

Version Française

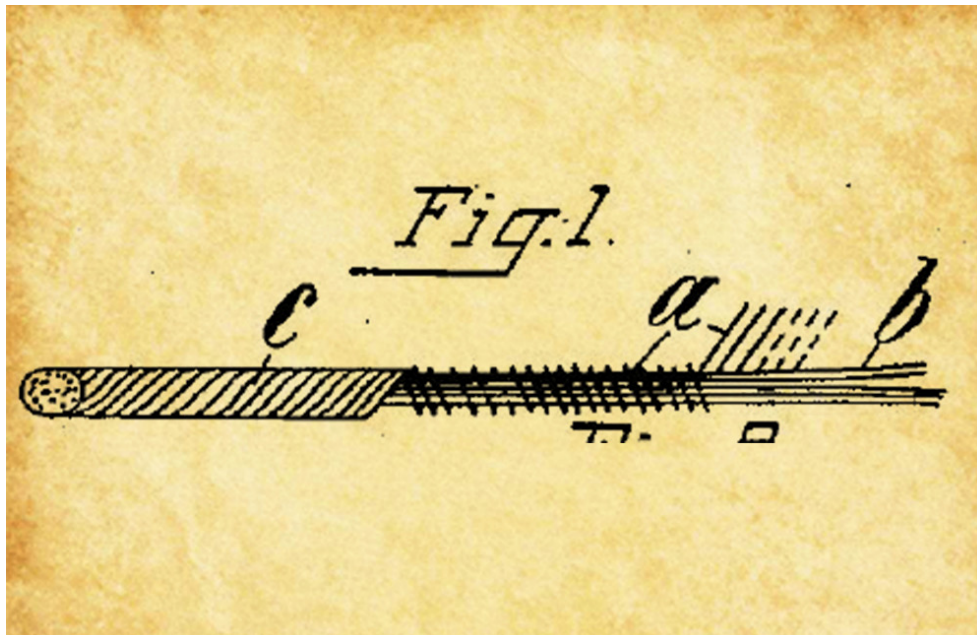


Jacques Jumeau

Histoire des techniques liées au chauffage.

## Chapitre 11

### Introduction historique aux résistances chauffantes flexibles en feuilles d'élastomère de silicone



L'apparition, dans les années 1960/70 de ce type de résistances chauffantes, maintenant universellement utilisées est due à la conjonction du développement de plusieurs techniques : celle de la vulcanisation d'élastomères sur des fibres textiles ou des conducteurs électriques, celle de fabrication des tissus de verre, celle de la fabrication du silicone, celle de l'enduction de silicone sur les tissus de verre.

Les premiers essais de fils chauffants vulcanisés dans un élastomère, en l'occurrence du caoutchouc datent des premières années du 19<sup>ème</sup> siècle, et le tarif des droits publié au journal officiel du 5 Août 1912 énonce des « tapis chauffants électriques en tissu caoutchouté servant d'isolant à une résistance électrique »

La fabrication du tissu de verre remonte semble-t-il à 1893, date à laquelle furent confectionnées deux robes, la première pour une actrice, la seconde, qui doit encore se trouver dans un musée de Tolède, pour une princesse espagnole. Ce n'étaient là que de simples curiosités : le tissu était lourd, d'une coupe difficile ; il irritait la peau et ne supportait pas de nombreux plis ; la robe ne pouvait se porter qu'avec un sous-vêtement en soie épaisse. A cette époque, les fibres de verre étaient en effet obtenues par un procédé qui ne différait guère de celui qu'on employait pour obtenir la soie de verre des laboratoires : on étirait une baguette de verre fondue à une de ses extrémités, d'abord à la main, puis par enroulement sur un tambour animé d'un mouvement de rotation rapide. Le diamètre de ces fibres, assez irrégulières, était au minimum de 25 microns. (1938 Le Génie Civil)

La fabrication industrielle de la fibre de verre est née de la nécessité où se trouvèrent les Allemands, dès le début de la première guerre mondiale, de trouver, pour fabriquer divers isolants, un succédané de l'amiante, produit qu'auparavant ils importaient en totalité. Dès 1915, l'usine Gossler, à Düsseldorf, fabriqua une soie de verre dont la finesse et la souplesse furent rapidement améliorées et qui, non seulement, put remplacer avantageusement l'amiante, mais encore put servir à fabriquer des plaques minces à fibres enchevêtrées, utilisées pour filtrer les gaz et les débarrasser des plus fines poussières. Tout d'abord, le procédé de fabrication ne différait pas essentiellement de celui, intermittent, de l'étirage de baguettes à la main et au tambour ; mais, en 1931, à la suite de nombreux tâtonnements, on parvint à rendre la fabrication entièrement mécanique et continue, en utilisant un jet de vapeur.

En 1937, deux usines, l'une en Allemagne, l'autre aux Etats-Unis, pouvaient fabriquer couramment des fibres de verre de moins de 5 microns. A cette date, en dehors des tissus d'ameublement, les fils de soie de verre ne servaient qu'à fabriquer des isolants poreux, électriques, acoustiques ou thermiques, des filtres, des joints et garnitures et des ciments plastiques.

La description des procédés de fabrication, dont la mise au point prit plus de 3 ans fut décrite en Juillet 1938 dans un article de M. J. H. Plummer de l'Owens-Illinois Glass Co, de Newark, Ohio, (paru dans Industrial and Engineering Chemistry), puis en Août de la même année dans un article de M. Th. R. Olive, (paru dans Chemical and Metallurgical Engineering) (1938 Le Génie Civil)

Cette nouvelle matière textile isolante, qu'il était possible de tisser, qui fut nommée « silionne », révolutionna la fabrication des éléments chauffants souples. Inventée et produite tout d'abord aux USA par Owens Corning elle apparut en France en 1938, mais ce n'est que vers 1952-1954 que cette fibre sera produite industriellement sous licence en France. Cette fibre souple, (aussi nommée soie de verre parce que le diamètre des filaments était similaire à celui de la soie), est formée à partir de verre fondu à 1300°C, extrudé et étiré en filaments (brins) d'un diamètre moyen de 5 à 9 microns réunis en fils simples de 100 à 600 filaments. Ces fils simples sont alors regroupés en « retors » pour constituer des cordonnets formant l'âme des résistances chauffantes souples, ou le guilage des fils électriques.

Parmi les premières applications on peut nommer son usage, dans le renforcement des plastiques, lorsqu'en 1941 commença la réalisation d'un avion en fibre de verre enduite. Le fuselage fut construit en premier lieu et s'est révélé, au cours des essais de résistance

statique, 50 pour cent plus résistant qu'un fuselage classique en métal. Un appareil de cette construction a accompli 500 heures de vol, en majeure partie dans les régions arctiques, pendant la saison hivernale. Le matériau était composé de 50 pour cent de fibre de verre et de 45 pour cent de résine. Le tissu en fibre de verre était imprégné de résine plasko « 911 » (l'Aviation française 16 Juillet 1947)

Excellent isolant électrique, ininflammable, résistant à des températures élevées, la silionne fut aussi tressée et tissée et servit aussi dès son apparition à la fabrication de feuilles et de tissus. Dès 1948, les tissus de verre furent utilisés par les établissements Tentation dans la fabrication des couvertures chauffantes, comme certains constructeurs américains le faisaient déjà. Elle remplaça aussi rapidement de nombreuses applications de l'amiante, dont l'âme des conducteurs autour de laquelle étaient spiralés les fils conducteurs des cordons chauffants.

Développés dès 1940 avec un isolant en caoutchouc, des tissus flexibles furent rapidement utilisés pour le dégivrage des ailes d'avion.

A la même époque apparut l'élastomère de silicone.

Inventé par Dow Corning aux USA peu avant la 2ème guerre mondiale, et porté à la connaissance du public dès 1944, le caoutchouc de silicone fut d'abord réservé aux applications militaires. Rhône Poulenc commença à produire expérimentalement des silicones (le Rhodorsil) à Lyon en 1948, puis ouvrit son usine de Saint Fons près de Lyon en 1954. Cet élastomère fut tout d'abord utilisé pour imprégner des gaines en fibre de verre tressée, permettant aux petits moteurs électriques de fonctionner à une température plus élevée. La soie de verre résistait très bien à la chaleur. Son imprégnation au silicone lui conférait une bonne imperméabilité et une résistance à beaucoup d'agents chimiques. (1954 Mecis, Ultimheat catalog)

En 1949, l'ingénieur Earl.L Warrick de Dow Corning USA développa un élastomère de silicone comportant un faible pourcentage de d'oxyde de fer (moins de 2%), afin d'en améliorer la tenue en température. Ce faible pourcentage colorait le silicone en brun orangé. (Brevet US 2.541.137). D'abord aux USA, dès 1952, puis en 1953 en France, Dow Corning breveta une technique de calandrage permettant de déposer une couche de caoutchouc ou de silicone partiellement vulcanisé sur un support textile. Cette technique permettait de faire des feuilles et des rubans dont l'adhésion sur un support ou sur un fil chauffant pouvait être réalisé de manière simple par un chauffage ultérieur. Cela ouvrait la voie aux éléments chauffants souples en élastomère de Silicone et autres résines vulcanisables à chaud. (Brevet français 1.090.190)

En 1960 la Compagnie Française Thomson-Houston, déposa en France le brevet américain de William Joseph Bobear (Brevet US General Electric 3,053,687). Ce brevet améliorait l'enduction des tissus en fibre de verre avec des élastomères de silicone, pour réaliser une meilleure adhésion et une plus forte résistance à l'allongement. Ce procédé permettait aussi la réalisation de bandes partiellement vulcanisées qu'il était possible de presser ensemble à chaud pour les rendre solidaires.

Au début 1960, suivant en cela le développement des élastomères PVC et silicone, apparurent les premières résistances chauffantes souples à usage industriel en forme de rubans et de plaques, dont l'isolation principale était réalisée par une résine élastomère polymérisée ou vulcanisée autour d'un fil chauffant. Les élastomères, utilisés étaient le PVC, le caoutchouc, le néoprène, le silicone.

On trouvait alors des toiles tissées, réalisées avec une nappe dont la chaîne était en amiante et la trame en Ni-Cr ou en constantan, noyée dans un gel de silicone. Ces blocs souples se fabriquaient dans une épaisseur de 2,5 à 5 mm, en format rectangulaire (max. de 0,90 x 0,20 m) ou carré (max. de 0,50 x 0,50 m), avec des puissances surfaciques variables, de 0,4 à 1 W/cm<sup>2</sup>. Leur température maximale était de l'ordre de 250°C.

En 1960/1961 la solution technique finale apparut : l'utilisation de fils chauffants non isolés repris en sandwich entre des plaques d'élastomères de silicone armé de fibres de verre, puis vulcanisé. La toile en fibre de verre procure la résistance mécanique ; le silicone l'isolation électrique tenant en température ; et la vulcanisation le lien

indestructible entre ces éléments L'ensemble forme alors une feuille chauffante étanche. Le constructeur français de couvertures chauffante Méneret pouvait alors écrire : « toutes nos couvertures chauffantes sans exception sont équipées de résistances spéciales isolées sous canaux totalement invisibles ».

Cette technologie n'eut pas de débouchés dans les couvertures chauffantes domestiques en raison du prix des résines silicone. De plus la tenue en température élevée n'était pas nécessaire pour cette application.

Mais cette technique fit naître la branche des résistances plates flexibles à haute température pour les applications industrielles.

Depuis cette date sont apparues diverses manières de réaliser le réseau chauffant :

- par des conducteurs spiralés : la solution la plus ancienne, mais qui donne la plus grande flexibilité ;
- par une fine feuille métallique découpée à l'acide, un procédé proche de celui de la fabrication des circuits imprimés, mais dont la flexibilité est limitée (Inventé vers 1969) ;
- par l'impression d'un circuit avec une encre conductrice, flexible mais avec une faible tenue en température.

Sont aussi apparues des colles à haute tenue en température (FEP, acryliques) permettant de remplacer la vulcanisation des élastomères, et qui sont en particulier adaptées à l'utilisation de feuilles en polyester (PET), polyimide (PI), polycarbonate (PC) et autres, permettant de colaminer les différentes couches des éléments flexibles et de réaliser des éléments extrêmement fins (jusqu'à 0.2mm pour des modèles en polyimide de type Kapton).