

## Gutta-percha

La gutta-percha est une substance voisine du caoutchouc, mais peu élastique, qui sera découverte en 1832 à Singapour par un aide-chirurgien anglais, William Montgomerie. Ce matériau est sécrété par un arbre, le Palaquium gutta, ainsi que par des espèces voisines. Montgomerie introduira la gutta percha en Europe en 1843, où elle a permis de fabriquer la première balle de golf (1845), avant de jouer, dès 1850, un rôle essentiel dans le développement des câbles télégraphiques, puis ceux du réseau haute tension, pour tous les niveaux de tension.

Aujourd'hui, ce produit est surtout utilisé par les dentistes...

## Les polymères

Les polymères (appelés *plastiques* dans la vie courante), formés par assembles d'un grand nombre de monomères identiques, se répartissent en deux grandes catégories :

- les *thermoplastiques*, structures chimiques à deux dimensions qui se ramollissent plus ou moins lorsque la température augmente, cela de manière quasiment réversible. Inversement, lorsque la température baisse, les thermoplastiques passent par une *transition vitreuse* et deviennent alors tout à fait rigide. En général la transition vitreuse des plastiques utilisés quotidiennement survient à une température  $T_v$  plus élevée que la température ambiante :

Polymère	$T_v$ [°C]
Teflon (polyfluoroéthylène)	327
Polycarbonate	145
Plexiglas (polyméthyl métacrylate)	114
Polystyrène	100
PVC (polyvinyle chloride)	85
PET (polyéthylène téréphtalate)	76
Nylon	47

Toutefois, certains thermoplastiques, font exception et sont utilisés pour leur souplesse à température ambiante, en particulier comme emballage :

Polymère	$T_v$ [°C]
Polyéthylène	-78
Polypropylène	-10

Les principaux thermoplastiques utilisés comme isolants en haute tension sont le polystyrène (isolation de condensateur), le polyéthylène (PE) que l'on trouve sous différentes formes – polyéthylène basse densité (LDPE) ou haute-densité (HDPE), ainsi que le polyéthylène réticulé (XLPE) – et le teflon, très cher, et surtout utilisé pour des câbles moyenne tension qui sont soumis à des contraintes de dimensionnement ; le teflon supporte en effet des champs électriques très intenses tout en présentant une certaine souplesse.

Certains thermoplastiques synthétiques ont été développés spécialement pour leur résistance à la chaleur. Ils servent de substituts à l'amiante et à la cellulose. Ces produits sont connus sous leurs noms commerciaux : Nomex, Kevlar, Prespan..., et sont couramment utilisés en haute tension, en combinaison avec des huiles isolantes (du fait de leur porosité).

- les *thermodurcissables*, structures chimiques à trois dimensions, qui durcissent de manière irréversible lorsque la température augmente, sous l'effet d'une réaction chimique particulière. Beaucoup de ces matériaux sont appelés *résines* mais pour ces dernières, la réaction chimique qui assure le durcissement peut être induite par un catalyseur.



Transformateur de mesure isolé à la résine

De telles résines sont utilisées en haute tension pour « noyer » un dispositif dans l'isolant, comme on le fait par exemple pour des transformateurs de mesure. De telles isolations ne demandent aucun entretien et durent des dizaines d'années, tout au moins en utilisation intérieure. En revanche, à l'extérieur, les résines subissent une corrosion due aux effets combinés du champ électrique et des variations météorologiques. Elles ont en outre l'inconvénient de présenter des pertes diélectriques relativement importantes, et excluent toute possibilité de réparation de l'objet.

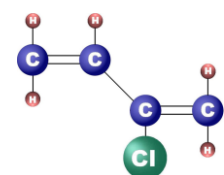
## Les élastomères

Les élastomères sont caractérisés par leur élasticité exceptionnelle. Il existe des élastomères thermoplastiques, qui présentent une transition vitreuse à une température inférieure à la température ambiante, et des élastomères thermodurcissables ou chez lesquels le durcissement est obtenu par un catalyseur.

Le caoutchouc naturel est un élastomère tiré d'une sécrétion de latex produite par l'hévéa, un arbre originaire d'Amazonie, exploité depuis 3000 ans. Toutefois, le caoutchouc naturel se comporte comme un liquide visqueux et collant, tant qu'il ne subit pas une vulcanisation : procédé thermochimique de pontage des chaînes du polymère (en présence de soufre), qui permet d'en faire un solide élastique. La plus remarquable propriété du caoutchouc est en effet son *élasticité*, soit la capacité de s'allonger de plus de 600%, et de manière réversible, sous l'effet d'une force extérieure. Les pneus des voitures constituèrent la première application industrielle du caoutchouc.

La demande croissante en élastomères a conduit à l'élaboration de caoutchoucs synthétiques, dont il existe trois principales sortes :

- le Néoprène, qui est le nom commercial de la famille des polychloroprènes, a été obtenu par polymérisation du chloroprène pour la première fois en 1931 aux États-Unis. Le Néoprène, vingt fois plus cher que le caoutchouc synthétique, est en particulier utilisé comme joint d'étanchéité, du fait qu'il résiste bien aux huiles et aux graisses ; mais sa résistance à toutes



Chloroprène

sortes de produits corrosifs le prédisposent à de nombreuses applications, telles des combinaisons vestimentaires professionnelles, des bottes, des gants, des récipients, des boîtiers d'appareils, etc.

- Le SBR (*styrene-butadiene rubber*) a été développé en Europe à partir de 1955, pour concurrencer le Néoprène. Certaines de ses variantes présentent une très bonne résistance mécanique ce qui en fait un matériau de choix pour les pneumatiques des voitures.
- l'EPR (*Éthylène-Propylène-Rubber*) a également de nombreuses applications et il est couramment utilisé comme isolation des câbles à haute tension, et même à très haute tension. Sa température  $T_v$  de transition vitreuse se situe vers  $-50^{\circ}\text{C}$ .

## EPR contre XLPE

Le caoutchouc synthétique de type EPR s'est imposé dès la fin des années 70 dans les réseaux moyenne tension (MT) et haute tension (HT), pour l'isolation des câbles.

**Avantages de l'EPR**

- sa flexibilité ;
- sa bonne tenue thermique ( $\rightarrow 120^{\circ}\text{C}$ ) ;
- peu sujet aux arborescences d'eau.

**Inconvénients de l'EPR**

- fabrication et mise en forme relativement complexe
- pertes diélectriques 4 à 5 fois plus élevées.



Câble 12 kV à isolation XLPE

Aujourd'hui, les fabricants préfèrent offrir des câbles XLPE, du fait que la fabrication en est plus simple. Cette situation ne fait pas le bonheur des exploitants de réseaux électriques, qui déplorent le manque de flexibilité de ces câbles (difficultés lors de la pose) et leur température de fonctionnement limitée à  $90^{\circ}\text{C}$  (problème en cas de surcharge momentanée du réseau).

## Polymérisation

La *polymérisation* est un processus au cours duquel des molécules de relativement petite taille se lient les unes aux autres pour former des chaînes. Il s'agit essentiellement d'un processus chimique obtenu par des réactifs appropriés, dans des conditions de température spécifiée. La polymérisation est généralement obtenue par un processus chimique, en présence de catalyseurs appropriés et dans certaines conditions de température.

Le *degré de polymérisation* est quantifié par le nombre de monomères présents dans les chaînes du polymère. Ce nombre atteint généralement plusieurs milliers.

## Réticulation

La *réticulation* consiste en un branchement de chaînes de polymères entre elles, par des ponts ou des liaisons chimiques, sous l'action par exemple de radiations, et cela afin de constituer un réseau de masse moléculaire plus élevée. Le polymère réticulé présente des propriétés physico-chimiques différentes du polymère initial.

On caractérise l'efficacité du processus par le *taux de réticulation* : fraction d'unités de la chaîne effectivement pontées, par rapport au nombre total d'unités.

Les câbles à haute tension sont souvent isolés au polyéthylène réticulé (XLPE = *Cross-linked polyethylene*). Il présente l'avantage de supporter des températures plus élevées que le polyéthylène non réticulé. Selon le procédé utilisé, le taux de réticulation va de 70% à 90%. Le caoutchouc synthétique EPR peut aussi être réticulé.