

LA RELAXATION DE L'ELASTOMERE

LA RELAXATION EST LA FATIGUE A LONG TERME D'UN CAOUTCHOUC UTILISE NOTAMMENT COMME JOINT D'ETANCHEITE DES TUYAUX. CETTE ETUDE DEFINIT LE CHOIX ET L'UTILISATION D'UN CAOUTCHOUC.

INTRODUCTION : LA FONCTION D'UN JOINT DE TUYA

La propre fonction d'un joint de tuyaux pour garantir une étanchéité durable est de garder en mémoire le plus longtemps possible une pression de contact suffisamment haute du matériau élastique contre la paroi du tuyau.

- La mémoire d'un corps élastique à vouloir reprendre sa géométrie d'origine faiblit au fil du temps. Il en va de même pour la pression de contact nécessaire à l'étanchéité.
- Un élastomère d'étanchéité a donc une durée de vie limitée dans le temps. L'objet de cette étude est de savoir jusqu'où un caoutchouc reste efficace dans son rôle d'étanchéité.
- En fin de vie d'un réseau d'assainissement, des déficiences (entrées d'eau, contamination des nappes phréatiques, remplacements fréquents, infiltration de racines d'arbre en terrain sec) peuvent avoir de lourdes conséquences autant financières qu'environnementales. Que cette échéance soit repoussée au plus loin possible.
- Les tests normalisés soumis aux industriels fixent un pourcentage maximal de relaxation sur la force du caoutchouc soumis à la compression. La perte de poussée est définie à 20 % après 100 jours à 23 °C (EN 681-1) pour passer le test et être conforme.
- La durée normalisée du test par les institutions du caoutchouc a été choisie essentiellement selon le côté pratique de délai d'attente :

Une période de mesures de 100 jours est déjà considérée comme longue pour l'exploitant qui attend, mais cette période est extrêmement courte comparée à la durée de vie attendue (> 50 à 100 ans) d'un joint d'étanchéité placé dans des ouvrages souterrains.

- l'extrapolation des valeurs de laboratoire vers un résultat proche de la réalité est scientifiquement possible selon une certaine méthodologie. Les résultats comparatifs d'un caoutchouc à l'autre sont surprenants.

EXTRAPOLATION DE LA RELAXATION DANS LE TEMPS – COMMENT ?

Comment mesurer l'atténuation de la mémoire, au fil du temps jusqu'en fin de vie, d'un corps élastique servant de joint d'étanchéité ?

Quand s'arrête l'efficacité élastique d'un caoutchouc ?

Comment connaître les comportements de vieillissement de plusieurs caoutchoucs courants (ex. SBR, EPDM, etc.)

Avant de répondre à ces questions, voici quelques définitions à retenir pour la démonstration.

La **Relaxation** est la capacité vieillissante à exercer une poussée de réaction propre à son élasticité. Les institutions de contrôle ont défini un écrasement initial de l'élastomère neuf à 25 % de sa hauteur d'origine. F_0 est la force d'écrasement d'origine.

La **Poussée de réaction** est la contre-force (F) d'opposition exercée sur la paroi par l'élastomère en réaction à son écrasement. Celle-ci décroît à long terme.

En d'autres termes, la pression nécessaire à l'étanchéité qui faiblit petit à petit dans le temps est fonction de la relaxation de l'élastomère.

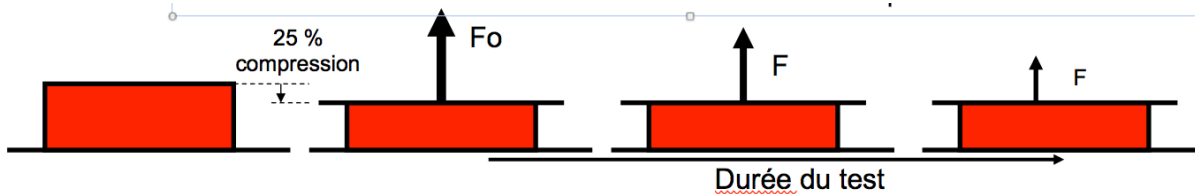
LA DETERMINATION DE LA DUREE DE VIE EST L'OBJET DE CETTE ETUDE.

F_0 est la force d'origine au début de l'écrasement

F est la force diminuée durant le test

Le rapport de ces forces F_0/F définit la relaxation

La relaxation est une variable fonction du temps

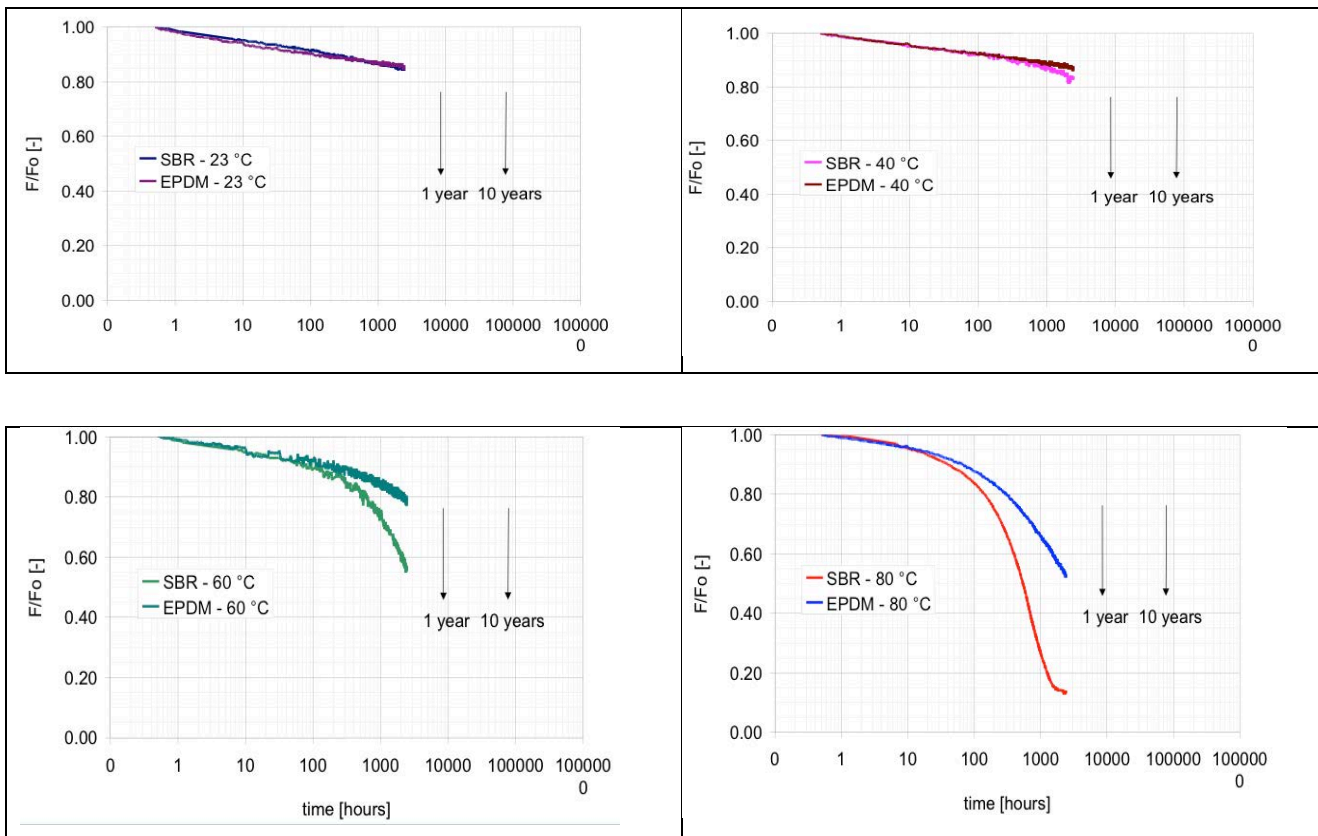


La température est un accélérateur de relaxation ce qui sera utile pour la suite des mesures

Plus le milieu d'un élastomère est chaud, moins durable sera son efficacité. Le paramètre essentiel du laboratoire pour accélérer le vieillissement sera la température. Les mesures de la relaxation se feront à différents niveaux de température : 23°C, 40°C, 60°C, 80°C.

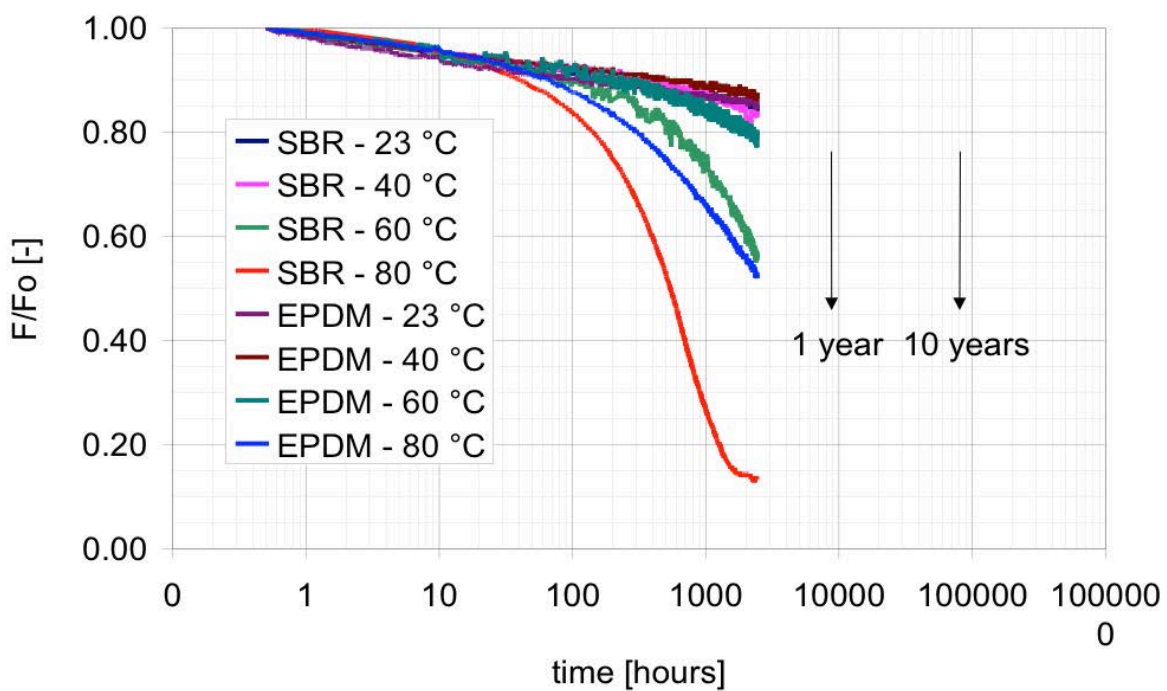
Le laboratoire choisit de connaître le comportement de deux caoutchoucs communs de même apparence mais de formule chimique différente : le copolymère styrène-butadiène (SBR) et le monomère éthylène-propylène-diène (EPDM).

A chaque relâche du vérin de pression, espacée dans le temps jusqu'à 100 jours, les forces de rémanence se révèlent décroissantes.



Les forces de rémanence sont d'autant plus faibles que le test est accéléré par des hausses de température.
 Les 4 tests sont effectués en parallèle sur la période de 100 jours ou 2400 heures.

SUPERPOSITION DES COURBES : OBSERVATIONS



- La température accélère le vieillissement de chacun des élastomères,
- L'écart de relaxation se creuse au détriment du SBR qui se révèle moins durable.

EXTRAPOLATION DES COURBES DE RELAXATION

Le vieillissement de l'élastomère répond à la cinétique d'une réaction chimique.

La simulation extrapolée en une longue période vers l'aboutissement de la relaxation évolutive, rendue possible grâce à des mesures à plus hautes températures, reflète scientifiquement le comportement du matériau selon un principe d'équivalence température / temps.

L'échéance de vie relève de la théorie d'Arrhenius

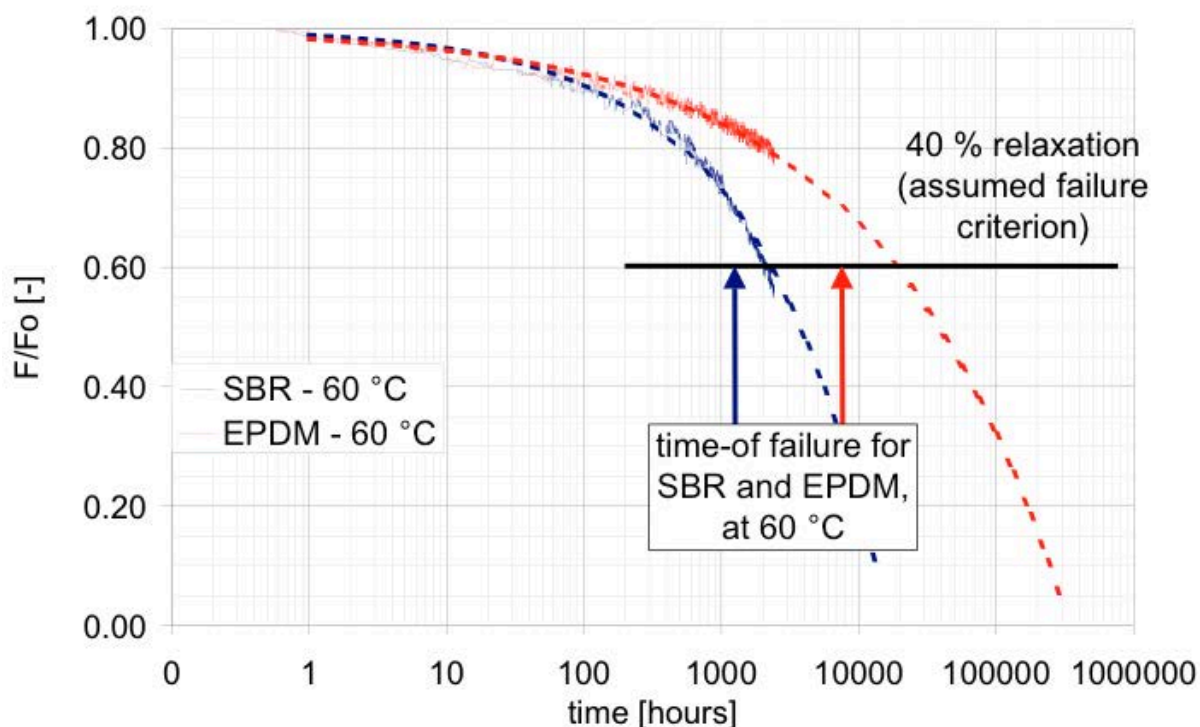
La théorie appliquée ici est celle d'Arrhénius. En cinétique chimique, la loi d'Arrhénius – prix nobel de chimie 1903 – permet de décrire la variation de vitesse d'une réaction chimique en fonction de la température.

La loi d'Arrhénius est une loi empirique, ce qui signifie qu'elle est fondée sur des résultats observés expérimentalement dans un grand nombre de cas.

La réaction chimique dans notre cas de figure choisi est la relaxation de l'élastomère.

Les courbes prolongées, par la théorie scientifique de l'extrapolation sur une échelle semi-logarithmique, nous conduisent jusqu'à 300 000 heures en abscisse.

En réalité le caoutchouc est plus souvent écrasé à 35% qu'à 25% de sa hauteur initiale ce qui va dans le bon sens de son efficacité durable dès sa mise en place. Pour interpréter au mieux les deux courbes extrapolées, prenons comme plausible à l'étanchéité, un critère de fin de vie à 40 % de relaxation à une température sévère de 60°C.



L'échéance fonctionnelle de chacun des élastomères est bien distincte sur le graphique semi-logarithmique ci-dessus.

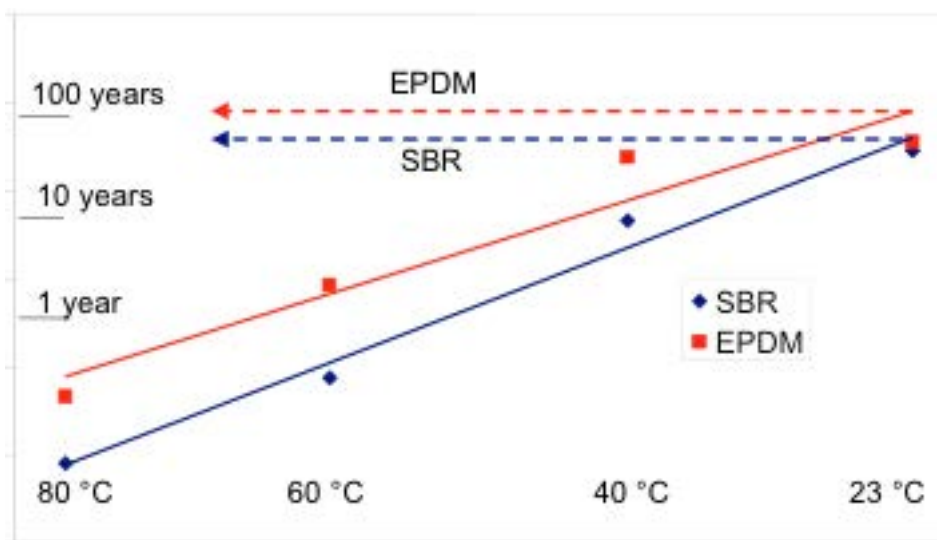
ECART DE VIE A L'ECHELLE ABSOLUE SELON LA TEMPERATURE

La lecture nous montre une longévité de 20 000 h pour l'EPDM et 2000 h pour le SBR (à 60°C en continu). L'écart est de 750 jours ou 2 années.

Le récapitulatif du diagramme semi-logarithmique ci-dessous retourné dans l'autre sens montre que de 80°C à 23°C, la longévité des élastomères augmente et que l'écart de vie à l'échelle absolue devient plus que très important.

En ordonnée sont reportées les années de vie avant la perte d'étanchéité définie, en abscisse sont indiquées les tranches de température.

Pour la température ambiante de 23°C, ce qui est plus courant dans la réalité, les longévités sont de 100 ans pour l'EPDM et 50 ans pour le SBR. L'écart de fonctionnalité est de 50 années.



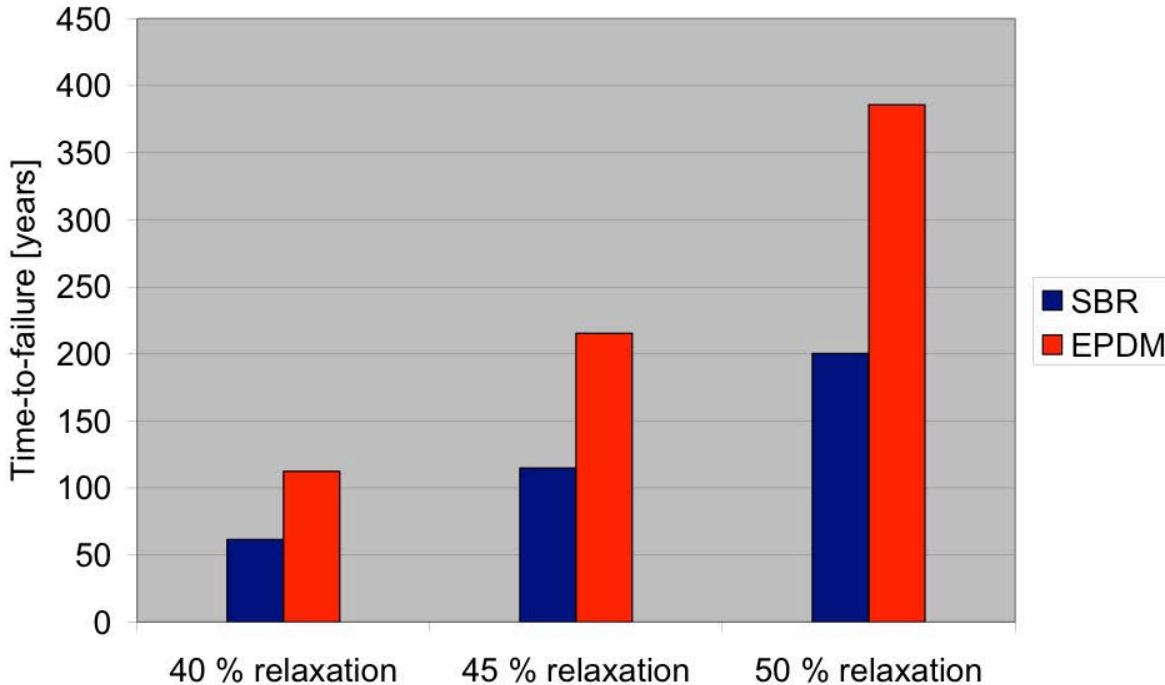
Echéance de vie estimée à la température de 23 °C :

100 ans pour l'EPDM

50 ans pour le SBR

LONGEVITES RESPECTIVES SELON LE DEGRE DE RELAXATION CHOISI COMME CRITERE DE FIN DE VIE

L'interprétation des abaques permet d'estimer la longévité si l'on tolère un degré de relaxation supérieure



Quelque soit le degré de relaxation finale choisi, l'EPDM sera opérationnel, dans son rôle de joint, toujours deux fois plus longtemps que le SBR.

CONCLUSION

- La simulation extrapolée en une longue période vers l'aboutissement de la relaxation évolutive, rendue possible grâce à des mesures à plus hautes températures, reflète scientifiquement le comportement du matériau selon un principe d'équivalence température / temps.
- Les résultats ont révélé des différences inattendues mais évidentes entre deux caoutchoucs communs que l'on ne pouvait pas percevoir lors des mesures à température ambiante jusqu'à 100 jours (norme européenne).
- Le monomère EPDM maintient son efficacité d'étanchéité deux fois plus longtemps que la formule du SBR.
- La formule chimiquement saturée de l'EPDM est la raison même de son comportement supérieur.
- Les conséquences sont significatives et appréciées pour son emploi dans l'assainissement
- **Gain économique :**
 - remplacements moins fréquents,
 - fuites d'eau épargnées.
- **Respect environnemental :**
 - contamination limitée des nappes phréatiques,
 - utilisation plus responsable des ressources naturelles.