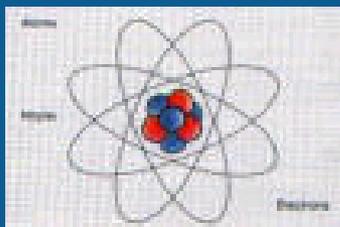


• Module de Formation

GAZ NEUTRES

- ▶ Généralités sur les gaz
- ▶ Propriétés physico-chimiques
- ▶ Risque lié à la pression
- ▶ L'asphyxie, risque lié aux gaz inertes
- ▶ Les fluides cryogéniques





- ▶ • Généralités sur les gaz



AFGC

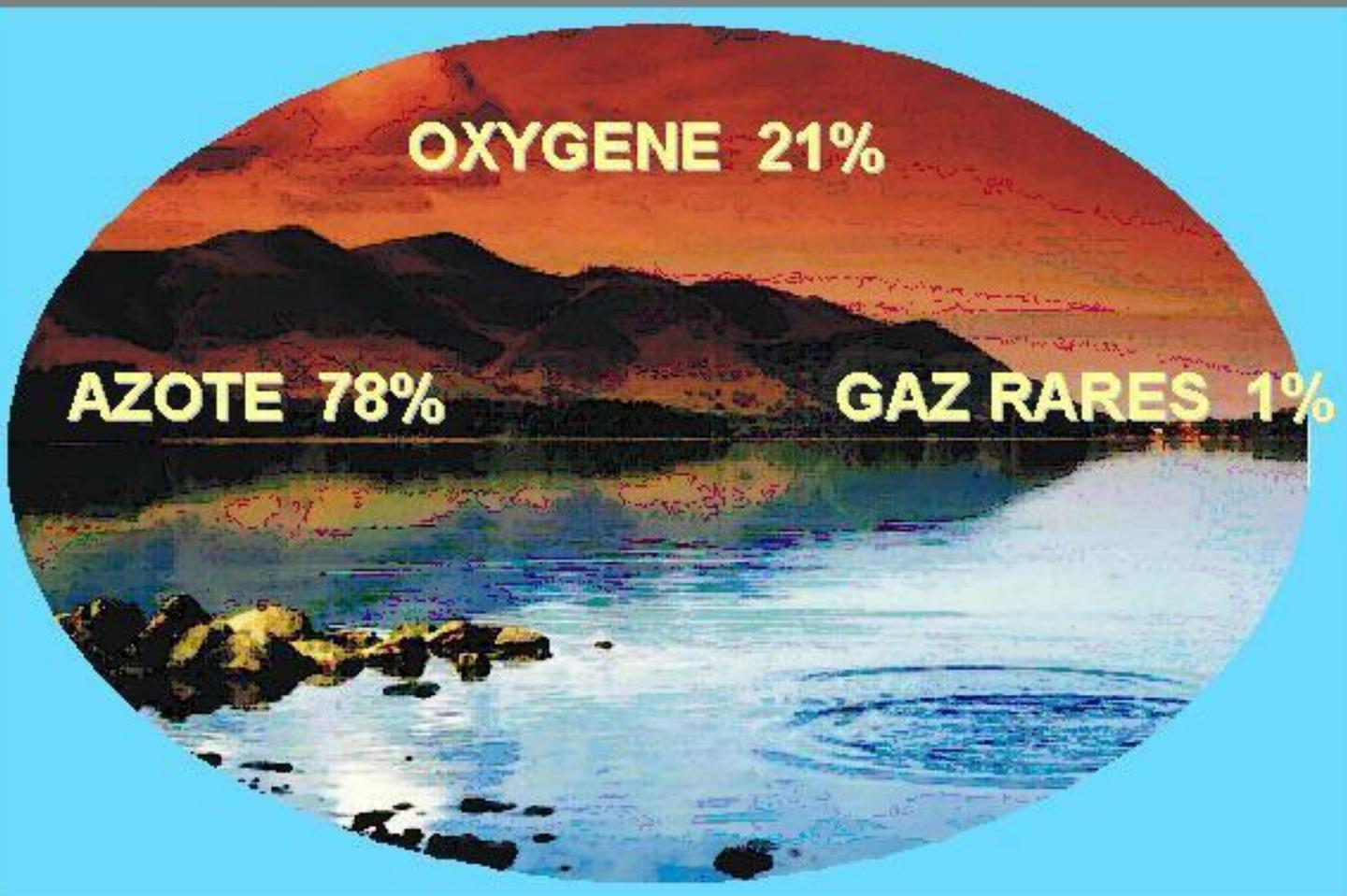
Association Française
des Gaz Comprimés

Membre de l'EIGA

www.afgc.fr



QUEL QUE SOIT L'ENDROIT SUR TERRE



Exemples : azote, argon, néon, hélium...



Définition :

Les gaz neutres (ou inertes) ne prennent part à aucune réaction chimique. Ils n'entretiennent pas la combustion et ne sont pas toxiques.

Peuvent provoquer l'asphyxie en remplaçant l'oxygène de l'air !

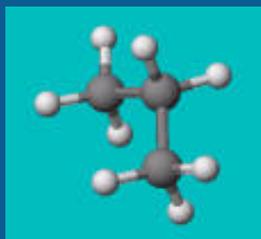
⇒ Ventilation + Mesure de la teneur en oxygène de l'air



	Haute pression	Basse température	Inerte	Comburant	Combustible	Autres
Acétylène	!					Décomp.
Air	!					
Argon gazeux	!					
Argon liquide						
Dioxyde de carbone	!					Nocif
Hélium	!					
Hydrogène	!					
Azote gazeux	!					
Azote liquide						
Oxygène gazeux	!					
Oxygène liquide						
Propane	!					



- ▶ • Propriétés physico-chimiques





GAZ

Corps chimiques qui se présentent à l'état de fluide expansible et compressible dans les conditions normales de température et pression

Pour les industriels : conditions standard : 15°C - 1 atm (ou 1,01325 bar)



TEMPERATURE

VAPEUR

DIAGRAMME DE
PHASE
LIQUIDE

SOLIDE

Point critique

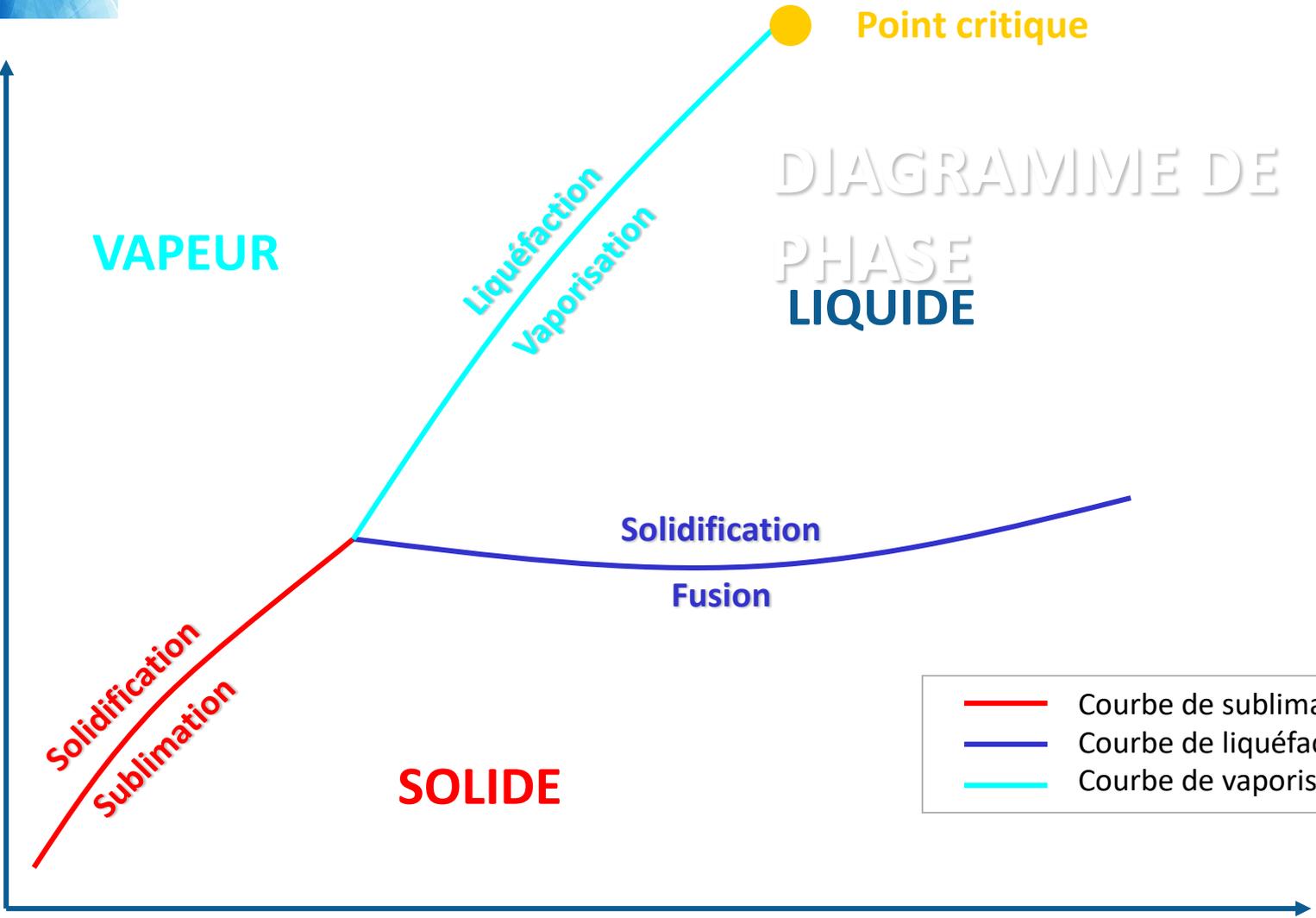
Liquéfaction
Vaporisation

Solidification
Fusion

Solidification
Sublimation

- Courbe de sublimation
- Courbe de liquéfaction
- Courbe de vaporisation

PRESSION





- ★ ⇒ Le diagramme des phases montre...
- ✓ Que tout gaz est liquéfiable par simple compression à condition que sa température soit inférieure à sa température critique
- ✓ En pratique, pour tous les corps purs, la pression critique est toujours supérieure à la pression atmosphérique.
- ✓ Tout gaz est liquéfiable par simple refroidissement à condition d'atteindre la température de liquéfaction (spécifique à chaque gaz)
- ✓ Qu'un corps pur est un gaz permanent lorsque sa température critique est inférieure aux conditions normales de température
- ✓ Qu'un corps à l'état liquide est conservé sous une pression égale à la pression de vapeur saturante.

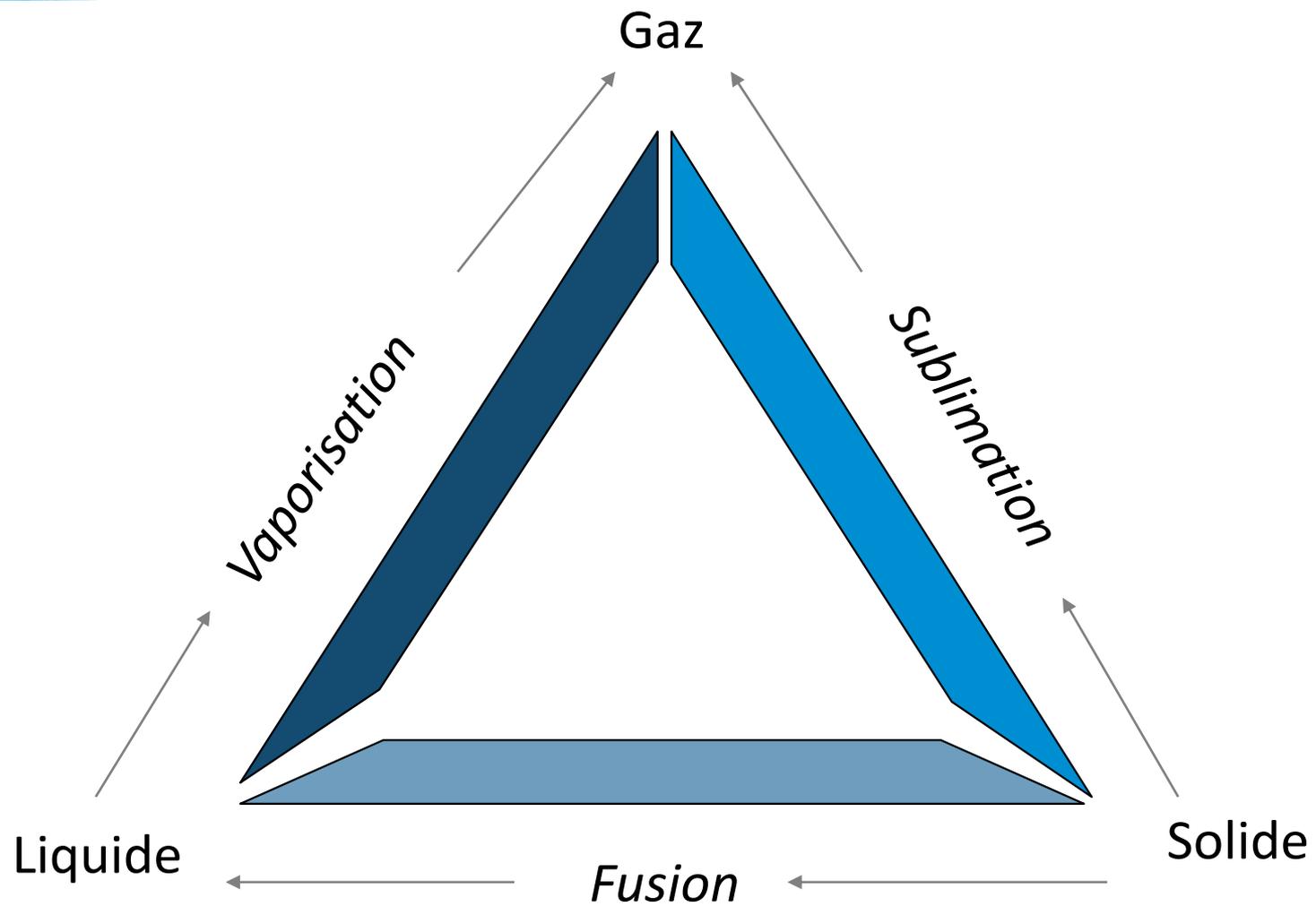
★ Cette pression varie avec la température :

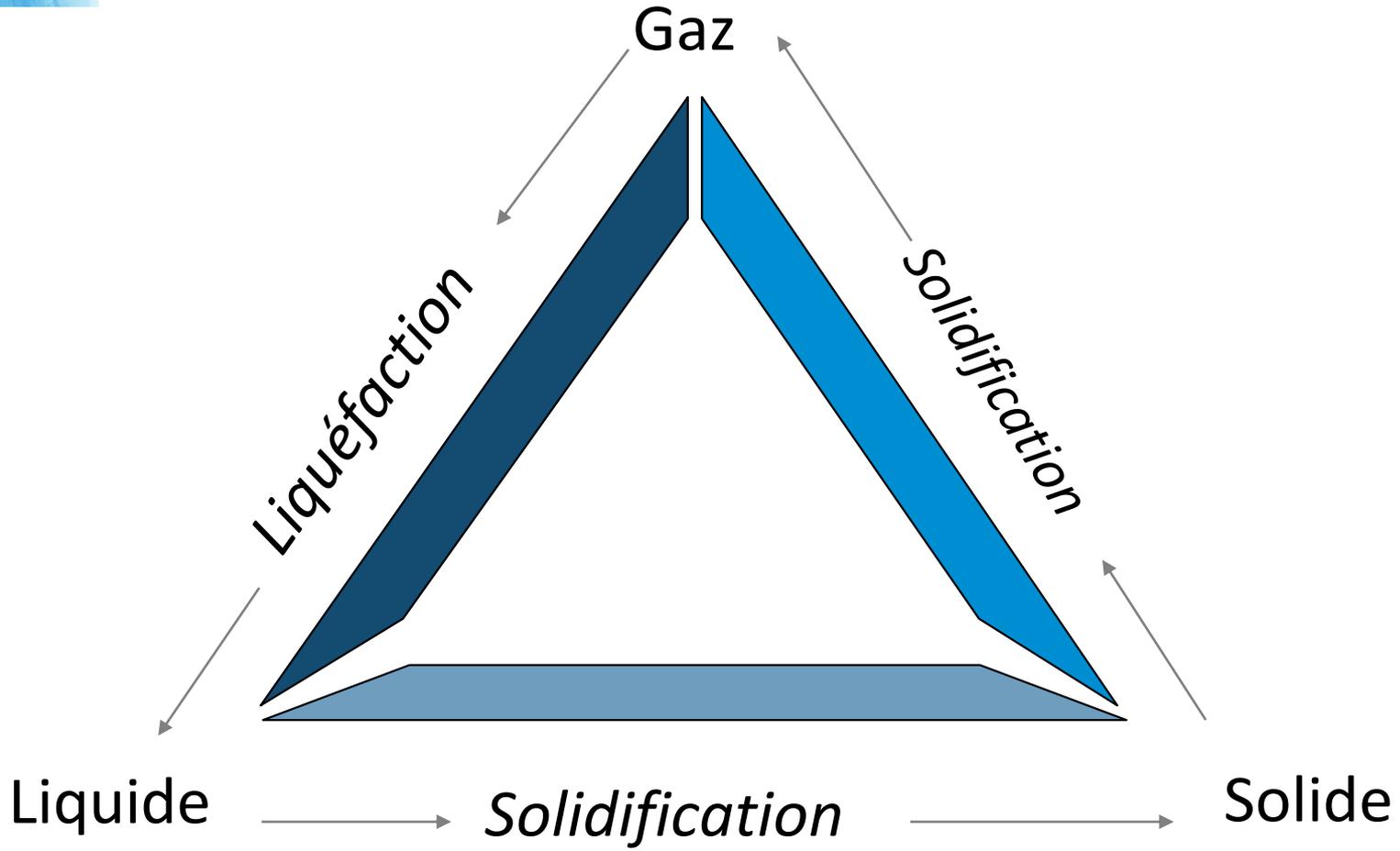
★ P augmente quand T augmente

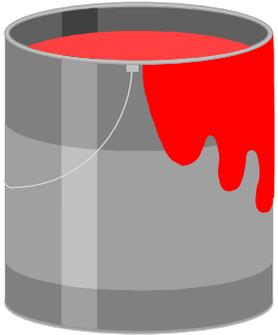


Le changement d'état s'accompagne d'un échange de chaleur

- ✓ Le passage de l'état liquide à l'état gazeux nécessite un apport de calories au système (chaleur latente de vaporisation)
- ✓ Le passage de l'état gazeux à l'état liquide se fait avec libération de chaleur (apport de frigories = chaleur de liquéfaction)
- ✓ Un gaz liquéfié mis à T ambiante et à pression atmosphérique va se transformer en gaz, le changement d'état nécessite un apport de calories qui ne peut se faire que de l'environnement si le phénomène est lent
- ✓ Dans le cas d'une mise à l'air brusque et si l'apport d'énergie de l'environnement n'est pas suffisant, une partie du liquide se transforme en gaz, en plus la température du gaz liquéfié va baisser

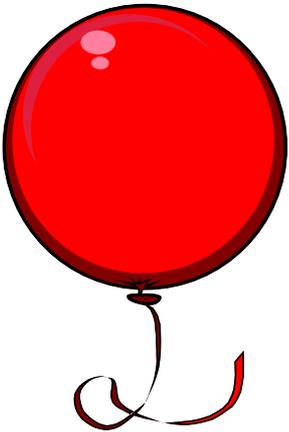






1 litre
liquide

=



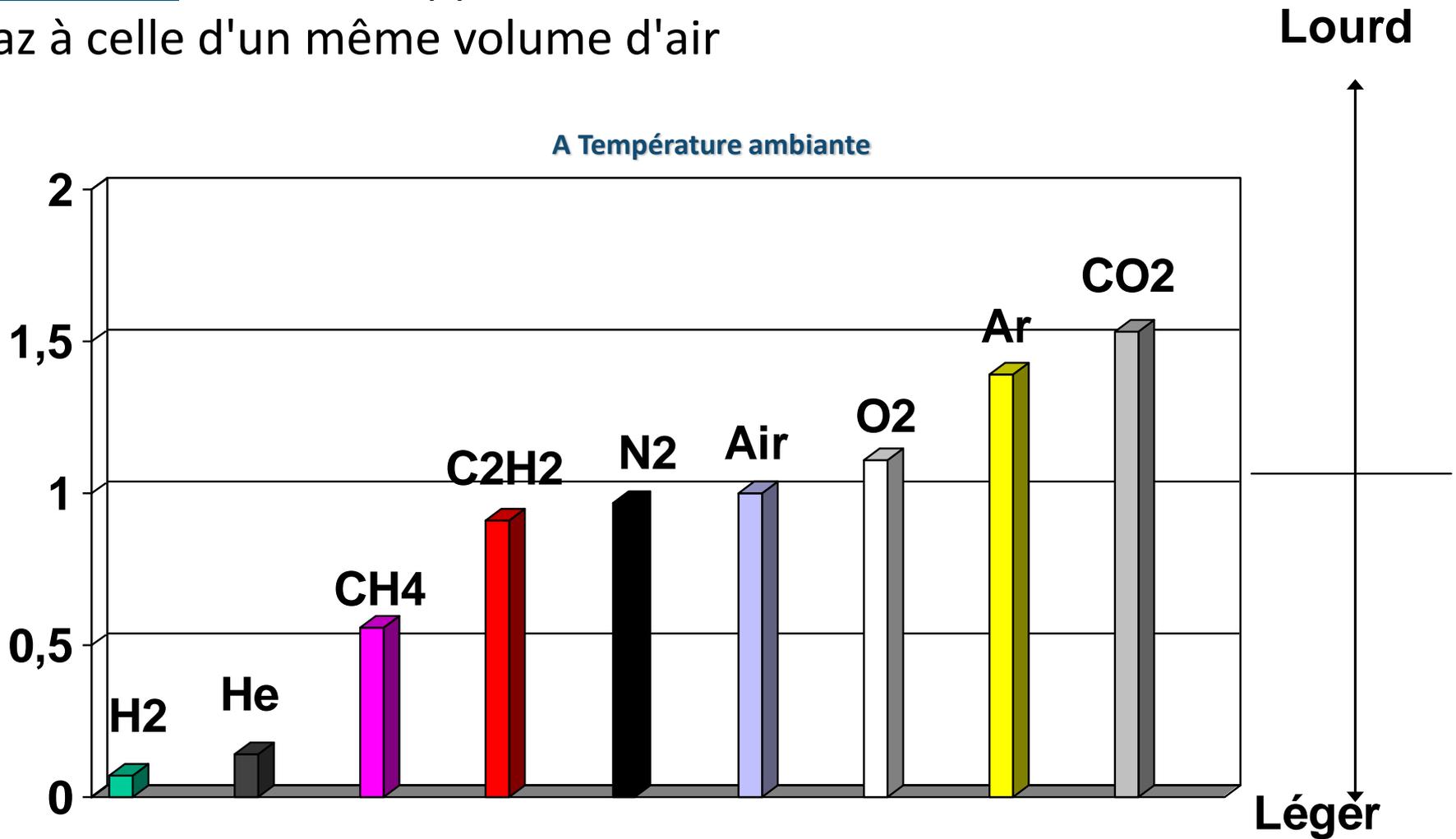
x litres
gazeux

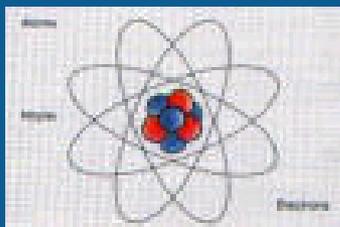
????

- Azote = 680 litres
- Argon = 820 litres
- Oxygène = 840 litres
- Hydrogène = 840 litres



Définition : C'est le rapport de la masse d'un volume de gaz à celle d'un même volume d'air





- ▶ • Risque lié à la pression



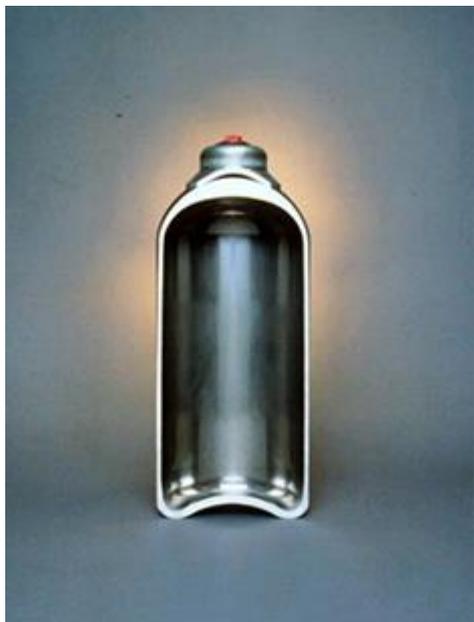


Caractéristiques des Gaz



➤ les gaz se dilatent indéfiniment et quand ils sont contenus ils...

- prennent la forme et remplissent complètement le volume entier du conteneur dans lequel ils sont confinés.
- exercent une pression uniformément contre les parois du conteneur.





Gaz à haute pression

- Propriété
 - La pression est la force qu'un gaz confiné s'applique contre les parois confinant.
 - *typiquement la pression de service est 200 bar*
 - La pression de service est la pression maximale qui peut être contenue en toute sécurité par l'équipement
- Danger
 - Libération soudaine ou non contrôlée de la haute pression peut causer des blessures graves ou des décès et des dommages matériels considérables.



Dangers associés aux gaz sous pression

- Pression et énergie
- Remplissage excessif
- Sur chauffe
- Effets de la température de compression et de décompression
- Affaiblissement du conteneur dû aux dommages chimiques ou mécaniques, de la corrosion, la chaleur
- Fatigue



Dangers physiques associés aux gaz sous pression

- Danger
 - Libération soudaine ou non contrôlée de la haute pression peut causer des blessures graves ou des décès et des dommages matériels considérables.





Libération soudaine ou non contrôlée de gaz

Par exemple lors d'une rupture de bouteille

- Des ondes de choc de pression libérée et débris de la bouteille peuvent causer
 - des blessures graves ou de tuer quelqu'un à proximité,
 - causer des dommages matériels importants
 - destruction des murs, toits,
 - effondrement de bâtiments,
 - dommages aux tuyauteries, équipements
 - destruction des véhicules à moteur



Remplissage excessif

- Le pression d'essai est déterminée par le fabricant des bouteilles, en conjonction avec les réglementations nationales,
- Est supérieure à la plus grande pression qui devrait être présente lors du fonctionnement normal d'une bouteille.





Fatigue du métal et corrosion

- Les bouteilles de gaz peuvent être affaiblies par
 - la corrosion,
 - les produits chimiques
 - les dommages mécaniques.
- Si une bouteille est affaiblie ou l'épaisseur du parois réduite
 - Elle ne pourrait plus contenir la pression du gaz,
 - Elle s'éclatera.
- Les bouteilles ou autres conteneurs montrant des signes d'affaiblissement doivent être inspectées avant remplissage.



- ▶ • L'asphyxie, risque lié aux gaz inertes





La vie s'éteint après...

- ... 30 jours

- sans
manger



La vie s'éteint après...

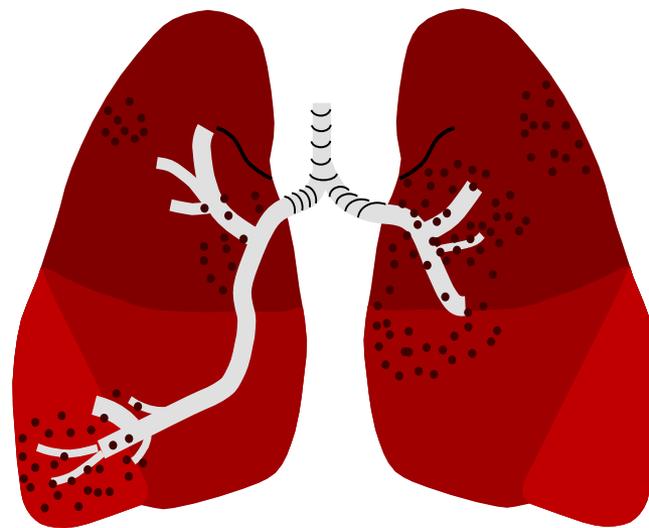
- ... 3 jours
- sans eau

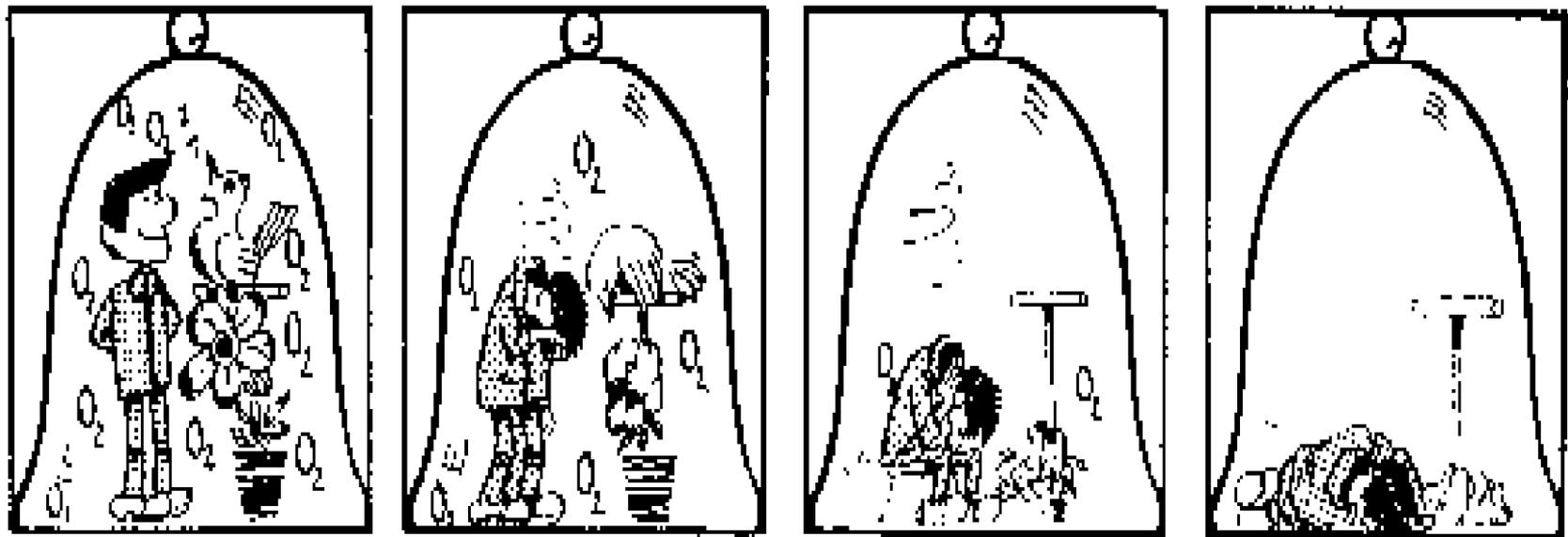




La vie s'éteint après...

- ... **3 minutes**
 - **sans**
Oxygène
 - **sans respirer**





L'air contient de l'oxygène nécessaire à la respiration des individus. S'il n'est pas renouvelé, il s'appauvrit en oxygène et n'entretient plus la vie.

Ar, CO₂, He, N₂ ⇒ gaz inertes



- N'entretiennent pas la vie : peuvent être cause d'asphyxie en déplaçant l'oxygène de l'air
- Ar et CO₂ sont plus lourds que l'air à température ambiante et peuvent s'accumuler dans les endroits en contrebas
- Gaz inertes : non décelables par les sens

La pénurie en oxygène peut être également liée à des gaz **inflammables** ou **toxiques**.

⇒ Dans ce cas, le risque d'intoxication ou d'inflammabilité est plus important que le risque d'asphyxie

Un risque...

... **Insidieux** : le gaz est inodore / incolore / sans saveur ⇒ pas de signe avant-coureur

... **Soudain** : 3 inspirations mettent votre vie en danger ⇒ la rapidité des secours est primordiale

... **Irréversible** : 3 minutes pour être secouru.
Après, possibilité de séquelles ou de mort





Pas de signes avant-coureurs :

Caractères mineurs, analogues à ceux d'un début d'anesthésie

- Atteinte progressive de l'équilibre, vertiges
- Impression de compression à la tête
- Picotements de la langue et des extrémités des doigts
- Gêne de la parole
- ...

La victime ne se rend pas compte du début d'asphyxie,
assimilé à un malaise classique !



% d'O₂
respiré

Effets



Les bornes sont variables selon les individus !

21 %

Pas de gêne respiratoire

19 %



Fatigue - Bâillements

14 %



Pouls rapide, malaise, vertiges – Perte de connaissance 12 %

10 %



Nausées, évanouissement rapide

8 %



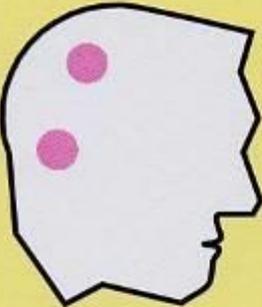
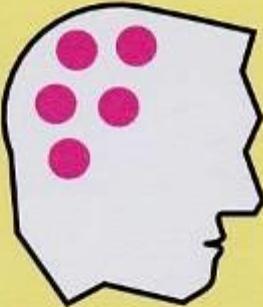
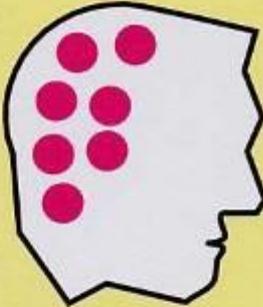
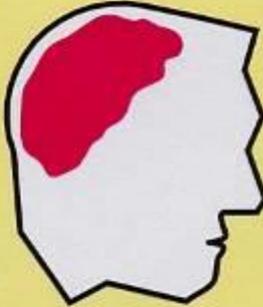
Coma après 40s - Arrêt respiratoire, mort

0 %



Mort après 3 inspirations

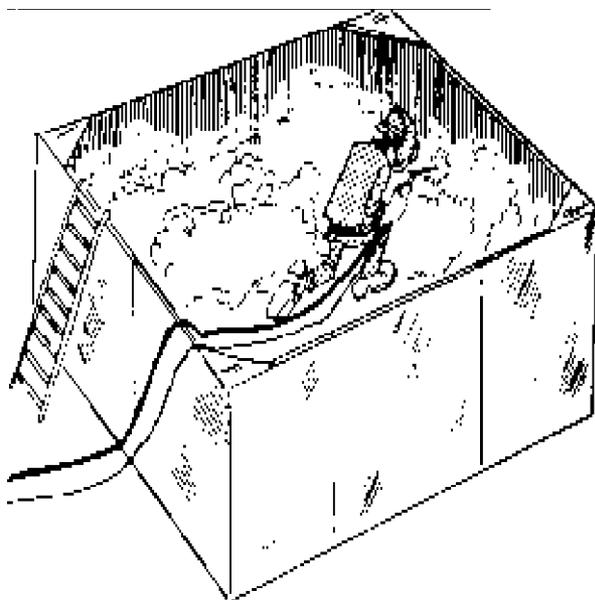


ASPHYXIE AIGUE	→ 5 S	→ 15 S	→ 3 Mn	→ 5 Mn
RESULTATS	TROUBLES	PERTE DE CONNAISSANCE	DESTRUCTION PARTIELLE	MORT CEREBRALE
CERVEAU				
APPORT D'O ₂	RECUPERATION TOTALE	RECUPERATION TOTALE	RECUPERATION AVEC SEQUELLE	PAS DE RESULTAT



- **Enceintes confinées**

Cuve, citerne, four, stockage inerté, silo, local sans aération...



Accumulation des gaz d'inertage dans les récipients et lieux non ventilés

LIEUX D'EXPOSITION

AFGC

Association Française
des Gaz Comprimés

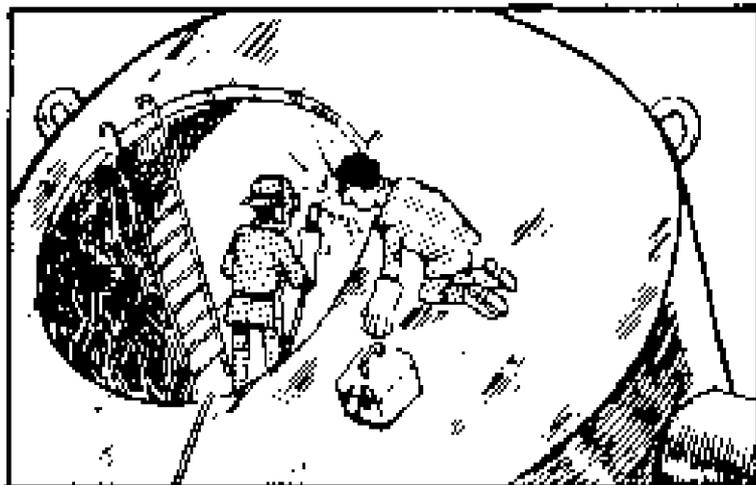
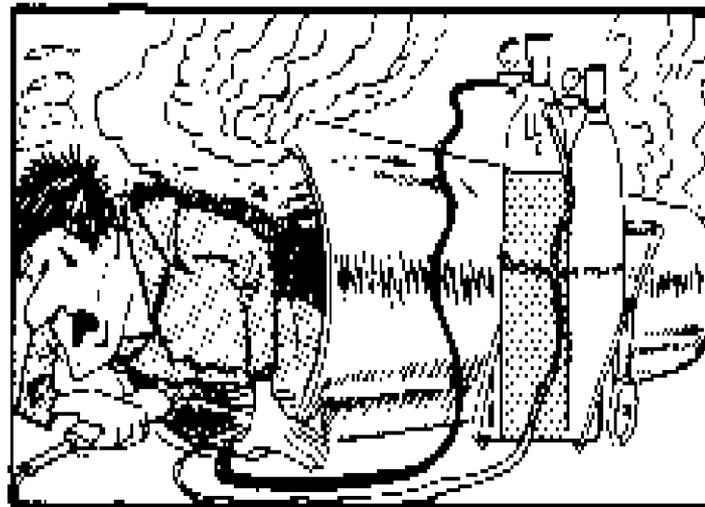
Membre de l'EIGA

www.afgc.fr

LIEUX D'EXPOSITION

En espace confinés :

consommation d'oxygène par la
respiration et/ou par combustion



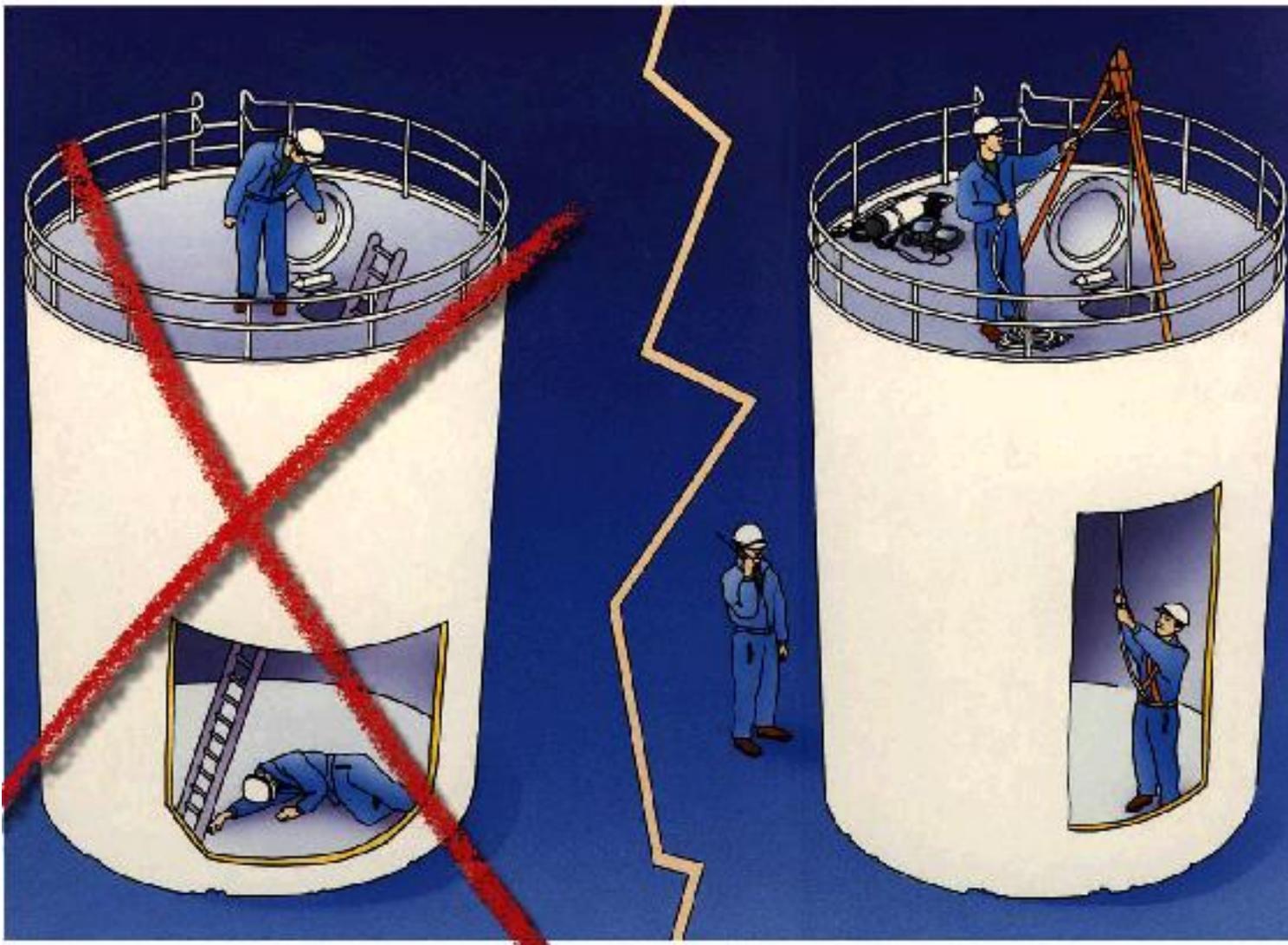
**Ne travaillez pas seul
dans un lieu confiné !**

AFGC

Association Française
des Gaz Comprimés

Membre de l'EIGA

www.afgc.fr





- **Points bas**

Caves, égouts, tranchées...

Lors de recherches de fuites, visites de contrôle...

- **LIN, CO₂... et machines cryogéniques**

Surgélation, broyage, stockage en sous-sol, congélation des sols, laboratoire...

- **Erreur de gaz**

Azote pour ventiler dans un égout, Azote à la place d'air dans un masque respiratoire, mauvais branchement



EN CAS D'ACCIDENT

1 - EVACUER

Si un collègue est inanimé

Si vous avez un malaise

Si vous entendez une fuite de gaz

Si vous voyez un nuage de vapeurs froides dans un local

2 - REFLECHIR

Ne vous précipitez pas vers les zones à risque

Ne soyez pas la deuxième victime (évitez les accidents en chaîne)

Évaluez le risque d'asphyxie

3a - ALERTER une tierce personne

3b - ALERTER les services de secours

4 - SE PROTEGER

Prenez un appareil respiratoire à adduction d'air, surtout pas de masque à cartouche

N'agissez pas seul et de préférence assuré par une corde

5 - SECOURIR

Aérez, ramenez la victime à l'air libre, pratiquez la respiration artificielle

Règles à suivre en cas d'accident

1 Evacuer

- Si un collègue est inanimé
- Si vous avez un malaise
- Si vous entendez une fuite de gaz
- Si vous voyez un nuage de vapeurs froides dans un local.

2 Réfléchir

- Ne vous précipitez pas vers les zones à risques
- Ne soyez pas la deuxième victime
- Évaluez le risque d'asphyxie.

3 Alerter

- Les services de secours.

4 Se protéger

- Prenez un appareil respiratoire autonome à adduction d'air, surtout pas de masque à cartouche
- N'agissez pas seul et de préférence assuré par une corde.

5 Secourir

- Aérez
- Ramenez la victime à l'air libre
- Pratiquez la respiration artificielle (secouriste).

Réglementation



L230-2-1 Le chef d'établissement est responsable de la sécurité et de la santé des travailleurs...

L233-2 Les ouvriers appelés à travailler dans les appareils contenant des gaz délétères doivent être **attachés**... - et surveillés.

R232-5-7 Les émissions... de gaz... dangereuses pour la

santé... doivent être captées... Un dispositif d'avertissement automatique doit signaler toute défaillance des installations...

R232-5-12 Vérification de l'absence de risque... ventilation...

R232-5-3 Dans les locaux... l'aération est assurée par... ventilation, le débit minimal d'air neuf...

R276 Recommandations de la CNAM sur les cuves et réservoirs.

NFX08003 Normalisation des pictogrammes.

Règles de prévention

SIGNALISATION



- Toute zone dangereuse et tout orifice d'accès à une enceinte où il y a risque de sous-oxygénation.

FORMATION

- Toute personne susceptible d'être exposée au risque d'asphyxie doit être **avertie** de la soudaineté du phénomène et du **risque de mort** qui en résulte.
- Elle doit être formée aux précautions à prendre et à la conduite à tenir en cas d'accident.
- Votre fournisseur de gaz peut vous proposer une formation adaptée à vos besoins.

CONSIGNE

- Établir des consignes écrites réglementant l'accès aux zones dangereuses, l'utilisation et la maintenance des équipements.

VENTILATION

- Aérer tous les locaux confinés susceptibles de contenir une atmosphère sous-oxygénée.

CONTRÔLE

- Pour les zones à risques, un contrôle de la teneur en oxygène de l'atmosphère doit être effectué.
- Votre fournisseur de gaz peut vous conseiller.

INTERVENTION

- Avoir à disposition le matériel d'intervention.
- Entraîner des personnes à son utilisation.

Cachet du distributeur :



ASPHYXIE

utilisateurs
de gaz industriels
vous êtes
tous concernés



MESSER
AIRGAZ SIAC SA

Édité par la Chambre Syndicale des Gaz Industriels Médicaux et de l'Anhydride Carbonique

116-96

- ▶ • Les fluides cryogéniques

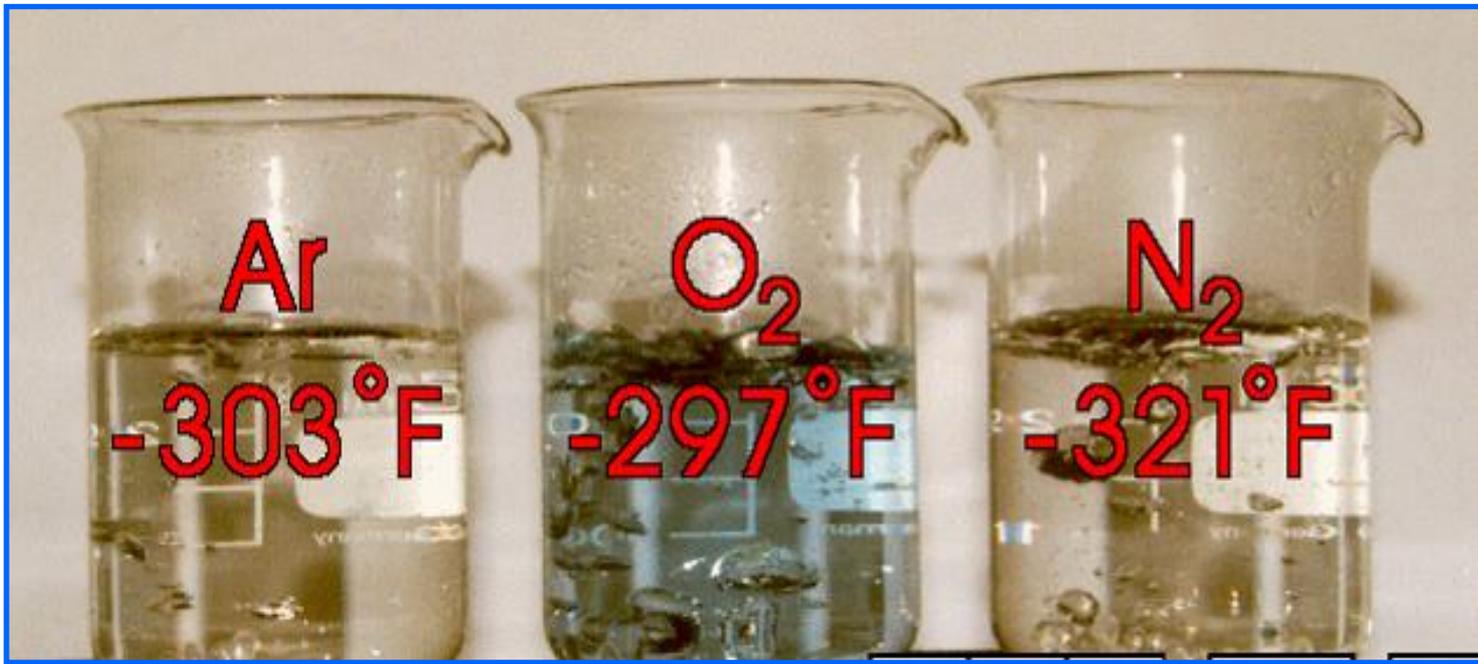




Ar, CO₂, N₂, O₂... → Forme liquide
⇒ Fluides cryogéniques

Liquide et vapeur : extrêmement froids
CO₂ : -78 °C N₂ : -196°C O₂ : -183°C

La plupart de ces fluides sont incolores, inodores, sans saveur, et donc **indécelables par les sens**



-303°F

-297°F

-321°F

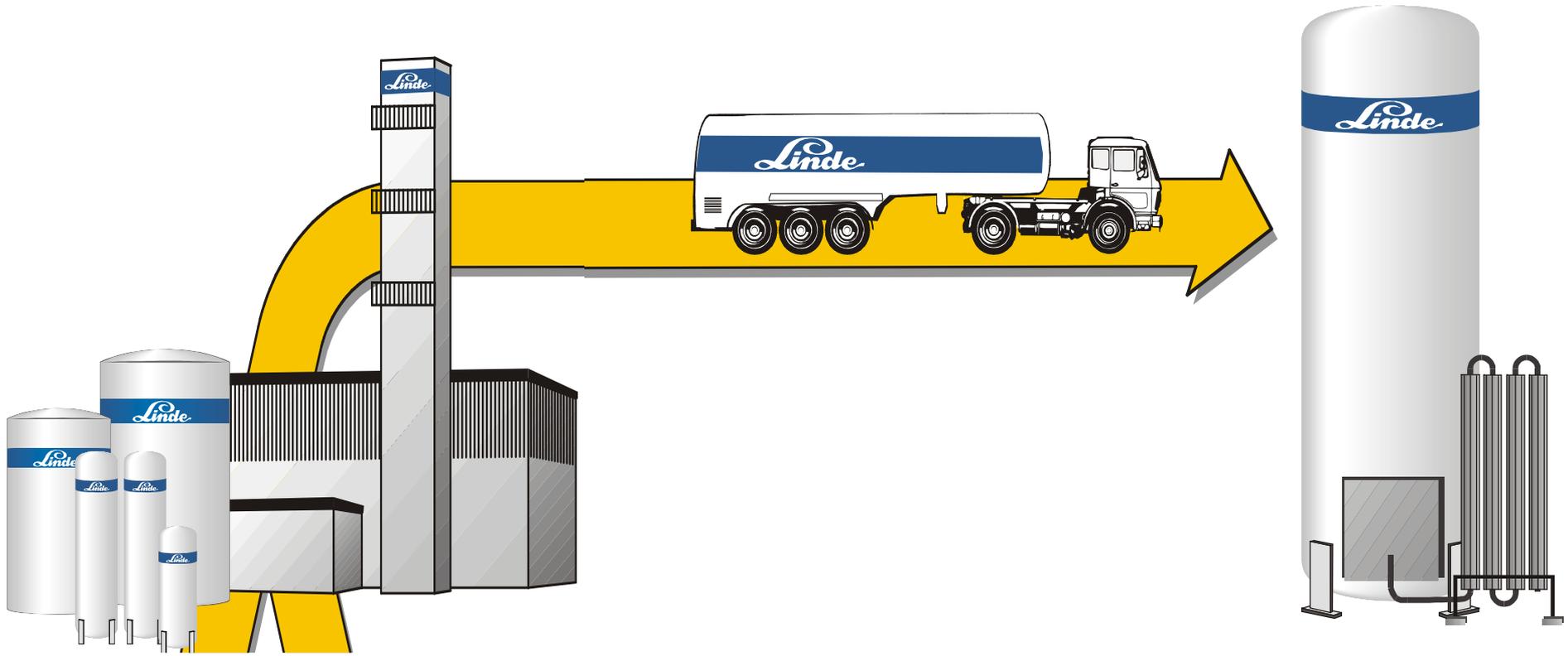
- 186°C - 183°C

- 196°C

AFGC

Association Française
des Gaz Comprimés
Membre de l'EIGA

www.afgc.fr



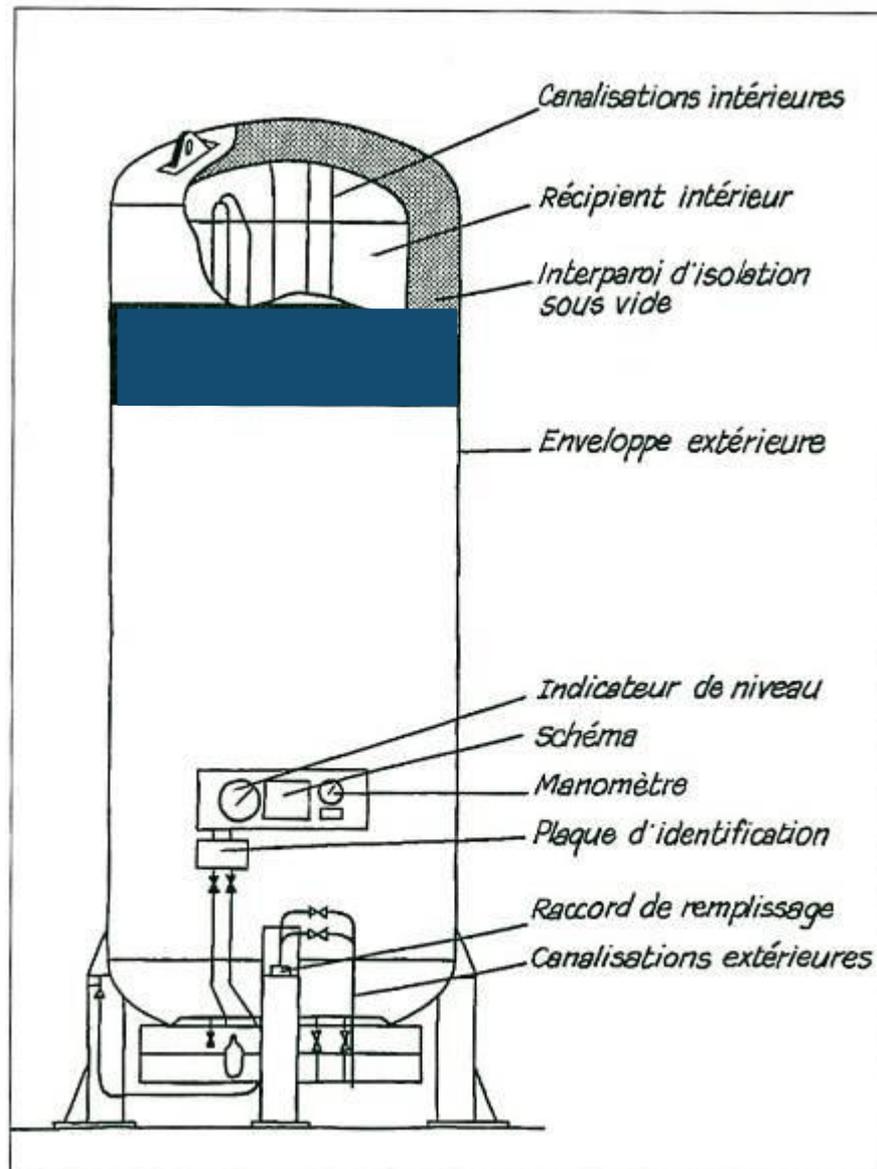


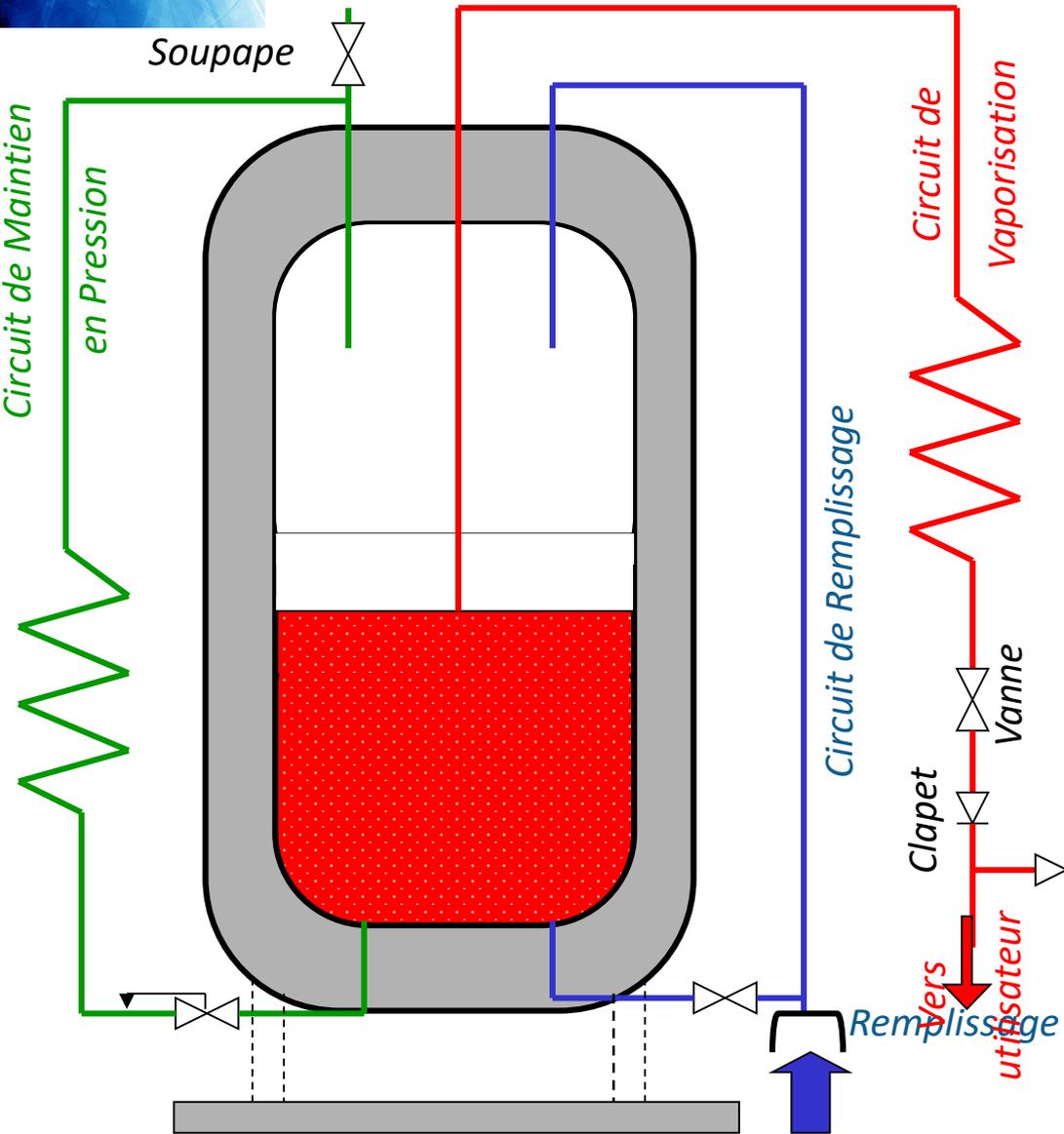
SCHEMA DE PRINCIPE

Destiné à contenir du gaz liquéfié à basse température

- Enveloppe intérieure en inox
- Enveloppe extérieure en acier

L'inter-paroi est garnie d'isolant (limitation des transferts de chaleur par radiation) et mise sous vide (élimination de la conduction thermique)





EVAPORATEUR

Réceptacle sous pression (de 10 à 15 Bars) permettant l'utilisation du produit en phase gazeuse. On adjoint alors à l'évaporateur une installation de vaporisation apportant l'énergie indispensable au changement d'état et au réchauffage du gaz (réchauffeur)

RESERVOIR

Réceptacle sous faible pression (< 3 bars) permettant les fractionnements de produit sous forme liquide.

RISQUES DE BRÛLURES CRYOGENIQUES

Ne **jamais** toucher ces liquides ou leur vapeur

Ne pas toucher les tuyauteries gelées à mains nues

Même MOMENTANEMENT !

⇒ Destruction immédiate des tissus humains
Effet analogue à de graves brûlures

+ Fragilisation aciers, durcissement plastiques

⇒ Perte des propriétés mécaniques des matériaux



AFGC

Association Française
des Gaz Comprimés

Membre de l'EIGA

www.afgc.fr

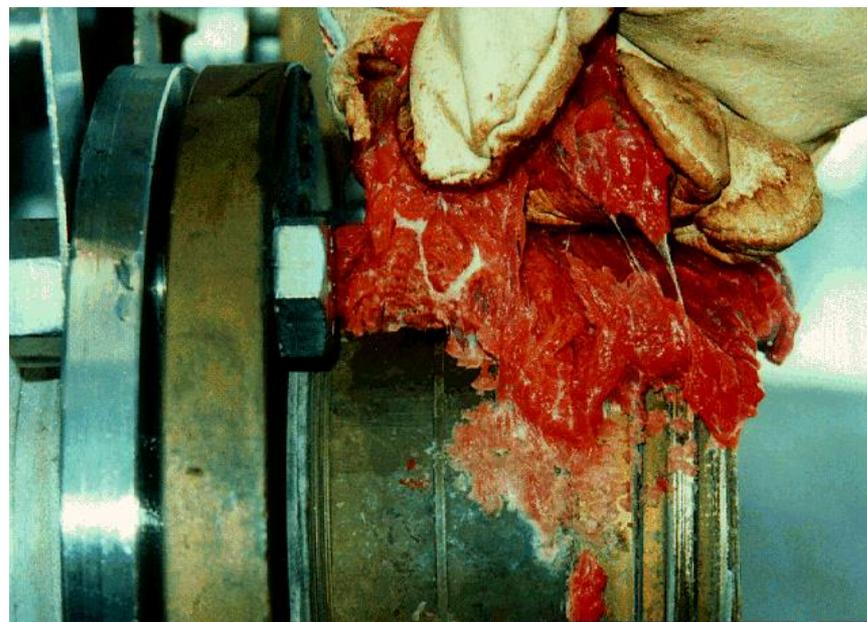
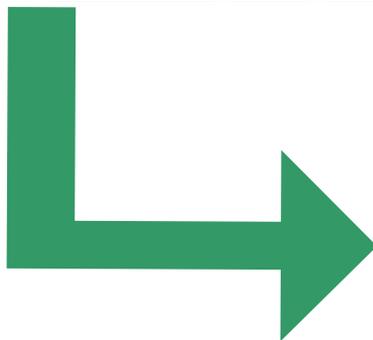
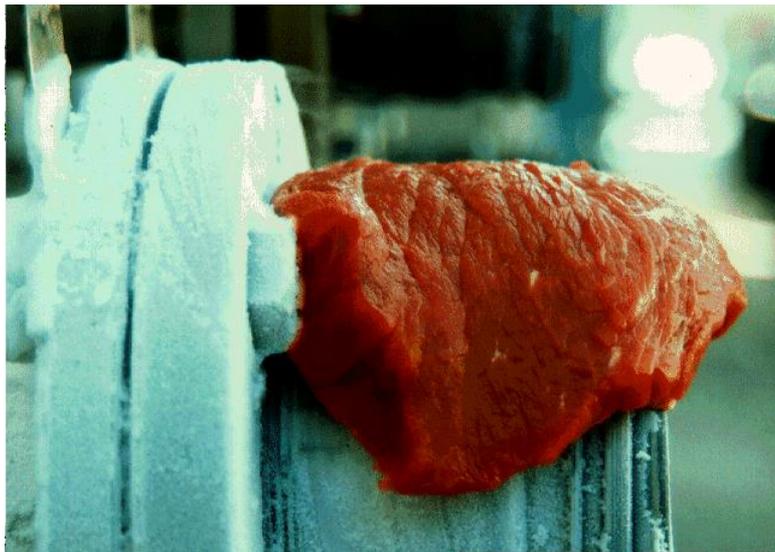


AFGC

Association Française
des Gaz Comprimés

Membre de l'EIGA

www.afgc.fr



AFGC

Association Française
des Gaz Comprimés

Membre de l'EIGA

www.afgc.fr

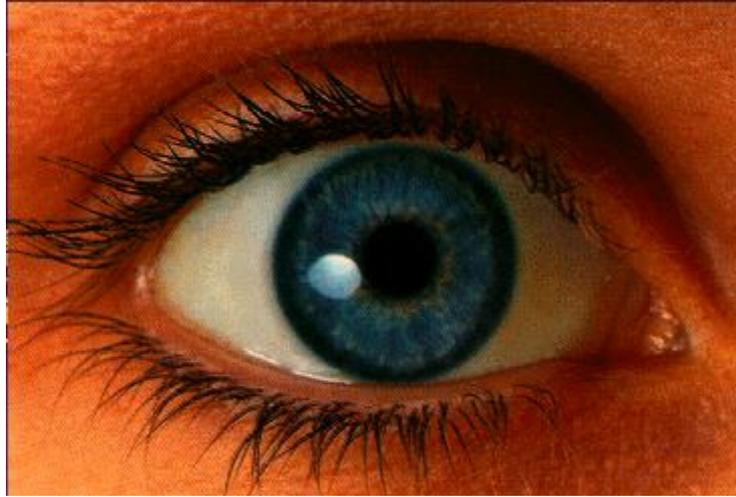


AFGC

Association Française
des Gaz Comprimés

Membre de l'EIGA

www.afgc.fr



EQUIPEMENTS DE PROTECTION

Protection des yeux :

Visière ou lunettes à protections latérales

Protection des mains :

Gants cryogéniques isolant du froid avec manchettes (cuir)

Protection des membres inférieurs :

Bottes ou chaussures de sécurité avec semelles épaisses

Protection du corps :

Vêtements appropriés avec col relevé et pantalon par dessus les chaussures ou en dehors des bottes





UNE REGLE D'OR : **PROTEGER**
 ALERTER
 SECOURIR



En cas d'accident :

- Transporter la victime en un lieu chaud (22°C) - Ne pas appliquer directement quelque chose de chaud !
- Retirer tout vêtement gênant la circulation sanguine
- Ne pas donner alcool ou tabac
- Réchauffer les parties atteintes avec de l'eau tiède (T#37°C)
Jamais d'eau chaude !



La brûlure cryogénique est peu spectaculaire et peu inquiétante au début (tissus indolores et couleur jaune pâle, pas de plaie cutanée)



La douleur intervient au moment du dégel.

URGENCE !

Éviter toute précipitation en enlevant immédiatement les vêtements ! Risque d'arracher la peau en même temps !



En cas d'accident :



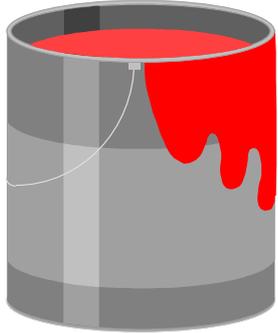
- Protéger la plaie pour prévenir les infections, sans la frotter
- Consulter un médecin
- En cas de projection dans les yeux : laver l'œil abondamment à l'eau tiède pendant au moins 15 minutes

Les gaz sous forme liquide peuvent augmenter de volume plusieurs centaines de fois quand ils se vaporisent et se réchauffent.

1 L de LOX s'évapore \Rightarrow 840 L de GOX

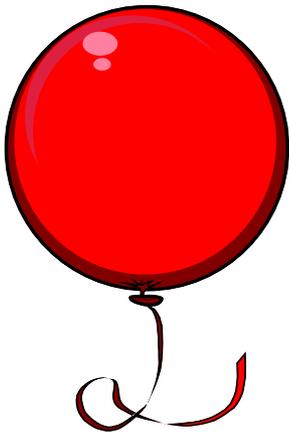
D'où P \nearrow dans un volume donné \Rightarrow **risque d'éclatement**

Donc : Réservoirs et systèmes de canalisations doivent être équipés de soupapes de sûreté appropriées



1 litre
liquide

=



x litres
gazeux

????

RISQUES CRYOGENIQUES : SURPRESSION

- Azote = 680 litres
- Argon = 820 litres
- Oxygène = 840 litres
- Hydrogène = 840 litres



Les gaz cryogéniques sont plus lourds que l'air et ont tendance à s'accumuler dans les parties basses

⇒ D'où concentration des dangers dus aux gaz combustibles, inertes ou comburants si une fuite se produit :

⇒ Asphyxie

Gaz inertes

- Pour éviter les risques de surpression et d'éclatement des réservoirs, il faut éviter les accumulations de givre ou de glace sur les événements ou mise à l'air des réservoirs et vérifier périodiquement leur bon fonctionnement
- Un remplissage au-delà du niveau maximum indiqué est fortement déconseillé, car il pourrait provoquer un débordement de liquide lors de la fermeture du récipient