



EN VOITURE

Pour me déplacer, ne serait-ce que pour aller au collège, mon père me conduit en voiture, c'est une auto assez récente de couleur blanche. Là aussi, je suis entouré de chimie. Une automobile comporte une partie moteur qui fonctionne avec un carburant stocké dans un réservoir, un habitacle rigide dans lequel je peux m'asseoir avec ma famille, et quatre roues chaussées de pneus qui permettent à la voiture de rouler. Détaillons un peu la chimie qui intervient dans ces différentes parties.

Le moteur et son carburant

Le moteur

Le moteur d'une automobile est assez complexe. Il comporte :

- des parties mobiles :
 - pistons,
 - soupapes,
 - pompe,
 - turbo,
 - vilebrequin,
 - volant moteur ;
- des parties fixes :
 - radiateur,
 - bloc moteur.

Toutes ces pièces sont en acier ou en aluminium. Pour alléger le poids, on remplace beaucoup d'éléments par de l'aluminium car sa densité (2,35) est bien inférieure à celle de l'acier (7,8).

Le carburant

C'est grâce à l'essence ou au gas-oil que la voiture peut avancer. On brûle dans les cylindres du moteur, des hydrocarbures et on transforme l'énergie thermique obtenue en énergie mécanique qui fait tourner les roues.



L'aluminium

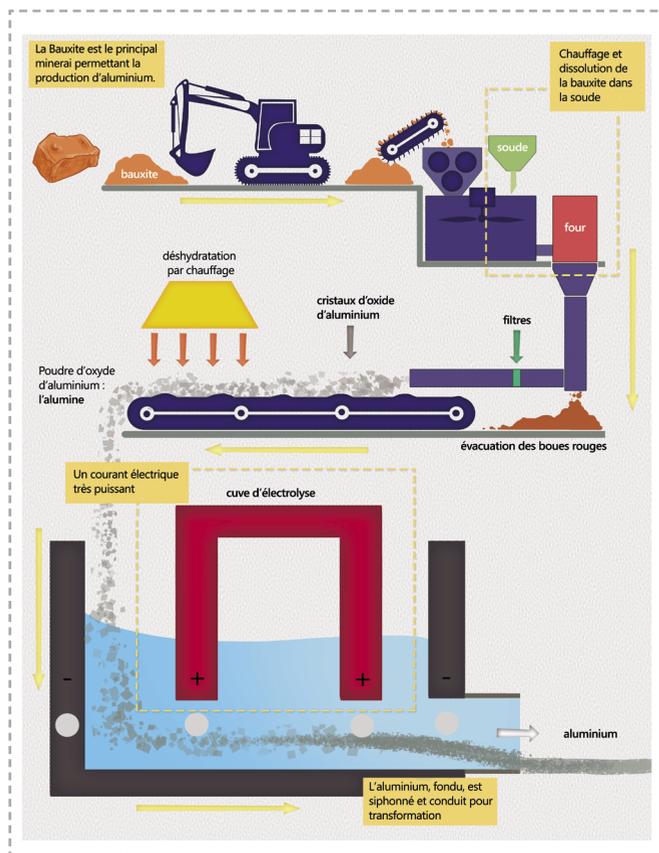
L'aluminium a été découvert par un chimiste français, Henri Sainte-Claire Deville, en 1790.

Le procédé de fabrication à partir de la bauxite a été trouvé par deux chimistes, Paul Héroult en France et Charles Martin Hall aux États-Unis, en 1885.

Le procédé Bayer dissout la bauxite ($\text{AlOOH} + \text{SiO}_2 + \text{FeOOH}$) dans la soude concentrée pour former l'aluminate de sodium $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$ purifié des traces de fer et de silice.

À pH9, l'hydroxyde $\text{Al}(\text{OH})_3$ précipite et par déshydratation, on obtient une poudre blanche l'alumine Al_2O_3 .

Par le procédé Hall-Héroult, on dissout alors l'alumine dans la cryolithe NaAlF_6 à haute température et le bain est placé dans une cuve d'électrolyse en carbone à 960°C , dans laquelle on fait passer un courant très fort de 100 kA sous 4,5 volts.

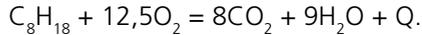


À la cathode, Al^{3+} est réduit en Al métal qui coule au fond de la cuve puisque sa température de fusion est de 660°C . À l'anode, O^{2-} est oxydé en oxygène O_2 qui réagit avec l'anode pour donner CO_2 . L'aluminium fondu est siphonné et conduit, après ajout d'éléments d'alliages, à la transformation en billots ou plaques à la fonderie.

Figure 1

Chaîne de production de l'aluminium.

Les carburants dans le réservoir ont comme formule générale C_nH_{2n+2} et la réaction de combustion peut s'écrire :



C'est la réaction stœchiométrique théorique ; mais dans un moteur, lors de la combustion, une production de gaz toxiques se dégage :

- le monoxyde de carbone CO ;
- des hydrocarbures imbrulés HC ou COV tels que C_2H_6 ;
- des oxydes d'azote NOx (NO, N_2O , NO_2) qui sont irritants ;
- et aussi dans les moteurs diesel, des petites particules PM de faibles diamètres (10 et 2,5 μm) très nocives pour les poumons.



Une réaction se produit dans des **conditions stœchiométriques** lorsque les quantités de réactifs sont dans les proportions identiques à celle de l'équation chimiques.

Pour éviter de polluer l'atmosphère, surtout en ville, les chimistes ont fait des prodiges et les dessous des automobiles sont devenus de véritables « usines à gaz » avec plusieurs réacteurs sur la ligne d'échappement.

La carrosserie

Elle constitue l'habitacle. Sa construction est très étudiée du point de vue métallurgique, l'avant peut se déformer en cas de choc tout en préservant l'intégralité de la coque, cellule qui protège conducteur et passagers.

Elle est le plus souvent en tôle d'acier, le bas de caisse est revêtu d'une couche de zinc obtenu par électrodéposition pour éviter la corrosion.

Pour des voitures haut de gamme, elle peut être en aluminium car en gagnant 100 kg, on peut économiser 0,5 l d'essence aux 100 km.

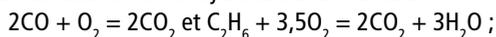
Pour les voitures de compétition et les modèles de F1, on moule la carrosserie en composite de fibres de carbone d'une extrême légèreté mais c'est trop coûteux pour les voitures de tout le monde !



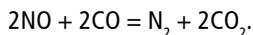
La dépollution automobile

Pour bien respirer en ville et n'avoir plus en sortie de l'échappement que du gaz carbonique CO_2 , de l'eau H_2O et de l'azote N_2 , il faut :

- oxyder le monoxyde de carbone et les hydrocarbures imbrulés :



- réduire les oxydes d'azote :



Plusieurs systèmes de dépollution sont mis en œuvre :

- l'EGR (*Exhaust Gaz Recirculation*) qui recycle une partie des gaz d'échappement pour avoir moins d'oxygène avec un catalyseur Pt/Pd sur alumine cériée ($\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CeO}_2$) ;
- le LNT (*Lean NOx Trap*) qui piège les oxydes d'azote avec des catalyseurs Pt/Rh/Ba/ Al_2O_3 à une température de l'ordre de 350-400 °C ;
- le SCR (*Selective Catalytic Reaction*) qui consiste à injecter un réducteur dans le circuit, de l'urée $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ qui réduit les NOx en azote N_2 .

Pour être complet, citons le filtre à particules qui périodiquement doit pouvoir brûler les suies qui peuvent l'obstruer.

Un catalyseur est souvent en métal précieux tel que le platine Pt ou palladium Pd qui sert d'intermédiaire pour faciliter une réaction.

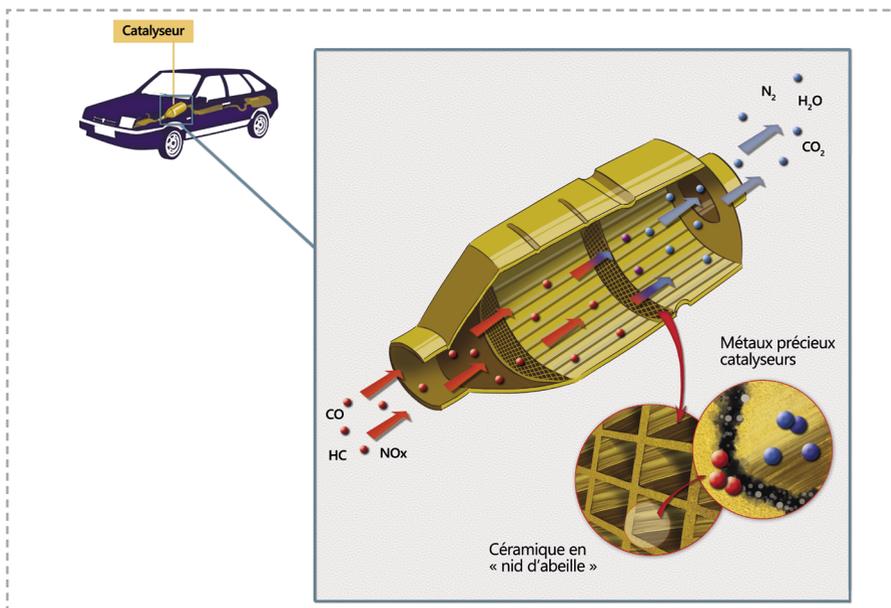


Figure 2 Schéma d'un catalyseur.

Les polymères

De plus en plus, les polymères plastiques gagnent du terrain dans l'automobile. Certaines parties de la carrosserie comme la partie arrière surmontant le coffre, les pare-chocs, le réservoir sont en résines et polymères.

Qu'est-ce qu'un polymère ?

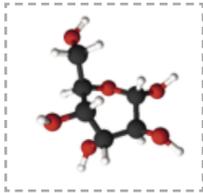


Figure 3

Structure moléculaire du glucose ($C_6H_{12}O_6$).

Un polymère est une macromolécule composée d'un motif élémentaire qui se répète un grand nombre de fois.

Exemple : la cellulose est un polymère synthétisé par les végétaux à partir du glucose.

Seule une petite partie de la fibre de cellulose est représentée ici car le nombre de molécules de glucose associées entre elles peut aller de quelques centaines à une dizaine de milliers selon son origine.

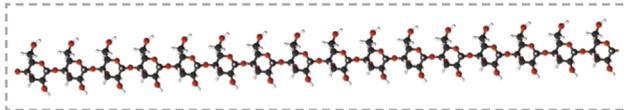


Figure 4

Chaîne moléculaire de la cellulose.



Remarque

À côté du polymère naturel, il y a de nombreux polymères synthétiques.

On retrouve les polymères dans les éléments suivants (Fig. 5) :

- la planche de bord est en polyuréthane ;
- les pare-chocs et protections en polypropylène ;

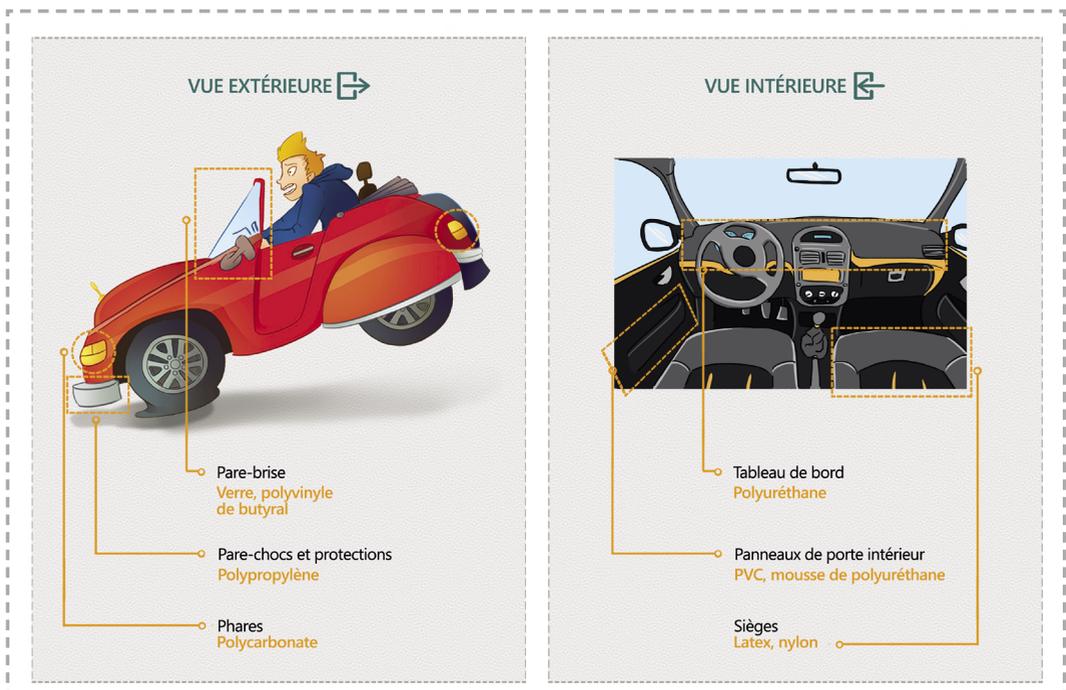


- certains engrenages et le couvercle de culasse parfois en polyamide ;
- les optiques en polycarbonate plutôt qu'en verre ;
- les panneaux de portes intérieurs en ABS avec du PVC et de la mousse de polyuréthane ;
- le pare-brise était en verre trempé pour se briser en une multitude de petits éclats non coupants en cas de collision. Maintenant il est en verre sécurit constitué de deux lames de verre trempé contrecollées en sandwich par un polymère le polyvinyle de butyral ;
- les sièges sont en latex recouverts de tissus synthétiques comme le nylon.

Figure 5

Les polymères présents un peu partout dans l'automobile.

Tous ces plastiques ont envahi nos automobiles car leur mise en forme facilite des fabrications de masse et leur légèreté permet d'économiser sur le poids du véhicule.



Les pneus

Pour rouler en sécurité et dans un confort relatif, les roues sont chaussées de pneus.

Ce sont des enveloppes élastiques, constituées de caoutchouc naturel et synthétique et armées, sur leur flanc, de fils d'aciers pour les consolider.

Leur périmètre constitue la bande de roulement qui est creusée et sculptée de dessins très soigneusement étudiés pour éliminer l'eau en cas de pluie et pour procurer la meilleure tenue de route quel que soit le temps et le revêtement sur la route.

Les différentes étapes de l'histoire du pneu :

- vers 1840, découverte de la vulcanisation par Charles Goodyear (Encart « Le caoutchouc ») ;
- en 1888, J. B. Dunlop déposa, le premier, le brevet de fabrication des pneus ;
- en 1892, les frères A. et E. Michelin inventent le premier pneu démontable.

La fabrication d'un pneu est toute une chimie :

1. on mélange du caoutchouc naturel avec du butadiène et du styrène ;
2. on ajoute du soufre et de l'oxyde de zinc ;
3. on moule à environ 200 °C la forme circulaire du pneu sur un réseau circulaire de fils d'acier revêtus de cuivre ;
4. le soufre va constituer les attaches entre les chaînes des polymères et réagir avec le cuivre pour donner du CuS_2 qui va bien lier le caoutchouc à l'armature métallique (Fig. 6) ;
5. on peut y ajouter de la silice sous forme de billes très fines (de l'ordre de quelques microns) pour améliorer l'usure du pneu et consommer moins de carburant, on parle alors de « pneu vert ».

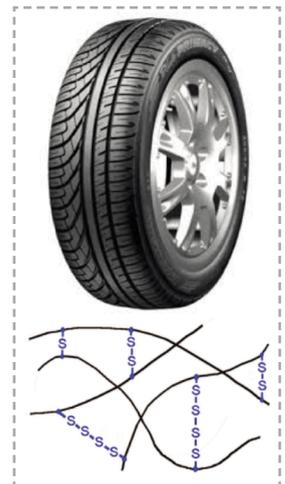


Figure 6

Le soufre constitue les attaches entre les chaînes des polymères.



Le caoutchouc

Il y a cinq siècles, les Conquistadors découvrent, en Amérique du Sud, une substance au caractère sacré secrétée par certains arbres. Ils voient que les Amérindiens la moulent et après séchage à la fumée, s'en servent comme balle ou toiles enduites. Les jeux comme « le juego de pelota » sont les ancêtres de la pelote basque ou même du football. Cette substance, le latex, est un liquide laiteux qui coule d'une saignée dans l'écorce d'un arbre l'hévéa appelé « cahatchu » ou « arbre qui pleure ». Il ne sera identifié qu'au XVIII^e siècle par des naturalistes et chimistes français et anglais qui l'importeront en Extrême-Orient.

Ce latex est composé de :

- deux tiers d'eau ;
- un tiers d'un solide blanc élastomère.

Les particularités de cet élastomère sont les suivantes :

- il peut s'allonger sous une forte traction ;
- séché, il devient élastique ;
- en dessous de 5 °C, il casse ;
- au-dessus de 35 °C, il se ramollit.

Avant d'en faire du caoutchouc il faut donc le transformer. Ce n'est qu'aux XIX^e et XX^e siècles que l'on comprit comment le traiter. C'est un polymère dont le motif $(-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-)_n$ se répète sous forme de chaînes très longues. C'est Charles Goodyear, en 1842, qui trouva un peu par hasard la solution. Après avoir racheté à Hayward, le droit d'imprégner le latex avec du soufre, par maladresse il laisse tomber le mélange sur un four.

Après l'avoir détaché, il s'aperçoit que le produit ainsi traité garde son élasticité et sa forme quelle que soit la température. Il vient de trouver la vulcanisation et d'inventer le caoutchouc. C'est plus tard que les chimistes comprendront que les ions soufre font des liaisons disulfures C-S-S-C entre les chaînes $(-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-)_n$ et donnent au latex une structure tridimensionnelle stable en lui gardant ses propriétés élastiques.

Du point de vue industriel, on ajoute au soufre :

- un activateur ZnO ;
- des catalyseurs ;
- de l'acide stéarique ;
- des charges comme du noir de carbone ou de la silice ultrafine pour améliorer ses caractéristiques.

Actuellement, la consommation mondiale de caoutchouc est de l'ordre de 22 millions de tonnes dont neuf de caoutchouc naturel et presque 70 % est consacré à la fabrication des pneus.

Le caoutchouc synthétique est apparu en 1910 en Allemagne et en 1941 aux États-Unis dans le cadre des « économies de guerre » où les États n'avaient plus accès aux ressources des plantations d'hévéas en Extrême-Orient.

À partir du charbon et du pétrole en passant par l'éthylène, on fabrique le 2,3-diméthylbuta-1,3-diène qui par polymérisation donne le butadiène ou l'isoprène.

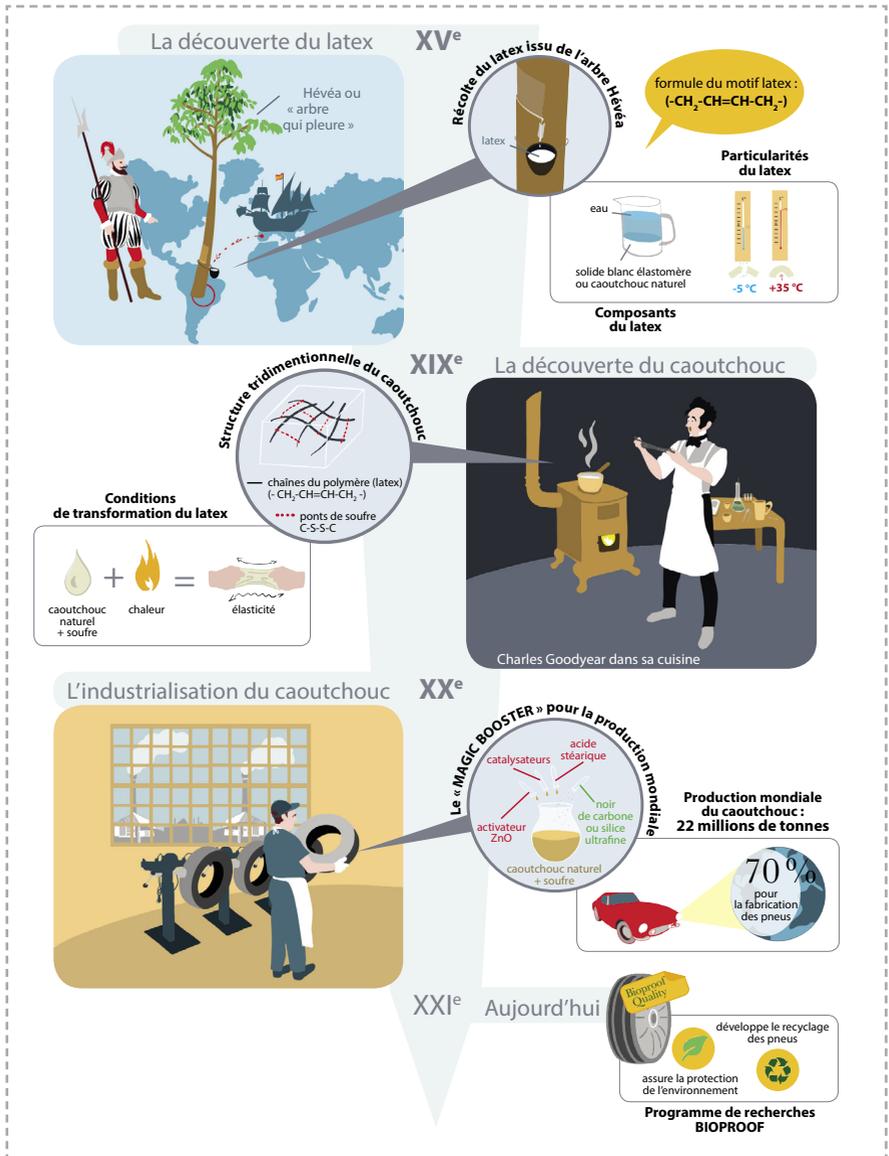


Figure 7

L'histoire du caoutchouc.



Conclusion

Notre voiture est devenue indispensable dans notre quotidien. En l'utilisant tous les jours, on ne se rend plus compte qu'elle sous-tend la chimie et des inventions de chimistes.

Actuellement, l'innovation en chimie permet d'économiser l'énergie en diminuant les émissions de gaz à effet de serre et en économisant les ressources non renouvelables de notre planète.

L'exploitation de la biomasse renouvelable, la purification de l'eau, les véhicules électriques, l'expédition vers Mars, tous ces développements seraient impossibles sans la chimie.