

LA RETICULATION PAR IRRADIATION
D'UN PLASTIQUE TRADITIONNEL
VERS UN MATERIAU HAUTE
PERFORMANCE

D'UN PLASTIQUE TRADITIONNEL VERS UN MATERIAU HAUTE PERFORMANCE

Les matières plastiques ne sont pas seulement légères – elles s'utilisent également de multiples manières et sont faciles à former. La combinaison de ces trois atouts offre un potentiel colossal – surtout pour la construction légère.

Ce potentiel est considérablement renforcé par la réticulation par irradiation, qui modifie les caractéristiques physiques des matières traitées. Les plastiques optimisés grâce aux rayonnements bêta et gamma se prêtent aux applications les plus diverses, notamment dans les domaines de l'« e-mobilité ».

La construction légère, entre autres, permet de réduire au maximum la consommation de carburant et d'énergie dans les véhicules. Depuis plusieurs années, elle mise de plus en plus sur le plastique en tant que matériau éprouvé. En effet, selon le cabinet de conseil Frost & Sullivan, un véhicule en comportait environ 115 kg en 2019 contre environ 100 kg en 2009.¹

1. <https://www.automobil-industrie.vogel.de/fachmesse-k-alles-zu-kunststoffen-a-869585/>

Toutefois, les plastiques haute performance sont chers et le moulage par injection des pièces requiert des machines, des outils et des procédés extrêmement sophistiqués. En revanche, les plastiques standards et techniques bon marché ne résistent pas aux sollicitations auxquelles ils sont exposés, comme les températures élevées ou les environnements rudes. Or, la réticulation par irradiation permet de les optimiser pour ces domaines d'application.

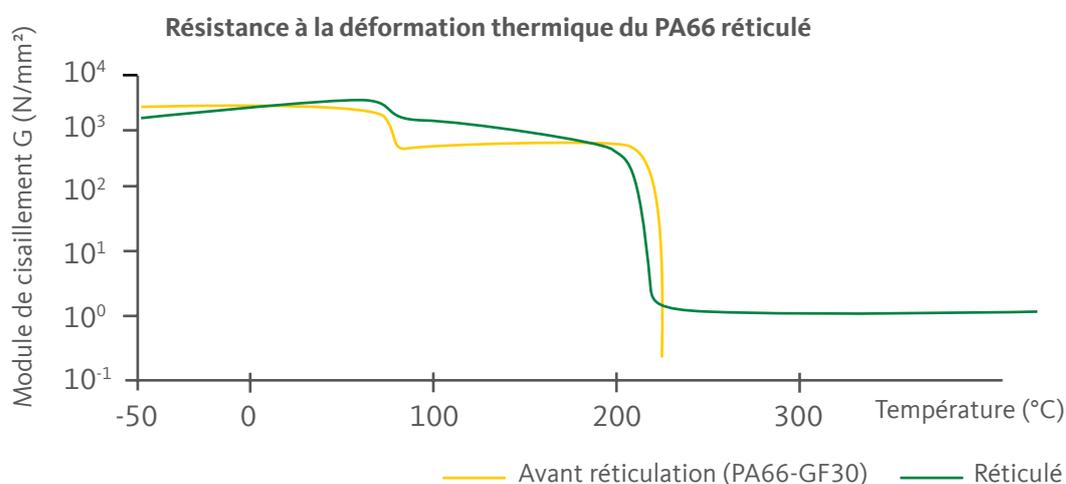


La réticulation par irradiation rend les matières plastiques plus résistantes. Elle est de plus en plus souvent employée dans l'industrie automobile afin d'adapter les caractéristiques des composants plastiques à des conditions d'utilisation précises. Placées dans le moteur, le groupe motopropulseur ou les systèmes électriques, celles-ci doivent résister à la chaleur et aux produits chimiques, environnement dans lequel elles fonctionnent.

Sans vouloir entrer dans le détail, on peut décrire la réticulation par irradiation comme un procédé qui modifie les caractéristiques mécaniques, thermiques et chimiques des plastiques standards et techniques bon marché grâce aux rayonnements bêta et gamma et leur confère des propriétés similaires à celles des plastiques haute performance qui peuvent alors être remplacés dans de nombreux cas.

Les caractéristiques des composants plastiques ainsi traités changent considérablement :

- Optimisation de la résistance et du comportement au fluage
- Amélioration de la résistance à la déformation thermique et de la stabilité dimensionnelle
- Amélioration de la résistance au vieillissement
- Réduction du risque de gonflement et amélioration de la résistance à la fissuration sous contrainte
- Optimisation de la déformation rémanente à la compression
- Amélioration des caractéristiques tribologiques, notamment de la friction et de l'usure



DOMAINES D'APPLICATION DES COMPOSANTS PLASTIQUES IRRADIES

Les produits présentant un profil modifié et une meilleure résistance lorsqu'ils sont irradiés peuvent être utilisés dans les domaines les plus divers. Ainsi, les pièces en plastique (par exemple en PA ou PBT) moulées par injection et réticulées par irradiation peuvent se substituer aux composants fonctionnels en métal.

- **Alternative au métal / construction légère**
Les éléments de fixation en métal tels que les vis, écrous, supports ou clips peuvent être remplacés par du polyamide réticulé par irradiation. Étant donné qu'ils sont présents en grand nombre dans un véhicule, le poids de ce dernier peut être divisé par cinq, voire plus, réduisant ainsi le poids total et les coûts de fabrication (usinage métallurgique vs. moulage par injection).
- **Technologie LED**
En raison d'une architecture plus compacte et de la présence de l'électronique de puissance intégrée, les températures dans les phares LED sont plus élevées que dans les systèmes

d'éclairage traditionnels. Les éléments de boîtier et notamment les réflecteurs doivent donc résister à des sollicitations bien plus importantes – une exigence désormais remplie grâce à la réticulation par irradiation.

→ **Réseau de bord**

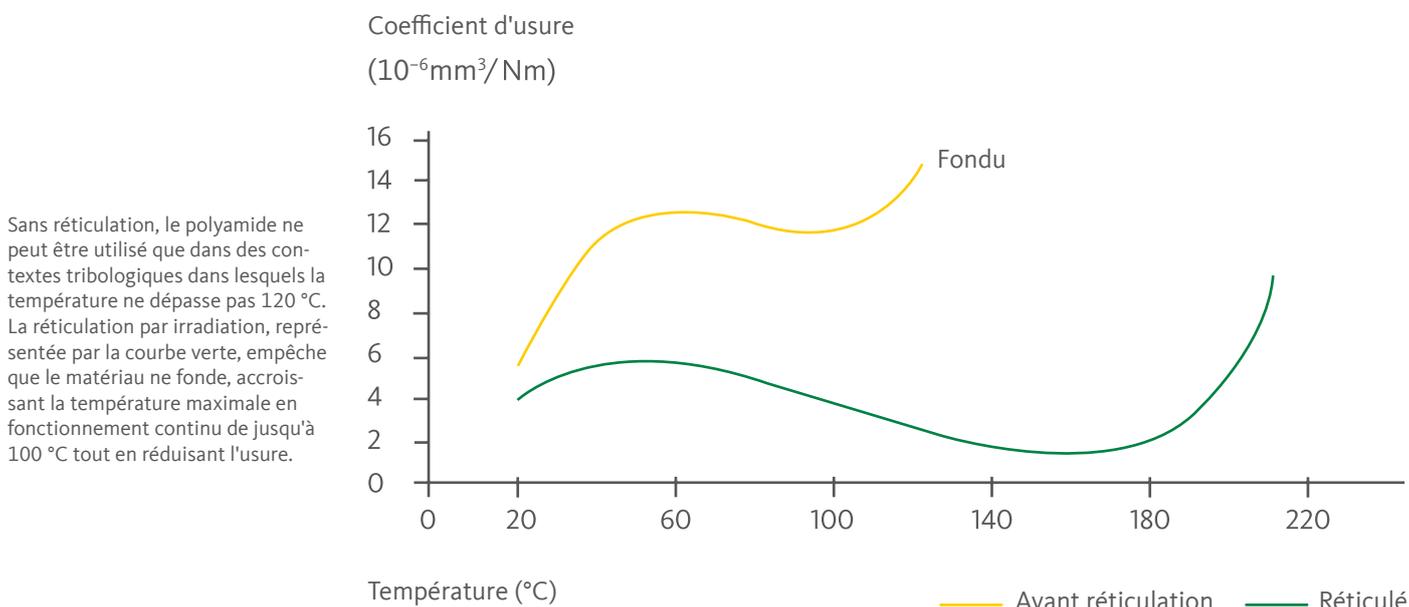
Nombre de véhicules électriques disposent de batteries de 800 volts rechargeables sur les bornes de recharge rapide disposant de puissances de jusqu'à 350 kilowatts. En courant continu, l'intensité peut atteindre jusqu'à 500 ampères. Par ailleurs, les câbles reliant la batterie au groupe motopropulseur doivent se caractériser par une large section et des matériaux isolants résistants à la chaleur. Par conséquent, ces nouvelles architectures électroniques accroissent les exigences envers les produits utilisés.

→ **Conduite autonome**

La conduite automatisée fonctionne sur la base de systèmes autonomes et d'assistance. Les capteurs qui fournissent les données indispensables sont reliés au moyen de câbles, de connecteurs et de prises souvent exposés à des conditions extrêmes. Les fonctions mécaniques sont assurées par des actionneurs présents, entre autres, dans les systèmes d'alerte de franchissement de ligne, la commande papillon coopérant avec le régulateur de vitesse adaptatif, les freins électriques ou encore les boîtes de vitesses automatiques. Parallèlement, les moteurs doivent être compacts, légers, silencieux, fiables sur la durée et nécessiter peu d'entretien.

Les matériaux utilisés pour les boîtes et éléments de transmission tels que les roues dentées, les coussinets ou les paliers doivent répondre à des exigences plus importantes. Dans ce contexte, les composants réticulés par irradiation peuvent constituer une alternative économique aux métaux ou polymères onéreux comme le PEEK ou le PAI.

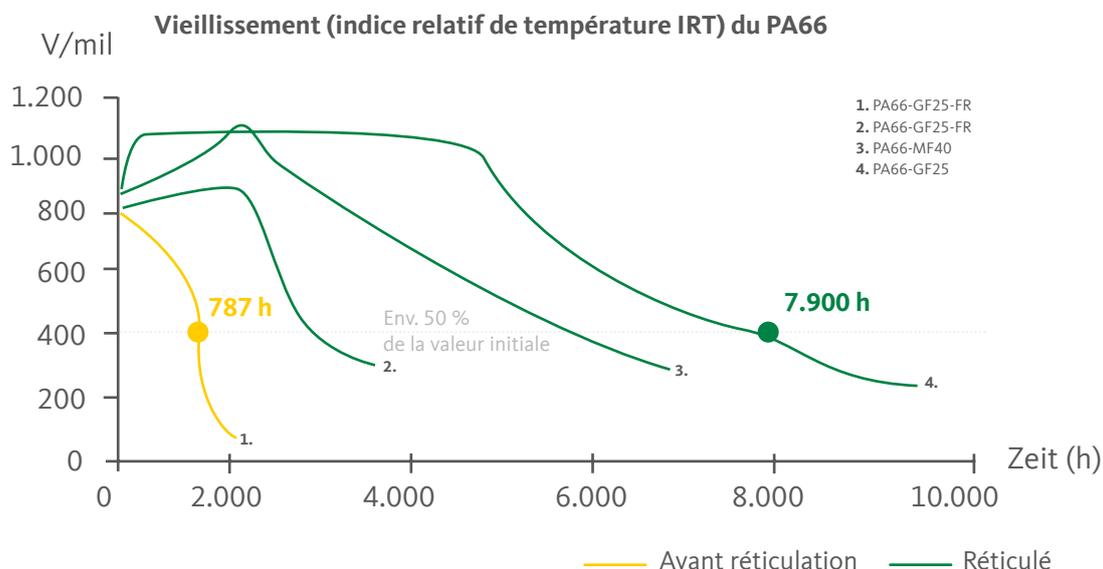
Impact de la température de fonctionnement sur le coefficient d'usure



LES COMPOSANTS RETICULES DANS LA PRODUCTION EN SERIE

Les constructeurs automobiles sont nombreux à employer des plastiques réticulés dans la production en série, entre autres pour les conduites de sortie des moteurs à explosion qui évacuent du carter des mélanges complexes d'huile, de gaz d'échappement, de carburant non consommé et d'eau. Cet environnement exige une extrême résistance à la chaleur et aux fluides, caractéristiques dont dispose le polyamide (PA6 ou PA66). Les récipients sous pression en PE, les soufflets, les conduits d'air et de fluide, les supports et clips de fixation réalisés par moulage par injection bi-composant ou encore les paliers coulissants et les roulements en sont d'autres exemples. L'objectif est toujours d'améliorer les caractéristiques tribologiques afin de réduire l'abrasion et l'usure et d'optimiser le comportement au fluage.

Cet essai représente le vieillissement de différents plastiques placés dans un environnement très chaud. Au bout d'environ 800 heures, le PA66 non réticulé a perdu environ 50 % de sa capacité d'isolation électrique. Le polyamide réticulé par irradiation dure environ dix fois plus longtemps.



L'essai dit « au fil incandescent » permet de comparer l'inflammabilité relative de différents matériaux : un instrument de mesure presse le bout d'un fil incandescent sur la pièce en question. Alors que le fil transperce le plastique classique en quelques secondes, les matières réticulées lui résistent.

FONCTIONNEMENT DE LA RETICULATION PAR IRRADIATION

Les rayonnements bêta ou gamma étant riches en énergie, ils déclenchent des réactions chimiques dans les plastiques, ce qui crée des réseaux de molécules – un procédé appelé « réticulation » et comparable à la vulcanisation du caoutchouc. En pénétrant la matière, les électrons provoquent une excitation des molécules. Par la suite, les atomes d'hydrogène se détachent et les

molécules de plastique créent des liaisons chimiques entre elles. Elles sont donc irréversiblement réticulées. Ces nouvelles liaisons chimiques dans la matrice polymère forment un réseau tridimensionnel dont les caractéristiques améliorées dépendent de la dose d'irradiation. Ce processus a lieu à température ambiante.



Ce procédé se prête donc très bien à la production de masse. La dose d'irradiation étant une unité électrique, elle est parfaitement reproductible.

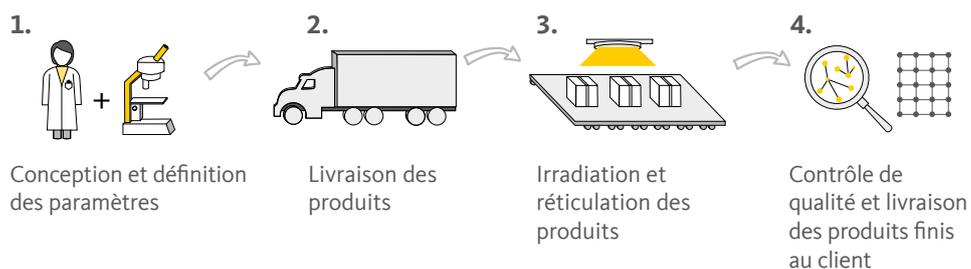
En fonction de l'énergie dégagée par les électrons, il est possible de traiter des pièces disposant de parois épaisses de plusieurs centimètres (densité surfacique) ou composées de différents matériaux. Si l'irradiation par rayonnements bêta est la méthode la plus courante, le traitement par rayonnements gamma peut parfois s'avérer nécessaire. Ce dernier ouvre un énorme potentiel : dans la construction automobile, 100 kg de plastique remplacent en moyenne 200 à 300 kg de matériaux classiques, réduisant ainsi le poids des véhicules ainsi que la consommation d'énergie et de matières premières.

DEROULEMENT LOGISTIQUE DE LA RETICULATION PAR IRRADIATION

Les pièces et composants irradiés étant destinés à la production en série, tous les processus impliqués doivent se dérouler sans accroc et dans des délais brefs.

Alors que les thermodurcissables nécessitent souvent un usinage ultérieur long et coûteux et que les plastiques haute performance sont difficiles à traiter, la réticulation par irradiation offre des avantages considérables tout en réduisant les coûts. En effet, les étapes de production des pièces brutes restent inchangées ; seul le produit final est traité. Ainsi, la réticulation par irradiation constitue le dernier maillon du processus après le formage et s'intègre facilement dans l'acheminement vers le client. Pour profiter de ces atouts, toutes les parties impliquées – du fournisseur de matières premières au fabricant – doivent agir en étroite coopération.

Les 4 étapes de la réticulation par irradiation



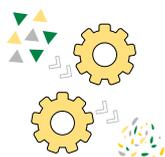
LES COMPOSANTS IRRADIES SONT-ILS RADIOACTIFS ?

Pour des raisons purement physiques, les sources de rayonnement employées – à savoir des accélérateurs d'électrons émettant une énergie maximale de 10 MeV et des rayonnements gamma provenant de l'isotope cobalt 60 – sont incapables d'engendrer de la radioactivité. Leur énergie déclenche des réactions chimiques provoquant la réticulation. Ce processus est comparable à la réticulation chimique, les radicaux étant cependant libérés au moyen de l'énergie de rayonnement, sans résidus chimiques.

Dans les usines, l'irradiateur est totalement isolé et les processus sont complètement automatisés afin de protéger de manière sûre et fiable l'Homme et l'environnement de toute exposition.

RECYCLAGE DES COMPOSANTS RETICULES

Grâce à leur résistance hors norme, les éléments réticulés s'utilisent pendant très longtemps. À la fin de leur durée de vie, ils peuvent être recyclés de trois façons :



Recyclage mécanique
(du matériau)



Recyclage chimique
(des matières premières)



Recyclage énergétique
(processus thermique)

Le recyclage mécanique permet de créer de nouvelles pièces en plastique à partir des matières premières secondaires. Si les résidus de production sont constitués d'une même sorte et d'un même type de matière avant d'être réticulés, ils peuvent être réutilisés, sous certaines conditions, pour leur usage initial.



Les plastiques réticulés d'une même sorte de matière peuvent être broyés et mélangés, sous forme de granulés, aux matières premières primaires en respectant les seuils prescrits.

Dépendant de la matière et du degré de réticulation, ces limites doivent être vérifiées au cas par cas. Si le recyclage mécanique n'est pas considéré comme étant la solution adéquate ou qu'il est impossible, les composants réticulés sont recyclés par des processus soit chimiques, soit thermiques.

LE POTENTIEL DE LA RETICULATION PAR IRRADIATION POUR L'E-MOBILITE

Grâce aux rayonnements bêta et gamma, la réticulation par irradiation optimise les caractéristiques de plastiques standards et techniques. En effet, le traitement rend ces polymères plus résistants à l'usure, à la chaleur, à l'abrasion ainsi qu'aux produits chimiques, ce qui permet de les utiliser dans bien plus de domaines.



Le potentiel des matériaux optimisés par irradiation est double car économique et technologique.

Ainsi, les matières thermoplastiques réticulées peuvent remplacer les plastiques haute performance onéreux et parfois même des matériaux métalliques. Alors que les plastiques haute performance comme le PEEK exigent un usinage spécifique, la réticulation par irradiation permet d'utiliser des matières premières éprouvées tout en présentant des avantages financiers malgré un coût total composé de trois facteurs : les matières premières, le traitement et la logistique. La production industrielle en série bénéficie particulièrement des atouts des composants irradiés, car les étapes de fabrication des pièces brutes restent inchangées ; seul le produit final est traité. Ainsi, la réticulation par irradiation constitue le dernier maillon du processus après la mise en forme et s'intègre facilement dans l'acheminement vers le client.

Le changement technologique en cours dans l'industrie automobile offre davantage d'opportunités d'utiliser des plastiques réticulés par irradiation. La mobilité électrique s'imposant de plus en plus, cette transformation changera complètement le portefeuille des constructeurs au cours des prochaines années. Nombre des composants et assemblages traditionnels n'existeront plus, d'autres s'ajouteront, notamment au niveau du groupe motopropulseur et de la construction légère. Cela étant, il conviendra d'examiner de près les matériaux utilisés qui doivent désormais répondre à de nouvelles exigences. Les applications sont nombreuses à démontrer que les pièces réticulées en PBT se prêtent parfaitement

à l'utilisation dans des systèmes électriques tels que les connecteurs, les disjoncteurs et les isolateurs. Les matières thermoplastiques réticulées par irradiation s'avèrent également être très avantageuses dans le domaine des piles à combustible et des batteries, milieux exposant les matières employées à des températures élevées lors des cycles de décharge/recharge ainsi qu'à des substances chimiques corrosives.

À l'avenir, de nouveaux champs d'utilisation s'ouvriront certainement. Citons à titre d'exemple les matériaux composites en matières renforcées de fibres qui pourraient être optimisés d'un point de vue technologique grâce à des interfaces fibre-matrice améliorées ou des matériaux matriciels réticulés, tout en réduisant le poids.

Les exigences applicables aux nombreux domaines d'utilisation de la mobilité électrique restent à définir. En effet, elles varient aujourd'hui selon les pays, les fabricants et les fournisseurs. Mais ce défi constitue également une opportunité. Le succès des futurs concepts de mobilité et de nouveaux champs d'application de l'industrie automobile dépendra donc notamment de l'existence de standards communs. Pour atteindre cet objectif, toutes les parties prenantes de la chaîne de valeur, des fabricants de matériaux jusqu'aux utilisateurs, devront analyser ensemble les nouvelles attentes afin d'apporter leurs compétences respectives dans le processus de développement. En attendant, une chose est claire :



Le potentiel des rayonnements ionisants est loin d'être épuisé.

WIEHL

BRUCHSAL

SAAL AN
DER DONAU

BGS BETA-GAMMA-SERVICE GMBH & CO. KG

CONTACTEZ-NOUS : **NOS SITES ALLEMANDS :**

M. CYRILLE PERROT
RESPONSABLE
COMMERCIAL FRANCE

E : perrot@bgs.eu
T : +33 4.82.31.98.88.
M : +33 6.25.56.54.15.



FRITZ-KOTZ-STRASSE 16
D - 51674 WIEHL

T +49 2261 7899-0
F +49 2261 7899-44



JOHN-DEERE-STRASSE 3
D - 76646 BRUCHSAL

T +49 7251 786-0
F +49 7251 786-33



INDUSTRIESTRASSE 9
D - 93342 SAAL A. D. DONAU

T +49 9441 1777-0
F +49 9441 1777-44

www.bgs.eu | info@bgs.eu

