

Matériaux de haute performance au service du (handi-) sport

D'après la conférence de Virginie Couharde Louvel et Philippe Brasseur au colloque « Chimie et sports olympiques ».

Ce chapitre est rédigé à partir de la conférence donnée par Mme Couharde Louvel et M. Brasseur au colloque « Chimie et sports » de la Maison de la Chimie le 8 février 2024. Les travaux s'appuient sur les réalisations de Syensqo, qui est la chimie de spécialité du groupe Solvay. Virginie Couharde Louvel est titulaire d'un diplôme d'ingénieur en polymère et d'un master en Propriétés physiques et chimiques des polymères. M. Brasseur est titulaire d'un diplôme d'ingénieur en mécanique.

1 Présentation de Syensqo

1.1. Historique de la société Solvay

Syensqo est le nom d'une entreprise créée en 2023 à partir de Solvay après la séparation de ses branches matériaux avancés. Solvay était l'une des entreprises phares de la chimie mondiale dont l'histoire est résumée ci-après.

En 1863, Ernest Solvay invente un nouveau procédé de fabrication du carbonate de sodium. En



La Conférence Solvay de 1911 constitue un tournant dans la collaboration et la réflexion visionnaire.

En effet, Ernest Solvay a réuni 24 des esprits scientifiques les plus brillants de son époque, dont Albert Einstein et Marie Curie.

Ce fut plus qu'une simple rencontre de brillants scientifiques : c'était une extraordinaire convergence d'explorateurs, animés par une passion commune pour percer les mystères de l'univers.

Dans l'esprit de ces esprits pionniers, Syensqo apparaît comme une marque qui embrasse l'héritage de la Conférence Solvay, incarnant le même esprit aventureux et le même état d'esprit avant-gardiste.

A l'instar de ces explorateurs intrépides qui ont osé repousser les limites de ce qui était connu, Syensqo se lance dans sa propre odyssée de découverte scientifique, explorant de nouveaux territoires et découvrant des idées transformatrices.

Figure 1

Conférence Solvay.

1880, il crée la société Solvay, première multinationale industrielle opérant simultanément en Europe et aux États-Unis. L'implication précoce de Solvay dans la science est démontrée par une réunion organisée en 1911 avec la participation de 24 des esprits scientifiques les plus brillants de l'époque, dont Marie Curie et Albert Einstein, un événement qu'on a appelé la « Conférence Solvay » (Figure 1).

Dans l'esprit des pionniers, Syensqo a pour objectif de lancer sa propre lignée de découvertes scientifiques en explorant de nouveaux territoires et des idées transformatrices. La science et les partenariats ont toujours été au cœur de Solvay depuis sa création en 1880 (Figure 2) et le sont maintenant chez Syensqo.

Syensqo, et son parent Solvay, s'affirme comme toujours attentif aux préoccupations environnementales. C'était déjà le cas en 1965 avec le développement de polysulfones dans le domaine de la

dialyse¹, ou en 1978 avec le développement du polyéthéréthercétone (PEEK). Ce dernier a permis de supprimer l'utilisation du métal dans de nombreux usages, notamment pour rendre les avions plus légers et plus économes en carburant. C'est avec ce même esprit que la société a sponsorisé en 2016 le voyage Solar Impulse² autour du globe, et également mis en place en 2018 un partenariat avec la Fondation Ellen MacArthur pour arriver, en 2023, à la création de Syensqo. Soulignons enfin que Syensqo dispose de différents matériaux de haute performance comme catalyseurs dans le domaine sportif.

1.2. Généralités sur les polymères

Abordons les polymères de manière élémentaire.

1. Dispositif dans lequel circule le sang pour être épuré à travers une membrane semi-perméable.

2. Premier avion à avoir effectué un tour du monde sans carburant ni émission polluante pendant le vol.

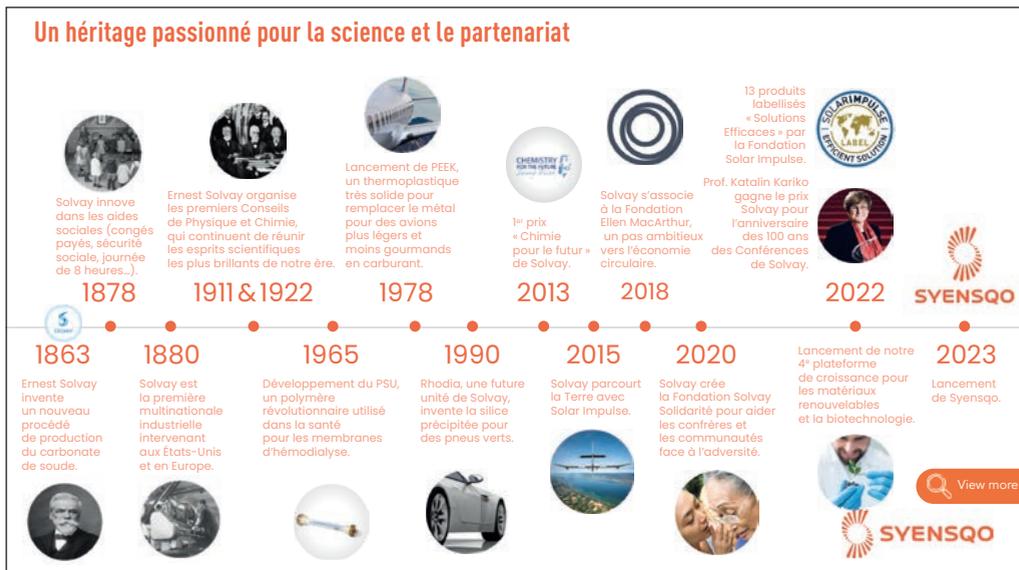


Figure 2

Frise chronologique des évènements marquants depuis la naissance de Solvay.

La synthèse des polymères débute par l'association de monomères, représentés comme de petites « boules » d'atome de carbone, en chaînes constituant ce que l'on appelle un « polymère » (Figure 3). Pour conférer des propriétés spécifiques, ces chaînes sont liées entre elles de manière précise ou arrangées en réseaux tridimensionnels. La majorité des polymères actuels sont conçus selon ces principes.

Les méthodes de renforcement des matériaux se sont diversifiées au fil des décennies. Les techniques courantes incluent le mélange de polymères avec des fibres soit de verre pour leur résistance et leur coût avantageux, soit de carbone pour leur rigidité et leur légèreté. Selon l'application visée, ces fibres peuvent être courtes ou longues.

On distingue deux catégories de matériaux : les plastiques injectables et les composites. Les premiers sont obtenus par injection d'un mélange de polymères et de fibres, tandis que les seconds sont fabriqués à partir de bandes de polymères imprégnées de fibres



Figure 3

Schéma relatif aux polymères.

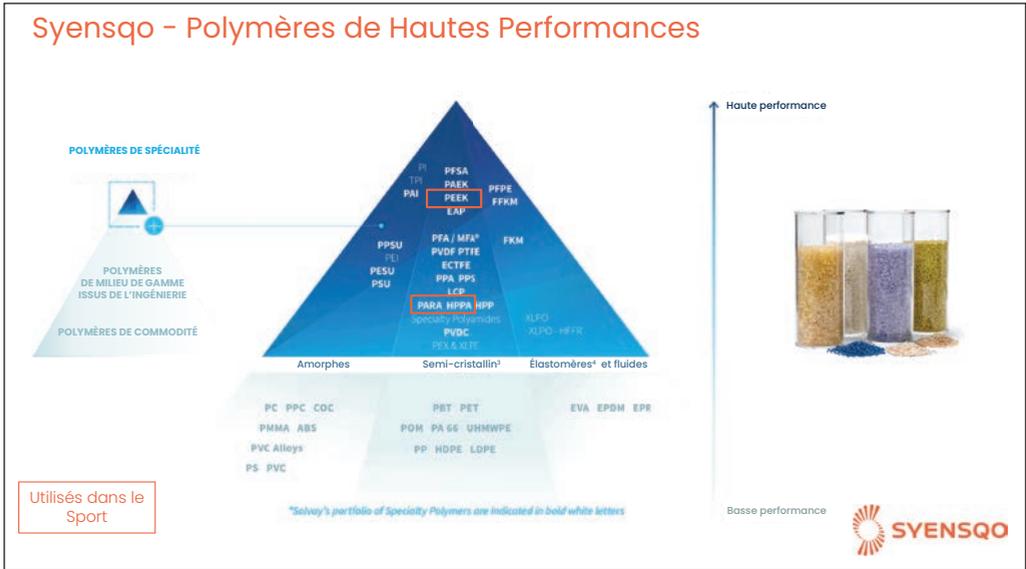


Figure 4
Pyramide des plastiques.

de carbone ou de verre, mises en forme sur un gabarit pour obtenir les propriétés mécaniques désirées.

1.3. Propriétés des polymères

La rigidité est un aspect crucial. Les polymères classiques, utilisés seuls, offrent une rigidité limitée. L'ajout de fibres de verre ou de carbone permet d'augmenter significativement cette rigidité, rivalisant ainsi avec les métaux tout en conservant les avantages des polymères, tels que la résistance à la corrosion et une faible densité.

La pyramide des plastiques (**Figure 4**) illustre la diversité des polymères disponibles, des polymères de commodité aux polymères de spécialité, ces derniers étant proposés

par Syensqo pour des applications exigeant des performances supérieures.

1.4. Les polymères chez Syensqo

Au sein de Syensqo, pour les applications dédiées au domaine sportif, l'entreprise privilégie l'utilisation de polyamides aromatiques. Ces derniers se distinguent par l'incorporation de noyaux benzéniques ou aromatiques à la chaîne carbonée classique, conférant ainsi aux matériaux des performances supérieures en termes de résistance thermique, chimique, ainsi qu'une durabilité accrue. Pour renforcer ces propriétés, ces

3. Matériau possédant des zones cristallisées et des zones non cristallisées.

4. Caoutchouc synthétique.

produits sont combinés à des fibres de verre ou de carbone, permettant ainsi d'atteindre une rigidité optimale tout en maintenant une faible densité. Par ailleurs, Syensqo emploie également le polyétheréthercétone (PEEK), un matériau remarquable pour ses propriétés exceptionnelles, telles qu'une résistance thermique pouvant atteindre 300 °C, une excellente lubrification, et sa capacité à être employé dans des applications spécifiques, comme la fabrication de roues dentées.

La **Figure 5** illustre un exemple de pièce composite élaborée à partir de matériaux composites renforcés par des fibres de carbone, développés par Syensqo. L'entreprise est en mesure de fournir non seulement le polymère nécessaire à la production de ces composites, mais également des bandes préimprégnées de fibres de verre ou de carbone à très haute résistance mécanique. Ces dernières constituent l'élément le plus spécifique du produit fini. Cette technique permet de réaliser des pièces où les bandes sont tressées de manière à conférer aux composites des propriétés mécaniques ciblées, orientées selon des directions spécifiques.

Actuellement, l'un des principaux défis rencontrés dans le domaine des matériaux composites réside dans la composition de la matrice, souvent constituée de résines thermodurcissables. Ces dernières, une fois exposées à la chaleur, perdent leur capacité à se ramollir ou à fondre, ce qui entrave considérablement leur recyclabilité. À l'opposé,



Figure 5

Composites proposés par Syensqo.



Figure 6

«Syensqo 4 Sport Initiative».

les résines thermoplastiques se présentent comme une alternative prometteuse pour la conception de composites recyclables. En effet, ces matériaux peuvent être refondus et, par conséquent, recyclés, offrant ainsi une solution viable pour surmonter les limitations environnementales associées aux résines thermodurcissables.

2 Partenariats sportifs de Syensqo

Syensqo a toujours été le fervent supporter du sport. On le démontre notamment à travers le programme



Figure 7

Syensqo, sponsor de l'équipe DS PENSKE de formule E.



Figure 8

Syensqo, partenaire technologique des équipes américaines de bobsleigh et skeleton.



Figure 9

Prothèses de course.

Ambra Sabatini, médaille d'or en sprint sur le 100 m et détentrice d'un record en 14'11'' dans sa catégorie ; Trenten Merrill, en longueur, et Kgothatso Montjane, en tennis. En deux ans, Syensqo a promu des valeurs incarnées par ces sportifs telles que la performance, le dévouement, la persévérance, qui sont également des valeurs très importantes pour tous les salariés de notre société.

Ces valeurs sont également liées à un partenariat de 3 ans avec l'équipe de formule E, DS PENSKE (Figure 7). Incidemment, il faut noter que la formule E est le premier sport certifié empreinte carbone nette 0.

Pour ce partenariat, l'objectif est de partager une valeur commune : **repousser les limites de la technologie**. C'est ce que les ingénieurs de Syensqo cherchent à faire tous les jours avec les matériaux présents en portefeuille ou avec ceux sur lesquels on travaille pour l'avenir, en particulier **défendre la durabilité**. On est également en étroite collaboration, en tant que partenaire technologique, avec des équipes américaines, que ce soit pour le bobsleigh⁵ ou le skeleton⁶ (Figure 8). On leur fournit des matériaux composites avancés en fibres de carbone pour soutenir leur performance et leur désir de rapidité et d'excellence en compétition.

«Syensqo 4 Sport Initiative» (Figure 6).

C'est un partenariat établi avec 3 médaillés internationaux et athlètes paralympiques détenteurs de records :

5. Course de traîneau articulé à plusieurs places, pour descendre à grande vitesse sur des pistes de neige aménagées.

6. Course de luge utilisée sur des pistes de neige durcie, sur laquelle le coureur est couché à plat ventre.

3 Les matériaux de haute performance Syensqo au service du sport

D'autres applications sportives utilisent les matériaux de haute performance de Syensqo.

3.1. Application 1 : prothèses de course

La première application développée à l'intention des sportifs concerne une lame de prothèse, actuellement réalisée en composite à base de fibre de carbone continue (Figure 9). Ce matériau répond parfaitement aux exigences spécifiques de cette application, offrant une légèreté remarquable – beaucoup plus grande que les alternatives métalliques – grâce à l'association du carbone et du polymère. La méthode de fabrication, impliquant la superposition minutieuse de bandes, confère à la lame une capacité exceptionnelle d'absorption et de restitution de l'énergie lors des impacts, tout en préservant une résistance à la torsion cruciale pour maintenir l'équilibre du sportif lors de mouvements latéraux. Cette application pousse les limites des performances matérielles, étant donné les exigences élevées en termes de performance.

3.2. Application 2 : arc à poulie

La seconde application ne repose pas sur un composite, mais sur un processus d'injection (comme mentionné précédemment, voir 1.1.). Les branches de cet arc à poulie (Figure 10) sont constituées



Figure 10

Arc à poulie.



Figure 11

Vélo électrique.

d'un polymère de type PolyArylAmide, renforcé par des fibres de verre, offrant une gamme d'attributs particulièrement avantageux.

La rigidité est primordiale pour maximiser la vitesse de la flèche. De plus, une certaine flexibilité est requise. Grâce à une conception soigneusement élaborée, il est possible d'atteindre un niveau de flexion significatif sans induire de déformation permanente ou de rupture prématurée.

Légèreté de l'équipement possible : en effet, les polymères mêmes chargés de fibres sont bien plus légers que le métal.



Figure 12

Planche de Kite-foil.

Et puis on parle d'**esthétique**. Cela peut paraître superflu, mais c'est important. Ainsi, pour cet arc fabriqué par la maison Roland, le polymère de Syensqo choisi permettra d'allier un état de surface impeccable et une couleur sans aucune opération de peinture.

3.3. Application 3 : vélo électrique

La légèreté de l'équipement est un atout notable : en effet, les polymères, même renforcés de fibres, demeurent significativement plus légers que le métal (Figure 11). L'esthétique, bien que pouvant sembler secondaire, revêt une importance cruciale. Par exemple, pour l'arc produit par la maison Roland, le choix d'un polymère spécifique de Syensqo permet d'obtenir une finition de surface et une coloration impeccables, sans nécessiter de peinture supplémentaire.

Reconsidérons les avantages des polymères renforcés de fibres par rapport au métal, en commençant par l'aspect de la production locale. De nos

jours, la fabrication d'un vélo se déroule majoritairement en Asie, en raison du coût de la main-d'œuvre plus avantageux, bien que cela implique une logistique onéreuse et prolongée. Le recours au procédé d'injection, facilitant la production rapide de pièces prêtes à l'emploi et optimisant à la fois le nombre des composants et le processus d'assemblage, permet d'atteindre un coût de fabrication compétitif.

3.4. Application 4 : foil de kitesurf

La dernière application examinée concerne un foil de kitesurf (Figure 12). L'objet de notre travail ne réside pas dans la planche elle-même, mais dans le foil, cet élément partiellement immergé qui, en augmentant la vitesse du pratiquant, permet à la planche de s'élever au-dessus de l'eau, lui conférant ainsi la capacité de « voler ». Le foil est conçu à partir d'un matériau composite, choisi pour ses propriétés de stabilité, de rigidité et sa capacité à minimiser les torsions et vibrations, semblables aux exigences structurelles d'un avion. L'utilisation de composites est ici primordiale, car une technique d'injection simple ne serait pas adaptée en raison des spécificités des résistances mécaniques requises.

Conclusion

Il est frappant de voir à quel point les matériaux «nouveaux», en particulier les composites, ont envahi le sport de haut niveau. Ces matériaux ont été découverts ou inventés il y a plusieurs décennies, mais leur utilisation à grande échelle demandait aussi l'approche industrielle qui, elle aussi, se fait sur plusieurs années. Grâce à des collaborations judicieuses avec des partenaires français et étrangers, grâce aussi à une recherche menée en interne, Syensqo a réussi à relever et à gagner ce défi.

Mais attention, l'aventure n'est pas finie. La démarche «recherche et développement» qui a bien fonctionné ne sera jamais terminée. Il y a de beaux jours pour les matériaux, pour le sport et... pour Syensqo.

SOURCES

<https://www.syensqo.com/en/chemical-categories/specialty-polymers>

<https://www.syensqo.com/en/chemical-categories/our-composite-materials-solutions>

<https://www.solvay.com/en/press-release/solvay-partners-3-record-holding-athletes>

<https://www.syensqo.com/en/press-release/syensqo-sponsor-ds-penske-formula-e-team>

<https://www.solvay.com/en/press-release/solvay-and-debotech-announced-usa-bobsled-and-skeleton-technology-partners>

<https://www.syensqo.com/en/podcast/sport-and-determination>

<https://arc-rolan.fr/arc-cambium/>

<https://www.solvay.com/en/press-release/solvays-xencor-lft-chosen-stajvelo-first-all-polymer-e-bike>

Syensqo internal library