

Chapitre 1 : Technologie du vide

2^{ème} Séance

4. Importance du vide en cryogénie

4.1. Cryogénie

La **cryogénie** est l'étude et la production des basses températures (inférieures à -150 °C) dans le but de comprendre les phénomènes physiques qui s'y manifestent.

La limite de -153.15 °C représente la limite à partir de laquelle les gaz de l'air se liquéfient. La **cryogénie** possède de très nombreuses applications notamment dans les secteurs alimentaire, médical, industriel, physique et de l'élevage. La **cryogénie** a ouvert beaucoup de possibilités comme :

- la conservation des aliments à l'aide d'azote liquide
- la suspension du métabolisme
- l'étude de la supraconductivité (absence de résistance électrique)
- l'étude de la superfluidité (absence de viscosité pour un liquide)
- la transformation en une fine poudre de toutes sortes de matières
- la récupération de plus de 90 % des gaz destructeurs de la couche d'ozone
- la création, à partir d'azote liquide, de toutes sortes de neiges
- le transport sur de longues distances de gaz naturel à un coût réaliste
- le traitement de certaines maladies de peau comme les verrues

On parle de **cryogénie** pour désigner les procédés de réfrigération à très basse température et les distinguer des cycles de réfrigération ordinaires. Bon nombre de ces procédés concernent la liquéfaction des gaz dits permanents, comme l'air, le gaz naturel, l'hydrogène ou l'hélium. (Voir chapitre 2)

La **cryogénie** est donc le domaine de l'ingénierie qui s'intéresse aux systèmes fonctionnant à très basse température, ce qui pose des problèmes particuliers, notamment en termes de fluides et de matériaux. (Source : <https://direns.mines-paristech.fr/Sites/Thopt/fr/co/cryogenie.html>)

La **cryogénie** tient d'ores et déjà une place prépondérante dans la recherche et l'industrie (aérospatiale, santé, informatique, agroalimentaire..).

Une sensibilisation aux techniques du vide les plus courantes devient donc nécessaire.

(E. Chappel & A. Böhm. Techniques du vide. Université Joseph Fourier 1999)

La **cryogénie industrielle** fait référence aux applications dans lesquelles des gaz liquides (comme l'azote, le dioxyde de carbone, l'hélium et l'hydrogène) sont utilisés comme réfrigérants pour :

- modifier les propriétés physiques des matériaux,
- maintenir une température donnée durant les différentes étapes d'un procédé.

Ces gaz liquides peuvent également être utilisés comme sources d'énergie pour alimenter diverses applications, telles que les véhicules à hydrogène (pile à combustible) ou la microélectronique.

(Source : <https://www.airliquide.com/fr/industrie/cryogenie-industrielle>)

4.2. Vide en cryogénie

➤ Super isolés sous vide

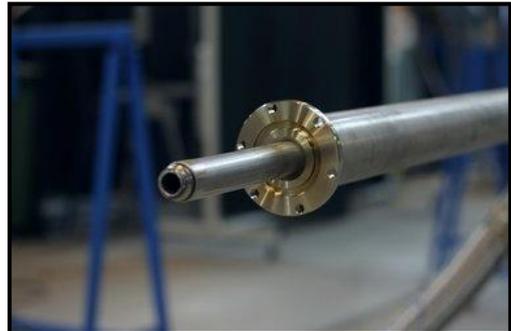
On entend souvent parler du vide en cryogénie. Il y est utilisé comme isolant thermique. En effet, l'utilisation de la cryogénie dans le secteur alimentaire, qui a pour but la congélation rapide de nombreux produits alimentaires, est couramment réalisée au moyen de tunnels de congélation dans lesquels circule un fort flux d'azote liquide et d'air. L'azote liquide stocké à l'extérieur des bâtiments alimentaires dans des réservoirs appelés super isolés sous vide est acheminé vers ces tunnels de congélation par des tuyauteries également super isolées sous vide.

➤ Lignes sous vide (Systèmes de canalisations pour fluides cryogéniques)

Afin d'optimiser le processus de transfert des fluides cryogéniques (Voir Chapitre 2), des lignes isolées sous vide sont proposées sur mesure. Elles sont rigides ou flexibles, pour l'azote, l'oxygène, l'argon et le CO₂ liquides.

Il s'agit de produits en acier inoxydable avec une isolation sous vide de haute qualité grâce à l'expertise des technologies du vide pour la cryogénie.

Parmi les champs d'application, il y a la cryobiologie (discipline scientifique qui étudie le comportement des êtres vivants à de basses températures).



Lignes de vide super isolées

(Source: <https://www.cryopal.com/lignes-vide-0>)

Les techniques du **vide** sont intimement liées au développement de la **cryogénie**.

La **cryogénie** :

- rassemble l'ensemble des techniques liées à la production, au stockage ou à l'utilisation des fluides cryogéniques (Voir chapitre 2). Un bon isolement de ces fluides va nécessiter un **vide très poussé**.
- va apporter un complément à la **technique du vide** : l'utilisation de cryopompes comme pompes primaires associées à des pompes ioniques ou l'utilisation de cryopompes à hélium liquide est de plus en plus fréquente.

(E. Chappel & A. Böhm. Techniques du vide. Université Joseph Fourier 1999)

5. Systèmes de production du vide

Trois exemples de systèmes de production du vide sont cités et étudiés ci-dessous.

Le premier exemple parle d'un système de vide dans le procédé de fabrication du savon, le deuxième présente un système de vide pour aider le processus de fabrication de batterie et il s'agit, dans le dernier exemple, d'une centrale de production de vide (CPV).

En examinant les trois exemples, on conclut rapidement que la pièce maîtresse d'un système de production du vide est la **pompe à vide**.

Exemple 1 : Un système de vide dans le procédé de fabrication du savon

La figure ci-dessous montre le processus de fabrication du savon. Le processus commence tout d'abord par l'envoi du savon du malaxeur à l'atomiseur par le biais d'une pompe volumétrique.

Une fois dans l'atomiseur le savon est séché par un **système de vide** composé d'une **pompe à vide** et d'un **thermo compresseur** qui en envoyant la vapeur par sa buse à haute pression crée une dépression dans la chambre de l'atomiseur.

Le savon ainsi séché passe par une boudineuse où il sort sous forme de boudons par une filière ensuite le savon est découpé en morceau, moulé, emballé et enfin encartonné.

(Source : https://www.memoireonline.com/01/17/9548/m_Activite-zero-panne-sur-ligne-de-production7.html)

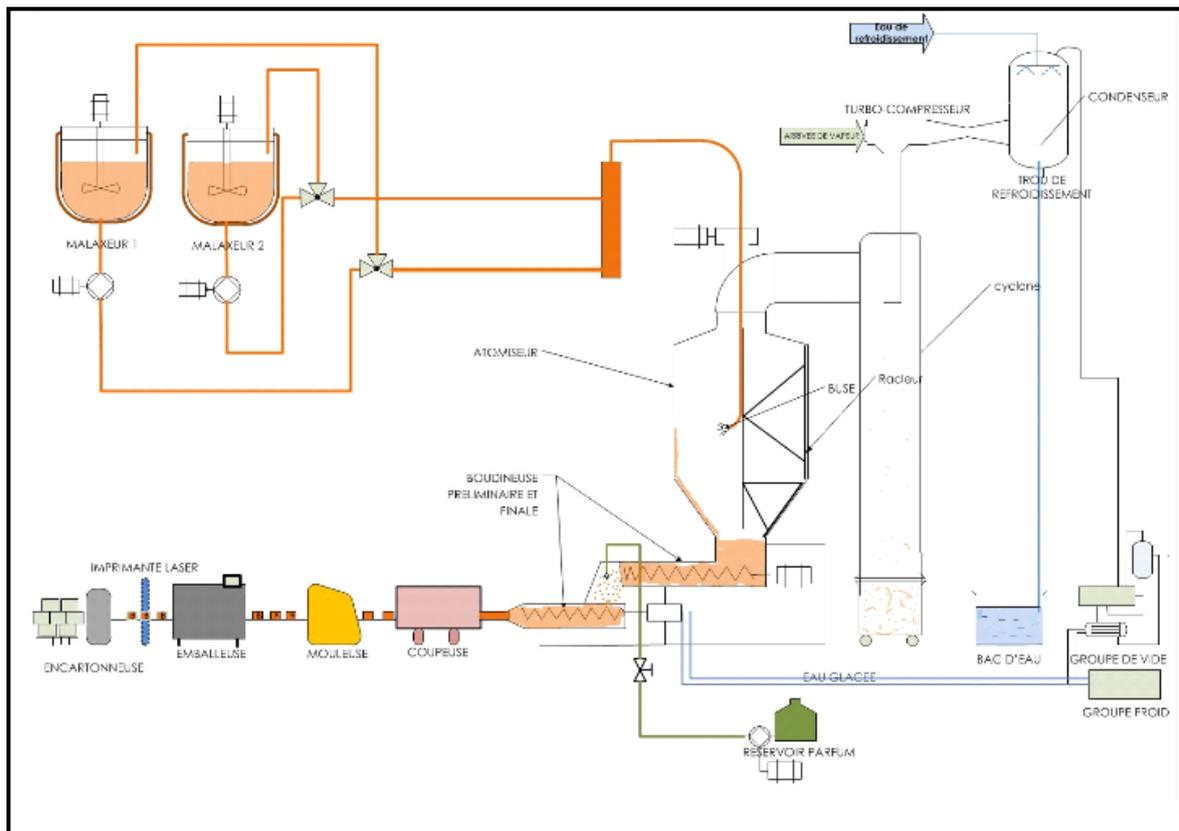


Schéma du processus de fabrication du savon

(Source : https://www.memoireonline.com/01/17/9548/m_Activite-zero-panne-sur-ligne-de-production7.html)

Exemple 2 : Un système de vide pour aider le processus de fabrication de batterie

Afin d'améliorer la productivité et la qualité dans la fabrication de batteries de lithium-ion, plusieurs lignes de production sont équipées de **systèmes de vide**. Ces systèmes sont employés pour le séchage d'électrode. (Figure ci-dessous)

Chaque système combine une **pompe à vide à vis** avec un **ventilateur à piston rotatif**.

Dans la fabrication de cellules de batterie, la **technologie du vide** peut jouer un rôle dans plusieurs processus de fabrication.

Les systèmes peuvent :

- fournir l'environnement de production sec requis pour le séchage d'électrode.
- aider à l'assemblage des cellules et aux tests de détection des fuites.

Les exigences du vide pour la production de Li-batterie incluent :

- la production d'anodes,
- l'élimination des solvants et de l'humidité lors du remplissage,
- dégazage sous vide et étanchéité des unités,
- chargement de la batterie.



(Dr. Martin Füllenbach. Irey Way, Burgettstown, PA 15021, USA <https://trends.directindustry.fr/project-111203.html>)

Exemple 3 : Centrale de production de vide (CPV)

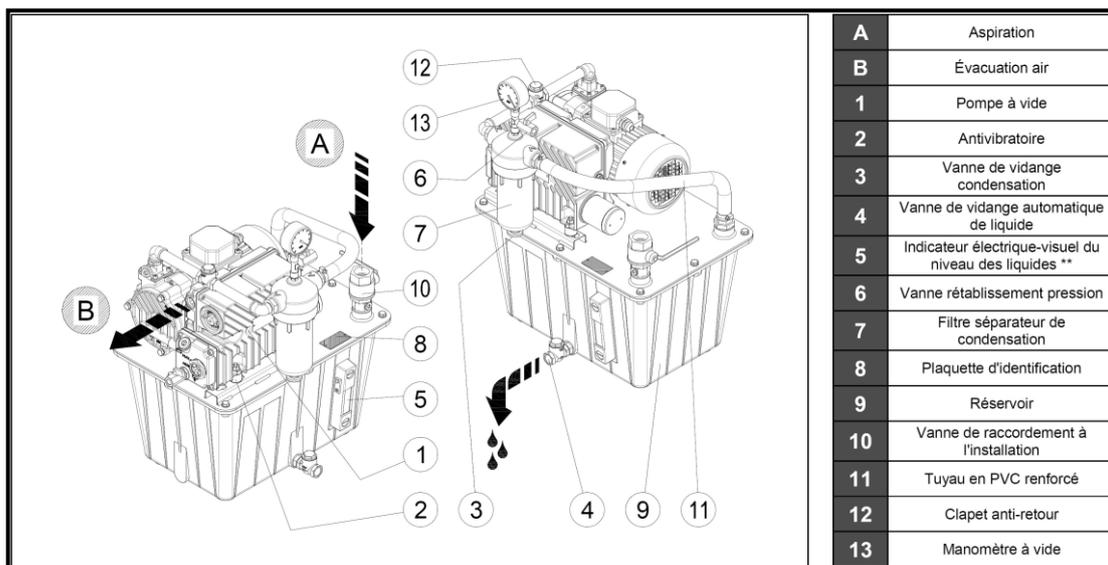
La figure ci-contre est une centrale de production du vide (CPV).

La CPV est constituée par une **pompe à vide à palettes à recirculation d'huile** située sur un **réservoir**, réalisé en aluminium, muni d'une structure spéciale de protection de la pompe. Sur le réservoir sont montés une **vanne** à boisseau sphérique reliée à un **vacuomètre** à glycérine, qui indique le niveau de pression à l'intérieur du réservoir, et un **filtre** pour protéger la pompe contre l'aspiration de toutes les impuretés présentes dans l'installation. La pompe est déjà pourvue d'un **clapet anti-retour**, elle est reliée au réservoir par un **tuyau flexible**.



(Source: <https://www.allforvacuum.com/219-centrale-de-production-de-vide>)

La figure ci-dessous décrivant la CPV_Débit 25 m³/h - Vide 5 mbar (abs) est suivie par le tableau des caractéristiques techniques :



(Source : <https://www.allforvacuum.com/img/cms/plan%20descriptif%20cpv25-25%281%29.jpg>)

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES		CPV 25/25	
		50 Hz	60 Hz
Débit	m ³ /h	25	29
Pression finale (Abs.)	mbar - hPa	5	
Puissance moteur	kW (1~ / 3~)	0,75 / 0,75	0,90 / 0,90
Nombre de tours nominaux	n/min	1400	1700
Niveau de pression sonore (UNI EN ISO 2151) (K 3dB)	dB(A)	56	58
Capacité du réservoir	dm ³	25	
Poids	kg (1~ / 3~)	56 / 55	
Type huile	cod. DVP	SW60	
Ø Raccord conduite	"G	1	
Vidange pompe	"G	1/2	
Température de fonctionnement (temp. ambiante 20°C)	°C	80 + 85	85 + 90
Température ambiante de travail exigée	°C	12 + 40	
Température de stockage/transport	°C	-20 + 50	
Humidité / altitude MAX		80% / 1000m au-dessus du niveau de la mer *	

(*) En cas de conditions ambiantes différentes de celles prescrites, contacter le Constructeur.

(Source: <https://www.allforvacuum.com/img/cms/descriptif%20cpv25-25.jpg>)

La **centrale de production de vide** avec **séparateur air-liquide** CPV25/25 est constituée d'une **pompe à vide** à palettes à recirculation d'huile (type LC 25 WR) de 25 m³/h située sur un **réservoir** de 25 L.

Une **vanne à boisseau** sphérique à l'entrée du réservoir permet d'isoler ce dernier de l'installation.

A l'intérieur du **réservoir de récupération des liquides**, réalisé en aluminium, se produit la première séparation air / liquide par l'intermédiaire d'un **dispositif interne à cyclone**. Ce réservoir est équipé d'un **indicateur de niveau à flotteur** (contrôle visuel de la quantité de liquide contenu), muni d'un **capteur électrique** indiquant que le réservoir est plein et d'une **vanne automatique d'évacuation du liquide récupéré**.

Ensuite, l'air présent dans le réservoir, sans gouttes de liquide mais encore humide, passe à travers le **filtre séparateur de condensation** sur lequel sont montés un **indicateur de vide** et une **vanne pour le rétablissement de la pression atmosphérique** à l'intérieur du filtre et du réservoir (nécessaire pour l'évacuation de l'eau récupérée).

Le filtre séparateur est raccordé à la pompe par l'intermédiaire d'une conduite rigide à laquelle est intégré un clapet anti-retour.

Fin du chapitre 1