

# **LE MONDE DES PLASTIQUES DÉCOUVERT À TRAVERS UN NOUVEL OUTIL PÉDAGOGIQUE : LE KIT PLASTIQUES**

## **Les plastiques, omniprésents**

Les polymères sont présents partout, dans la vie courante sous forme de l'humble sac poubelle jusqu'aux applications high tech comme la voilure de l'avion furtif.

Cette diversité est souvent méconnue du public pour qui, parfois, le plastique est encore synonyme d'ersatz, de mauvaise qualité, de « faute de mieux ». Pourtant, ce sont les plastiques qui permettent une large diffusion, à des prix accessibles, des matériels et équipements performants et des nouvelles technologies.

Afin de faire mieux connaître ce matériau protéiforme auprès des jeunes, une valise « Kit plastiques » a été développée à destination des professeurs du secondaire par un groupe d'enseignants et de chercheurs avec le support des industries de fabrication et de transformation des polymères.

## **Des expériences de chimie et de caractérisation des matériaux**

Il s'agit de mettre à la disposition des enseignants le matériel et les produits nécessaires pour mener à bien une démarche expérimentale en classe, pour aider les élèves à comprendre leur environnement matériel en agissant, à apprendre en manipulant.

La valise comprend un ensemble de produits de démonstration, de fiches de labo pour les élèves et de feuilles explicatives pour les professeurs permettant des expériences sur les mécanismes de polymérisation, et les interactions moléculaires (soufre, résine urée-formaldéhyde, nylon 6-10, polyuréthane moussé, « slime », alcool polyvinylique...).

D'autres fiches décrivent des essais de mise en évidence des propriétés d'usage des matériaux : résistance à la fatigue, au fluage, à la rayure, aptitude au revêtement, comportement à la chaleur, à la flamme, propriétés de rigidité/souplesse,...

Chimie, mécanique et résistance des matériaux se trouvent ainsi mises en relation par l'intermédiaire d'applications très concrètes de la vie quotidienne.

## **Des échantillons variés**

A côté du matériel expérimental, de nombreux objets et échantillons sont fournis, qui illustrent la multiplicité des techniques de mise en œuvre : injection, soufflage, extrusion, gonflage, usinage, fibres...

La question de l'après-vie des produits plastiques est également évoquée à partir d'informations et d'expériences sur les polymères dégradables, à travers aussi des échantillons illustrant le cycle de vie d'un objet courant, la bouteille d'eau pétillante (PET) : granulé, pré-forme, bouteille, bouteille déchiquetée en paillettes, fibres de matière recyclée puis enfin, tissu pour sac de sport.

D'autres échantillons sont destinés à illustrer la variété des matières disponibles ou le large champ des applications ouvertes aux polymères.

Il n'est pas inutile de citer quelques-uns ici pour attirer l'attention du lecteur non averti sur les propriétés particulières de certains polymères.

## • Mousses polyuréthanes

Cinq échantillons de mousse polyuréthane sont présentés. Selon leur composition (polyester, polyéther...) et leurs propriétés physiques (densité, porosité...), ils sont destinés à des marchés très différents. Une des mousses est destinée aux applications « de confort », de type literie, siège, fauteuil et divers. Une autre est une éponge, caractérisée par une structure capillaire très ouverte permettant d'absorber une grande quantité d'eau. Sa structure est soigneusement calculée : une porosité trop ouverte laisserait l'eau s'échapper trop vite de l'éponge. Une autre encore est un élément de sécurité dans les réservoirs de voitures de course (F1) et dans les avions.

Elle empêche le va-et-vient du carburant et compartimente le réservoir de manière à éviter qu'en cas d'incendie ou d'explosion, le carburant ne s'enflamme ou n'explose en une seule fois. Une quatrième mousse, particulièrement résistante à l'humidité, est utilisée pour la filtration de l'eau (aquarium, par exemple). Elle est fabriquée à partir de polyéther, les mousses à partir de polyester étant trop sensibles à l'humidité. Enfin, le cinquième échantillon présente les propriétés abrasives et la résistance mécanique nécessaires à certains usages ménagers (vaisselle).

## • Polyuréthane et PVC à usage médical

Les tubes présentés dans le Kit plastiques sont dits « à plusieurs lumières » (plusieurs tubes en un), c'est-à-dire qu'ils permettent de remplir plusieurs fonctions à partir d'un seul point d'entrée dans le corps humain. Il s'agit ici de sondes naso-gastriques destinées à l'analyse des gaz dans l'estomac. Une des lumières du tube permet d'injecter de l'air pour gonfler le ballon de prise de gaz, une autre sert à la décompression de l'estomac, la troisième permet éventuellement de nourrir le malade.

La matière est choisie pour pouvoir être stérilisée (résistance aux agents chimiques nécessaire), mais une seule fois (mauvaise résistance en température), parce qu'il s'agit de matériel à usage unique que les hôpitaux ne peuvent pas récupérer.

Les tubes présentés dans le Kit sont l'un en polyuréthane thermoplastique, l'autre en PVC. Pourquoi deux matières pour la même application ? Le PVC est meilleur marché que d'autres matières et est choisi pour des applications qui ne nécessitent que quelques heures de séjour dans l'estomac du patient. Au-delà les sucs gastriques attaquent la matière et les plastifiants qui rendent le PVC souple peuvent migrer, ce qui rend le tube rigide, inconfortable, et lui enlève ses propriétés. Il faut alors choisir le PUR, plus coûteux, mais qui peut rester en place quelques semaines sans altération (au-delà, on choisira un silicone, totalement inerte).

Une autre fonctionnalité est ajoutée aux tubes. Pour pouvoir suivre la descente du tube depuis le nez jusqu'à l'estomac du patient, une partie du tube est co-extrudée dans une matière visible aux rayons X. Il s'agit en fait du même polymère, mais rendu radio-opaque par addition de sulfate de baryum.

La forme des lumières est étudiée pour rentabiliser au maximum les passages pour un même diamètre extérieur, tout en gardant une rigidité suffisante pour pouvoir faire descendre le tube dans le corps et pour créer une aspiration sans écraser le diamètre.

L'état de surface des tubes médicaux doit être bien contrôlé. Ici, le tube PVC a subi un traitement spécial après l'extrusion. Il est dépoli de manière à éviter les effets de ventouse entre parois trop lisses lors du passage dans l'œsophage.

Dans d'autres cas, comme celui des tubes en contact avec le sang, la surface doit être parfaitement lisse pour éviter les points d'accroche et le risque de caillots dangereux.

Les diamètres sont normalisés, et les matériaux sont agréés pour usage médical par des organismes spécifiques.

## • Fibres d'aramide

La fibre aramide (polyamide aromatique) est plus souvent appelée Kevlar, marque déposée par Du Pont de Nemours qui l'a mise au point dès 1972. C'est un matériau qui présente une bonne résistance et une bonne rigidité pour un prix moyen. Les fibres sont légères, auto-extinguibles, ne fondant ni ne rétrécissant à la flamme. Si elles ne résistent pas bien à la compression (elles peuvent être associées aux fibres de carbone si nécessaire), elles sont par contre très résistantes à l'impact et aux chocs. On les utilise comme renforts de composites en aéronautique, en blindage, pour des gilets pare-balles...

## • Polymères conducteurs – Polymères chargés

Les polymères peuvent être mélangés à divers additifs, charges ou renforts pour former des plastiques spécifiques pour des applications spécifiques.

Ainsi, il est possible de fabriquer des polymères conducteurs en mélangeant une charge conductrice (noir de carbone, fibres d'inox, poudre d'aluminium...) à un polymère de base. Le composite ainsi obtenu peut être moulé par les techniques classiques (injection par exemple) sous forme d'enceintes, de capots, d'habillages... qui entoureront les équipements électroniques et les protégeront des interférences électromagnétiques (exemples : récepteurs téléphoniques, enceintes de circuits électroniques pour systèmes CDI...).

Un polymère peut être rendu odoriférant (senteur de chèvrefeuille) par adjonction de parfums. Ce type de produit est utilisé pour injecter des plaquettes WC (rose, lavande...), des citrons pour lave-vaisselle (citron), des purificateurs pour voiture (menthe, eucalyptus...), des dispositifs aussi de donner au plastique l'odeur de cuir pour les intérieurs de voiture.

Un plastique peut être phosphorescent s'il est chargé d'oxydes métalliques. Il est utilisé pour des applications telles qu'interrupteurs électriques, panneaux de sécurité, notamment dans les avions, colliers pour animaux...

On peut créer, par exemple, des colliers phosphorescents anti-puces en chargeant le plastique d'une substance insecticide.

## Analyse fonctionnelle d'une application

Ces quelques exemples prouvent que les matières plastiques sont véritablement des matériaux « sur mesure » qui doivent être choisis sur base d'une analyse fonctionnelle de l'application. Un cas succinct est proposé aux étudiants qui sont invités à réfléchir au cahier des charges correspondant à une valise.

On a supposé ici que le choix de la technique de production a déjà été établi, principalement sur base du critère de coût : l'injection a été sélectionnée pour l'intégration des fonctions (pièces complexes) et le grand nombre de pièces à produire.

Il reste à répondre à la question de savoir quel polymère utiliser.

Un produit vendu sur le marché doit, pour répondre à la satisfaction du client :

- Posséder des caractéristiques initiales attrayantes (pour la valise, ce peut être un prix faible, un poids faible, une forme et des coloris attrayants, une gamme étendue,...) ;
- Conserver ces caractéristiques lorsque la valise est soumise aux sollicitations dues à l'utilisation et ce, durant un certain temps.

## **Divers critères entreront en ligne de compte. Pour une valise, ces critères sont essentiellement :**

Critères de satisfaction : critères économiques, pratiques et esthétiques

- Le coût de la matière
- La masse volumique
- La gamme de coloris accessibles
- La possibilité de réaliser des textures particulières (imitation cuir)
- La compatibilité avec d'autres matériaux de garnissage par exemple, en vue de l'assemblage (soudabilité et collabilité qui influence de manière importante le coût de l'ensemble ;
- Critères de maintien de la satisfaction : critères de résistance
- La résistance aux chocs (de  $-30^{\circ}\text{C}$  à  $+70^{\circ}\text{C}$ )
- La rigidité (de  $-30^{\circ}\text{C}$  à  $+70^{\circ}\text{C}$ )
- La résistance sous contrainte de longue durée ou résistance au fluage (jusqu'à  $+70^{\circ}\text{C}$ )
- La résistance à la rayure et à l'abrasion, la dureté
- La résistance chimique aux solvants de nettoyage
- La sensibilité aux UV, la résistance au vieillissement climatique.

Suivant l'objectif défini par le marketing et le type de clientèle visée, ces divers critères seront pondérés avec des degrés d'importance plus ou moins grands.

L'exemple du choix de matière pour la carcasse est résumé ci-dessous. Le graphique en bas de page reprend des données génériques de divers matériaux.

Le critère de coût élimine d'emblée les POM, PBT, PA, PC et autres. La combinaison de faible coût, faible densité, excellente résistance chimique aux solvants et détergents, rigidité acceptable et gamme extrêmement étendue de choix de grades fait du polypropylène le maître-choix pour la réalisation de la carcasse d'une valise moderne.

C'est d'ailleurs la matière choisie pour fabriquer la valise contenant le matériel didactique du Kit plastiques.

### **Analyse fonctionnelle d'une application**

Les étudiants, sous la conduite de leur professeur, pourront, en exploitant les expériences, informations et produits contenus dans le Kit plastiques, comprendre la polymérisation, tester les propriétés des plastiques courants et rencontrer quelques polymères spéciaux, pour le plaisir de comprendre leur environnement.

En arrière-plan, pensons aussi que si nous sommes de gros consommateurs de matières plastiques, la Belgique est également le plus gros producteur de polymères par habitant. Nous sommes riches également d'un ensemble de transformateurs (injecteurs, extrudeurs, thermoformeurs...) qui travaillent à la prospérité du pays. Le secteur de la transformation connaît une plus forte croissance que l'industrie dans sa totalité.