

DOSSIER
1
LA CHIMIE DANS LE SPORT

Eric Bausson

I. CHIMIE ET MATÉRIAUX

Programmes spécifiques de physique-chimie pour les classes de première et de terminale professionnelles propres au Groupement de spécialité 5.

Le Groupement 5 rassemble les spécialités de baccalauréats professionnels mobilisant des compétences professionnelles qui nécessitent de solides connaissances dans le domaine de la chimie. Il réunit les spécialités de secteurs professionnels variés : l'industrie chimique, la bio-industrie, la cosmétologie, la teinturerie, les textiles, la plasturgie, l'esthétique, la gestion des pollutions et la protection de l'environnement, la verrerie, les plastique et composite...

MOTS-CLÉS :

masse volumique, polymères, textiles, catalyseur.

ANGLE CHOISI :

À travers l'utilisation de documents de natures diverses, pour une grande partie issus du site Mediachimie, le lecteur prendra conscience, si ce n'est pas déjà le cas, de la diversité de ressources et de la richesse de ce site et pourra poursuivre sa quête d'informations d'actualités validées.



Chimiste travaillant sur des matériaux pour des chaussures de sport. © INNOV-8

À noter dans votre agenda :
Colloque Chimie et sport
organisé par la Fondation de la maison de la Chimie
le 7 février 2024.

A. Introduction

La chimie des matériaux joue un rôle important dans le sport, de la conception d'équipements, en passant par un meilleur confort de la pratique sportive jusqu'à l'amélioration des performances d'un(e) athlète, quel que soit son niveau. Par exemple, pour la pratique d'un sport, il faut le plus souvent disposer de vêtements respirants et/ou favorisant une meilleure pénétration dans l'air, et offrant des conditions de sécurité augmentée mais aussi de chaussures performantes et confortables. Pour les handi athlètes, les équipements ont également évolué et su s'adapter aux différentes formes de handicaps physiques et mentaux et aux disciplines pratiquées pour permettre à ces sportives et sportifs non seulement d'accéder à la pratique du sport, en amateur ou en professionnel, mais également de performer.



La para-athlète Manon Genest (saut en longueur) présentant son orthèse en carbone. © Imaginemos

Nous allons aborder ici quelques facettes de la chimie des matériaux en utilisant quelques ressources disponibles sur le site Mediachimie. Des activités vous sont proposées en lien avec les programmes officiels de lycée professionnel (1^{ère} : partie B; T^{ale} : partie C).

B. Un exemple significatif d'évolution d'un matériau : le cadre d'un vélo

L'Union cycliste Internationale (UCI), devant les progrès des composites carbone et de leur fabrication, a dû imposer une limite basse de la masse des vélos pour les coureurs, 6,8 kilogrammes, afin qu'ils puissent courir sur un même pied d'égalité, tout en gardant une certaine sécurité. Cet allègement du matériel a un but, celui du gain en vitesse tout en préservant rigidité et fiabilité. En passant de l'acier à l'aluminium, la masse des vélos de course a diminué de 50 %. Un vélo de course pèse en moyenne 7 kg aujourd'hui.

Source : [Les matériaux de la performance](#) – C. Agouridas, J.-C. Bernier, D. Olivier et P. Rigny – Mediachimie



Activité 1

Voici diverses données sur les matériaux utilisés pour la fabrication de cadres de vélo :

Matériaux	Constituants principaux	Masses volumiques (kg/L)
Acier (Fig. 2)	Fer et carbone	8,0
Aluminium	Aluminium	2,7
Fibres de carbone (Fig. 1)	Carbone	1,8

- 1 Classer les trois matériaux proposés du moins dense au plus dense.
.....
.....
- 2 En déduire la nature du matériau utilisé pour un vélo de course professionnel. Justifier.
.....
.....
- 3 Chimiquement, quel est l'inconvénient majeur de cadres en acier que nous ne retrouvons pas dans ceux en aluminium ou en fibre de carbone ? Justifier.
.....
.....
- 4 En déduire l'intérêt de peindre un cadre en acier d'un vélo d'enfant. Expliquer.
.....
.....



Figure 1 : Cadre de vélo en fibres de carbone. © J.Gomez



Figure 2 : Cadre de vélo enfant en acier peint. © Stitch

Le sais-tu ? Un gain de 1 kg sur le matériel pour un cycliste de 70 kg dans une pente de 8 % à 15 km/h lui permet d'économiser approximativement 4,5 W. Cette baisse significative du poids du matériel représente un gain de 20 secondes pour 30 minutes de montée. Ces 20 secondes peuvent parfois manquer en haut d'un col pour accrocher un bon groupe...

C. Dans le textile sportif, les chimistes innovent sans cesse !

Parmi les nombreux composés de synthèse, les polymères (polyamides, polyesters, élasthane, néoprène, polytétrafluoroéthylène, etc.) sont très souvent utilisés dans le textile sportif.



Combinaison de triathlon en néoprène. (DR)



Tenue de cycliste sur piste en polytétrafluoroéthylène (PTFE).
© Europe 1

Un polymère est une macromolécule dans laquelle un motif se répète un très grand nombre de fois. Il est formé à partir d'un ou deux monomères suivant la réaction chimique mise en jeu.

Activité 2

Voici l'exemple de la synthèse du P.E.T. (polyéthylène téréphtalate) :

Monomères consommés		Polymère formé	
Formule(s)	Nom(s)	Formule	Nom
	acide téréphtalique	 (motif répétitif) _n	P.E.T.
HO—CH ₂ —CH ₂ —OH	éthylène glycol		

- 1 Identifier les groupes caractéristiques présents dans les trois composés organiques ci-dessus.

.....

.....

.....

- 2 En déduire les familles des trois composés organiques ci-dessus.

.....

.....

.....

Le sais-tu? Le polyéthylène téréphtalate (ou PET) est un plastique transparent, résistant aux chocs et imperméable à l'eau, aux gaz et aux arômes. Il constitue le plastique utilisé pour toutes les bouteilles d'eau et boissons gazeuses que l'on



incite à mettre dans les bacs de tri après usage. Il sert aussi à faire les « fibres polyesters » de très nombreux vêtements dont les polaires. Recycler une tonne de bouteilles en PET permet de récupérer 240 kg d'éthylène glycol et 560 kg d'acide téréphtalique.



Recyclage de déchets plastique © Planète durable.

Pour en savoir plus

Vidéo sur les déchets plastiques réalisée à la société Carbios qui procède au recyclage du P.E.T.

www.mediachimie.org/ressource/déchets-plastiques-les-enzymes-font-le-ménage



Intéressons-nous maintenant à un autre polymère, le polypropylène...

Activité 3

En consultant la rubrique « Produit du jour » de la Société Chimique de France (SCF) consultable aussi à partir du [site Mediachimie](http://www.mediachimie.org), veuillez répondre aux questions ci-dessous.



- 1 Donner la formule semi-développée du réactif chimique permettant la synthèse du polypropylène.

.....

- 2 En déduire la formule semi-développée du motif répétitif du polypropylène.

.....

- 3 Quelle découverte effectuée en 1953 par Karl Ziegler et Gullio Natta a permis de rendre la synthèse du polypropylène possible ?

.....

.....

Après lecture partielle du document « Des textiles pour sportifs » de Fabien Roland, téléchargeable sur le [site Mediachimie](http://www.mediachimie.org), veuillez répondre à la question ci-dessous.



- 4 Quelles propriétés le polypropylène donne-t-il aux textiles ?

.....

.....

.....



Tee-shirt de running en polypropylène
© Wiggles

Le polypropylène est issu de la pétrochimie. Les chimistes, très sensibles à notre environnement, recherchent aussi des produits biosourcés. C'est ici un exemple parmi tant d'autres...

Activité 4

Un exemple intéressant d'équipement de sport à étudier est celui présenté dans la vidéo « La chimie et les chaussures de course » sur le site Mediachimie, présentant un produit innovant le « Pebax® Rnew ».



Vue en 3D du « Pebax® Rnew »
© Arkema

Le caoutchouc, qu'il soit naturel ou synthétique, est toujours utilisé dans les chaussures de sport mais d'autres produits récents, issus de la recherche en Chimie, sont notamment incorporés dans les semelles pour augmenter significativement leurs rendements, favoriser l'amorti ou encore contrecarrer le choc à l'appui du pied. Le Pebax® Rnew est un très bon exemple de l'innovation chimique au service des sportifs. Il s'agit d'un copolymère dit « à blocs » car il est créé à partir de monomères différents qui engendrent des blocs polymères accrochés les uns aux autres.

Après lecture de cette vidéo de moins de huit minutes, veuillez répondre aux questions ci-dessous.

1 Pourquoi dit-on qu'il s'agit d'un produit biosourcé ?

.....

.....

2 Nommer les deux familles de polymères qui participent à la constitution du Pebax® Rnew.

.....

3 Donner deux propriétés mécaniques intéressantes du Pebax® Rnew.

.....

.....

Pour en savoir plus



Il existe d'autres vidéos dans le cadre de « The Chemical World Tour » et plus particulièrement la saison 2 sur « chimie et sport ». Vous pouvez parcourir les autres saisons!

Cinq binômes pour cinq reportages aux quatre coins du monde vous feront partager leur aventure sur la page Facebook.

Autres références bibliographiques

Livre (format pdf) « Chimie et junior sur le sport »

Site médiachimie :

- La chimie et les vêtements de sport

www.mediachimie.org/ressource/un-tissu-anti-courbature



Capture d'écran de la vidéo. © Mediachimie

- Énigmes de Maths – Chimie et sport - Quiz niveau intermédiaire
www.mediachimie.org/ressource/énigmes-maths-chimie-et-sport-niveau-intermédiaire
- Article « Le sport, c'est de la chimie » - Octobre 2023 - J.-C. Bernier
www.mediachimie.org/actualite/le-sport-c'est-de-la-chimie
- L'actualité chimique n° 295-296 - Les matériaux carbonés - article sur « Les composites carbone/carbone » rédigé par P. Thébaud - P. Olry
<https://new.societechimiquedefrance.fr/numero/les-composites-carbone-carbone-p47-n295-296>

Activité 1

1. Du moins dense au plus dense, nous avons les fibres de carbone, l'aluminium et l'acier.
2. Pour les vélos de course professionnels, le cadre de vélo doit être le plus léger possible. Il contient le matériau le moins dense : il est donc en fibre de carbone.
3. L'acier contenant du fer, un cadre en acier peut rouiller contrairement à ceux en aluminium ou en fibre de carbone.
4. Le fait de peindre un cadre en acier empêche le contact du fer avec l'air humide, contenant du dioxygène et de l'eau. Ainsi la rouille ne se forme pas.

Activité 2

1. Dans l'acide téréphtalique, nous avons les deux groupes carboxyles caractéristiques $-\text{COOH}$. Dans l'éthylène glycol, nous avons deux groupes hydroxy caractéristiques $-\text{OH}$. Dans le P.E.T., nous avons des groupes ester caractéristiques $-\text{COOC}-$.
2. L'acide téréphtalique est un diacide carboxylique, l'éthylène glycol un diol et le P.E.T. est un polyester.

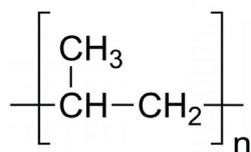
Activité 3

1. Voici la formule semi-développée du monomère :



Il s'agit du propène faisant partie de la famille des alcènes.

2. Voici la formule semi-développée du motif répétitif du polypropylène :



3. K. Ziegler (allemand) et G. Natta (italien) ont découvert en 1953 des catalyseurs permettant de produire du polypropylène ayant une structure géométrique régulière. Un catalyseur permet d'accélérer une transformation chimique.

Pour en savoir plus :

Ici le catalyseur n'est pas dans la même phase que les monomères et les macromolécules en croissance. La réaction se passe à l'interface des deux phases et engendre la géométrie régulière du polymère. Ziegler et Natta ont eu le prix Nobel de chimie en 1963 pour cette découverte sur les polymères.

4. Une fibre de polypropylène est légère et hydrophobe (l'eau ne la mouille pas).

Activité 4

1. L'origine est biosourcée car il s'agit de graines de ricin (arbrisseau d'origine tropicale). Cette plante vivace herbacée peut mesurer jusqu'à 3 mètres, voire 10 mètres dans son environnement d'origine.



Graines de ricin sur la tige.

© Lollynut

2. Le Pebax® Rnew est un copolymère contenant des blocs polyamides et des blocs polyéthers. Les blocs polyamides sont rigides et les blocs polyéthers sont souples.

Pour en savoir plus :

www.arkema.com/global/fr/products/product-finder/product-range/technicalpolymers/pebax-product-family/



3. Le Pebax® Rnew est élastique et ne casse pas.

II. ET APRÈS LE BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL, QUELLES ORIENTATIONS POSSIBLES DANS LE SECTEUR DE LA CHIMIE ?

La chimie des matériaux est un vaste domaine en pleine expansion, très innovant et applicable à l'ensemble des secteurs d'activité.

Un matériau est fabriqué dans le but d'obtenir un objet fonctionnel doté de propriétés physico-chimiques particulières. Les chimistes jouent donc un rôle transversal central pour répondre à la demande en nouveaux matériaux dans de nombreux secteurs comme les industries du sport et des loisirs mais aussi pour l'électronique, l'éolien, le photovoltaïque, les piles, le bâtiment, les transports, l'aéronautique, les médicaments, le paramédical...

En matière d'équipements et de matériels sportifs, l'innovation est, en général, tirée par le sport de haut niveau pour bénéficier ensuite à l'ensemble des pratiquants tant en matière de performances que de sécurité.



Vélo tandem de para athlètes de l'équipe de France en fibre de carbone. (D.R.)

Compte tenu de la diversité des champs d'application et des propriétés physico-chimiques attendues, la mise au point d'un matériau amène les chimistes à travailler avec des spécialistes de très nombreuses disciplines.

Pour avoir une idée des métiers de chimistes associés aux matériaux en général, on pourra consulter les ressources suivantes :

- Les chimistes dans : L'aventure des nouveaux matériaux
www.mediachimie.org/ressource/les-chimistes-dans-laventure-des-nouveaux-matériaux
- Les fiches métiers :
Ingénieur matériaux (H/F)
www.mediachimie.org/fichemetier/ingenieur-matériaux-hf
Technicien matériaux (H/F)
www.mediachimie.org/fichemetier/technicien-matériaux-hf

Ces métiers permettent de s'adapter aux différents marchés des matériaux et bien sûr à celui des matériaux pour les sports.

Mais la création d'un matériau ne s'arrête pas à sa mise au point en laboratoire et n'est donc pas qu'un métier de recherche et développement. Il faut aussi tester les propriétés, les applications possibles, fabriquer le matériau à l'échelle industrielle en passant par l'étape de la mise au point des procédés, vérifier la qualité et faire un suivi en analyse tout au cours des étapes, protéger les innovations par des brevets... Il s'agit d'un travail d'équipes multidisciplinaires.

On lira avec intérêt l'article « [Les nouvelles technologies en matière de prothèses révolutionnent le handisport](#) » de Maja Hooek sur OMNI Magazine qui indique comment la recherche et le développement ont aidé les athlètes handicapés à tirer le meilleur parti de leurs capacités athlétiques.



Perchiste sautant avec une perche en fibre de carbone plus souple et résistante. © Olympics

On peut donc travailler dans un projet de mise au point de matériaux sans être un ingénieur ou un technicien spécialisé en matériaux. On peut par exemple être :

Pour une sortie à bac +5/8 :

- [Ingénieur chimiste Procédés \(H/F\)](#)
- [Ingénieur en formulation / formulateur \(H/F\)](#)
- [Ingénieur Génie des procédés / Génie chimique \(H/F\)](#)
- [Ingénieur marketing / Chef de produit \(H/F\)](#)
- [Ingénieur métrologie et instrumentation \(H/F\)](#)
- [Ingénieur production \(H/F\)](#)
- [Responsable Assurance Qualité \(H/F\)](#)
- [Responsable de laboratoire d'analyses / contrôle qualité \(H/F\)](#)

Ou si l'on a une formation de niveau Bac +2/3 :

- [Technicien Assurance Qualité \(H/F\)](#)
- [Technicien chimiste \(H/F\)](#)
- [Technicien Contrôle industriel et régulation automatique \(H/F\)](#)
- [Technicien de fabrication / production \(H/F\)](#)
- [Technicien de formulation \(H/F\)](#)
- [Technicien d'analyse chimie / physico-chimie \(H/F\)](#)
- [Technicien en métrologie et instrumentation \(H/F\)](#)
- [Technicien Génie des procédés / Génie chimique \(H/F\)](#)

Concernant l'orientation, la fiche orientation : « je veux travailler dans un secteur en relation avec le sport » (www.mediachimie.org/ressource/fiche-orientation-secteur-en-relation-avec-le-sport) permet de se faire une idée des cursus possibles.

FICHE ORIENTATION **6** Je souhaite travailler dans un secteur en relation avec le sport avec une formation en chimie.

Christina Da Cruz - Françoise Brénon - Gérard Roussel

Les sources d'orientation et de réflexions
Mediachimie : site de la Fondation de la maison de la Chimie proposant des ressources autour de la chimie, ses innovations, **ses métiers** et ses perspectives, et en particulier :
 • Les chimistes dans l'aventure des nouveaux matériaux
<http://www.mediachimie.org/sites/default/files/Chimistes-08-nouveaux-mat%C3%A9riaux.pdf>
 • Les matériaux de la performance
<http://www.mediachimie.org/ressource/les-mat%C3%A9riaux-de-la-performance>
 • Les chimistes dans l'industrie chimique
<http://www.mediachimie.org/sites/default/files/Chimistes-07-industrie-chimique.pdf>
 • La chimie et les ballons de foot (vidéo) : <http://www.mediachimie.org/ressource/l-histoire-d-albert-ballon-de-foot-des-jeux-olympiques-2012>

L'ONISEP
 Panorama des métiers du sport - rubrique Les métiers de la fabrication et de l'ingénierie
<https://sport.onisep.fr/je-construis-mon-projet-dans-le-sport/panorama-des-metiers-du-sport>

Les domaines d'activité

- Recherche & développement
- Qualité, sécurité, environnement
- Procédés - Production
- Analyse laboratoire et contrôle qualité

Exemples de métiers de technicien et d'ingénieur

- Ingénieur e chimiste Procédés : <https://www.mediachimie.org/fichesmetier/ing%C3%A9nieu-r-chimiste-proc%C3%A9d%C3%A9s-hf>
- Technicien ne chimiste : <http://www.mediachimie.org/fichesmetier/technicien-chimiste-hf>
- Ingénieur e matériaux : <http://www.onisep.fr/Ressources/Univers-Metier/Metiers/Ing%C3%A9nieu-r-ingenieur-mat%C3%A9riaux>

Les formations

Pour sortir à Bac +2/3 : les métiers de technicien ne s

- Après un Bac technologique, STL ou STI2D
- Après un Bac général (prérequis : choisir des spécialités scientifiques en 1^{re} et terminale)

via un BTS, un DUT, une L3 Pro avec spécialité chimie, sciences et génie des matériaux, polymères, plasturgie, fibres, procédés, génie chimique, production...

-> Pour plus de détails, consulter Vers les métiers de technicien (4F) <http://www.mediachimie.org/metier/34>

Pour sortir à Bac +5/8 : les métiers d'ingénieur e s et de chercheurs ses

De nombreuses voies sont possibles :

- soit un cursus long directement à partir du Bac, une combinaison parmi les classes préparatoires aux grandes écoles et licences
- soit en passant par une formation préalable BTS, DUT, puis une formation complémentaire ou une admission parallèle

suivie par écoles d'ingénieur ou Masters (Bac +5) ou Doctorat (Bac +8), spécialité chimie, matériaux, génie des procédés, génie chimique, fibres

-> Voir tous ces cursus sur le site <http://www.mediachimie.org/metier/35>

Les compétences attendues
 Compétences scientifiques et techniques, créativité, rigueur, travail en équipe.

De manière plus générale, les différents cursus pour sortir sur le marché du travail avec une formation en chimie sont consultables ici :

Sortie à Bac +2/3 : vers les métiers de techniciens www.mediachimie.org/metier/34. On notera en particulier la formation BUT sciences et génie des matériaux. Il y a aussi dans les universités des licences Pro mention chimie et physique des matériaux. Pour en savoir plus consulter la page ONISEP correspondante www.onisep.fr/ressources/univers-formation/formations/Post-bac/licence-pro-mention-chimie-et-physique-des-mat%C3%A9riaux

Sortie à Bac +5/8 : vers les métiers d'ingénieurs et de chercheurs www.mediachimie.org/metier/35. En dehors des écoles d'ingénieurs il existe dans les universités des Master mention sciences et génie des matériaux. Voir sur le site de l'ONISEP : www.onisep.fr/ressources/univers-formation/formations/Post-bac/master-mention-sciences-et-genie-des-mat%C3%A9riaux

Partie orientation proposée et rédigée par Françoise Brénon et Gérard Roussel (Maison de la Chimie)