

## Physico-chimie de l'amiante<sup>1</sup>

La structure cristalline, qui induit la forme et la taille des fibres, est un élément de différenciation important entre le chrysotile et les amphiboles.

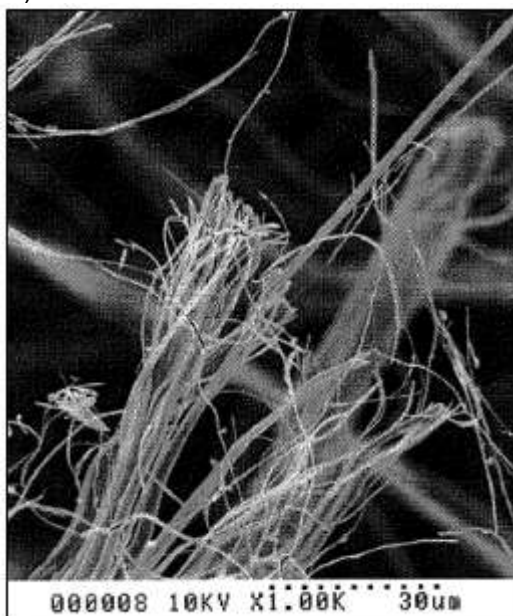
La structure cristalline du chrysotile se présente à l'état naturel en couches ou feuilles superposées. Celles-ci peuvent former des fibrilles, d'un diamètre compris entre 0,02 et 0,03  $\mu\text{m}$ .

Les rapports longueur sur diamètre des fibres peuvent atteindre l'ordre de 100 :1. Elle repose sur une couche non limitée de silice  $(\text{Si}_2\text{O}_5)_n$  dans laquelle tous les tétraèdres de silice pointent dans la même direction.

Sur une des faces de cette couche et reliant les tétraèdres de silice, se trouve une couche de brucite,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  dans laquelle deux groupements hydroxyde sur trois sont remplacés par des atomes d'oxygène aux pointes des tétraèdres.

Les anomalies de superposition ainsi que les contraintes internes entre les couches incurvent les couches jusqu'à former des cylindres appelés fibrilles.

Ces fibrilles individuelles de chrysotile possèdent un diamètre compris entre 0,02 et 0,03  $\mu\text{m}$ . La microscopie électronique montre que la plupart des fibres de chrysotile présentent une forme cylindrique creuse (voir figure).



Chrysotile, microscopie à balayage (1000x)

Les amphiboles comportent deux chaînes ou rubans basés sur des unités de  $\text{Si}_4\text{O}_{11}$  séparés par une bande de sept cations formant l'unité de base.

Deux groupes hydroxyde sont rattachés au cation central et sont entièrement contenus dans la structure qui est composée d'un empilement de rubans.

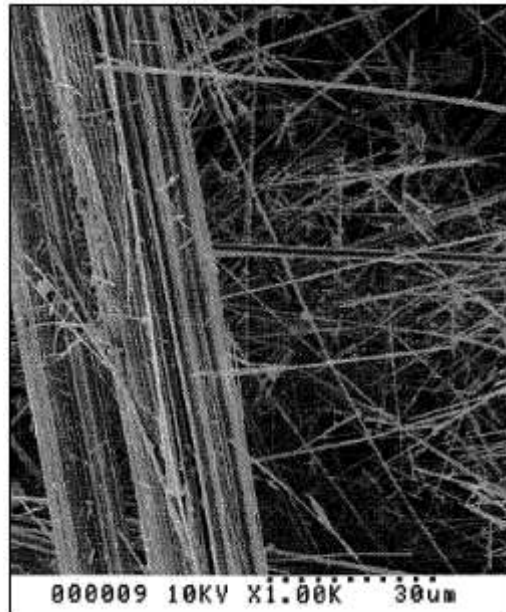
La liaison entre rubans est chimiquement faible et les cristaux montrent facilement un clivage parallèle aux rubans. Des substitutions isomorphes mineures peuvent également apparaître avec  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ti}^{4+}$ ,  $\text{K}^+$  et  $\text{Li}^+$ .

<sup>1</sup> Ex «Effets sur la santé des principaux types d'exposition à l'amiante», Expertise collective, INSERM, 1997, Chap.2

Contrairement au chrysotile, les amphiboles ne présentent pas une fibrille unique comme unité structurelle.

Toutes les fibres d'amphibole sont droites et ne présentent pas la courbure typique de certaines fibres de chrysotile.

En ce qui concerne la taille des fibres, les diamètres des amphiboles sont dans un ordre de grandeur dix fois plus grand que celui du chrysotile, avec des variations importantes d'une variété à l'autre et, dans la même variété, d'un gisement à l'autre (crocidolite : 0,06 à 1,2 mm, amosite : 0,15 à 1,5 mm et anthophyllite : 0,25 à 2,5 mm).



Crocidolite, microscopie à balayage (1000x)

Les propriétés de surface des fibres d'amiante sont importantes à considérer.

Les fibres de chrysotile ont une charge de surface positive et, de ce fait, présentent un taux de sédimentation relativement faible. Ceci a notamment conduit les industriels à mélanger le chrysotile avec jusqu'à 40 % d'amphiboles, qui possèdent une charge de surface négative, pour la fabrication de l'amiante-ciment. Des agents tensioactifs ont été utilisés dans le process industriel du chrysotile afin de remplacer les amphiboles, après l'interdiction de ces dernières.

La composition chimique du chrysotile varie quelque peu suivant les gisements à partir de la composition idéale de  $Mg_3(Si_2O_5)(OH)_4$  avec 37-44 % de  $SiO_2$ , 39-44 % de  $MgO$  et 12-15 % d' $H_2O$ . Le minéral est souvent accompagné d'impuretés liées à des substitutions ou à des inclusions macroscopiques, ces dernières pouvant représenter 20 % en masse, parfois plus. Le fer et l'aluminium sont les impuretés les plus courantes ; les autres sont le calcium, le chrome, le nickel, le manganèse, le sodium et le potassium.

Les compositions chimiques des amphiboles sont plus complexes et plus variables que celle du chrysotile. Les cations dominants sont  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Na^+$ , et  $Ca^{2+}$ .

D'autres impuretés, en particulier de nature organique, peuvent apparaître, aussi bien pour le chrysotile que les amphiboles, au cours du transport ou de la transformation industrielle des fibres.

|                                | Crocidolite % | Amosite % | Anthophyllite % | Actinolite % | Trémolite % |
|--------------------------------|---------------|-----------|-----------------|--------------|-------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 49-53         | 49-53     | 56-58           | 51-52        | 55-60       |
| MgO                            | 0-3           | 1-7       | 28-34           | 15-20        | 21-26       |
| FeO                            | 13-20         | 34-44     | 3-12            | 5-15         | 0-4         |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 17-20         |           |                 | 0-3          | 0-0.5       |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0-0.2         |           | 0.5-1.5         | 1.5-3        | 0-2.5       |
| CaO                            | 0.3-2.7       |           |                 | 10-12        | 11-13       |
| K <sub>2</sub> O               | 0-0.4         | 0-0.4     |                 | 0-0.5        | 0-0.6       |
| Na <sub>2</sub> O              | 4-8.5         | trace     |                 | 0.5-1.5      | 0-1.5       |
| H <sub>2</sub> O               | 2.5-4.5       | 2.5-4.5   | 1-6             | 1.5-2.5      | 0.5-2.5     |

Compositions chimiques typiques des amphiboles<sup>2</sup>

Toutes les formes d'amiante résistent aux bases fortes ce qui a facilité leur emploi en association avec le ciment. Le chrysotile est particulièrement sensible aux acides, même faibles. Les atomes de magnésium sont alors libérés laissant ainsi un résidu de silice.

A contrario, les amphiboles présentent une résistance variable aux acides, la crocidolite étant plus résistante que l'amosite et la décomposition s'effectuant par lixiviation des cations qui abandonnent le squelette de silice.

Les surfaces spécifiques des amphiboles sont beaucoup plus faibles que celles du chrysotile. La détermination par adsorption gazeuse donne par exemple une surface spécifique de 3 à 15 m<sup>2</sup>/g pour des fibres de crocidolite à comparer à 30-50 m<sup>2</sup>/g pour le chrysotile.

En ce qui concerne les propriétés de résistance mécanique, la résistance à la traction varie notablement suivant les espèces d'amphiboles, le chrysotile se trouvant à un niveau intermédiaire. Le classement suivant est admis : crocidolite > chrysotile > amosite > anthophyllite > trémolite > actinolite.

En dépit de leur grande résistance thermique, les différentes formes d'amiante commencent toutes à se décomposer au-dessous de 1000°C. Leur décomposition thermique est progressive et les cinétiques sont propres à chaque espèce. Le chrysotile est complètement déshydroxylé à 800°C avec formation d'un produit amorphe et de nature complexe. Les principaux produits de décomposition thermique des amphiboles sont le Na-Fe Pyroxène, la magnétite et la silice en phase vitreuse si la transformation s'effectue en l'absence d'oxygène.

<sup>2</sup> Kirk-Othmer, *Encyclopedia of chemical technology*, Vol. 3, 3rd Edition, 1978