

Chapitre 2 :

1^{ère} Séance

Procédés de séparation et de purification des fluides cryogéniques

1. Introduction : A propos de fluides cryogéniques

Comme on l'a vu dans le chapitre 1, la **cryogénie** recouvre l'ensemble des techniques permettant de refroidir un échantillon (macroscopique) de matière bien en deçà de la température ambiante.

La façon la plus aisée de refroidir et de maintenir aux **basses températures** un objet ou une expérience (atteindre des températures bien plus froides que 0 °C) demeure l'utilisation de **fluides cryogéniques (cryogènes ou cryofluides)**, provenant de gaz liquéfiés par procédés industriels.

Un **refroidissement par fluide cryogénique** :

- est extrêmement simple à mettre en œuvre
- ne comporte aucune pièce mécanique (hormis le container).

Mais, il faut constamment réapprovisionner l'expérience en fluide cryogénique, ce qui devient vite contraignant ...



développer des **machines frigorifiques (cryostat à pulse-tube)**, pouvant fonctionner en continu sans fluide cryogénique, qui sont moins contraignantes mais d'emploi plus compliqué.

➤ Fluides cryogéniques ?

Les **fluides cryogéniques** sont des gaz liquéfiés conservés à l'état liquide à basse température. Le terme **cryogénique** signifie produisant du froid ou en rapport avec les basses températures ; tous les **fluides cryogéniques** sont extrêmement froids.

Les points d'ébullition des **fluides cryogéniques** sont **< -150 °C**.

Tous les **fluides cryogéniques** sont des gaz aux températures et pressions normales. Il faut les refroidir sous la température ambiante avant de pouvoir les liquéfier par compression. Les divers gaz cryogéniques se liquéfient dans différentes conditions de température et de pression, mais tous ont les deux propriétés suivantes :

- Ils sont extrêmement froids
- De petites quantités de liquide peuvent occuper de très grands volumes en passant à l'état gazeux.

➤ Différents types de liquides cryogéniques :

Chacun des fluides cryogéniques est caractérisé par des propriétés spécifiques, mais on peut classer la plupart d'entre eux dans l'une des trois catégories ci-dessous :

- **Gaz inertes** : Ces gaz ne réagissent pas chimiquement de façon appréciable, et ils n'entretiennent pas non plus la combustion. Exemples : l'**azote**, l'**hélium**, le **néon**, l'**argon** et le **krypton**.
- **Gaz inflammables** : Certains liquides cryogéniques libèrent un gaz qui peut brûler dans l'air, comme l'**hydrogène**, le **méthane** et le **gaz naturel** liquides.
- **Oxygène** : De nombreuses matières considérées comme non combustibles peuvent brûler en présence d'oxygène liquide; par exemple, il peut y avoir une réaction explosive entre ce dernier et des matières organiques.

Mais, les **fluides cryogéniques** les plus fréquemment utilisés sont :

l'**azote liquide (N₂)** entre 100 et 65 K,

l'**hydrogène liquide (H₂)** entre 30 et 15 K,

l'**hélium (⁴He) liquide** entre 5 et 1 K,

ainsi que le **néon**, le **xénon** et l'**hélium (³He) liquides**, Fluides présentant des propriétés intéressants pour certaines applications spécifiques.

L'azote est extrait de l'air par un processus cryogénique.

Il est ensuite utilisé :

- soit sous forme gazeuse pour fournir une atmosphère inerte nécessaire aux procédés chimiques, métallurgiques, à l'élaboration de composants électroniques ou pour les emballages en atmosphère neutre. Dans ce cas, il est très souvent stocké sous forme liquide (1 L liquide \approx 650 L de gaz), avant d'être vaporisé ;
- comme réfrigérant, sous forme liquide, par exemple :
 - ➔ dans les équipements électroniques (refroidissement de détecteurs infrarouge, de laser),
 - ➔ dans l'industrie alimentaire (refroidissement très rapide des aliments, surgélation, maintien de la température pendant leur transport),
 - ➔ en génie civil (gel de sols meubles avant excavation).

La température d'ébullition de l'azote liquide saturée (à 1 bar) = 77.3 K.

Dans cet état : la densité du liquide = 808.9 kg/m³

l'enthalpie de vaporisation = 198.3 kJ/kg.

L'azote liquide se solidifie à 63.2 K.

➤ Propriétés des fluides cryogéniques :

Gaz	Point d'ébullition (°C)	Volume d'expansion du gaz
Acétylène	-84	-
Acide chlorhydrique	-85	-
Azote	-195	696 à 1
Argon	-185	847 à 1
Dioxyde de carbone	-78	553 à 1
Hélium 3	-269	757 à 1
Hélium 4	-268	757 à 1
Hydrogène	-252	851 à 1
Méthane	-161	578 à 1
Monoxyde de carbone	-192	
Oxygène	-183	860 à 1
Trifluorure de bore	-100	

(Source : http://www.technobio.fr/pages/Les_fluides_cryogeniques-2051357.html)