal (technique) très propre pendant une heure environ.

On sort alors les pièces une à une de ce premier bain puis on les essuie très soigneusement jusqu'à ce qu'il ne reste aucune poussière et aucune tache avec un chiffon ou un papier laissant le moins de peluches possible.

Immédiatement après l'essuyage, chaque pièce est replongée dans un deuxième bain, également de méthylal très propre, dans lequel on la garde en réserve. Juste au moment où la pièce est nécessaire pour le montage, on l'agite dans le bain, on la sort avec une pince mince puis on la sèche au dessus d'une petit réchaud électrique.

La coque, elle, est seulement trempée dans le deuxième bain et on la laisse sécher à l'air.

Ne jamais mettre les doigts dans les bains de méthylal.

Ordre des opérations pour le montage.- 1°) placer une rondelle dans la coque.

2°) enfiler le fil dans l'anneau de garde dans lequel reposera le cavalier.

3°) enfiler le fil et l'anneau de garde dans la rondelle qui se trouve dans la coque.

4°) placer la deuxième rondelle.

5°) enfiler la partie mâle du deuxième anneau en le faisant glisser le long du fil dans la rondelle restée libre.

En exerçant une traction sur le fil et en maintenant à l'aide d'une pince la partie mâle du deuxième anneau de garde, visser la partie femelle en coinçant le fil dans le pas de vis. C'est la partie la plus délicate du montage: il faut que le fil soit bien tendu, et en le tendant il faut prendre garde de ne pas le casser.

4) Scellement des joints.- Pour rendre les joints étanches nous avons

utilise l'"ARALDITE" en poudre. Nous donnons plus loin quelques indications sur l'utilisation générale de cette résine.

On dispose d'abord la poudre sur la rondelle du cote fiche de façon à ce que tous les espaces restés libres soient bien remplis. On essuie ensuite soigneusement l'extérieur de la coque avec un pinceau bien fin afin qu'il n'y ait plus d'araldite en dehors du joint à effectuer car elle coulerait au cours de la polymérisation. On la place ensuite dans une étuve à 200° C pendant une heure à une heure dix. Il faut veiller à ce que la température reste sensiblement constante, à quelques degrés près, pendant toute l'opération. On sert ensuite le compteur et on dispose à l'autre extrémité le queuset en pyrex, on remplit de poudre comme précédemment et on recommence l'opération de façon identique.

Bien entendu les compteurs doivent être dans la position verticale au cours de la polymérisation.

On voit pourquoi il faut que les pièces soient bien ajustées sinon au cours de la polymérisation l'araldite commençant par être très fluide risquerait de couler à l'intérieur du compteur.

5) Pompage.-Le ou les compteurs sont ensuite scellés sur un banc de pompage (voir figure 2).

Il faut veiller à ce que: 1°) le pompage soit le plus rapide possible, c'est à dire que le banc doit comporter le moins de coudes et les canalisations doivent être aussi courtes qu'il est possible de le faire.

2°) l'on puisse réaliser un mélange gazeux homogène dans tous les compteurs.

Le groupe de pompage est constitué par une pompe primaire à palettes à deux étages suivie d'une pompe à diffusion de mercure ou d'huile. Il n'est pas nécessaire d'interposer un piège à mercure sur la canalisation. Pour bien se rendre compte des dégazages ou des fuites éventuelles des compteurs on opère de la façon suivante:

Le banc étant sans compteurs on le flamme au chalumeau en flamme molle

ou on le dégaze à l'homoflux (1) (ou à l'aide d'une bobine d'induction donnant quelques centimètres d'étincelle) en pompant dessus avec les deux pompes, puis on l'isole: on doit garder facilement la lueur éteinte 30 minutes. On scelle ensuite un compteur, on pompe avec la pompe primaire, on isole la canalisation de la pompe, on constate qu'au bout d'une dizaine de minutes la lueur est toujours franchement bleue, elle est due à la vapeur de méthylal dégazée par le compteur. Une fuite se traduirait par une coloration rose de la lueur. On scelle ensuite les compteurs un à un en opérant comme pour le premier après chaque scellement. On est alors à peu près sûr de ne pas avoir de compteur qui fuit.

On pompe ensuite sur l'ensemble avec les deux pompes. Le temps de pompage peut être très variable. En règle générale on peut dire que d'allonger le temps de pompage ne nuit en rien, au contraire. Néanmoins on a réalisé des compteurs fonctionnant de façon satisfaisante après un pompage d'une heure seulement. Il est inutile de chauffer les compteurs durant le pompage.

A la fin du pompage on isole le banc et on doit garder la lueur éteinte au moins dix minutes.

6) Remplissage. - Les compteurs sont remplis du mélange suivant:

-alcool éthylique absolu 12 mm de mercure. -argon pur 90 mm.

Pour faire le remplissage on ferme le robinet qui isole les compteurs, on injecte d'abord l'alcool puis l'argon, on laisse le mélange se faire dans la chambre pendant 5 à 10 minutes puis on envoie le mélange dans les compteurs.

On a disposé sur le banc un robinet permettant d'isoler les compteurs et une chambre dont le volume vaut deux à trois fois celui du banc et des compteurs, dans laquelle se fait le mélange des gaz. On a constaté en effet que si on envoyait directement des gaz dans les compteurs, les plus

1 Nom commercial d'un petit générateur HF composé d'une bobine de Ruhmkoff suivie d'un transformateur de Tesla.

ceux/

éloignés avaient des seuils plus élevés que/des premiers de l'ordre de 300 à 400 volts ce qui semblerait indiquer que l'argon chasse l'alcool devant lui et qu'ensuite celui-ci met un temps très long, plusieurs heures, pour se répartir uniformément. Tandisqu'en isolant les compteurs et en faisant le mélange au préalable on trouve exactement le même seuil dans tous les compteurs et on peut donc supposer que le mélange étant le même dans tous les compteurs c'est bien celui qu'on a composé dans les proportions indiquées plus haut. Les compteurs sont ensuite scellés par fusion du queusot au chalumeau (gaz/air/oxygène) puis examinés immédiatement après, et ensuite une deuxième fois lorsqu'ils ont une dizaine de jours. Le seuil ne doit pas avoir monté (une montée régulière est l'indice certain d'une fuite), une montée faible et qui ne continue pas, bien que peu recommandable, n'implique pas que le compteur soit à rejeter. Après quelques jours d'évolution il peut présenter ensuite de bonnes caractéristiques.

Au sujet de l'alcool, faisons toutefois la remarque suivante: lorsqu'on remplit le récipient avec de l'alcool, il y a évidemment une certaine quantité d'air emprisonnée. On pompe alors sur le flacon (avec la pompe primaire seulement) et on abaisse le niveau d'alcool d'environ 4 à 5 mm afin d'être bien sûr d'avoir enlevé tout l'air.

Il est préférable cependant de ne pas utiliser l'alcool tout de suite mais d'attendre environ 48 heures car il semble que l'alcool rejette pendant ce temps de l'air occlus que l'on retrouve si l'on ouvre le robinet de l'alcool, la lueur normale, due à l'alcool seul, étant bleue. Donc repomper à nouveau après 48 heures.

On a d'ailleurs intérêt, même passé ce délai après lequel l'alcool peut être utilisé, à vérifier de temps en temps l'aspect de la lueur que l'on obtient en ouvrant le robinet d'alcool.

7) Essais de contrôle. - Nous avons indiqué au début (page 4) l'évolu-

NOTE SUR L'UTILISATION DE L'ARALDITE.

Vendeur exclusif pour la
France, Colonies et Protectorats
S A I N T - G O B A I N
MATIERES PLASTIQUES
1, Avenue Marceau Paris XVI
Tél: KLEber 22-44 à 48

Présentation commerciale.-L'araldite est fournie actuellement dans la qualité ARALDITE TYPE 1, sous forme de poudre et de batons (coupe transversale environ 10 x 12 m/m, longueur environ 290 m/m) en deux teintes:

ARALDITE EN POUDRE TYPE 1 "argent"

ARALDITE EN BATONS TYPE 1 "argent"

Aspect des assemblages terminés: métallique.

ARALDITE EN POUDRE TYPE 1 "nature"

ARALDITE EN BATONS TYPE 1 "nature"

Aspect des assemblages terminés: jaunâtre à incolore.

Stockage.-Conserver les produits Araldite au frais et au sec, de préférence en emballages d'origine. Dans ces conditions, ils sont stables une année au moins. Eviter l'exposition directe aux rayons solaires ou le stockage à proximité d'appareils de chauffage.

Principales propriétés de l'araldite type 1.

La résine ARALDITE TYPE 1 est dure à température ambiante. A 40-50°C, elle prend une consistance de pâte épaisse, pour devenir applicable à 90 - 100°C et très fluide à environ 120°C.

Le chauffage prolongé de la résine à des températures supérieures à 120°C provoque son durcissement. Ce durcissement s'opère sous la seule

influence de la chaleur, sans emploi de pression. Le durcissement assure une adhérence parfaite de la résine avec les surfaces des matériaux.

Aucune substance volatile ne se dégage pendant l'opération et le volume de la résine en cours de solidification ne se modifie pratiquement pas.

La résine complètement durcie conserve sa solidité et offre dans cette forme définitive d'excellentes qualités mécaniques, ainsi qu'une remarquable résistance à l'égard des solvants.

Applications de l'araldite Type I

On recommande de bien nettoyer les surfaces des matériaux à assembler pour supprimer toute trace de graisse, d'huile, etc, avant d'appliquer la résine. Il est indispensable que la surface du matériau à assembler avec la résine soit parfaitement liée au matériau de base. Il n'est pas nécessaire de rendre les surfaces rugueuses.

La quantité de résine nécessitée pour l'assemblage sera, soit étendue à l'aide de l'ARALDITE EN BATONS sur la surface du matériau chauffée à environ 130° -150° C, soit répartie sous forme d'ARALDITE EN POUDRE. Cette dernière peut être également répandue sur des surfaces de matériaux froides. Par un réchauffement bref à 130° -150° C on obtient une adhérence provisoire de la résine à la surface du matériau. Grâce à sa grande fluidité, la résine peut pénétrer par capillarité entre les surfaces à assembler, pour durcir ensuite complètement.

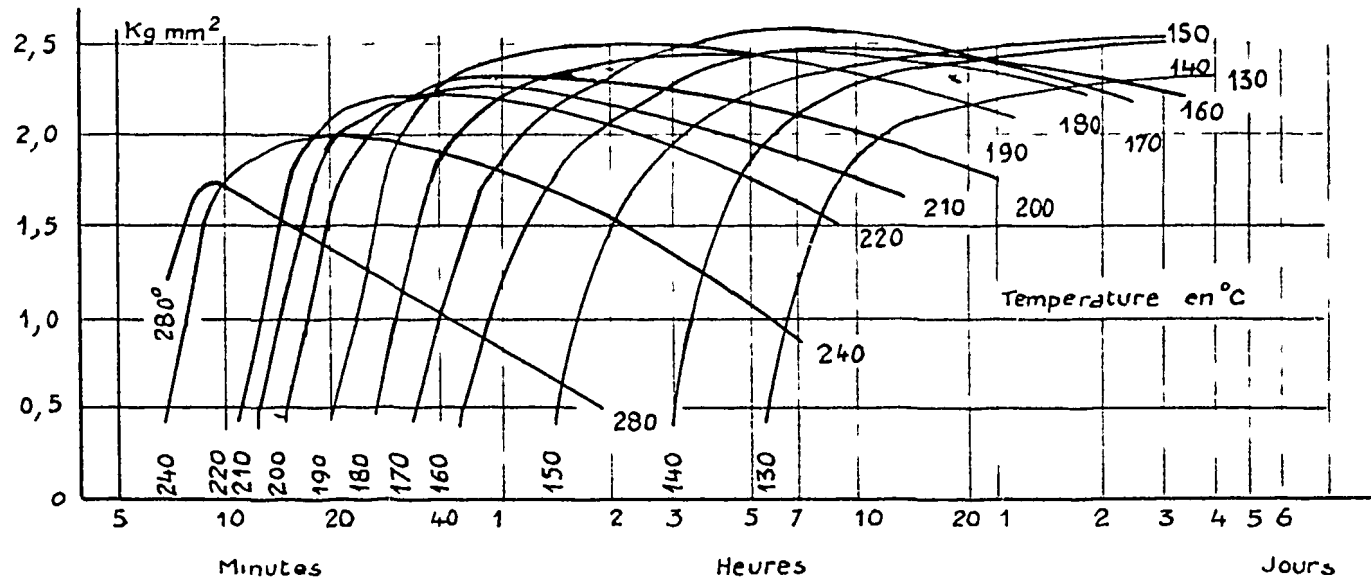
Durcissement de l'araldite Type I

Le durcissement s'effectue par chauffage des points d'assemblage à des températures échelonnées de 130° à 220° C. Le chauffage peut être fait au four au moyen de manchettes de chauffage, etc, La durée de durcissement dépend de la température choisie pour cette opération. Cette dernière dépend dans une large mesure, de la sensibilité à la chaleur du matériau à assembler. Le choix de la température de durcissement peut

également dépendre des installations de chauffage à disposition ou de la cadence de la production désirée pour les articles de série.

On trouvera sur le diagramme ci-dessous les temps et températures nécessaires à l'obtention d'un durcissement suffisant:

Il est indispensable pendant le processus de durcissement de fixer les deux surfaces à assembler de manière à ce qu'elles ne changent pas de position.



RESISTANCE AU CISAILLEMENT D'ASSEMBLAGES A L'ARALDITE

Valeurs de la résistance mécanique des assemblages de métaux légers avec l'araldite.

Résistance mécanique de la résine synthétique ARALDITE:

- Résistance à la traction..... 7 - 8 Kg/mm²
- Résistance à la flexion.....1200- 1300 Kg/cm²
- Résistance à la flexion par choc..... 13- 14 Kgc/cm²
- Module d'élasticité..... 30000- 31000 Kg/cm²

RESISTANCE A LA CHALEUR D'UN ASSEMBLAGE A L'ARALDITE.

Température °C	20	40	60	80	90	100	110	120
Résistance au cisaillement Kg/mm	2,3	2,2	2,2	2,2	2,1	1,9	1,0	0,7

Eprouvettes: Avional 25m/m largeur

Recouvrement: 13 m/m

Résine: ARALDITE TYPE I

Durcissement: 200°C, 40 minutes.

Point d'assemblage: 10 minutes à température d'essai avant surcharge.

RESISTANCE A L'EAU ET AUX SOLVANTS DES ASSEMBLAGES A L'ARALDITE.

Milieu ou solvant	Durée de l'essai jours	Résistance au cisaillement Kg/mm
-	-	2,4
Eau 20° C	10	2,2
Eau 20° C	30	2,2
Essence	10	2,4
Acétone	10	2,3
Alcool méthylique	10	2,2
Benzène	10	2,0
Eau 90° C	10	1,6
Eau 90° C	30	1,4

Eprouvettes: Avional 25m/m de largeur

Recouvrement: 13 m/m

Résine: ARALDITE TYPE I

Durcissement: 200° C, 40 minutes

Eprouvettes contrôlées environ 1/2 heure après sortie des bains.

Eprouvettes essuyées seulement extérieurement.