



JOINTS POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE



LE JOINT FRANCAIS



DÉPARTEMENT PRODUITS ET MARCHÉS SPÉCIAUX

Cette édition 1983 de la présente notice complète les éditions antérieures et annule leur contenu partout où une différence peut être constatée. L'expérience acquise et les résultats des essais effectués depuis l'édition précédente ont en effet amené à réviser certaines valeurs chiffrées et à reconsidérer certaines options techniques.

JOINTS POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

La sélection du matériau le mieux adapté pour un joint s'effectue par rapport aux conditions d'emploi auxquelles il doit être soumis.

Ces conditions d'emploi sont définies par un certain nombre de paramètres dont les plus importants sont :

- Emploi statique ou dynamique
- Température
- Pression
- Agressivité chimique ou physique du milieu
- Nature et état de surface des matériaux au contact du joint
- Fuite admissible
- Force de serrage possible
- Prix admissible
- etc.

Il arrive assez fréquemment que les paramètres définis représentent des exigences contradic-

toires en regard des propriétés des divers matériaux disponibles. Il faut aussi tenir compte de limitations dans les formes et dimensions des joints réalisables en fonction des divers matériaux.

Dans les applications nucléaires il s'ajoute des exigences complémentaires, au premier rang desquelles se situe l'effet des rayonnements, ce qui vient encore compliquer les choses et oblige parfois à un compromis ou à l'étude d'un nouveau matériau mieux adapté au problème à résoudre.

Par ailleurs, les considérations de sécurité, particulièrement contraignantes dans le domaine nucléaire, nécessitent le plus souvent des fabrications en Assurance Qualité.

Assurance qualité

Les exigences croissantes de la qualité dans les industries à grande technicité, parmi lesquelles et en premier lieu le Nucléaire ont incité notre Société à créer une *Division Produits Spéciaux* tout à fait adaptée aux besoins de ces industries.

L'assurance de la Qualité est le point clé de sa production.

Un système à différents niveaux d'Assurance Qualité tenant compte de la nature des exigences de nos clients, a été mis en place dans la *Division Produits Spéciaux*. Il tient compte des normes françaises et étrangères en vigueur et son fonctionnement peut être exposé à tout moment par nos ingénieurs.

Un manuel qualité traitant de toutes les généralités et dont l'application est appuyée par la Direc-

Grâce à une longue expérience acquise au service de l'Industrie et de la Recherche Nucléaire, le *Joint Français* peut proposer un choix de solutions particulièrement adaptées aux applications nucléaires et les mettre en œuvre avec les meilleures garanties, en Assurance Qualité.

Ces solutions consistent soit en des joints en caoutchouc *Joinfrinite**, soit en des joints métalliques, *Met'o-ring** et *Met'x**.

tion, présente toutes les rubriques influençant la qualité; ce manuel qualité peut être adressé sur simple demande.

L'application de notre programme d'assurance qualité a permis notamment à notre *Division Produits Spéciaux*, de recevoir les agréments de sociétés telles que *Turbomeca, Snias, Cogema, Novatome, SNCF, etc...*

A - MATÉRIAUX			B - TENUE AUX RAYONNEMENTS (Dans l'air et à température ambiante)		C - TENUE AUX TEMPÉRATURES (Dans l'air et en l'absence de rayonnements)		D
CAOUTCHOUC DE BASE (Désignation normalisée)		DURETÉ DIDC	DOSE CUMULÉE MAXIMALE EN RADS ⁽¹⁾		TEMPÉRATURE MAXIMALE POUR SERVICE DE COURTE DURÉE °C	TEMPÉRATURE MAXIMALE EN SERVICE PROLONGÉ °C	TENUE AUX HUILES et aux graisses minérales ↓
			Estimée par rapport aux propriétés de traction	Estimée par rapport à la DRC ⁽²⁾			
CAOUTCHOUC DE BUTADIENE-STYRENE (SBR)	6 S 1401 S 6510	65 65	3 x 10 ⁷ à 5 x 10 ⁸ 2 x 10 ⁷ à 5 x 10 ⁷	10 ⁹ 5 x 10 ⁷	125	80	Aucune résistance
CAOUTCHOUC BUTYL (IIR)	BU 652 D 609	65 60	5 x 10 ⁵ maxi 5 x 10 ⁵ maxi	10 ⁶ maxi (se dépolimérise et colle en surface)	120 170	80 130	
CAOUTCHOUC D'ETHYLENE-PROPYLENE (EPDM)	EP 7017 EP 8517	70 80	10 ⁷ à 10 ⁸ 5 x 10 ⁶ à 8 x 10 ⁷	5 x 10 ⁸ 5 x 10 ⁸	170	130	
POLYCHLORO-PRENE (CR)	6 N 1406 N 658	65 65	3 x 10 ⁶ à 3 x 10 ⁷ 10 ⁷	1,5 x 10 ⁸ 10 ⁸	120	80	
CAOUTCHOUC D'ETHYLENE-ACRYLATE DE METHYLE VAMAC (**)	6 DE 1285 DE 857	60 80	4 x 10 ⁶ à 5 x 10 ⁷ 3 x 10 ⁶ à 4 x 10 ⁷	4 x 10 ⁸ 4 x 10 ⁸	175	135	Résistance modérée à bonne selon les huiles et graisses envisagées
CAOUTCHOUC DE SILICONE (MVQ / MPVQ)	SL 1010 SL 1000 7 SL 1110	50 70 70	10 ⁶ 10 ⁶ à 6 x 10 ⁶	5 x 10 ⁶ 5 x 10 ⁷	250 225	200 180	
CAOUTCHOUC NITRILE (NBR)	PB 6519 PB 7017	65 70	10 ⁷ 8 x 10 ⁶ à 4 x 10 ⁷	10 ⁸ 2,5 x 10 ⁸	125	80	
CAOUTCHOUC POLYACRYLIQUE (ACM)	DA 80	80	10 ⁷	10 ⁸	150	120	Bonne tenue
CAOUTCHOUC FLUOROCARBONÉ (FPM)	DF 8017	80	3 x 10 ⁶ à 2,5 x 10 ⁷	10 ⁸	250	200	
CAOUTCHOUC PERFLUORE KALREZ (**)	Selon Types	Selon Types	10 ⁶	5 x 10 ⁷	300	250	

(1) 1 Rad : 10⁻² Gray (Gy)

(2) DRC : Déformation rémanente après compression

Tenue aux Rayonnements et aux Températures

Le tableau ci-contre fournit :

- En A la liste des principaux caoutchoucs *Joinfranite* (*) utilisés dans les installations nucléaires.
- En B des indications sur leur résistance aux rayonnements; elles résument des résultats d'irradiation aux rayons γ effectués dans l'air et à température ambiante; elles donnent la dose cumulée maximale en rads (I) que peut supporter le matériau pour conserver son aptitude à une fonction d'étanchéité. Ces doses maximales sont estimées soit par rapport à l'évolution des propriétés de traction soit par rapport à la DRC (?), ce qui correspond à des emplois différents.

Ces résultats proviennent de diverses Sources parmi lesquelles :

- des irradiations réalisées spécialement sur produits du *Joint Français* et à l'initiative de celui-ci.
- des irradiations réalisées sur produits du *Joint Français* et avec ou sans son concours par des organismes officiels et centres de recherches (CERN, GEQ-ORIS, etc...) ou par des utilisateurs.
- des résultats plus généraux sur le comportement des élastomères des diverses familles chimiques, tirés de la littérature scientifique et technique ou de communications privées.

Pour les caoutchoucs *Joinfranite* (*) indiqués en bistre, qui sont des qualités surveillées, spécialement formulées pour applications nucléaires, nous disposons de fiches comportant certificat d'irradiation et résultats chiffrés détaillés. Ces fiches sont adressées sur demande.

Pour les irradiations par flux de neutrons, on pourra retenir en première approximation les équivalences suivantes par rapport au rayonnement :

1 neutron rapide équivaut à :
 4×10^9 rad

1 neutron thermique équivaut à :
 3×10^{10} rad

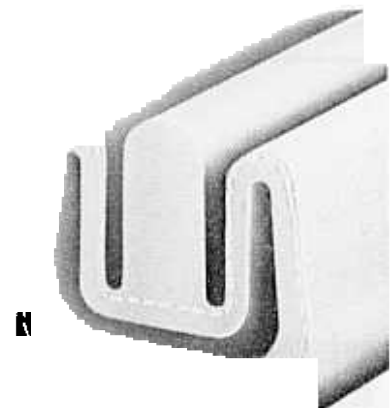
- En C les températures maximales en service de courte durée (jusqu'à une centaine d'heures) ou en service prolongé (quelques milliers d'heures) dans l'air et en l'absence de rayonnement. Sous irradiation, ces températures se trouvent réduites en fonction de la dose intégrée d'irradiation.
- En D des indications qualitatives relativement à la tenue des diverses *Joinfranites* (*) dans les huiles ou les graisses minérales.

Toutes les valeurs chiffrées figurant au tableau sont seulement indicatives.

L'extrême diversité des conditions d'utilisation et l'effet de synergie produit sur le vieillissement des caoutchoucs par l'application simultanée de plusieurs facteurs de vieillissement (par exemple irradiation + température) nécessitent une étude particulière à chaque cas pour choisir le caoutchouc le mieux adapté. Ne pas hésiter à nous consulter.

Pour des emplois statiques, lorsque l'irradiation prévue entraîne des doses cumulées supérieures à 10^9 rads, ou si les températures sont trop élevées, il sera nécessaire de recourir aux joints métalliques *Met'o-ring* (*) ou *Met'x* (*).

(I) 1 rad 10^{-2} Gray (Gy)



Tenue à l'eau déminéralisée

Pour éviter la pollution de l'eau et la corrosion des surfaces métalliques en contact avec les joints, la *Joinfranite** la plus recommandée dans le passé était le S 6510 homologué par le C.E.A. en 1961 et qui a donné satisfaction pour des emplois jusqu'à 80°C.

La disponibilité de nouvelles matières permet actuellement de proposer les *Joinfranites** EP 7017 et EP 8517 ayant une inertie améliorée vis-à-vis de l'eau déminéralisée, une possibilité d'emploi à

températures plus élevées ainsi qu'une meilleure tenue au rayonnement.

Dans certains cas particuliers, on peut avoir recours au SL 1000 ou SL 1010.

Les joints métalliques *Met'o-ring** et *Met'x**, notamment en acier inoxydable, conviennent parfaitement à cette application.

marque déposée "LE JOINT FRANÇAIS"
* marque déposée "DUPONT DE NEMOURS"

Tenue à l'eau lourde

Les meilleurs résultats ont été obtenus avec la *Joinfranite* BU 652 qui présente le double avantage de ne pas polluer le milieu et d'éviter toute déperdition d'eau lourde par transformation en eau légère.

En deuxième choix, le S 6510 ou le PB 6519 peuvent être utilisés.

En cas d'irradiation importante, une autre possibilité est l'emploi d'un caoutchouc d'éthylène-propylène tel que l'EP 8517 ou d'un joint métallique *Met'o-ring**.

Tenue au gaz carbonique (CO₂) sous pression

Des recherches approfondies conduites en collaboration avec le Commissariat à l'Énergie Atomique et l'E.D.F., et complétées par l'expérience des réacteurs de la filière graphite-gaz, ont permis

d'apporter des solutions à ce difficile problème.

Le choix de la *Joinfranite** convenant le mieux est essentiellement fonction de la température et de la pression de service.

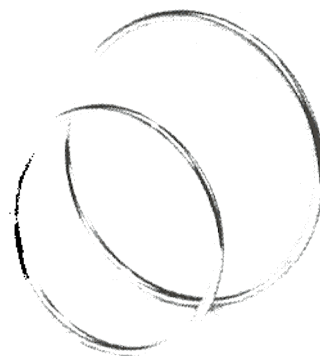
Le tableau ci-dessous regroupe nos recommandations et les résultats d'essais de compression/décompression dans le gaz carbonique.

Pression maxi de CO ₂ (Bars)	Températures limites, °C	Joinfranites* recommandés	Temps pour le retour aux cotes initiales après compression (2)
250	200 à 250	SL 1000	100 bars/200°C : 20 minutes
250	120 à 200	DF 150	100 bars/150°C : pas de variation des cotes
100	80 max.	SE 60 (1)	100 bars/ 80°C : 13 minutes
60	70 max.	SE 60 (1)	60 bars/ 70°C : 7 minutes
		EP 7017 EP 8517 EP 9017	60 bars/ 70°C : 10 heures 25 bars/ 23°C : 24 heures
		PB 95	60 bars/ 70°C : 20 heures 25 bars/ 23°C : 20 heures

(1) composition brevetée

(2) Conditions de l'essai :

Des éprouvettes en forme de cube de 20 mm de côté sont exposées au gaz carbonique à une pression et à une température spécifiées, pendant un temps suffisant pour qu'il y ait saturation du caoutchouc par le gaz. Puis la pression est relâchée dans un temps de quelques minutes, ce qui s'accompagne en général d'une augmentation de volume. On mesure le temps nécessaire pour que l'éprouvette recouvre ses dimensions initiales.



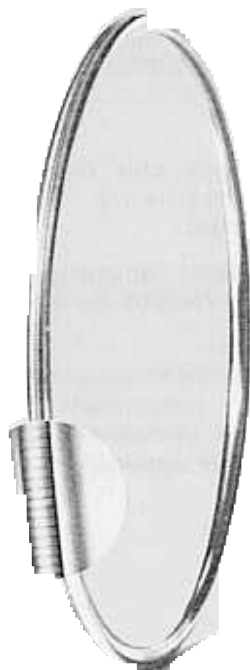
Résistance à des produits spéciaux

Sodium et autres métaux ou alliages alcalins

La résistance des caoutchoucs à ces produits est possible seulement lorsqu'ils se présentent sous forme d'aérosol ou que le contact est très bref. Par expérience, les *Joinfranites** suivantes peuvent être proposées :

- SL 1000 pour une température maximale de 220°C
- D 660 pour une température maximale de 180°C

Pour des températures plus élevées ou des contacts prolongés, des joints métalliques doivent être utilisés (*Met'o-ring** ou *Met'x**).



Amidure de potassium NH₂K

Antérieurement à l'apparition des caoutchoucs d'Éthylène - Propylène, le BU 801 a été employé de façon satisfaisante dans cette application.

Nous recommandons actuellement dans ce cas, l'EP 8517 utilisable pour des températures jusqu'à 150°C.

Pour des conditions plus sévères, des joints métalliques doivent être utilisés (*Met'o-ring** ou *Met'x**).

Tenue aux liquides de décontamination

Mélanges TBP - Dodécane

La tenue des caoutchoucs à ce type de mélanges est très dépendante de la proportion entre les deux constituants; dans certains cas, le gonflement passe par un maximum très important pour des proportions d'environ 50/50.

Pour de telles proportions et jusqu'au rapport plus usuel de TBP 30/ Dodécane 70, nous conseillons nos *Joinfranites*(*) U70 et U80 qui conviennent jusqu'aux températures d'environ 100°C.

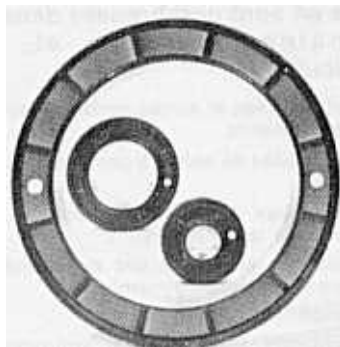
Pour des températures supérieures, un produit nouveau, le 8DF 1434 permet de travailler jusqu'à 180°C maximum.

Pour les applications critiques, l'emploi des caoutchoucs *Kalrez*(**) est conseillé.

Mélanges Acide Nitrique + TBP + Dodécane

Le meilleur choix dans ce cas est le 9HY 59 et, aux températures plus élevées, le 8DF 1434 et égale-

ment les *Kalrez*(**) sur une plage de température plus étendue.



Une solution joint métallique peut également être envisagée dans ces différents cas (*Met'o-ring** ou *Met'x**).

Hexafluorure d'uranium UF₆

Joints montés en brides sur circuits (étanchéité AIR-UF₆ dopé ou non).

Dans ce cas, nous recommandons

- le D 609 jusqu'à 130°C
- le PB 6519 jusqu'à 80°C

Joints baignant dans le flux d'UF₆

Les *Joinfranites** habituellement conseillées sont:

— l'EP 706 ou le 6 EP 232 jusqu'à 140°C.

Et dans le cas où une adsorption minimale d'UF₆ est exigée,

— le DR 648, jusqu'à 110°C.

Tuyauteries en caoutchouc pour circuits d'UF₆.

Nous recommandons une solution composite référence AH 60 (nous consulter).

Joints métalliques

Nos joints métalliques *Met'o-ring** et *Met'x** répondent à tous les cas d'emplois statiques, en présence d'UF₆.

En particulier, les joints à enveloppe d'aluminium pur conviennent parfaitement aux installations de séparation isotopique.

Vide

Joints en caoutchouc

En fonction de la qualité du vide recherché et de la température d'emploi, trois *Joinfranites** ont été principalement sélectionnées :

- Pour des vides de l'ordre de 10⁻⁵ torr et des températures de service continu jusqu'à 80-100°C : PB 6519
- Pour des vides de 10⁻⁷ à 10⁻⁸ torr et des températures jusqu'à 130°C : D 609.
- Pour des vides de 10⁻⁷ à 10⁻⁸ torr et des températures jusqu'à 200°C : DF 8017.

L'obtention d'un très bon vide suppose un soin particulier et dépend de nombreux facteurs parmi lesquels on peut citer:

La forme, la section et les caractéristiques de montage du joint (état de surface du joint et des brides, géométrie des gorges, serrage du joint) et une propreté méticuleuse de toute l'installation et des joints.

Pour assurer une meilleure fiabilité dans les applications de vide et permettre d'obtenir plus rapide-

ment le niveau du vide désiré, nous pouvons fournir des joints lavés, dégazés à chaud sous vide et conditionnés sous sachets plastiques étanches. Ce traitement spécial est à demander sous l'appellation « conditionnement nucléaire ». Il n'est pas possible pour certains caoutchoucs.

Joints métalliques

Pour les montages statiques, le joint *Met'o-ring** est un excellent joint de vide, supportant l'étuvage à haute température, ne dégazant pas, et permettant d'obtenir des débits de fuite inférieurs à la limite de sensibilité des détecteurs à hélium.

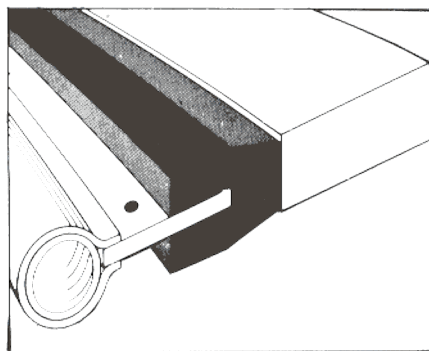
Nous recommandons :

- pour les emplois jusque vers 200°C avec des efforts de serrage minimaux : *Met'o-ring** à enveloppe aluminium,
- au-delà de 200°C (et jusqu'à 700°C) : *Met'o-ring** à enveloppe cupronickel, ou inox + argent,
- le joint *Met'x** est également un excellent joint de vide utilisable dans les conditions d'emploi les plus sévères.

Joints

à double étanchéité

Des joints réalisant une double barrière d'étanchéité avec possibilité de détection et de mesure de fuites dans l'espace intermédiaire ont été mis au point tant en version « tout en caoutchouc » qu'en version mixte « métallique-caoutchouc », dans laquelle un joint *Met'o-ring** est associé de façon rigide avec un joint en caoutchouc *Joinfranite** selon le dispositif ci-dessous (breveté France et Etranger).



Jointts gonflables

Les jointts pneumatiques gonflables et rétractables *Membramatic** constituent une solution simple et efficace pour assurer l'étanchéité d'installations comportant des éléments mobiles avec éventuellement des jeux importants. Ils absorbent les irrégularités de construction et les déformations subies par les différentes surfaces constituant l'ensemble à étancher.

Ils permettent des cycles répétés d'ouverture et de fermeture de portes, batardeaux, etc... sans nécessiter d'efforts puisqu'il suffit de manoeuvrer l'élément mobile, de le positionner et de le bloquer (sans réaction du joint), puis seulement de gonfler le joint; la pression du fluide de gonflage à l'intérieur du joint permet alors d'assurer l'étanchéité.

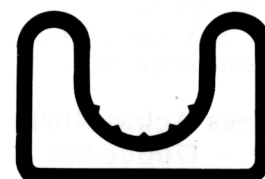
Ces jointts s'emploient en statique le plus souvent, mais parfois aussi en dynamique, pour étancher des gaz ou des liquides et vis à vis de la pression ou du vide. Les applications en sont nombreuses dans le domaine nucléaire et en particulier:

- Portes de sas et autres portes étanches des bâtiments,
- Etanchéités de boîtes à gants et cellules actives,
- Batardeaux de piscines (réacteurs ou usines de retraitement),
- Bouchons tournants des surrégénérateurs (application dynamique),
- Immobilisation de barres,
- Récipients sous vide ou atmosphère contrôlée (fours, étuves, certains accélérateurs, etc...),
- Isolement de certaines parties des installations (pendant les périodes d'arrêt ou d'entretien),
- Etanchéité des jupes de protection pour les conteneurs de transport des combustibles irradiés,
- etc.

Ces résultats peuvent être obtenus le plus souvent par la combinaison de formes et d'accessoires standards, et de certains des matériaux standards dont les propriétés figurent au tableau de la page 4.

Sur demande, nous étudions tout problème particulier avec si besoin création de formes et mise au point de caoutchoucs particulièrement adaptés.

Pour plus de détails sur les formes disponibles, les conditions d'emploi et les montages, consulter notre catalogue "*Membramatic - Jointts Gonflables*".



Jointts confectionnés

Des jointts spéciaux ou des ensembles d'étanchéité peuvent être réalisés à partir de feuilles de caoutchouc ou de tissus gommés (supports textiles enduits de caoutchouc).

De telles réalisations sont possibles à partir de certaines des *Jointfranites** figurant au tableau de la page 4; elles sont très variées tant en ce qui concerne le type d'application que la dimension des pièces réalisées (jusqu'à plusieurs dizaines de mètres de long).

Exemples de réalisations:

- Soufflets de raccordement pour pompes actives (ORIS - CEN SACLAY),
- Manchons de dilatation pour tubes de transfert (réacteurs PWR 900 MW),
- Jointts d'isolement pour piscines d'usine de retraitement (MARCOULE MAR 400),
- Bâches d'isolement pour réservoirs à eau déminéralisée (Centrales PWR).

Le Service Technique du *Joint Français* peut assurer l'étude complète de ce type de pièce d'étanchéité.

* marque déposée "LE JOINT FRANÇAIS"

Caoutchoucs liquides vulcanisant à froid

Le Département PRC du *Joint Français* dispose de "Mastics d'étanchéité" (caoutchoucs liquides vulcanisant à température ambiante) qui constituent souvent une solution élégante pour certains problèmes d'étanchéité des bâtiments ou d'installations telles que: boîtes à gants, orifices de visite, pièces de chaudronnerie, etc.

Des informations sur la tenue aux rayonnements de certains de ces produits sont disponibles.

LE JOINT FRANÇAIS



Département Produits et Marchés Spéciaux
84-116, rue Salvador Allende, 95870 BEZONS
Tél. (1) 34.23.34.23 - Fax (1) 34.23.34.96 - Télex 605 261 F