

Le Kevlar et les textiles synthétiques

Dubrulle Laurent

Kieffer David

Table des matières

Introduction	2
1 Qu'est-ce qu'un Nylon ?	3
1.1 Définition	3
1.2 Synthèse	3
1.3 Propriétés	4
2 Cas du Kevlar	5
2.1 Qu'est que le Kevlar ?	5
2.2 Synthèse	6
2.3 Utilisations	6
2.4 Problèmes	6
Conclusion	7
Bibliographie	8

Introduction

La chimie est une science aux multiples applications reconnues partout dans le monde. Pour l'exemple nous pourrions citer l'industrie pharmaceutique, les plastiques de la vie courante, ou encore les nano-objets source d'un grand engouement depuis quelques années.

Nous avons cependant décidé de nous intéresser au cas du Kevlar et de l'industrie textile en général.

Depuis la découverte du Nylon en 1938 par Wallace Carothers[3] l'utilisation des polymères dans la confection de vêtements a connu un véritable essor et s'est démocratisé de façon spectaculaire. La littérature même en fut influencée.[4]

Nous pouvons nous demander à quoi peut bien être dû cet intérêt et nous allons tenter d'y répondre en étudiant la notion de polyamide de type Nylon d'une part, et en illustrant nos propos grâce au Kevlar d'autre part.

Chapitre 1

Qu'est-ce qu'un Nylon ?

1.1 Définition

Au départ le terme « nylon » était appliqué à la découverte du chimiste Wallace Carothers, dont l'origine est un peu floue.

Cependant ce mot fut ensuite appliqué à tout polymère dont le monomère est obtenu par condensation d'un diacide carboxylique et d'une diamine ou d'un amino-acide : on parle alors de polyamides.

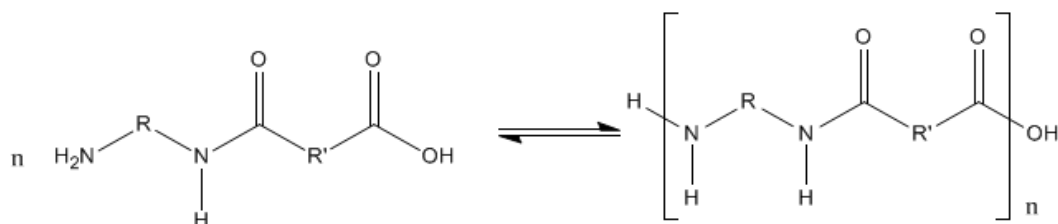


FIG. 1.1 – Schéma général de la polymérisation

Les propriétés du polymère dépendent bien sûr du nombre n de motif répété mais surtout de la qualité des groupes R et R' reliant deux amides. Ce sont souvent des chaînes carbonées hydrophobes.[1]

Ainsi, avec R correspondant à C_6H_{12} et R' équivalent à C_4H_8 il s'agit de nylon commun usité dans l'industrie textile, si R et R' étaient des noyaux benzéniques ce serait du Kévlar, et bien d'autres combinaisons possibles.

1.2 Synthèse

La condensation d'une amine sur un acide est une réaction fortement déplacée dans le sens de l'hydrolyse.

Pour palier à ce problème il faut activer la réactivité du groupe carbonyle en changeant l'acide en halogénure d'acide, par exemple à l'aide du SOCl_2 . La réaction est alors spontanée et suit le schéma classique de réaction d'une amine et d'un halogénure d'acide suivant.

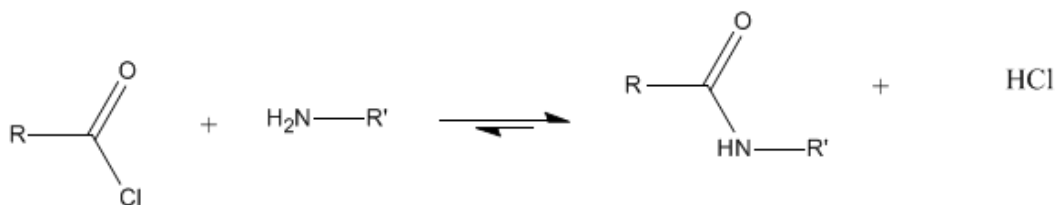


FIG. 1.2 – Réaction de condensation

Notons que le HCl dégagé doit être piégé par une base non nucléophile afin d'éviter une réaction sur le carbonyle activé. Pour cela on travaille généralement en présence d'un solvant tel que Et_3N ou avec de la pyridine.

1.3 Propriétés

La liaison $(\text{CO})\text{N}$ est plane à cause de la délocalisation du doublet de l'azote sur le carbone selon les lois qui régissent la mésomérie.

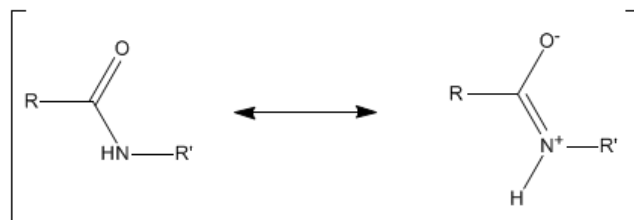


FIG. 1.3 – Mésomérie de la liaison amide

C'est pour cela que les fibres de nylon sont linéaires, ce qui améliore les contacts avec d'autres fibres et donc la cohésion et la résistance globale du produit. En effet les groupes NH et CO de deux molécules différentes se lient par liaison hydrogène et les chaînes carbonées situées entre les fonctions amides, généralement hydrophobe, se lient aussi entre elles par interactions hydrophobes (soumises aux principes de la thermodynamique).

Ces composés sont donc à la fois très résistants et peu solubles dans les milieux polaires (tels que l'eau) du fait du cumul des forces inter-moléculaires lipophiles.

Chapitre 2

Cas du Kevlar

2.1 Qu'est que le Kevlar ?

Le kevlar est un polyamide aromatique (aramide)[2] dont le nom IUPAC est le poly-para-phénylène téréphtalamide.

Sa formule s'obtient en reprenant les molécules de nylon précédemment illustrées, il suffit de remplacer les groupements R et R' par des groupes aryles (C_6H_4).

La présence de ces groupes bloquent la molécule en configuration trans, la cis étant impossible pour des problèmes stériques.

Il se forme des liaisons hydrogène (que nous retrouvons dans les nylons) entre chaînes et nous avons un système π étendu à tout le polymère. Les cycles se superposent et se stabilisent par effet de π -stacking. Ces deux types de liaisons faibles donnent des propriétés de résistance à ce composé assez importantes.

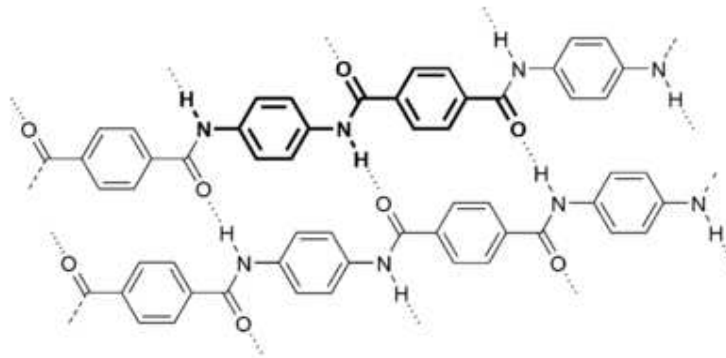


FIG. 2.1 – Liaisons faibles inter-moléculaires du Kévlar

2.2 Synthèse

Le Kevlar reste malgré tout un nylon, c'est pour cela que la réaction est similaire. Les produits de réaction sont donc le 1,4-diamino benzène (ou PPD) et le chlorure d'acide téréphtalique que l'on fait polymériser ensemble.

Il est notable que cette réaction donne accès à des molécules particulièrement longues. En effet nous avons déjà vu que l'intégralité du polymère est parcouru par la délocalisation ce qui tend grandement à le rigidifier, supprimant par la même occasion la possibilité d'une réaction intra-moléculaire.

2.3 Utilisations

Le Kevlar est utilisé dans les cas où ses propriétés d'élasticité, de résistance aux chocs, à la traction et de tensions peuvent améliorer les produits de l'industrie.

Ainsi nous le retrouvons préférentiellement dans des objets à l'épreuve des chocs tels que les pneus et les freins de voitures, le matériel de sport tel que le vélo, les raquettes de tennis en ce qui concerne la consommation courante mais aussi les coques de bateau et les gilets pare-balles dans le cas d'une utilisation plus spécialisée.

Le kevlar, utilisé avec le Nomex (un autre aramide, version meta du Kevlar), sert à fabriquer des combinaisons résistantes au feu, tirant ainsi parti de leurs grande résistances aux hautes températures.[2]

2.4 Problèmes

Malgré toutes ces qualités il existe certaines restrictions à l'utilisation de ce produit.

Par exemple, celui-ci ne résiste pas à l'humidité. Ainsi si l'on en plonge un bout dans l'eau il perd rapidement de l'intérêt. Même à l'air libre son pouvoir de rétention est suffisamment grand pour absorber l'humidité ambiante et perdre ainsi toutes propriété mécanique en quelques jours.

Une autre de ses faiblesses est le rayonnement UV-Visible dont il absorbe la majeure partie. En effet la grande délocalisation du système π et l'effet de longue chaîne cumulé crée une sorte de "bande de valence", autorisant par la même occasion un grand panel de transitions électroniques.

Il existe tout de même des moyens de les contourner : une couche de polyéthylène permet une isolation contre les liquides tandis qu'une autre de polystyrène immunise contre les effets néfastes du rayonnement électromagnétique.

Conclusion

On se rend compte que, dans le kevlar, ce ne sont pas les liaisons fortes mais les liaisons faibles qui lui donnent des propriétés rares. De plus il s'agit d'un polymère, il reste donc plus utile et plus léger que du métal.

C'est aussi un solide amorphe mais reste facilement utilisable pour des vêtements renforcés ou dans diverses utilisations industrielles.

Bien sûr il existe des matériaux plus résistants (la soie d'araignée notamment) mais qui coûtent autrement plus cher et qui sont plus difficile à produire. La chimie est parvenue dans le textile à offrir un excellent compromis en qualité et coûts de productions, en espérant que l'avenir réserve d'autres surprises.

Bibliographie

- [1] <http://en.wikipedia.org/wiki/nylon>.
- [2] <http://pslc.ws/french/aramid.htm>.
- [3] <http://www.ideafinder.com/history/inventions/nylon.htm>.
- [4] Elsa Triolet. *L'âge de Nylon : Roses à Crédit*. Editions Gallimard, 1972.