



www.cnrs.fr

RISQUES LIÉS AUX BOUTEILLES DE GAZ ET LIQUIDES CRYOGÉNIQUES

**Rencontre trans-réseaux
Réseau des Mécaniciens - Réseau de
Technologie des Hautes Pressions
du CNRS
17/11/2011**

Kevin Geiger, IRPS DR10 CNRS



www.cnrs.fr

LES BOUTEILLES DE GAZ COMPRIMÉS



Risques liés à la pression



- Tous les gaz comprimés sont dangereux à cause des pressions élevées dans les bouteilles.
 - gaz non liquéfiés (Ex : azote, argon, oxygène, hélium...),
 - pression au sein de la bouteille dépend de la quantité de gaz présente en son sein
 - gaz liquéfiés (Ex : ammoniac anhydre, CO2, chlore, propane...),
 - pression à l'intérieur de la bouteille reste constante, même après les soutirages successifs.
 - gaz dissous (Ex : acétylène, butadiène),
 - la bouteille est remplie par une matière de charge inerte et poreuse saturée de solvant (souvent l'acétone) afin de former un mélange stable (l'acétylène est très instable chimiquement).
- haute pression : Phénomène de fusées ou des moulinets hors contrôle
 - > graves dommages ou blessures.

Risques liés au « contenu »

- *Gaz toxiques*

- peuvent aboutir à des intoxications, en fonction du produit et de la dose éventuellement incorporée par la victime.



- *Gaz comburants ou oxydants*

- gaz contenant de l'oxygène dans une proportion supérieure à celle de l'atmosphère (plus de 23-25%), les oxydes d'azote et les gaz halogénés comme le chlore et le fluor.
- peuvent réagir rapidement et avec violence au contact de matières combustibles et possibilité d'incendies difficilement maîtrisables ou d'explosions.



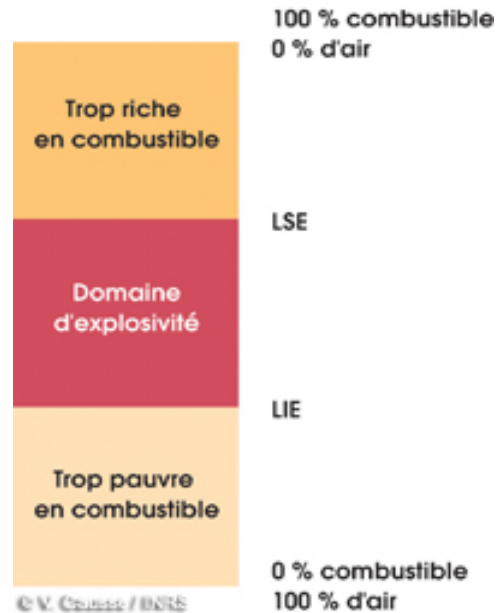
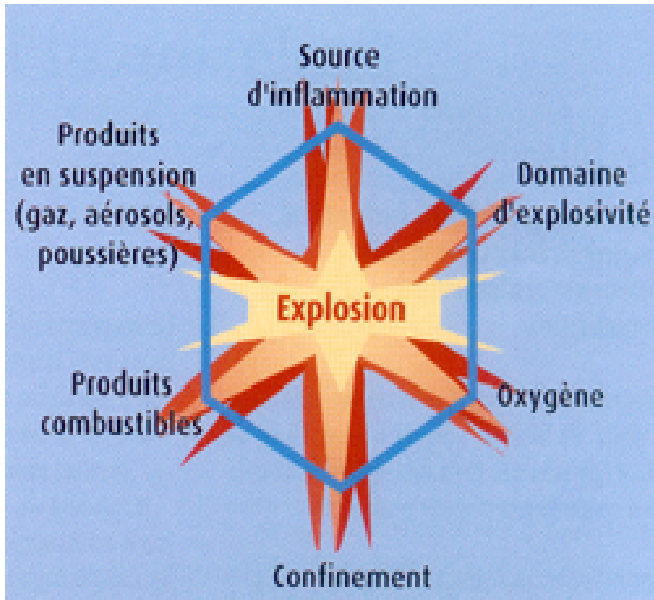
- *Gaz corrosifs*

- leur contact peut brûler et détruire les tissus.
- Ils peuvent aussi attaquer et corroder les métaux. (ammoniac, chlorure d'hydrogène, méthylamine)



Risques liés au « contenu »

- *Gaz inflammables*



4 % d'hydrogène dans l'atmosphère du local de travail peut être enflammé avec une énergie 1000 fois inférieure à celle d'une décharge d'électricité statique humaine !



Risques liés au « contenu »

- *Gaz inertes* (argon, hélium, néon et azote)
 - diminution de la teneur en oxygène (risque d'anoxie). Des effets apparaissent en dessous d'une teneur en oxygène de 18 %.





Autre risque associé

- Manutention
- équipements lourds qui, lors de leur transport et de leur manutention, peuvent provoquer des dorsalgies et/ou, en cas de chute, des blessures.



Mesures de prévention générales

- Gestion rigoureuse des bouteilles de gaz
- Présence dans les locaux limitée au strict nécessaire pour les besoins de fonctionnement, tant au niveau du nombre que de la taille.
- Locaux impérativement dotés d'une ventilation permanente
 - ouverture des fenêtres ou des portes ≠ moyen de ventilation
- Les gaz utilisés de manière prolongée doivent être raccordés en utilisant des canalisations **rigides**.
 - Si des canalisations souples sont utilisées, elles doivent obligatoirement être fixées à l'aide d'un collier, quelle que soit la pression d'utilisation du gaz.



Mesures de prévention générales

- Toute bouteille doit être attachée aux deux tiers de sa hauteur par une chaînette à un élément fixe, ou placée sur un chariot spécifique.
- Mise en service d'une bouteille par du personnel compétent reconnu par le directeur de l'unité.
 - veiller à l'adaptation des matériels utilisés (manodétendeur notamment),
 - réaliser des tests de fuite avant la mise en service de l'installation mettant en œuvre le gaz, puis de manière périodique.
- Tout détendeur défectueux doit être retourné au fournisseur. (Ne pas tenter de le réparer soi-même.)



Mesures de prévention par rapport au contenu

- *Gaz inflammables :*
 - Réglementation « ATEX »
 - zonage
 - analyse des risques d'explosion,
 - Document Relatif à la Protection contre les Explosions formalise cette étude
 - plan d'action de sécurisation (armoire Coupe feu 90 minutes, détecteurs de gaz avec alarme visuelle et sonore, coupure automatique du gaz dès dépassement d'un seuil de détection...)



Mesures de prévention par rapport au contenu

- *Gaz toxiques :*
 - OU distribués depuis une centrale extérieure,
 - OU la bouteille doit être placée dans une armoire ventilée coupe-feu 90 minutes.
 - Un détecteur de gaz approprié doit être installé dans tous les cas, avec alarme visuelle et sonore.
 - Si utilisation du gaz en continu dans un procédé pouvant se dérouler en dehors de toute présence humaine
 - un système de mise en sécurité comprenant la coupure automatique de l'arrivée du gaz par une électrovanne située en amont du manodétenteur de la bouteille.



Mesures de prévention - suite

- *Gaz inertes :*
 - détecteur d'oxygène avec alarme sonore et visuelle dans des locaux peu ou non ventilé
- *Stockage / manutention des bouteilles de gaz :*
 - manutention effectuée détendeur démonté, à l'aide de chariots spécifiques.
 - Les bouteilles de gaz ne doivent pas être accompagnées dans les ascenseurs.
 - Local balisé et ventilé, protégé du soleil et des températures hautes (inférieures à 50°C)
 - Stockage séparé en fonction des contenus de bouteilles



Mesures de prévention - suite

- Organisation associée
 - Si mise en œuvre de moyens de détection de fuite de gaz toxique, neutre ou inflammable avec alarme visuelle et sonore.
 - Consigne écrite détaillant les mesures à prendre (actions de mise en sécurité, évacuation, alerte des secours,...).
 - Mise à disposition des services de secours de la liste des gaz présents sur les lieux d'un sinistre (fuite de gaz ou incendie) avec leur fiche de données de sécurité.
 - Deux exercices d'évacuation par an.



www.cnrs.fr

LES LIQUIDES CRYOGÉNIQUES





Rappels

- liquides cryogéniques = gaz liquéfiés conservés à l'état liquide à basse température.
 - extrêmement froids (-196°C pour l'azote)
 - de petites quantités de liquide peuvent occuper de très grands volumes en passant à l'état gazeux (1 litre d'azote liquide génère à 650 litres de gaz à température ambiante).
- Utilisation de :
 - dewar (récipients « ouverts ») utilisés pour de petites quantités,
 - **bouteilles (bonbonnes fermées) pour gaz liquides**



Risques associés

- *Risques liés à la pression*

- Bonbonnes : pression de service de 3.9 bars
 - exemptées du circuit de vérifications réglementaires.
 - mode de défaillance : surpression entraînée par un réchauffement

- *Risque d'anoxie*

- changement d'état (du liquide vers l'état gazeux) = expansion de gaz rapide et importante (750 fois le volume s'agissant d'hélium).
- Gaz plus lourds que l'air : attention galeries techniques !



Risques associés

- *Risque de brûlure*

- Températures d'ébullition pour les fluides usuels :

- O₂: -183°C ; N₂ : -196°C ; Protoxyde d'azote : -88.5 °C, CO₂ : -78.5 °C.

- > brûlure thermique.

- > adhérence de la peau à la surface métallique

- *Risque d'explosion / inflammation*

- point d'ébullition de l'oxygène = -183 °C,

- Possibilité de condensation de l'oxygène de l'air dans le conteneur

- l'azote liquide enrichi en oxygène liquide peut alors produire une réaction explosive au contact de matières oxydables et provoquer l'inflammation de matières combustibles environnantes.



Mesures de prévention associées

- Concernant les récipients contenant des liquides cryogéniques
 - soupape de sécurité ET disque de rupture ou équivalent obligatoires sur les conteneurs
 - Dewar (sans pression)
 - fermés avec un couvercle ou un bouchon perméable au gaz
 - remplis par écoulement de l'azote liquide sans pression.
 - L'utilisation de tout autre conteneur (bouteilles isothermes du commerce avec leur bouchon hermétique), est à proscrire.
 - Matériau non adaptés : caoutchouc, le plastique ou l'acier au carbone



Mesures de prévention associées

- *Concernant l'utilisation de liquides cryogéniques*
 - Des détecteurs fixes d'oxygène dans chaque local où sont stockés ou utilisés des récipients de liquides cryogéniques.
 - Une ventilation spécifique doit permettre de renouveler l'air du local (au moins 6 volumes/h).
 - Lors de la manipulation d'un liquide cryogénique (ex. remplissage de récipients)
 - EPI : vêtement sec couvrant tout le corps, gants spécifique à la cryogénie à manchette longue de préférence, lunettes de protection ou écran facial de protection).
 - Le transport en ascenseur ne doit être autorisé que non-accompagné.



www.cnrs.fr

RETOUR D'EXPÉRIENCE

- *Explosion d'un réservoir de liquides cryogéniques : GANIL, 21/09/2005.*

Conséquences

- Explosion d'un réservoir de 70 l d'azote liquide provoquant la destruction de 200 m² de locaux mais sans faire de victime





Conséquences



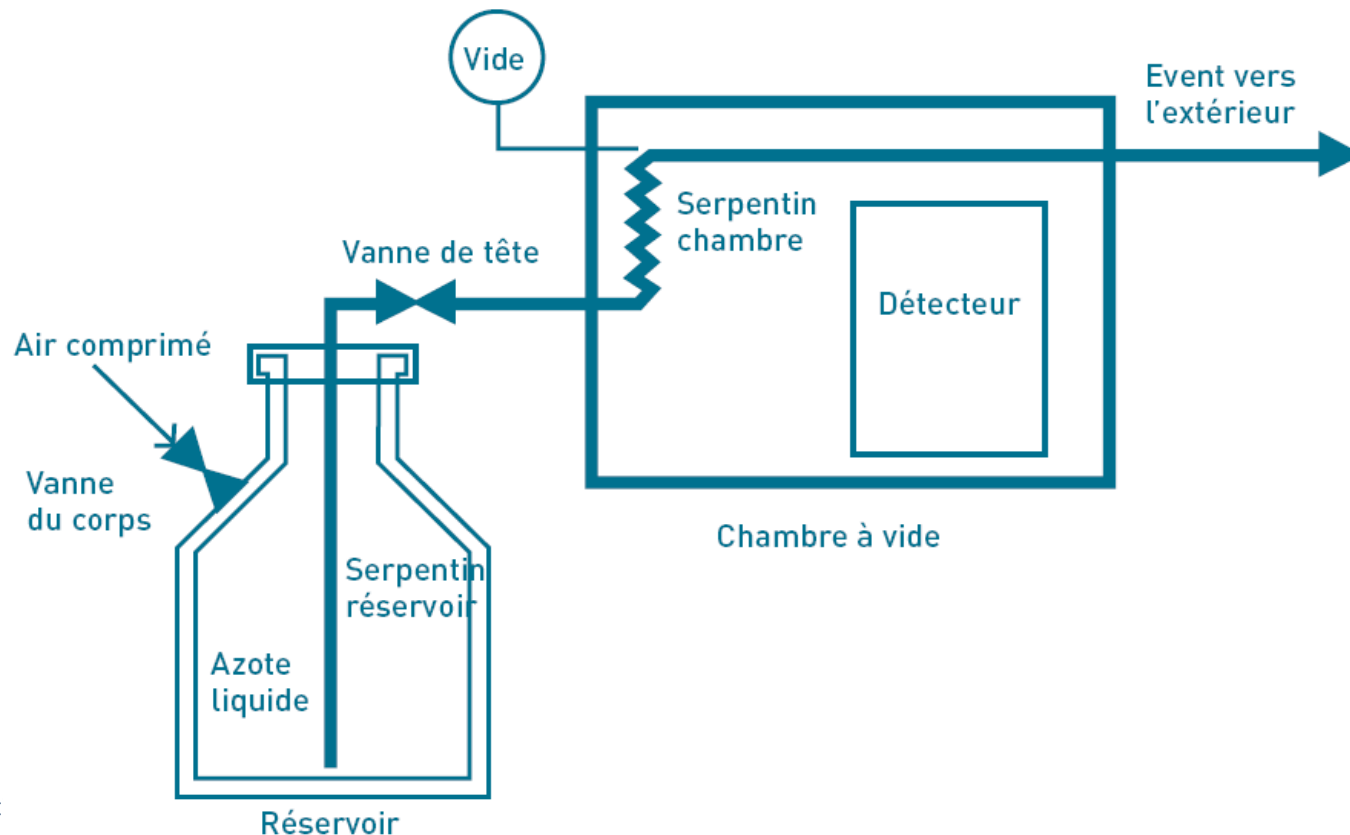


Conséquences



Dispositif concerné

- réservoir double enceinte de fluide cryogénique avec une tête de soutirage.

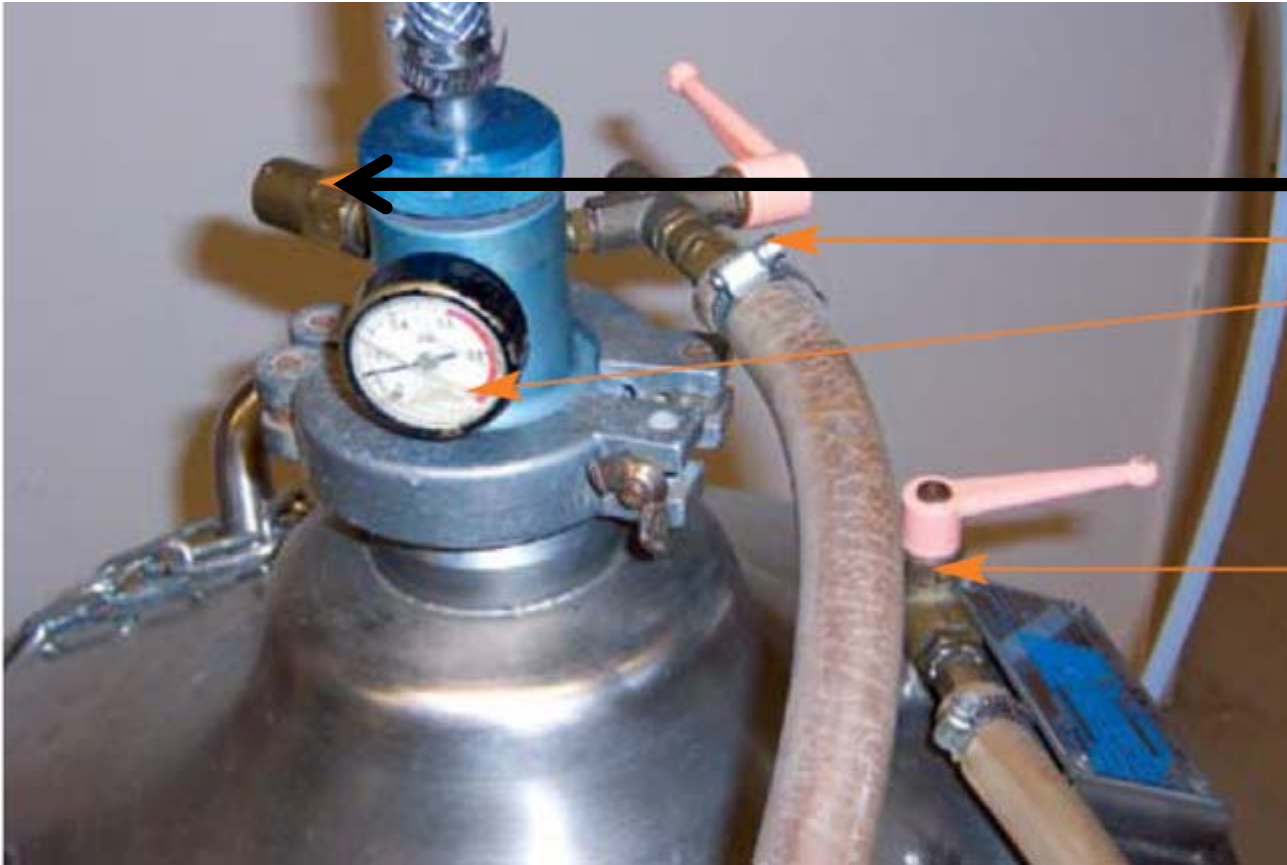




Cause

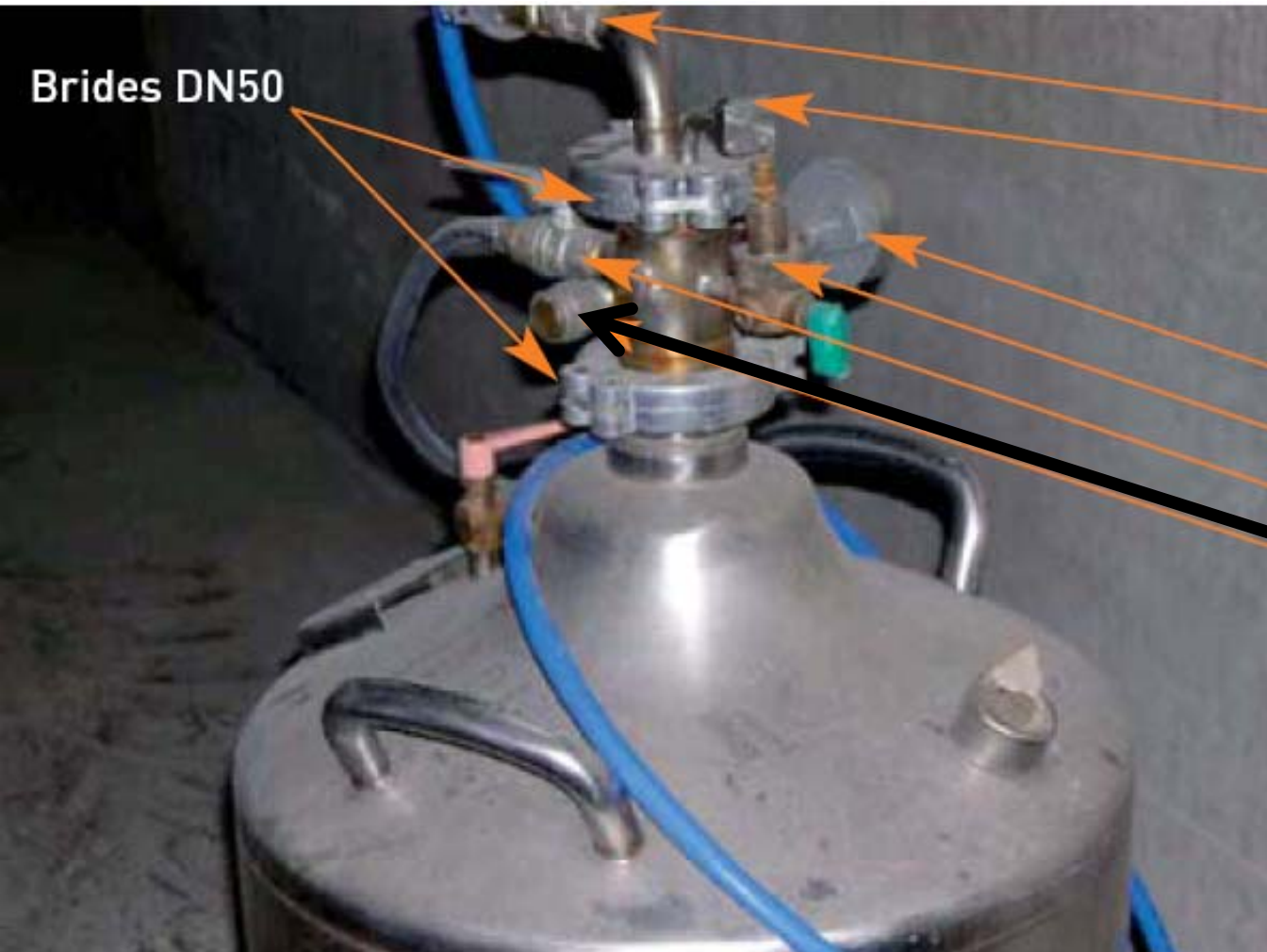
- **Réservoir sans dispositif de sécurité contre la montée en pression.**
 - Rupture du vide d'isolement, générant une montée en pression brutale et l'éclatement de l'enceinte.
- **Réservoir fabriqué en 1977, à tête démontable.**
 - Cette tête avait été modifiée. Séparation de la tête d'origine en deux parties : une partie portant la soupape, et une portant la vanne. Ces parties étant fixées entre elles par brides.
- **Le jour de l'expérience, la partie intermédiaire portant la soupape était absente.**
- **Vase non équipé.**
 - Ce type de réservoir n'était habituellement pas utilisé par l'équipe. Celui-ci était entreposé dans l'installation à proximité d'autres réservoirs.

Tête de soutirage d'origine



- Soupape de sécurité

Tête de soutirage modifiée



- ▶ Soupape de sécurité
- ▶ *Absente le 21/09...*



Actions correctives

- suppression de tous les réservoirs présents au GANIL ne présentant pas de double sécurité (soupape et disque de rupture) fixée sur le corps
- mise en place d'une gestion formalisée des réservoirs à gaz liquéfiés tout au long de leur vie (de l'arrivée sur site à la mise au rebut).
- formation des agents utilisant les gaz liquéfiés.
- étude des risques à chaque utilisation d'un réservoir de fluide cryogénique pour une utilisation autre que le simple transfert.



www.cnrs.fr

QUESTIONS