

Partie II

Les Mesures de Sécurité des Instruments de Laboratoire

Les Gaz en Laboratoire, Installation, qualité et sécurité





Les Gaz en Laboratoire, Installation, qualité et sécurité

A) Le travail en toute sécurité avec des gaz comprimés.

1) Bouteilles et raccords des gaz comprimés.

Les gaz comprimés sont stockés dans des bouteilles métalliques à parois épaisses, produites et testées en vue d'une utilisation avec des gaz comprimés. Des bouteilles de taille et de forme très variées sont produites. Elles vont des petites bouteilles aux grosses bouteilles de plus de 3 mètres de long.



En général, les bouteilles doivent être testées ou inspectées de nouveau tous les 5 ans ou 10 ans. La date de chaque essai doit être gravée sur la bouteille.

Les bouteilles de gaz comprimés ne doivent être raccordées qu'à des manodétendeurs et de l'équipement conçus pour le gaz contenu dans la bouteille. Le raccordement d'un équipement non approprié pouvant être dangereux

Il existe différents types de raccords normalisés

Raccords
type 1



Gaz inflammable

H_2 , CH_4 , CH_2CH_2 ,
Kérozène,
hydrazine

Raccords
type 2



Gaz comburant

O_2 , O_3 , H_2O_2 , F_2 ,
 Cl_2 , Br_2



Les équipements conçus pour le raccordement des gaz comprimé



Cylindre de dioxygène fixé au pied d'une paillasse par une bride à sangle



Cylindres de gaz sur un présentoir. Sur chaque cylindre on a indiqué le type de vanne à utiliser.

Robinet du cylindre



Pression du gaz dans le cylindre

Pression du gaz à la sortie du détendeur

Vis de contrôle du détendeur

Manomètre détendeur sur un cylindre de dioxygène

Robinet du cylindre



Vanne de régulation du débit de gaz

Vanne de régulation de débit Sur un cylindre de gaz

Réglage du débit par vis pointeau

La procédure de prélèvement d'une quantité de gaz

- 1- Contrôler le montage, vérifier qu'il existe une « respiration » sur le circuit du gaz.
- 2- Ouvrir le robinet du cylindre.
- 3- Manœuvrer délicatement le détendeur ou la vis pointeau de la vanne pour obtenir le débit du gaz voulu.

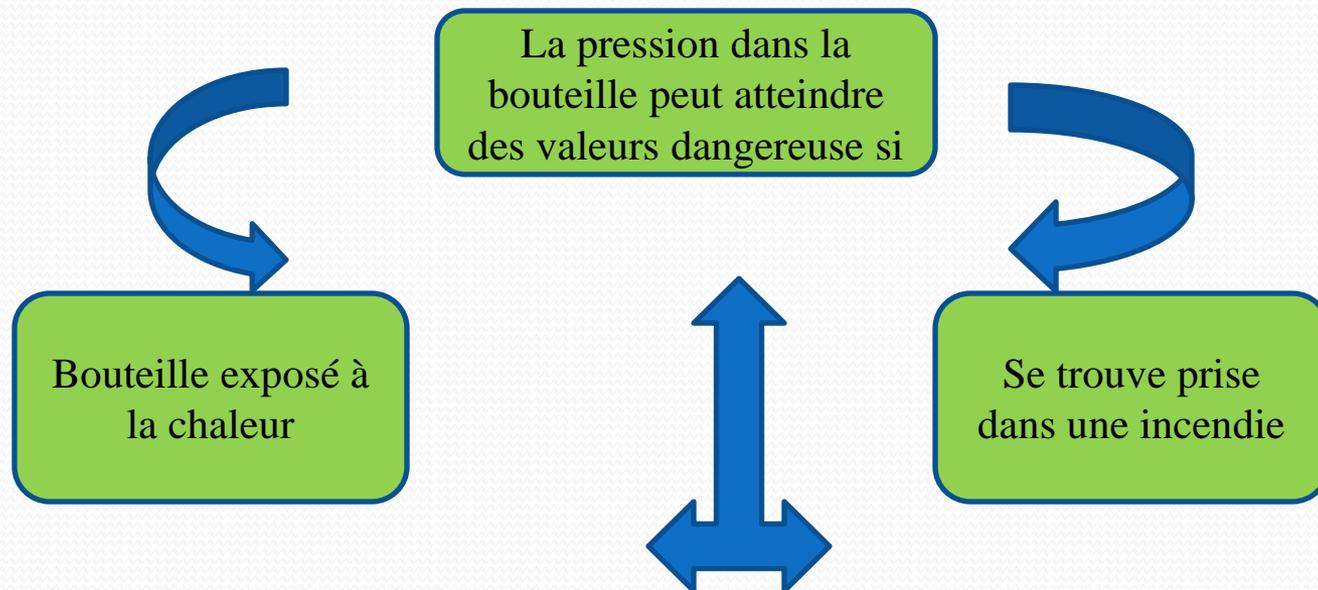


Pour terminer une utilisation

- 1- Fermer le détendeur ou la vanne de régularisation de débit.
- 2- Fermer le robinet du cylindre.
- 3- Dissocier le cylindre du montage.
- 4- Ouvrir le détendeur ou la vanne de régulation de débit pour ramener la pression interne à la pression atmosphérique (sous la sorbonne si nécessaire)

2) Les dispositifs de sécurité des bouteilles.

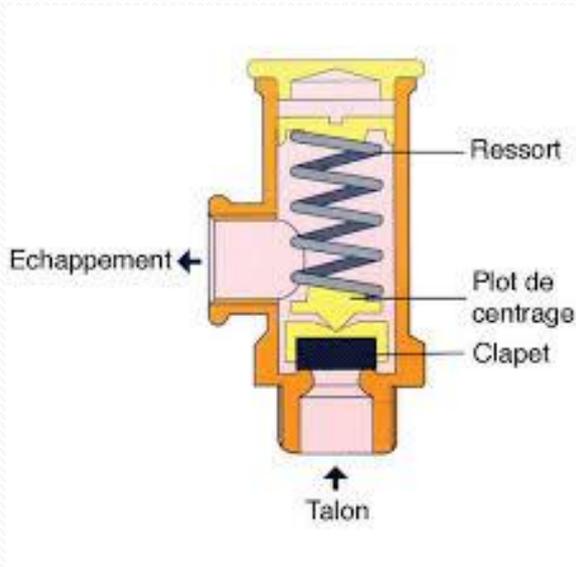
La plupart des bouteilles sont équipées d'un ou plusieurs dispositifs de sécurité. Ces dispositifs empêchent la pression interne de dépasser les limites prévues et préviennent ainsi une rupture possible de la bouteille.



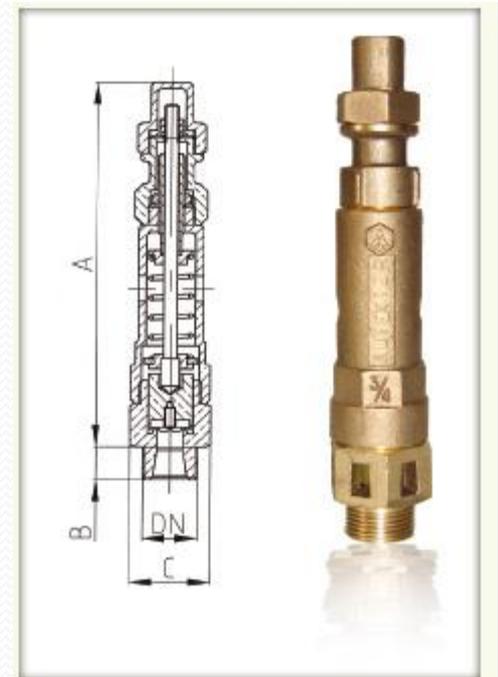
Il existe trois types de dispositifs de sécurité. Chacune de ces dispositifs permet, d'une façon différente, d'abaisser la pression de gaz lorsqu'elle est trop élevée.

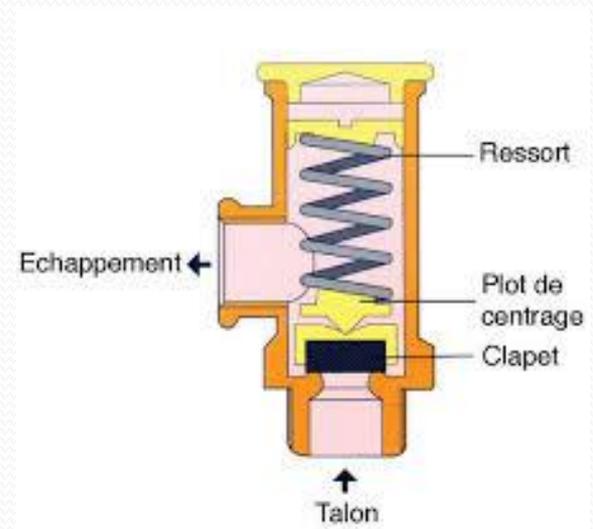
2-1- Soupape de sûreté ou de décharge

Ces soupapes font partie de la bouteille. Elles sont normalement maintenues fermées grâce à un ressort. La force de fermeture de la soupape est établie en fonction du type de gaz contenu dans la bouteille. La soupape s'ouvre lorsque la pression dans la bouteille dépasse la valeur limite établie. Du gaz alors est relâché jusqu'à ce que la pression soit ramenée à la limite de sécurité. La soupape se referme alors et retient le gaz restant dans la bouteille.



Soupape de sécurité

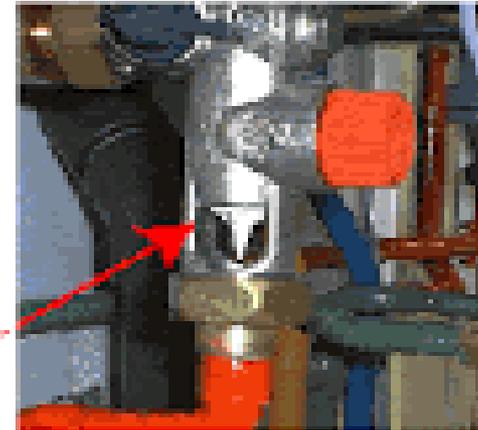




Groupe de sécurité

Phénomène constaté

durant le réchauffage du ballon
le groupe de sécurité coule



Vérification

Phénomène normal

le volume de l'eau augmente d'environ 3%
quand elle est réchauffée de 10 à 50°C
exemple : ballon de 200 litres = perte de 6 litres



2-2- Disque de rupture

(Aussi connu sous le nom d'opercule ou de disque cassable, ou d'éclatement) : en générale, ces disques sont en métal; Ils éclatent ou se brisent à une certaine pression, libérant le gaz contenu dans la bouteille. La pression d'éclatement est calculée de manière à ce que le disque se brise avant que la pression d'épreuve de la bouteille ne soit atteinte. Ces dispositifs ne peuvent pas se refermer et , en conséquence, tout le contenu de la bouteille est relâché.

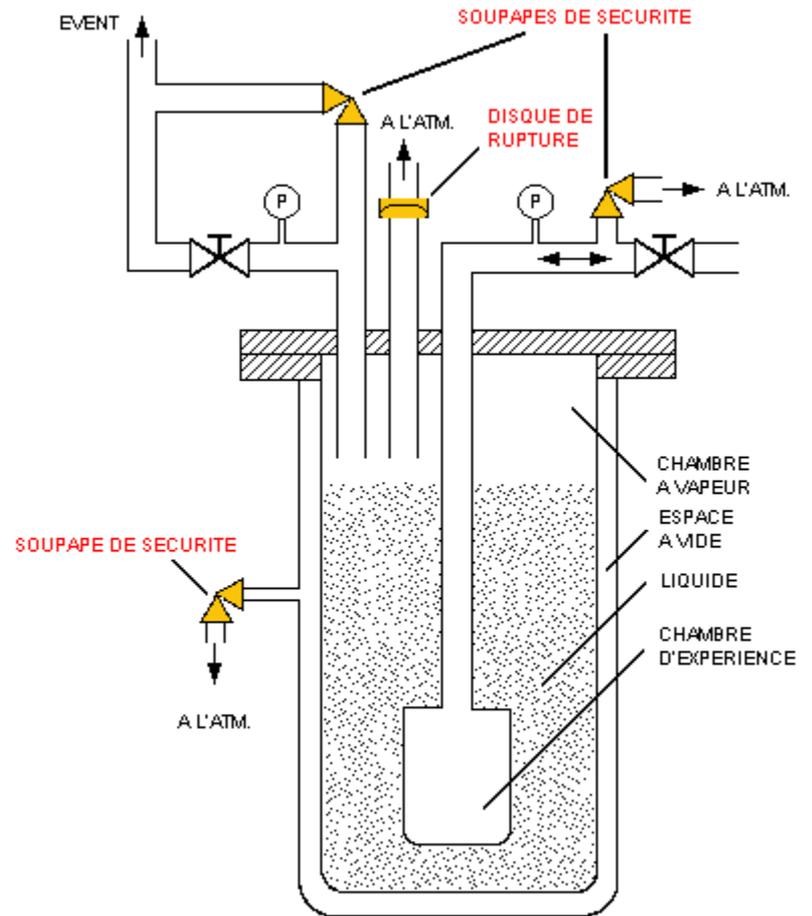




		
Type	SCD	Y 90
Description	Disque métallique bombé en une pièce, travaillant en traction	Disque métallique bombé inversé en une pièce, travaillant en pression
Matériaux	Acier inoxydable, Nickel, Inconel, Hastelloy, Monel, Titane, Tantale etc.	Acier inoxydable, Nickel, Inconel, Hastelloy, Monel, Titane, Tantale etc.
Feuille d'étanchéité	Sans	Sans
Dimensions en mm	DN 25 - DN 350	DN 25 - DN 350
Pression de rupture en bar (p relative) (en fonction du matériau et du DN)	2 - 80 bar	1,3 - 70 bar
Rapport de travail	85 %	90 %
Zone de température en °C (en fonction du matériau)	-196°C à +480°C	-196°C à + 480°C
Support de disque	H1 / AZ 60 / Bride stérile	Y 90 H
Option : support au vide	Oui	Sans
Option : avec détecteur de rupture	Oui	Oui
Option : ATEX	Oui	Oui
Domaine d'utilisation	Gaz ou liquide	Gaz
Montage avec soupape de sécurité?	Oui	Oui

Spécification du disque SK_RTM et pressions mini/maxi de rupture @ 22°C en Psi (bar)

Diam. du disque	Matériau du disque											
	Nickel		Hastelloy [®] C-276 Inox 316		Inconel [®] 600		Monel [®] 400		Tantale		Titane	
in. mm	P. Mini	P. Maxi	P. Mini	P. Maxi	P. Mini	P. Maxi	P. Mini	P. Maxi	P. Mini	P. Maxi	P. Mini	P. Maxi
	Psi Bar	Psi Bar	Psi Bar	Psi Bar	Psi Bar	Psi Bar	Psi Bar	Psi Bar	Psi Bar	Psi Bar	Psi Bar	Psi Bar
1 25	55 3.8	500 34.5	60 4.2	500 34.5	60 4.2	500 34.5	60 4.2	500 34.5	55 3.8	500 34.5	90 6.2	500 34.5
1½ 40	40 2.8	500 34.5	45 3.1	500 34.5	45 3.1	500 34.5	45 3.1	500 34.5	40 2.8	500 34.5	60 4.2	500 34.5
2 50	25 1.8	500 34.5	30 2.1	500 34.5	30 2.1	500 34.5	30 2.1	500 34.5	25 1.8	500 34.5	35 2.4	500 34.5
3 80	20 1.4	500 34.5	25 1.8	500 34.5	22 1.5	500 34.5	22 1.5	500 34.5	20 1.4	500 34.5	25 1.8	500 34.5
4 100	16 1.1	500 34.5	20 1.4	500 34.5	18 1.3	500 34.5	18 1.3	500 34.5	16 1.1	500 34.5	20 1.4	500 34.5
6 150	15 1.0	261 18.0	20 1.4	261 18.0	15 1.0	261 18.0	15 1.0	261 18.0	15 1.0	261 18.0	20 1.4	261 18.0
8 200	15 1.0	200 13.8	20 1.4	200 13.8	15 1.0	200 13.8	15 1.0	200 13.8	15 1.0	200 13.8	20 1.4	200 13.8
10 250	15 1.0	120 8.3	15 1.0	120 8.3	15 1.0	120 8.3	15 1.0	120 8.3	15 1.0	120 8.3	15 1.0	120 8.3



2-3-Bouchons fusibles (connus sous le nom fusibles)

La température et non pas la pression est le facteur déclencheur dans ce cas. Ces dispositifs de sécurité sont utilisés lorsque la chaleur peut initier une réaction chimique explosive. Lorsqu'une réaction explosive a déjà été initiée, une soupape de sûreté ou un disque de rupture agit trop tardivement pour prévenir la rupture de la bouteille. Le bouchon fusible permet de relâcher le gaz avant que la réaction dangereuse ne commence. Les bouchons fusibles sont faits en métaux qui fondent à basses températures.

Sécurité des réservoirs



- ✓ Thermofusible si $T > 110^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$
- ✓ Limiteur de débit si rupture de conduite
- ✓ Disque de rupture (optionnel) si $P > 300$ bar
- ✓ Fixation des réservoirs 20 g

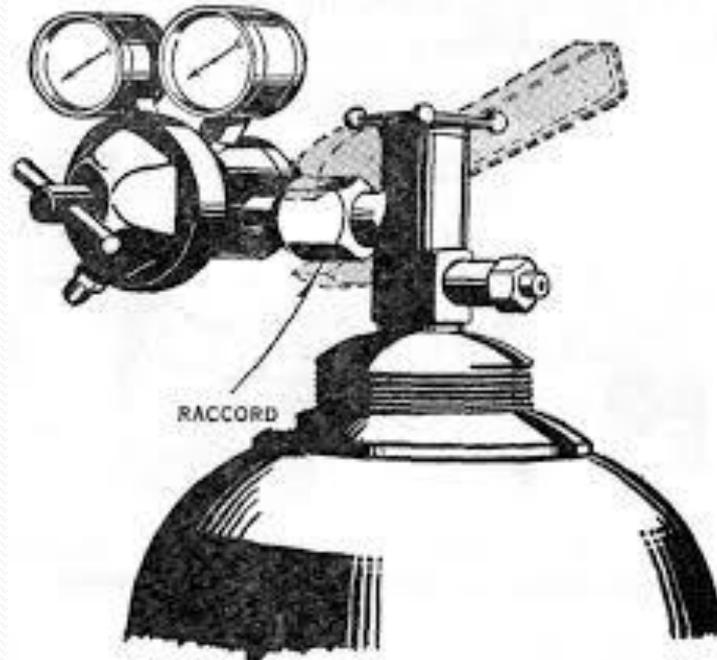
GAZ

gaz naturel

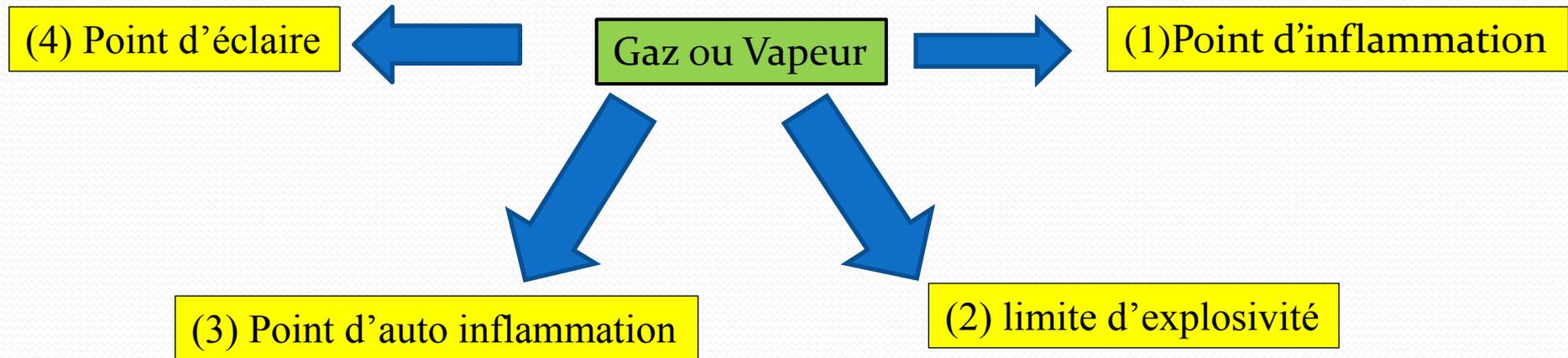
9

Exemple :

Les bouteilles d'acétylène sont équipées d'un bouchon fusible qui fond à environ 100°C (212°F), une température bien en deca de la température d'amorçage d'une polymérisation dangereuse.

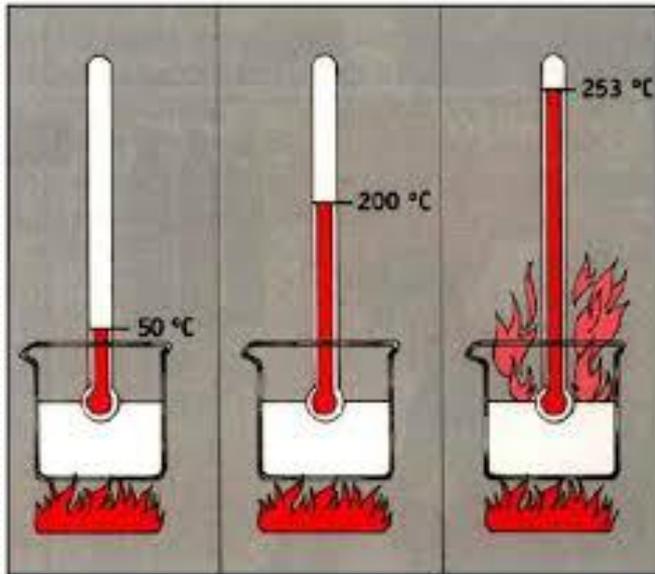


3- Propriétés des gaz dans les bouteilles



(1) Point d'inflammation

Le **point d'inflammation** est la température la plus basse à laquelle un liquide émet suffisamment de vapeurs pour former avec l'air ambiant un mélange inflammable dont la Combustion une fois débutée puisse s'entretenir d'elle-même après retrait de la source d'allumage. Il est supérieur au point d'éclair (ou point d'inflammabilité) de quelques degrés. Entre le point d'éclair et le point d'inflammation, les vapeurs s'enflamment mais ne peuvent continuer à brûler sans apport extérieur d'énergie.



(2) limite d'explosivité

Les **limites d'explosivité** d'un gaz ou d'une vapeur combustibles sont les concentrations limites du gaz (dans l'air) qui permettent que celui-ci s'enflamme et éventuellement explose. L'intervalle d'explosivité est caractérisé par la **limite inférieure d'explosivité** (LIE) et la **limite supérieure d'explosivité** (LSE). Sous la **LIE** le mélange est trop pauvre en combustible pour amorcer une réaction. Au-dessus de la **LSE** c'est le comburant qui manque.

Les limites explosives de quelques gaz et vapeurs sont données ci-dessous. Les concentrations sont données en pourcentage du volume dans l'air.

Substance	LIE	LSE
Acétone	3 %	13 %
Acétylène	2,5 %	82 %
Ammoniac	15,5 %	27 %
Benzène	1,2 %	7,8 %
Butane	1,8 %	8,4 %
Éthanol	3 %	19 %
Éthylbenzène	1,0 %	7,1 %
Éthylène	2,7 %	36 %
Diéthyléther	1,9 %	36 %
Gazole	0,6 %	6,5 %

Substance	LIE	LSE
<u>Heptane</u>	1,05 %	6,7 %
<u>Hexane</u>	1,1 %	7,5 %
<u>Hydrogène</u>	4,1 %	74,8 %
<u>Kérosène</u>	0,6 %	4,9 %
<u>Méthane</u>	5,0 %	15 %
<u>Monoxyde de carbone</u>	12,5 %	74,2 %
<u>Octane</u>	1 %	7 %
<u>Pentane</u>	1,5 %	7,8 %
<u>Propane</u>	2,1 %	9,5 %
<u>Propylène</u>	2,0 %	11,1 %
<u>Styrène</u>	1,1 %	6,1 %
<u>Sulfure d'hydrogène</u>	4,3 %	46 %
<u>Toluène</u>	1,2 %	7,1 %
<u>White-spirit</u>	0,6 %	8 %
<u>Xylène</u>	1,0 %	7,0 %

Mesure de sécurité



Contrôler les concentrations de gaz et de vapeur hors des limites d'explosivité.



Les méthodes utilisées



pour contrôler la concentration incluent l'emploi de gaz neutres comme l'azote ou l'argon pour diluer les gaz explosifs avant de rentrer en contact avec l'air.

(3) Point d'auto inflammation

Le point d'auto-inflammation (ou *d'auto-ignition*) est la température à partir de laquelle une substance s'enflamme spontanément en l'absence de flamme pilote. L'expression point d'allumage spontané est aussi utilisée.

Substance	Température
Phosphore blanc	30 °C
Éther	160 °C
Papier	233 °C
Gazole	257 °C
Butane	287 °C
Acétylène	305 °C
Huile végétale	350 °C
Méthanol	455 °C
Magnésium	473 °C
Benzène	555 °C
Hydrogène	571 °C

(4) Point d'éclaire

Le **point d'éclair** ou point d'inflammabilité (en anglais : *flash point*) correspond à la température la plus basse à laquelle un corps combustible émet suffisamment de vapeurs pour former, avec l'air ambiant, un mélange gazeux qui s'enflamme sous l'effet d'une source d'énergie calorifique telle qu'une flamme pilote, mais pas suffisamment pour que la combustion s'entretienne d'elle-même (pour ceci, il faut atteindre le point d'inflammation).

Exemple :

Acétone : -18°C

Hexane : -21°C

Ether éthylique : -45°C

Isoprène : -48°C

Une substance est d'autant plus inflammable (peut s'enflammer plus facilement) que son point d'éclair est bas.

La réglementation européenne¹ différencie les produits en :

- extrêmement inflammables - point d'éclair inférieur à 0 °C et point d'ébullition < 35 °C (exemple : point d'éclair de l'essence (<-43 °C) ainsi que tous les gaz inflammables comme le méthane ou l'hydrogène...);
- facilement inflammables - point d'éclair inférieur à 21 °C et point d'ébullition supérieur à 35 °C (exemple : point d'éclair du méthanol = 12 °C ou de l'éthanol = 13 °C);
- inflammables - point d'éclair compris entre 21 °C et 55 °C (exemple : point d'éclair du décane = 48 °C). Un liquide dont le point d'éclair est supérieur à 55 °C mais inférieur à 93,3 °C (= 200 °F) est considéré comme combustible (exemple le gazole dont le point d'éclair est supérieur à 55 °C).

Un produit extrêmement inflammable est classé par la phrase de risque de type R12, un facilement inflammable par une phrase de risque R11 et un inflammable par une phrase de risque R10.

La réglementation Canadienne.

Pour la réglementation canadienne (SIMDUT), **inflammable** signifie que la matière s'enflamme facilement à des températures normales (en dessous de 37,8 °C ou 100 °F). Les matières combustibles doivent elles être chauffées à des températures au-dessus de 37,8 °C (100 °F) avant de s'enflammer. Au-delà de 93,3 °C (200 °F), la matière n'est plus caractérisée comme combustible.

3- Transport et entreposage des bouteilles de gaz comprimé.

3-1 Une ventilation adéquate du lieu de travail.

Des systèmes de ventilation bien conçus et bien entretenus permettent d'éliminer les gaz du lieu de travail et de réduire les risques. Le type de système de ventilation nécessaire et sa capacité dépendent de paramètres tels que le type de travail, le type et la quantité de matières utilisées et des dimensions et de la disposition de l'aire de travail.

Certains lieux de travail peuvent nécessiter un système complet de hottes et de conduites pour assurer une ventilation acceptable;



d'autres, un simple extracteur situé au bon endroit.

S'assurer que les systèmes de ventilation sont conçus et construits de manière à ne poser aucun risque inattendu. S'assurer que les hottes, les conduites, les filtres à air et les ventilateurs sont en matériaux compatibles avec les gaz utilisés. Certains systèmes peuvent nécessiter de l'équipement résistant à la corrosion.

Les installations d'entreposage destinées à des matières particulièrement dangereuses, comme le chlore, peuvent devoir nécessiter un système supplémentaire de ventilation d'urgence ou une surveillance continue avec des systèmes d'alarme appropriés. D'autres lieux de travail où sont utilisés de petites quantités de gaz inertes peuvent ne nécessiter aucun système spécial de ventilation.

3-2 Transport, réception et entreposage.

Pour transporter les bouteilles, laisser toujours leur chapeau ou un autre dispositif de protection du robinet en place. Ne jamais soulever une bouteille avec un aimant, une chaîne ou un câble.

Transporter les bouteilles sur des chariots spéciaux ou d'autres dispositifs conçus à cet effet. Tous les dispositifs de transport doivent être munis d'un dispositif de retenue des bouteilles afin de les empêcher de tomber.



Entreposer les bouteilles de gaz comprimés loin des aires de traitement et de manutention et loin des matières incompatibles.

La meilleure chose à faire est d'attacher les bouteilles individuellement. L'empilage de groupes de bouteilles assure une certaine protection, mais un mauvais rangement risque d'entraîner la chute de certaines bouteilles, voire de tout le groupe.



Peu importe l'endroit où les bouteilles sont utilisées, manipulées ou entreposées, il faut toujours les enchaîner ou les attacher de manière sécuritaire à un mur, à un support ou à toute autre structure solide, en position verticale.



Entreposer les bouteilles de gaz comprimés dans des aires :

- 1- bien ventilées et sèches;
- 2- résistantes au feu et équipées d'équipement approprié de lutte contre les incendies, y compris de sprinklers là où cela se justifie;
- 3- éloignées des circuits électriques et des sources d'inflammation comme les étincelles, les flammes ou les surfaces chaudes.
- 4- accessibles en tout temps, mais éloignées des ascenseurs, des cages d'escalier et des voies de passage principales où les bouteilles pourraient constituer des obstacles dangereux;
- 5- étiquetées avec des signaux d'avertissement adéquats.

Toujours entreposer les bouteilles pleines et les bouteilles vides séparément.

3-3 Précautions à prendre avec les gaz comburants.

- Ne pas graisser ni huiler aucun équipement pouvant entrer en contact avec des gaz comburants.
- Ne pas toucher aucune partie de la bouteille et des raccords avec des mains grasses ou



~~des chiffons ou des gants graisseux. Les huiles corporelles naturelles ne posent aucun risque en~~ général, bien que ce soit une bonne pratique que de ne jamais toucher une surface pouvant entrer en contact avec un gaz comburant. Utiliser les lubrifiants et les produits d'étanchéité pour joints et raccords recommandés par le fournisseur du gaz.

-N'utiliser l'oxygène que pour son usage prévu. Ne jamais utiliser ce gaz pour purger des canalisations ou pour assurer une ventilation. Une pression élevée d'oxygène peut faire exploser le lubrifiant présent dans l'outil.

3-4 Précautions générales à prendre avec bouteilles vides.

La pression dans une bouteille de gaz liquéfié reste constante à une température donnée, tant que la bouteille contient du liquide. La pesée est la seule façon de savoir combien il reste de gaz dans une bouteille de gaz liquéfié. La tare (poids à vide) de la bouteille est gravée sur son col ou son robinet. Notez le poids net du contenu de la bouteille sur la carte qui y est attachée. Laisser une petite quantité de matière dans la bouteille afin d'y maintenir une pression légèrement positive.

Le maintien d'une pression positive dans une bouteille à gaz comprimé « vide » aide à prévenir le reflux ou l'aspiration d'un contaminant ou d'air humide provenant d'un système à plus haute pression ou de l'atmosphère.

Fermer le robinet de toutes les bouteilles « vides ». Cette pratique permet de les maintenir sous pression positive. Les bouteilles « vides » laissées ouvertes « respirent ». Des augmentations de température ou des baisses de pression atmosphérique peuvent faire sortir du gaz d'une bouteille « vide » dont le robinet est ouvert. Ceci peut créer des conditions dangereuses selon la nature du gaz et la quantité qui s'échappe. Des baisses de température ou des augmentations de pression atmosphérique peuvent faire pénétrer de l'air dans une bouteille dont le robinet est ouvert. Ceci peut provoquer une contamination ou une corrosion importante à l'intérieur de la bouteille.

Lorsqu'une bouteille de gaz comprimé est « vide », la manipuler comme si elle était encore pleine, puisqu'elle contient encore du gaz.

En toute occasion :

- Fermer le robinet de la bouteille avant de démonter le manodétendeur.
- Apposer une marque ou une étiquette sur la bouteille indiquant « vide ».

- Mettre la bouteille dans l'aire d'entreposage, loin des bouteilles en cours d'utilisation ou pleines.
- Ne pas placer de matières incompatibles près de la bouteille.
- Avertir le fournisseur si la bouteille ou une partie de la bouteille est endommagée, contaminée ou a pu être exposée à des conditions dangereuses comme un incendie ou un arc électrique.

3-5 L'importance de l'entretien de l'équipement de gaz comprimé et protection individuelle.

Des inspections régulières des lieux de travail peuvent permettre la détection de situations dans lesquelles des gaz comprimés sont entreposés, manipulés ou utilisés de manière dangereuse.

Une inspection régulière de l'équipement peut servir de sensibilisation à des risques potentiels :

- Inspecter les manodétendeurs, les soupapes et les raccords de bouteille.
- S'assurer que les bouteilles sont exemptes de corrosion, de fuite, de piqûres, de déformations ou d'entailles.
- Un entretien régulier de l'équipement peut prévenir l'apparition de situations dangereuses sur

le lieu de travail.

- S'assurer que le personnel préposé à l'entretien peut:

Connaître les risques possibles posés par les matières avec lesquelles il pourrait entrer en contact et les procédures et précautions particulières à observer avant qu'il ne commence le travail.

- Réparer correctement l'équipement, en utilisant de l'équipement compatible avec le contenu de la bouteille de gaz comprimé.

-Éviter de forcer sur les raccords, en utilisant des adaptateurs maison ou en altérant les bouteilles de quelque manière que ce soit.

-3-5-1 **Protection individuelle.**

-A Eviter le contact Cutané.

En travaillant avec des gaz qui posent un danger en cas de contact cutané, porter des gants de protection, un tablier ou un autre vêtement selon les risques de contact cutané. Choisir des vêtements faits en une matière imperméable ou résistante à ce produit chimique. La fiche signalétique (FS) devrait recommander les matières appropriées. Dans le cas contraire, contacter le fournisseur du gaz afin d'obtenir des renseignements spécifiques.



B – Protéger ses yeux et son visage

Toujours porter un protecteur oculaire en travaillant avec des gaz comprimés. Éviter les lunettes de sécurité ordinaires. Utiliser plutôt des lunettes de protection chimique. Dans certains cas, il pourrait être nécessaire de porter un écran facial (muni de lunettes de sécurité ou de lunettes étanches) pour protéger son visage. La norme CSA Z94.3 intitulée « Protecteurs oculaires et faciaux », fournit des conseils sur le choix et l'utilisation de dispositifs de protection pour les

yeux et le visage.



C- Éviter de respirer des gaz dangereux

Lorsque des respirateurs doivent être utilisés comme moyen de protection respiratoire, on devrait suivre un programme de protection respiratoire établi par écrit.

Les sorbants présents dans les cartouches et les boîtiers de filtration des respirateurs doivent

être compatibles avec le produit chimique contre lequel ils sont supposés nous protéger. Par exemple, les sorbants oxydables, comme le charbon activé, peuvent ne pas être utilisables en présence de fortes concentrations de gaz comburants, car une réaction dangereuse pourrait survenir.



Mécanismes de rétention des contaminants dans les cartouches chimiques

Le mécanisme le plus fréquent dans une cartouche pour retirer les gaz et vapeurs de l'air ambiant est l'adsorption. Les cartouches contiennent un élément actif, généralement un adsorbant en grains, comme le charbon actif qui possède un réseau étendu de pores internes pouvant atteindre la grosseur d'une molécule, offrant ainsi une large surface de contact. Le charbon piège les molécules gazeuses à sa surface, au contact de l'air chargé de contaminants, au fur et à mesure de son passage dans l'adsorbant jusqu'à saturation complète. Il peut s'agir d'une adsorption de type physique qui implique une faible énergie. C'est le cas de la plupart des vapeurs organiques. Pour les gaz et les vapeurs qui sont difficilement adsorbés, le charbon actif peut être imprégné d'un réactif chimique qui le rend plus sélectif. Par exemple, il peut être imprégné de sels métalliques, comme le chlorure de nickel, pour le retrait de l'ammoniac, ou d'oxydes de chrome et de manganèse pour le retrait des gaz acides tels que l'acide chlorhydrique et le dioxyde de soufre. Dans ces cas, il s'agit d'une adsorption de type chimique dans laquelle l'énergie d'adsorption est élevée. Si le contaminant ne reste pas à la surface, mais qu'il pénètre le solide ou le produit imprégné et réagit chimiquement avec ce dernier, il s'agira alors d'absorption. L'adsorbant peut aussi agir comme catalyseur, tel l'hopcalite qui convertit le monoxyde de carbone en dioxyde de

carbone. Il décompose et détoxique le contaminant en formant un produit moins nocif.



Gamme de cartouches et filtres



Exemples de demi-masques et cartouches chimiques

Exemple de cartouche avec préfiltre



Exemple d'appareil de protection respiratoire à cartouches chimiques dorsales



Code de couleur des cartouches chimiques

Un code de couleur inscrit sur chaque cartouche permet d'identifier le type de protection offerte.

Toutefois, les utilisateurs devraient toujours lire les étiquettes pour s'assurer que le produit correspond au type de contaminant contre lequel une protection est désirée. Les codes de couleur utilisés pour les cartouches sont présentés au tableau ci-dessous. Selon le NIOSH, ils peuvent provenir de l'une ou l'autre des normes de l'American National Standards Institute (ANSI).

Tableau : Code de couleur des cartouches chimiques et des boîtiers

Vapeurs et/ou gaz	Selon ANSI K13.1-1973 ¹⁴	Selon ANSI Z88.7-2001 ¹⁵
Gaz acides	Blanc	Blanc
Chlore	Blanc avec une bande jaune	Blanc
Acide chlorhydrique	Blanc	Blanc
Dioxyde de soufre	Blanc	Blanc
Vapeurs organiques	Noir	Noir
Vapeurs organiques et gaz acides	Jaune	Jaune

4- détection des fuites.

Plusieurs méthodes de détection de fuite existent. Elles se divisent en deux catégories :

- Les méthodes permettant une quantification globale, c'est-à-dire une mesure de fuite sur un composant, assemblage ou même une installation et qui permet de connaître la valeur de fuite de l'ensemble, plus ou moins précisément selon la technique employée. Ici, elles peuvent être appelées méthodes indirectes. Les méthodes sont : enveloppe remplie de gaz, enveloppe sous vide (global ou partiel), accumulation, chute de pression, remontée de pression.



- Les méthodes permettant une localisation, c'est-à-dire, une détection qui permet de localiser finement une source de fuite. Certaines techniques permettent d'estimer la valeur de niveau de fuite locale. D'autres techniques permettent d'apprécier le dépassement ou non d'un niveau de fuite par rapport à une valeur de fuite seuil, qui est fixée ou estimée. Ici, les techniques de localisation peuvent être appelées méthodes directes. Les méthodes sont : enveloppe sous vide (local), reniflage, aspersion, immersion, application d'un liquide.





Pas de fuite



Proximité d'une petite fuite



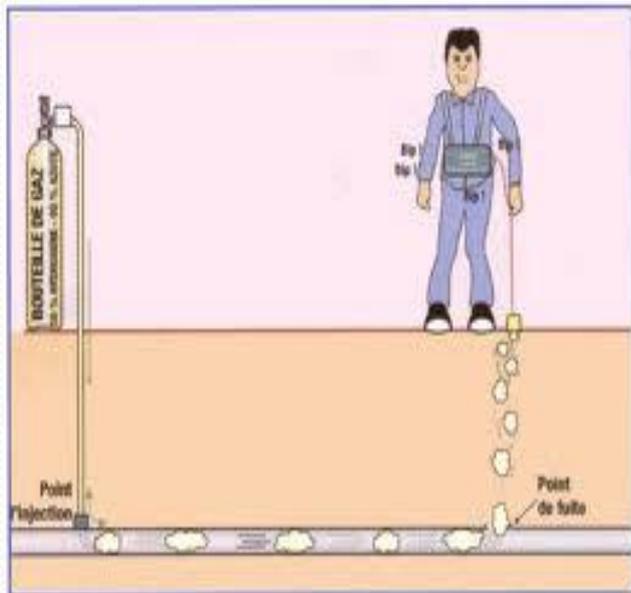
Face à une petite fuite



Proximité d'une grosse fuite



Face à une grosse fuite



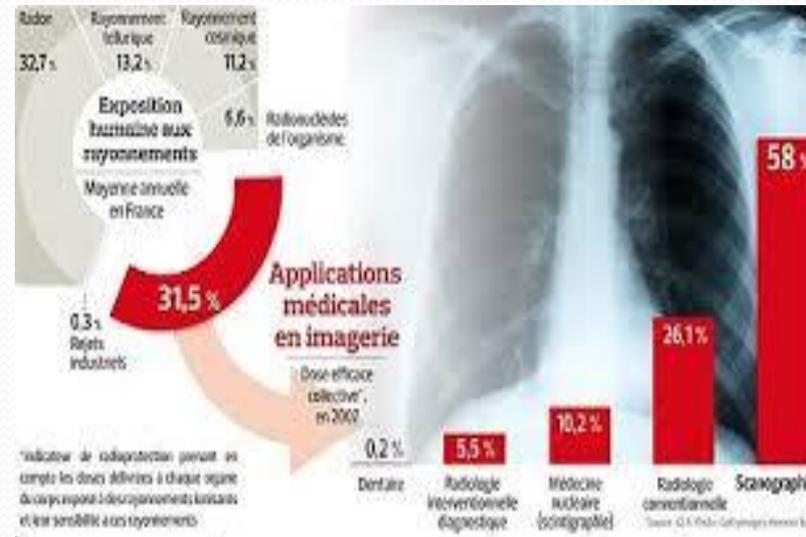


Appareils aux rayons X, La prévention des risques professionnels des rayons X

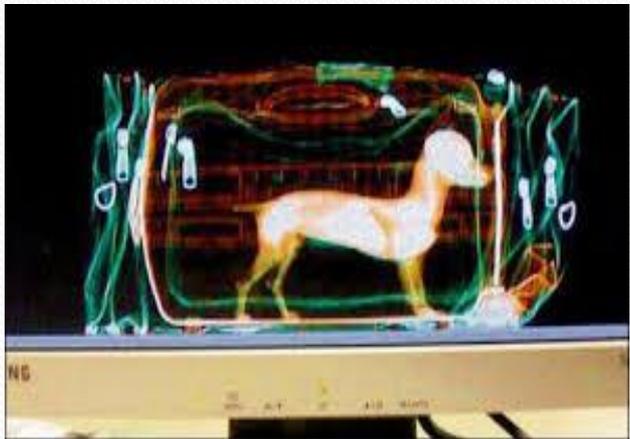
A- Dans les Laboratoires de recherche



B- Applications médicales



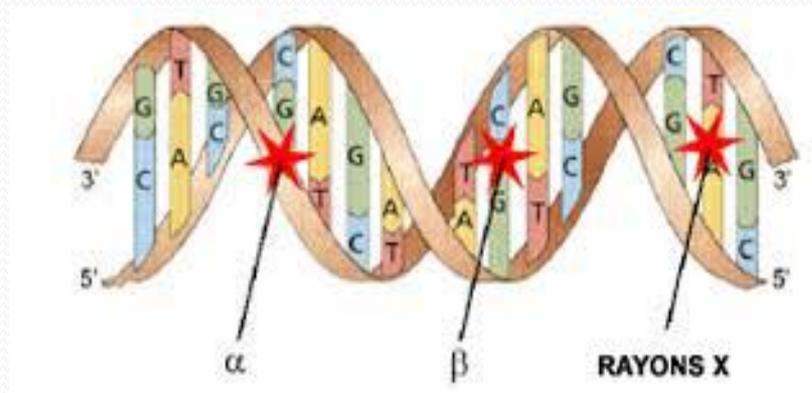
C- Dans les services douaniers



Appareils aux rayon X, La prévention des risques professionnels des rayons X

Introduction.

Les rayons X sont des radiations ionisantes qui peuvent traverser le corps et ont des effets très nocifs sur la santé pour des durées d'exposition longues ou répétées et/ou pour de fortes intensités : atteintes cutanées, ophtalmologiques, hématologiques, cellulaires pouvant provoquer des cancers, des malformations fœtales.



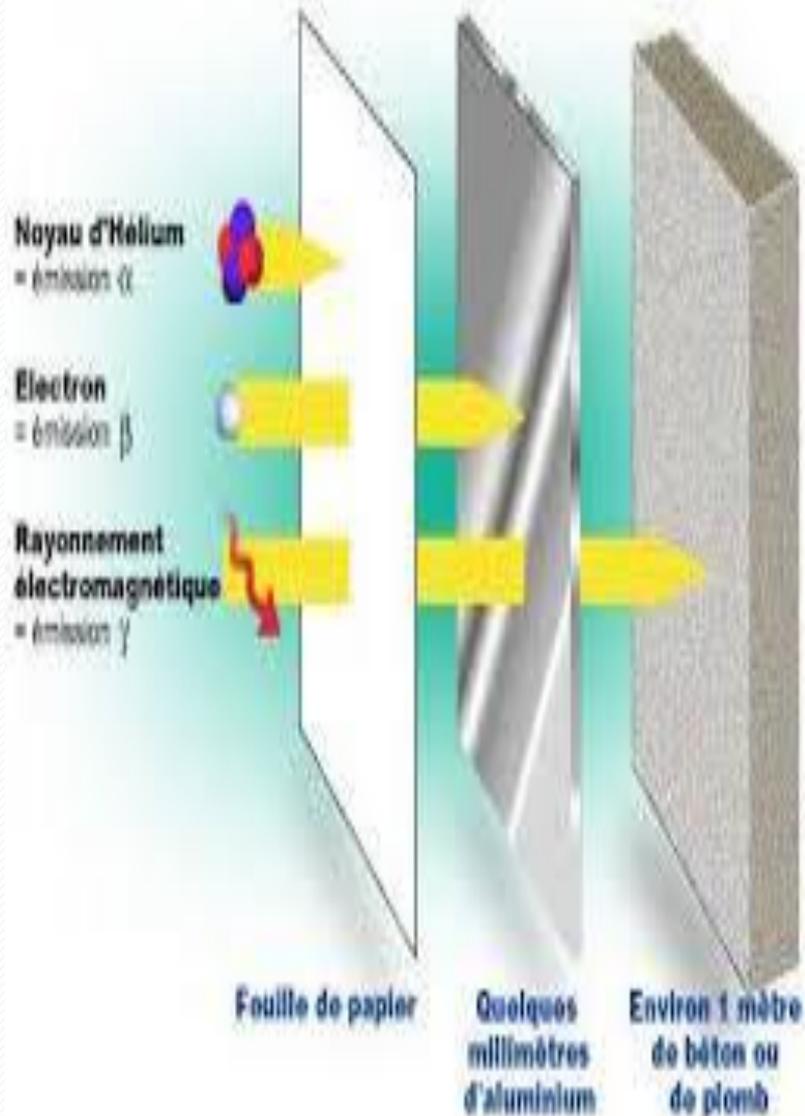
Les principales applications concernent les utilisations médicales (radiodiagnostic et radiothérapie), industrielles (contrôle non destructif, radiométagraphie) et scientifiques (laboratoires).

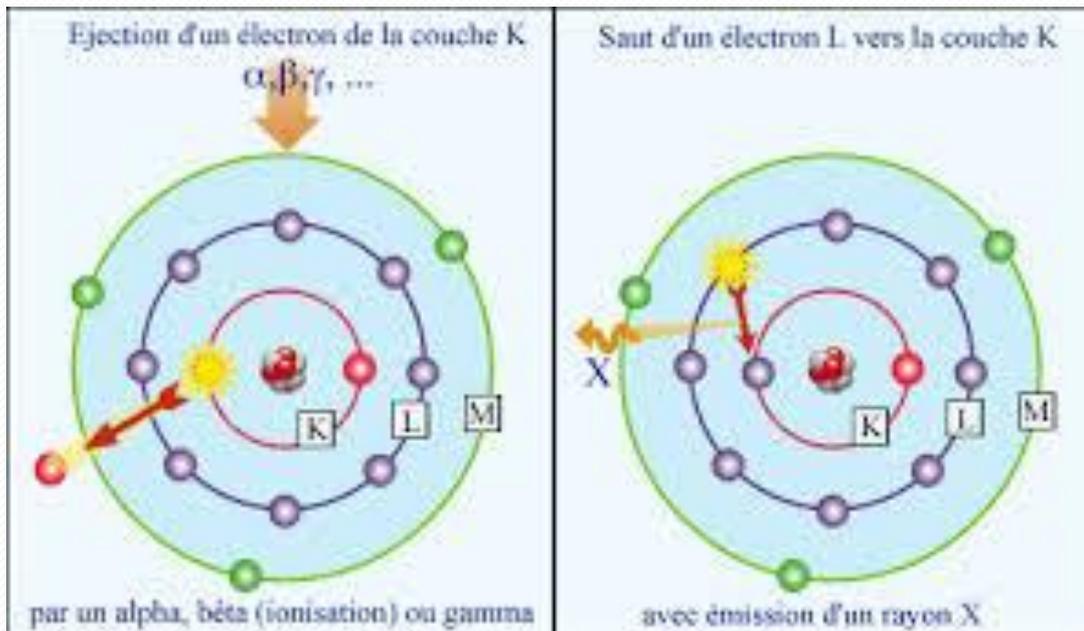
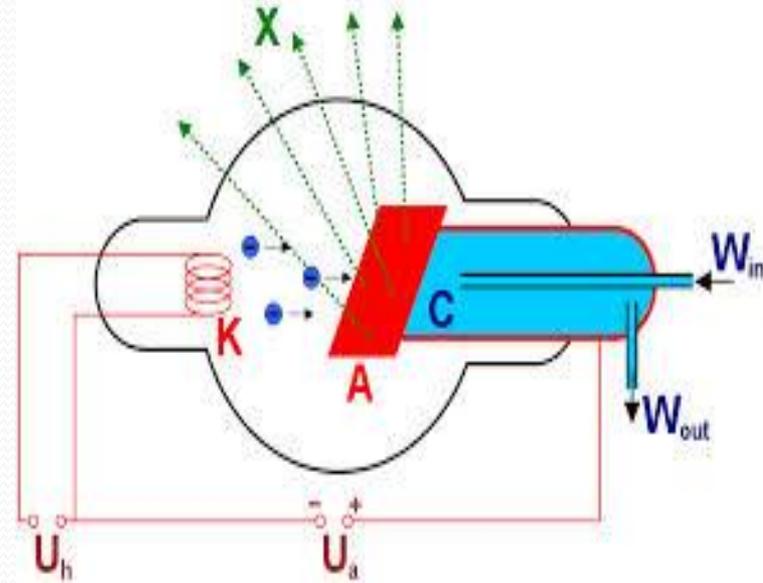
Les rayons X sont des rayons ionisants, ils arrachent ou ajoutent des électrons aux atomes qu'ils ionisent et, dans une cellule, ils peuvent rompre les molécules d'ADN. Plus leur longueur d'onde est courte, plus les rayons X pénètrent dans le corps et détériorent les structures cellulaires puis tissulaires.



Les appareils générateurs de rayons X n'émettent un rayonnement que lorsqu'ils sont sous tension. Leurs caractéristiques dépendent des conditions de tension et d'intensité de leur alimentation en courant électrique : plus la tension est élevée, plus les rayons sont énergétiques et pénétrants (« durs ») ; plus l'intensité augmente, plus le flux de rayons X (et par conséquent la dose reçue) s'accroît.

Le pouvoir de pénétration des différents rayonnements





- Les applications de laboratoires.

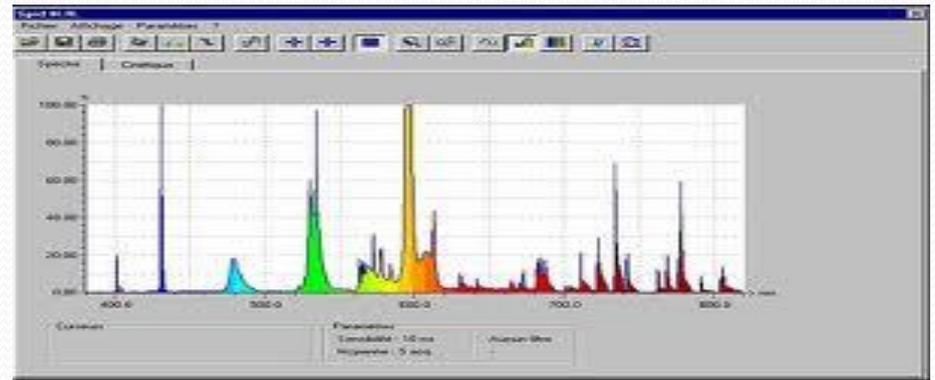
Des appareils d'analyse aux rayons X sont utilisés comme dispositifs de diffractométrie et de spectrographie conçus pour effectuer des examens microscopiques ou pour analyser des spectres de rayons X de la matière au niveau atomique ou cristallin.



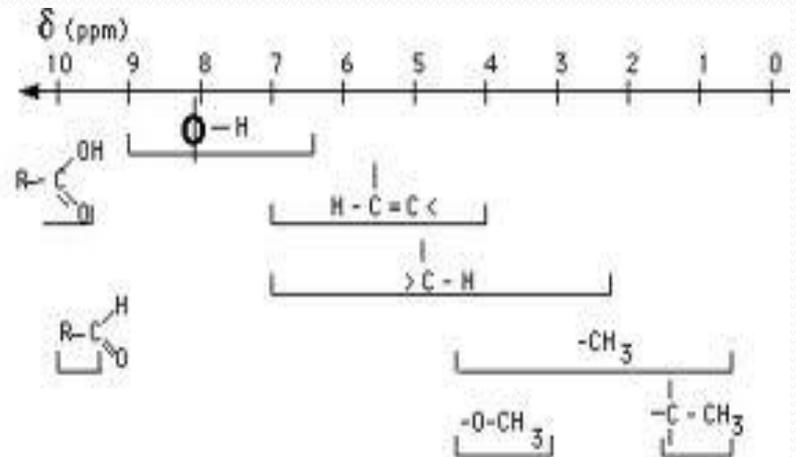
Quelques techniques...

- Spectroscopie d'absorption de rayons X
- **Spectroscopie d'émission de rayons X**
- Diffusion inélastique résonnante de rayons X
- Diffusion inélastique de rayons X
- Spectroscopie par résonance nucléaire
- Diffusion inélastique par résonance nucléaire

Spectroscopie d'absorption de rayon X



Spectroscopie par résonance nucléaire



Quelques exemples de déplacements chimiques en RMN du proton

(0 = référence TMS)

Les principaux risques des rayons X

Les rayons X sont fortement énergiques et peuvent ioniser les matières qu'ils traversent, ils arrachent ou ajoutent des électrons aux atomes, donc changent leur comportement chimique et électrique. ils entraînent une irradiation en profondeur du corps humain et, à partir d'une certaine dose, modifient les fonctions et les structures cellulaires puis tissulaires (par radiolyse de l'eau de la matière biologique), dérèglent la division cellulaire, avec parfois une détérioration de l'ADN, qui contient le programme génétique et les cellules endommagées peuvent être celles de l'ovaire ou des spermatozoïdes.

Les rayons X ont deux types d'effets différents sur l'organisme :

-Les effets déterministes, qui se manifestent rapidement et certainement lorsque la dose reçue atteint ou dépasse un seuil d'apparition, et dont la gravité est fonction de cette dose et qui sont réversibles.

Les rayons X ont notamment un effet néfaste sur la peau, les globules rouges du sang, la moelle osseuse, le cristallin de l'œil et les gonades.

Ces risques immédiats (radiodermites, anémie, syndrome hémorragique, cataracte, diminution de

la fertilité ...) sont liés à une irradiation aiguë correspondant à une forte dose reçue.

- Les effets aléatoires, qui ne se manifestent pas toujours, qui apparaissent de façon différée, sans seuil évident, ni gravité clairement corrélée à la dose reçue, même si, statistiquement, leur occurrence dépend de cette dose.

Ces risques tardifs (cancers radio-induits dont les ceux de la thyroïde, les sarcomes osseux, les leucémies,... et possiblement malformations dans la descendance) sont plus liés à l'accumulation des doses sur plusieurs irradiations successives.

L'évaluation de la dangerosité d'une dose délivrée aux différents tissus et organes du corps est mesurée en Sievert (Sv) (ancienne unité : « radiation équivalent » (rem), $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$).

La limite d'exposition annuelle aux rayonnements X des travailleurs exposés est fixée par la réglementation à 20 milliSievert par an.

Les mesures préventives des risques des rayons X

La dangerosité des rayons X implique que les employés soient efficacement protégés contre une exposition excessive à ce rayonnement pendant qu'ils travaillent.

Les principes généraux de la radioprotection reposent sur trois piliers :

- Les durées : durée d'exposition aux rayons X la plus brève possible,
- Les distances : éloignement maximal des travailleurs par rapport aux sources de rayons X, avec l'utilisation d'appareils manipulables à distance.
- Les écrans : interposition d'un écran épais et absorbant entre la source de rayons X et le travailleur et port de vêtements de protection.

Tablier de protection contre les rayons X



• La classification des travailleurs exposés aux rayons X

les personnels exposés aux rayons X se regroupent dans deux catégories.

Une catégorie A (susceptible de recevoir une dose comprise entre 6 et 20 mSv par an) ou B (susceptible de recevoir une dose comprise entre 1 et 6 mSv par an).

Les personnels de catégorie A ou B bénéficient de mesures de prévention renforcées : surveillance médicale renforcée (examen au moins annuel et fiche d'aptitude), surveillance dosimétrique individuelle, formation obligatoire aux risques liés aux rayons X, surveillance post-professionnelle pour les personnels de catégorie A. Cette classification doit être communiquée au personnel Concerné.

Les femmes enceintes doivent être retirées d'un poste classé A ou B pendant la durée de la gestation, d'où la nécessité de déclarer le plus tôt possible leur état de grossesse.

• Les appareillages de surveillance de l'exposition aux rayons X

S'agissant d'une exposition externe, la surveillance est réalisée au moyen d'un suivi dosimétrique assuré par des mesures individuelles de dosimétrie passive nominative à lecture différée (dosimètre porté à la poitrine, au poignet, bague,...) éventuellement associé à une dosimétrie active opérationnelle à lecture directe en temps réel.



Le port de dosimètres passifs est obligatoire pour tout le personnel exposé (catégories A et B). Il est envoyé à l'organisme chargé de la dosimétrie tous les mois et au médecin du travail, ou, pour



les catégories B seulement, tous les trimestres. Ces dosimètres donnent la possibilité de prendre les précautions appropriées pour limiter les occasions futures d'exposition de manière que le cumul de dose maximale permise ne soit pas dépassé.

Pour la dosimétrie active obligatoire pour tout travailleur entrant en zone contrôlée, la mesure en temps réel de l'exposition est pourvue d'alarmes auditives et visuelles se déclenchant en cas de surdose et le suivi est assuré par la personne compétente en radioprotection (PCR) à chaque sortie de zone contrôlée ou en fin de poste.

Systemes d'attache



Pince crocodile



Clip plat avec deux systemes d'accrochage :



Chaînette



Pince-attache

IPLUS
Poignet



MOYENS DE SURVEILLANCE DOSIMETRIQUE

Dosimétrie active

Dosimétrie passive

- Bague (TLD, seuil de mesure: 0,1 mSv)
- Pastille (TLD, OSL)
- Dosimètre passif poignet (TLD)



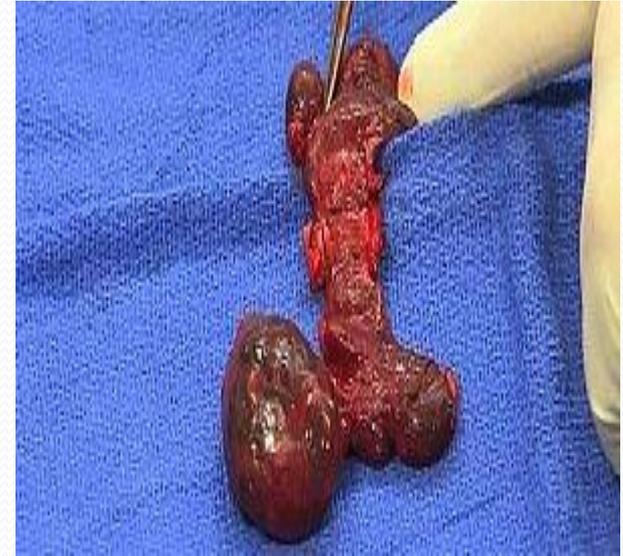
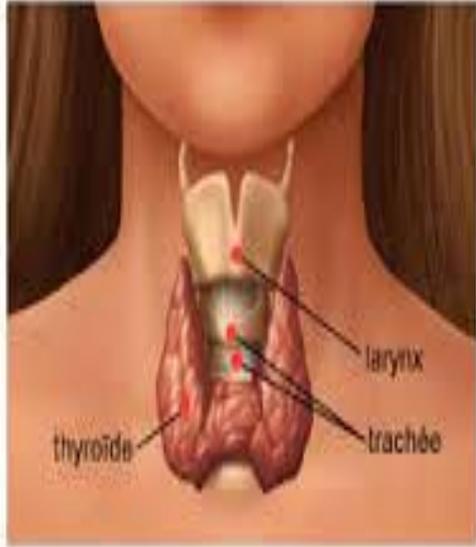
• Les mesures de prévention technique

- L'interposition d'écrans et l'éloignement de la source.

Des écrans de protection entre le personnel et la source (plomb, verre au plomb ou plexiglas...), dont la nature et l'épaisseur sont adaptées aux caractéristiques du rayonnement et à l'activité, réduisent l'exposition. Combinés à l'éloignement de la source de toutes les parties du corps du travailleur, l'exposition peut devenir très faible. Ces écrans peuvent être des paravents plombés fixes, des bas volets plombés sur les tables d'intervention, des écrans mobiles entre la source de rayonnement et le personnel lors d'utilisation d'émetteur de rayons X mobiles .

- Le contrôle et l'entretien des équipements.

Les équipements à rayons X doivent être contrôlés régulièrement (lors des contrôles réglementaires périodiques par un organisme agréé, du contrôle qualité des installations, ...), notamment pour vérifier le bon réglage des appareils.



Cols thyroïdien



Cache thyroïde



Tablier plombé



Gants plombé



Lunette en verre plombé



Le contrôle doit être systématique pour les appareils générateurs de rayons X lors de l'installation et chaque fois qu'ils ont subi une transformation, tous les ans pour les appareils mobiles, tous les 3 ans pour les appareils fixes. En effet, un rayonnement parasite peut provenir de pièces défectueuses, d'un mauvais ajustement des accessoires à l'origine de fuites par des ouvertures non blindées et il convient de vérifier le bon fonctionnement de tous les blindages, obturateurs, fenêtres de sortie du faisceau, accessoires et raccords.

- Les mesures de prévention individuelle

Le port de protections individuelles (gants, lunettes, tablier plombés...) complète les mesures de prévention collectives précédentes en réduisant considérablement l'intensité du rayonnement. Les opérateurs doivent avoir à leur disposition des vêtements de protection pour chaque personne travaillant en zone contrôlée, adaptés à leur morphologie et d'une épaisseur en équivalent de plomb d'au moins 0,35 mm à l'avant (0,50 mm possiblement) et 0,25 mm à l'arrière. Il est également préconisé d'avoir à disposition des lunettes en verre plombés, des caches thyroïdes, des caches gonades et des gants plombés lorsque l'exposition des mains ne peut être évitée, par 71

exemple si la présence auprès du patient en radiologie médicale est nécessaire (examens spécifiques, ...).

La surveillance médicale

Les personnels exposés aux rayonnements X bénéficient d'une Surveillance Médicale Renforcée (SMR) adaptée à leur poste de travail.

La surveillance médicale s'effectue avant l'affectation au poste de travail, puis au moins annuellement, ou à la demande du personnel, notamment en cas de grossesse, et visite exceptionnelle en cas d'irradiation importante (avec examens hématologiques, dermatologiques, ophtalmologiques...).

Le médecin élabore une fiche d'exposition renseignant sur la nature du travail, la quantité des rayonnements reçus, la période d'exposition et les cas d'exposition accidentelle anormale éventuels.

Cette fiche est mise à jour annuellement et conservée dans le dossier médical individuel pendant 50 ans à compter de la cessation de l'exposition.

Téchnique de spectroscopie d'électrons Auger.

Les **électrons Auger** sont des électrons émis lors de la désexcitation d'un atome. Ce phénomène a été découvert en 1922 par Pierre Auger.

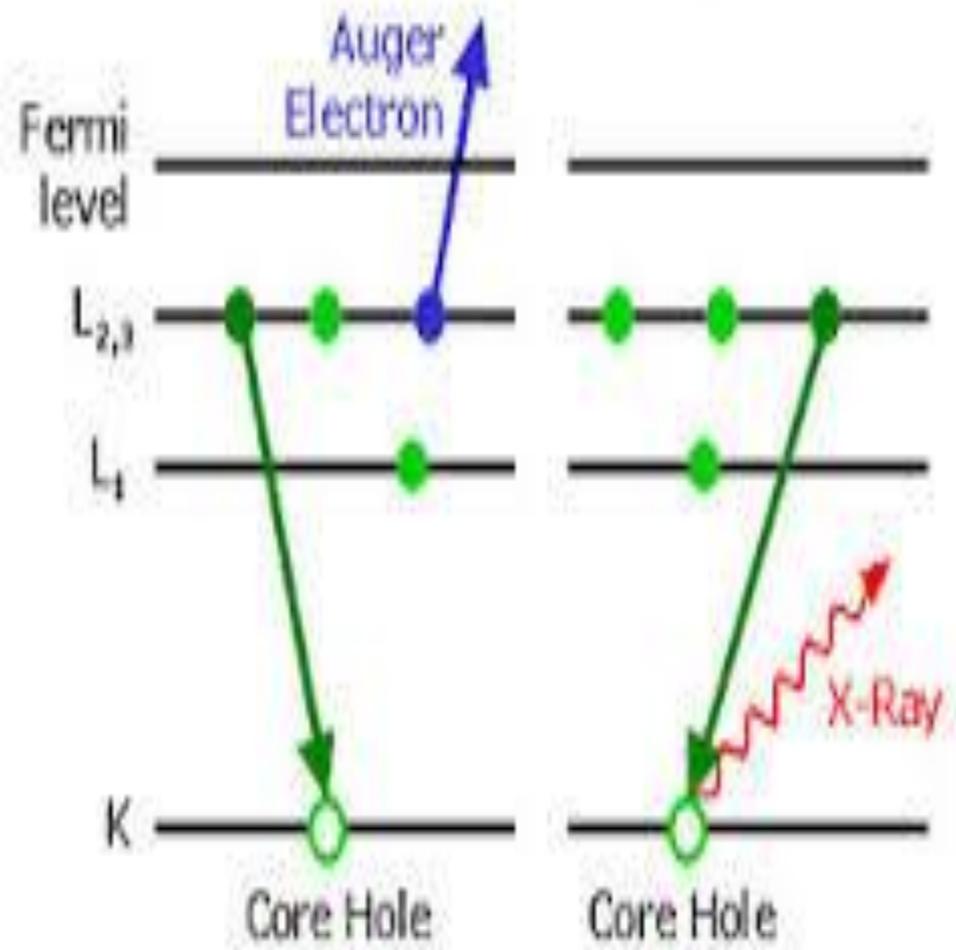
Lorsqu'un atome est bombardé par des rayonnements ionisants, un électron peut être retiré d'une couche interne atomique, laissant une place vacante, qu'un électron d'une couche de plus haute énergie peut venir remplir, causant un dégagement d'énergie. Cette énergie peut :

- causer l'émission d'un photon : fluorescence X ;
- être transmise à un électron atomique qui sera éjecté de l'atome : émission d'électron Auger.

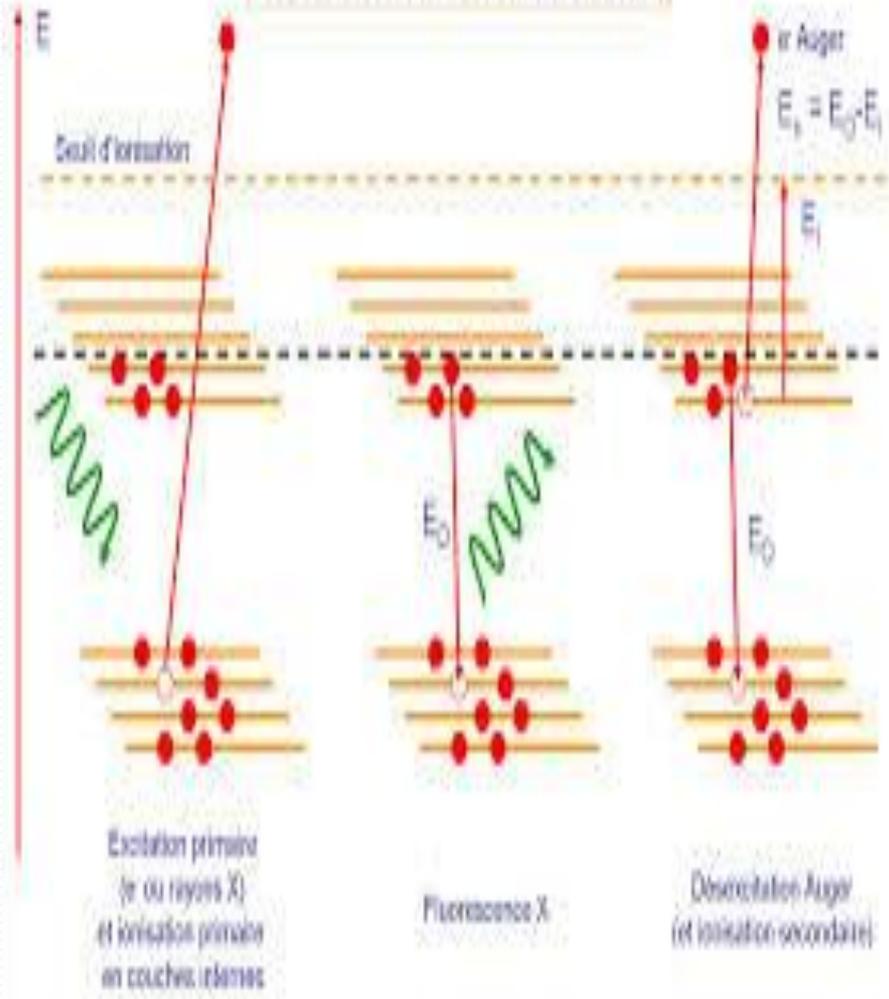
L'émission Auger est en compétition avec l'émission X

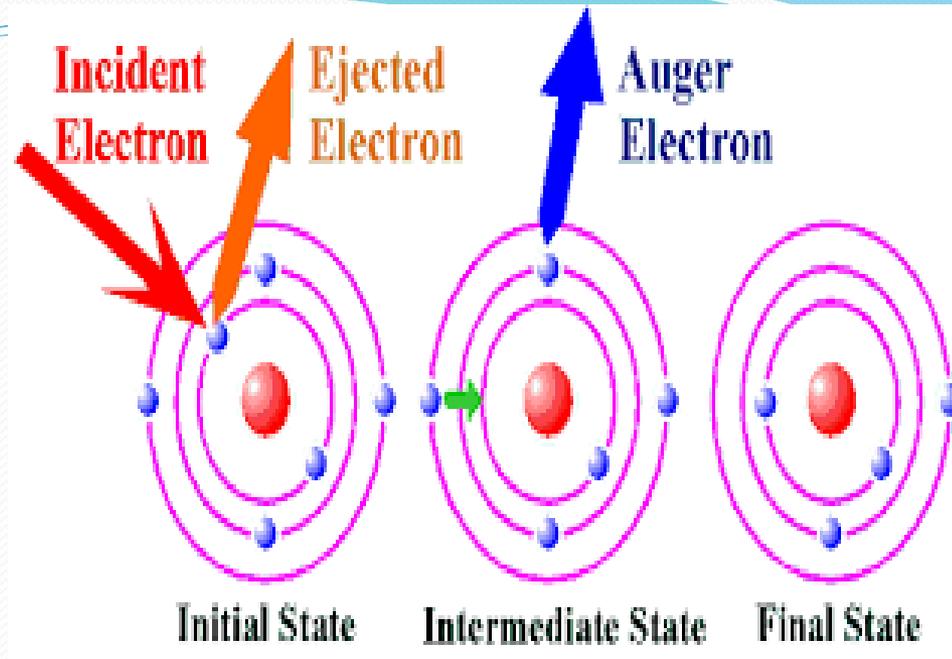
Auger Process

X-Ray Process



Fluorescence X et Désexcitation Auger





Spectrométrie Auger.

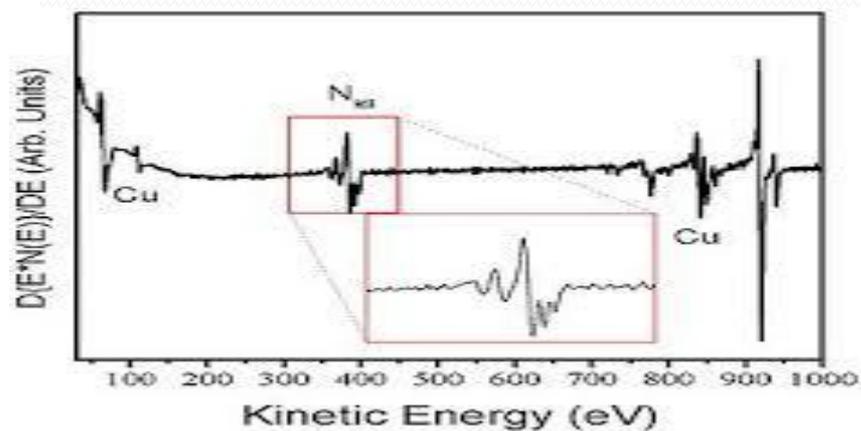
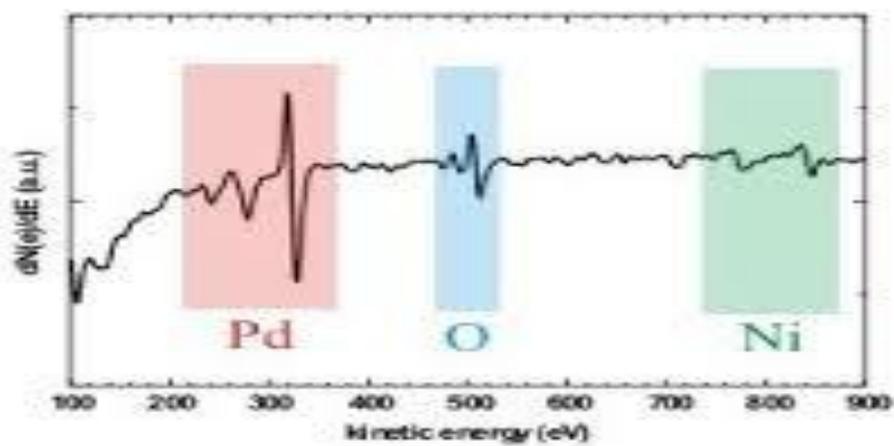
Un spectromètre Auger est un appareil très semblable à un microscope électronique à balayage ; il permet d'ailleurs de faire des images du même type.

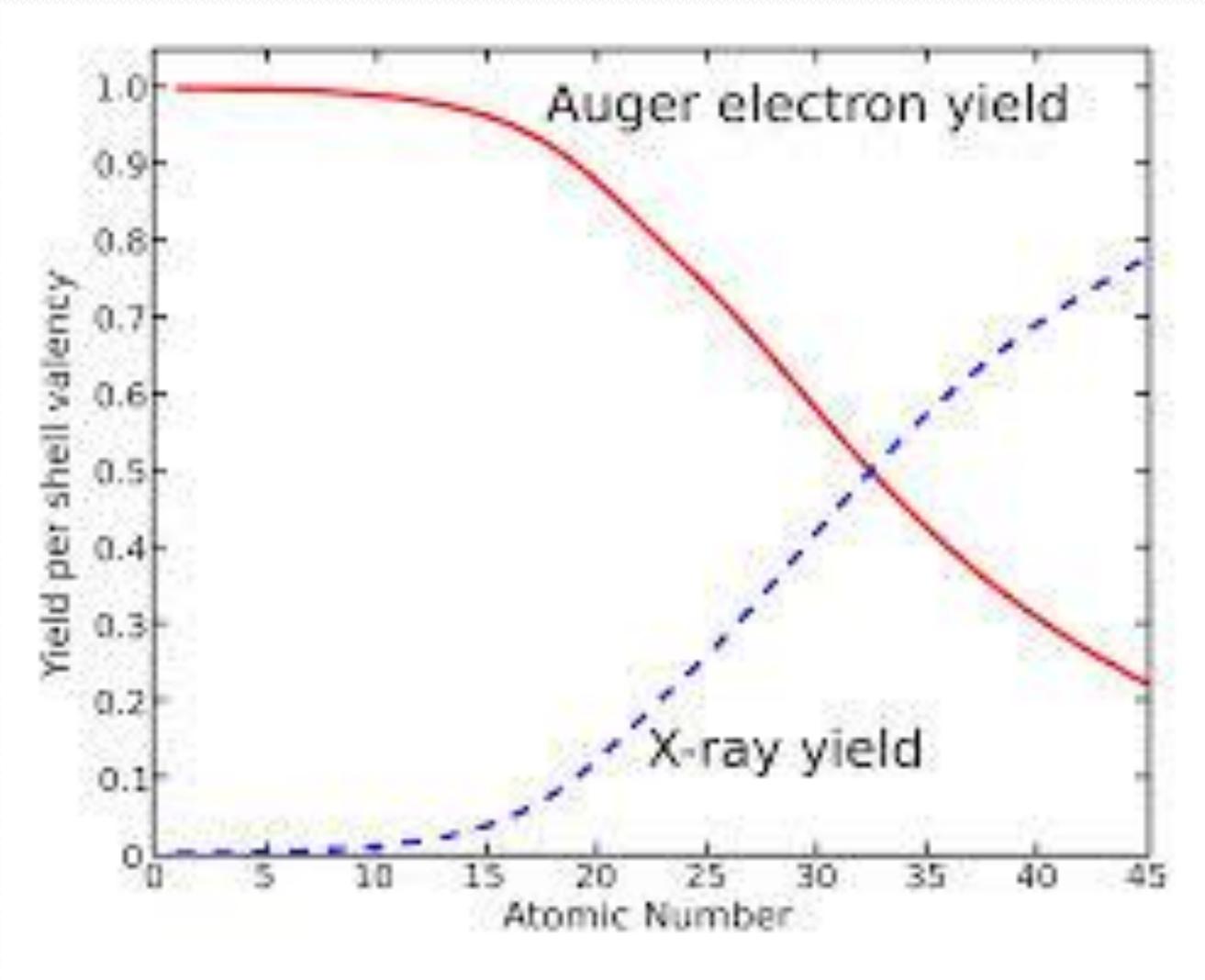
L'appareil comporte un canon électronique qui bombarde l'échantillon, et un détecteur d'électrons qui détecte les électrons Auger et détermine leur énergie. L'énergie des électrons permet de déterminer la nature chimique des atomes, et le mode balayage permet de dresser une cartographie chimique de la surface de l'échantillon.

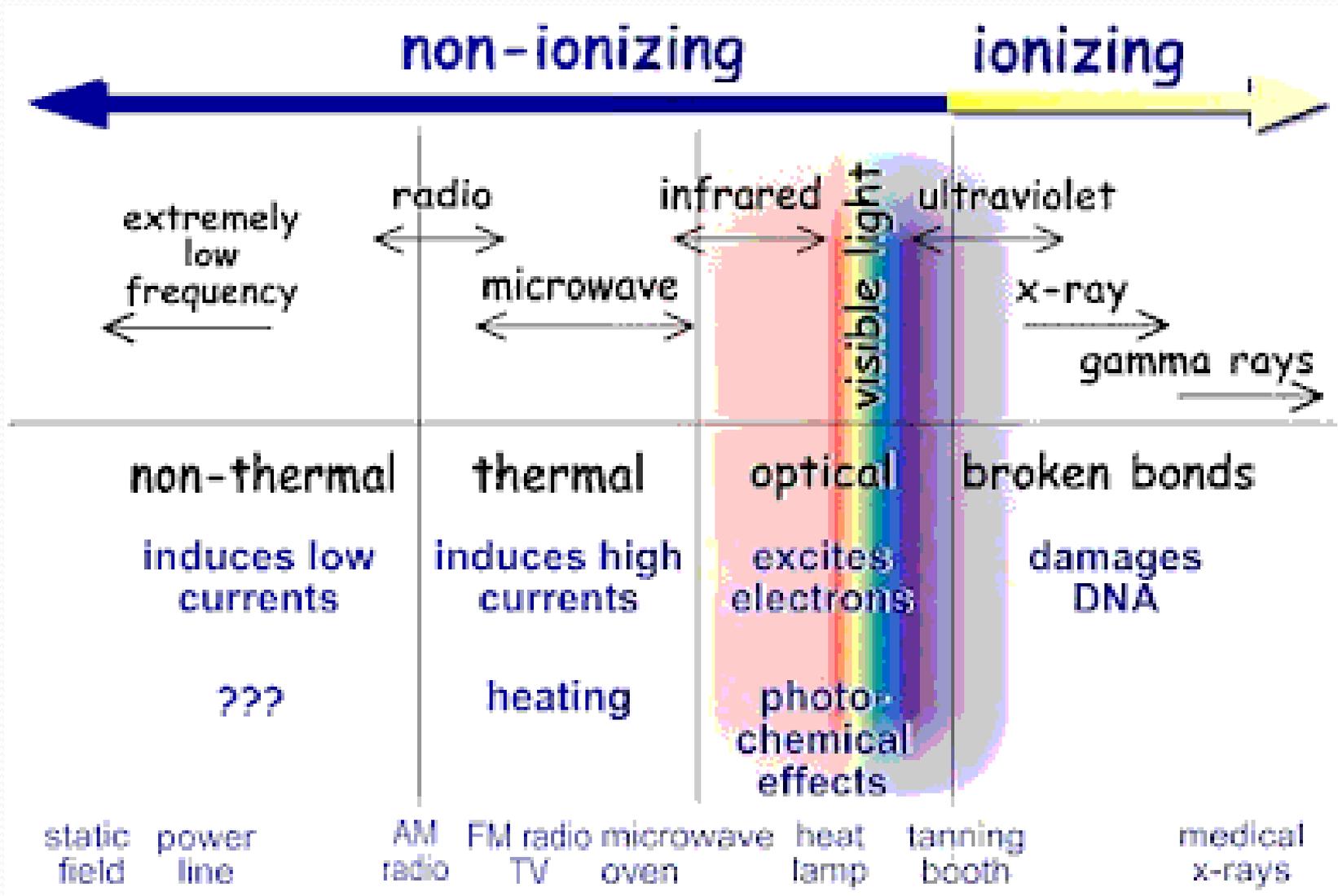
Les électrons Auger ayant une **faible énergie**, seuls ceux provenant des premières couches atomiques sortent de l'échantillon, c'est donc une méthode d'analyse superficielle. Pour la même raison, il faut travailler en vide poussé (ultra-vide de l'ordre de 10^{-8} Pa, 10^{-10} Torr).

Par ailleurs, ce sont les éléments légers (faible numéro atomique, Z) qui produisent le plus d'électrons Auger, les atomes lourds (Z élevé) produisant surtout des photons X.

L'analyse chimique est donc limitée aux éléments légers.







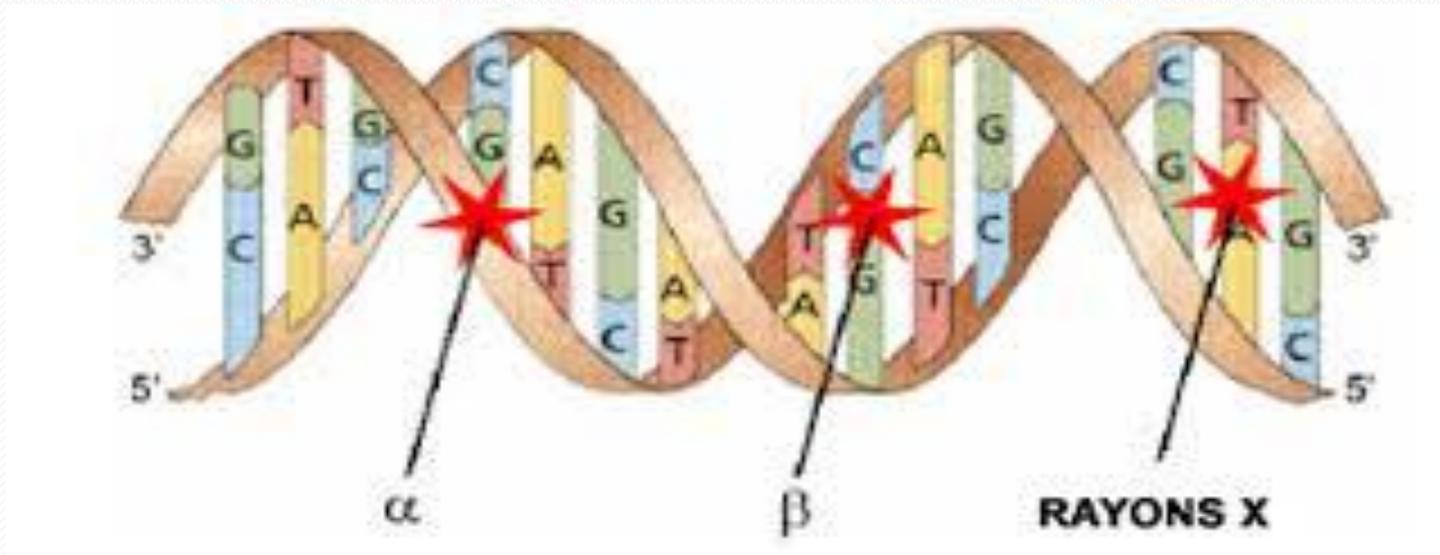
Les rayonnements non-ionisants

Le panorama des rayonnements non-ionisants (les rayonnements, donc, qui ne shootent pas les électrons au passage) comme les fréquences radio (pour capter la radio, la télé, les téléphones mobiles), les micro-ondes (c'est à dire non-seulement les fours à micro-ondes, mais également le wifi et bluetooth, le radar), les infrarouges (lasers, télécommandes) et la lumière visible.

Les effets que ces rayonnements peuvent causer à l'organisme en cas de sur-exposition sont en général de l'ordre du réchauffement, voire de la brûlure, notamment avec les lasers, qu'ils soient dans l'infra-rouge ou la lumière visible. on considère ces rayonnements comme relativement inoffensifs pour l'homme.

Les rayonnements ionisants

C'est là que ça devient sérieux pour les organismes vivants. Notre ADN, comme tout le reste de la matière, est à la base constitué d'atomes et donc d'électrons. Les rayonnements ionisants ramassent les électrons au passage et donc endommagent très sérieusement l'ADN, ce qui provoque des mutations et des cancers. Ces rayonnements ionisants sont émis par des sources radioactives. On connaît plusieurs types de rayonnements ionisants: les rayons alpha, beta, les neutrons, les rayons x et les rayons gamma.



Chapitre III Les Ultrasons, Technique et application en laboratoire



A- Introduction

Excités par un courant de haute fréquence, certains cristaux vibrent mécaniquement à la même fréquence. C'est l'effet piézo-électrique (mis en évidence par Pierre et Jacques Curie en 1880), toujours utilisé aujourd'hui.

Les ultrasons sont des ondes vibratoires de valeurs supérieures à 20 000 Hz. Ils ont les propriétés des ondes élastiques. Leur propagation est quasi optique, avec peu de diffraction. Ils ne sont pas audibles par l'oreille humaine.

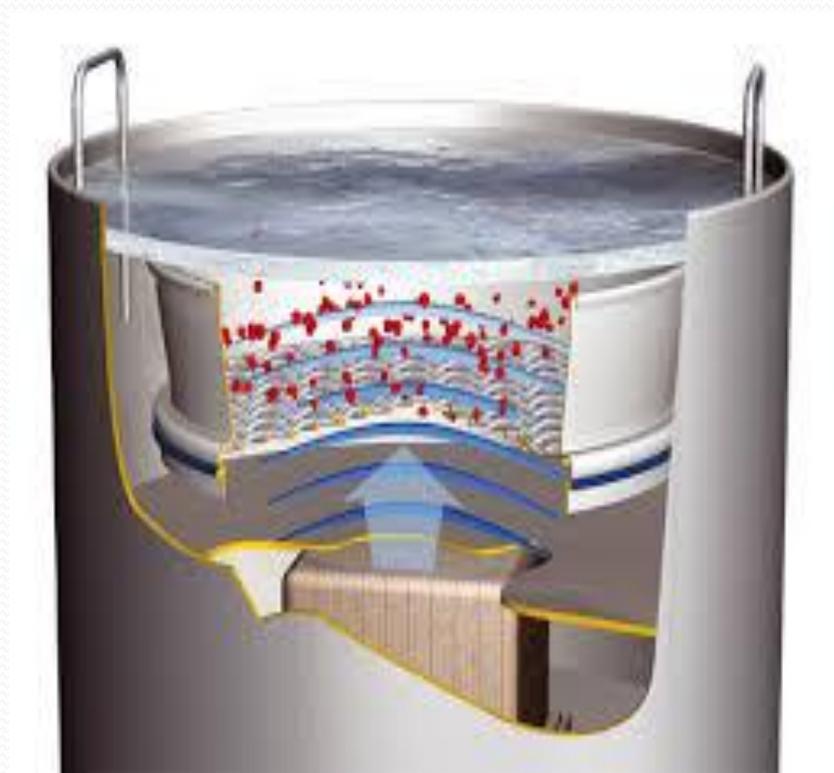
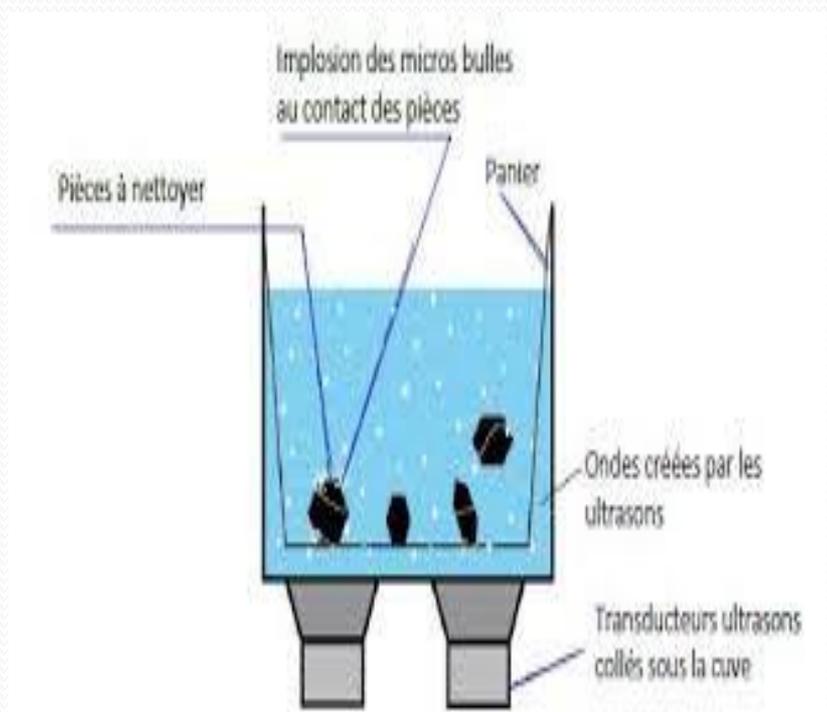
Pour information, la voix humaine se situe entre 125 et 4 000 Hz, les fréquences les plus audibles se trouvant entre 250 et 3 000 Hz (1 Hertz étant un cycle par seconde).

La cavitation

Sous l'effet des ultrasons, dans un liquide, il se forme des micro-bulles. C'est l'effet de cavitation. Ces micro-bulles, mises en pulsion par les ondes ultrasonores vont grandir jusqu'à leur taille

maximum et imploser. Elles restituent alors, lors de cet effondrement, leur énergie sous forme d'onde de choc (et d'un dégagement de chaleur).

C'est cet effet d'onde de choc qui va être utilisé avec les bains de nettoyage ou les désintégrateurs.





B- Les bains à ultrasons

Plutôt destinés au nettoyage de pièces fines (joaillerie, lunetterie, dentaire, bijoux, ...), ils sont aussi utilisés en laboratoire pour :

- le nettoyage de petites pièces
- Dégazage de solutions (HPLC, ...)
- Aération de liquides semi-visqueux
- Et tout autre usage découvert par chacun ...

Le nettoyage par ultrasons nécessite l'emploi de détergents spécifiques et souvent un léger chauffage (entre 60 et 80°C).



C- Principe de fonctionnement

La génération de microbulles dans le liquide contenu dans le bain à ultrasons, et leur implosion est le principal vecteur de nettoyage ou de traitement approprié. Il doit être conjugué au détergent adéquat. L'efficacité est directement liée à la puissance (l'amplitude) généralement réglable, et à la fréquence, fixe ou sélectionnable sur certains modèles. La plupart des bains de laboratoire travaillent entre 35 et 40 KHz.

D-Les fréquences adéquates d'utilisation.

Plus la fréquence est basse, plus l'énergie est importante.

25 KHz : Nettoyage puissant de surfaces dures, très souillées par des graisses, huiles, cires et poussières. A proscrire pour les matériaux et métaux tendre tel l'aluminium.



30 KHz : Conseillé pour les pièces de verre non volumétrique, métaux et plastiques, dégazage de solvants et solutions aqueuses. Convient très bien au nettoyage de contenants utilisés pour des calcinations, travaux de chimie organique, ...



40 KHz : Surfaces tendres, minéraux précieux, métaux tendres, dégazage et verrerie volumétrique de précision.



130 KHz : Nettoyage de pièces très fragiles (joaillerie, électronique, ...) Le choix du détergent spécifique est primordial.



Le dégazage permet la suppression des gaz dissous dans une solution. D'une manière générale, toute solution de nettoyage doit être dégazée avant usage, la formation optimale des microbulles ne pouvant s'effectuer que dans ces conditions.

Certaines techniques, comme l'HPLC, nécessite des solvants entièrement exempt de gaz dissous. Le traitement aux ultrasons est probablement la meilleure technique pour les obtenir.

Test de la feuille d'aluminium

Facile à réaliser, il donnera le niveau d'efficacité d'un bain.

- Découper 3 échantillons de papier d'aluminium (type ménager) de 5 x 10 cm chacun.
- Dans la solution détergente, dégazée et à température de travail, placer un échantillon à quelques centimètres de chaque bord de la cuve et le troisième au milieu.
- Déclencher les ultrasons pendant dix minutes.
- Retirer les feuilles d'aluminium et observer.
- Elles doivent être froissées (ou perforées selon la puissance du bain) de la même manière !

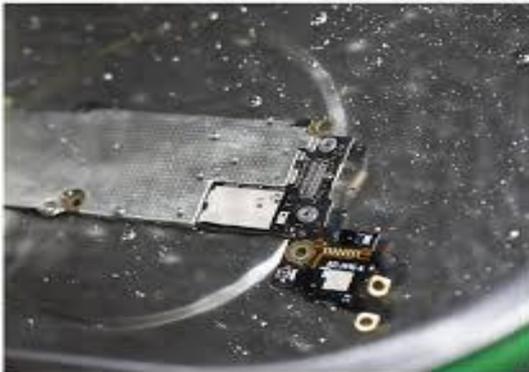
Vous comprendrez alors pourquoi il est dangereux d'y laisser tremper les doigts trop longtemps

F- Les mesures de sécurité à prendre

- les solutions inflammables ou toxiques. L'énergie délivrée par la cavitation provoque un échauffement du bain.
- Il y a risque de dépassement du point éclair de certains produits inflammables, ou pire, le développement de réactions chimiques non contrôlées.
- Les acides, composés halogénés et autres ennemis de l'inox, caustiques, ... sont à proscrire.

Bacs et paniers

Les objets traités ne doivent jamais être posés directement sur le fond de la cuve. La génération des ultrasons se faisant par l'intermédiaire de celui-ci, tout contact direct en affecte la propagation.



Les échantillons doivent être placés dans un panier grillagé, adapté à la cuve ou, s'ils doivent être traités avec des solutions particulières, dans un récipient en matériau rigide, lui même isolé du fond de la cuve. La plupart des récipients plastiques, relativement souples, absorbent les ultrasons et diminuent grandement le rendement.



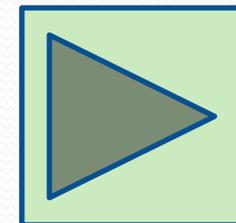


A- Introduction.

La **cryogénie** est l'étude et la production des basses températures (inférieures à -150 °C ou 120 K) dans le but de comprendre les phénomènes physiques qui s'y manifestent. La limite de $-153,15\text{ °C}$ 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),
- Le transport sur de longues distances de gaz naturel à un coût réaliste,
- Le traitement de certaines maladies de peau comme les verrues.

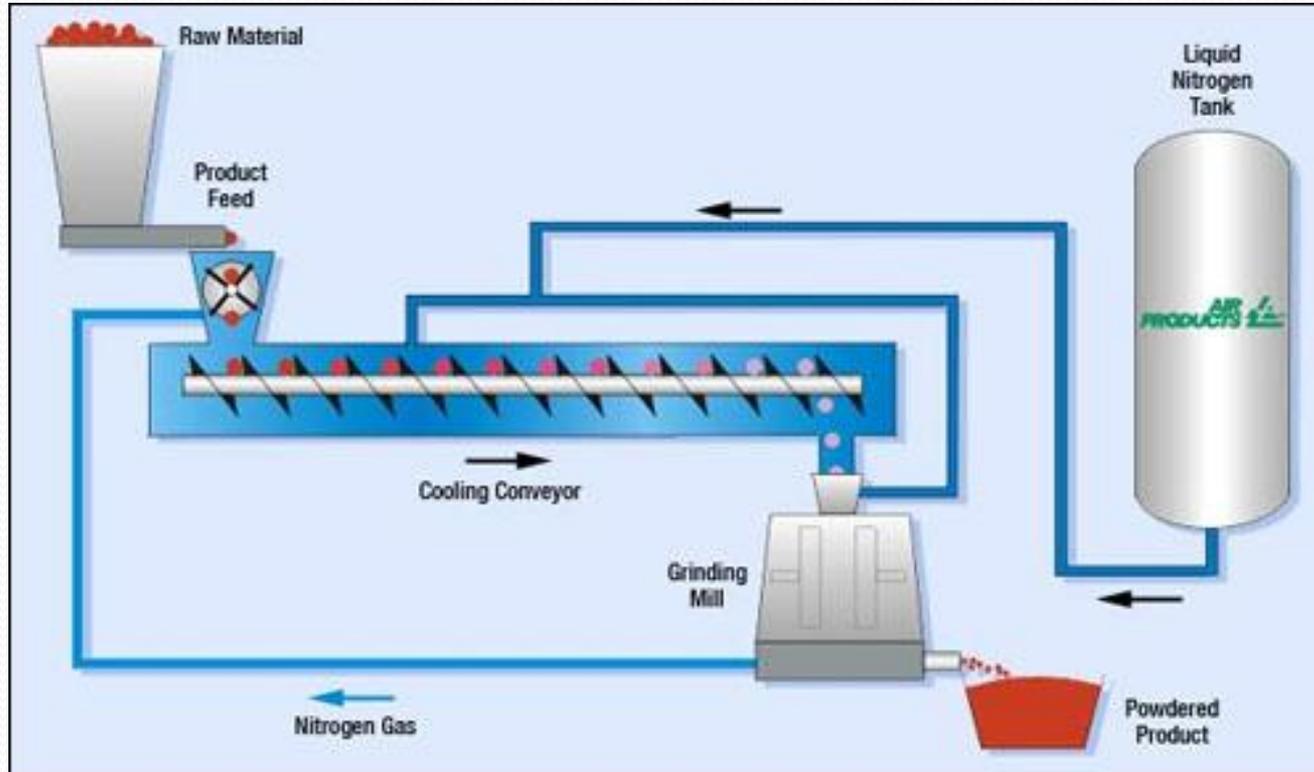
La cryogénie alimentaire consiste en la conservation d'aliments par une surgélation très rapide laissant l'aliment dans l'état dans lequel il était avant. Pour arriver à ce résultat, il faut plonger l'aliment dans de l'azote liquide.



La cryoconservation a pour but de suspendre l'évolution des cellules et de pouvoir les remettre en mouvement par la suite. Elle est utilisée pour conserver le sperme, les tissus et comme dernier espoir pour les gens n'ayant plus d'espoir de guérison avec les techniques médicales actuelles. Elle fonctionne comme la cryogénie alimentaire mais elle est plus complexe à appliquer, car les dégâts que peuvent entraîner les très basses températures ne sont pas un problème en cryogénie alimentaire mais elles doivent obligatoirement être évitées pour la cryoconservation.

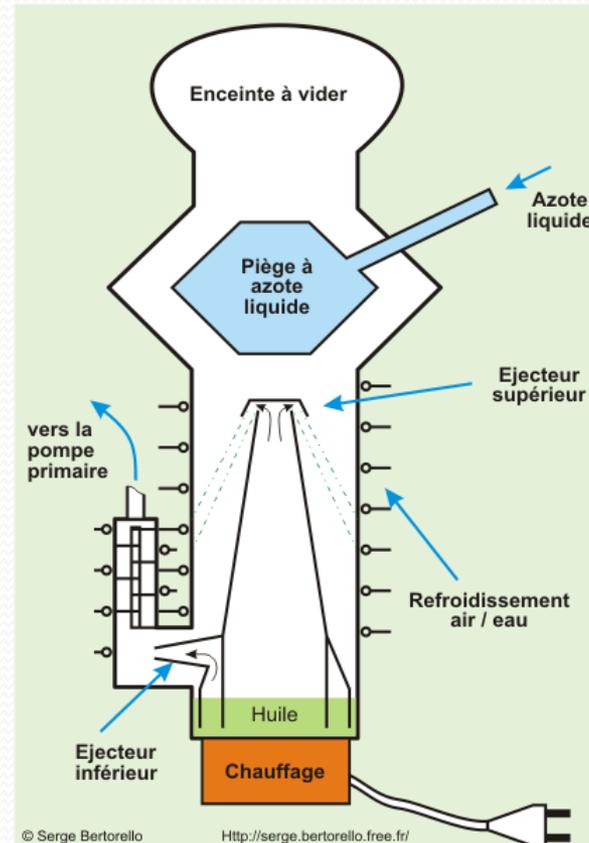
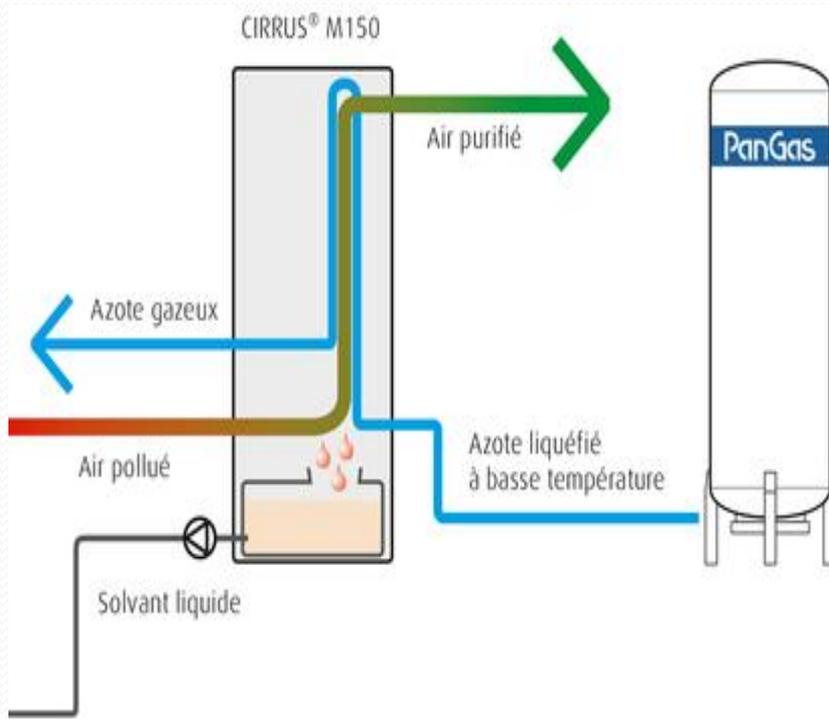


Le cryo-broyage utilise un liquide cryogénique (azote liquide) pour refroidir avec précision les matériaux jusqu'à leur point de fragilisation afin d'en faciliter la réduction mécanique.



Le procédé de givrage est un système cryogénique de récupération des composés organiques volatils (COV) dans les flux gazeux. L'azote liquide refroidit le flux de gaz chargé en solvants. Les COV se condensent et gèlent pour former une neige qui est alors éliminée grâce à des filtres en acier inoxydable.

Le nettoyage par cryogénie est un procédé qui permet de nettoyer par projection de micro-pellets de glace carbonique, sans qu'il en résulte d'effluents.



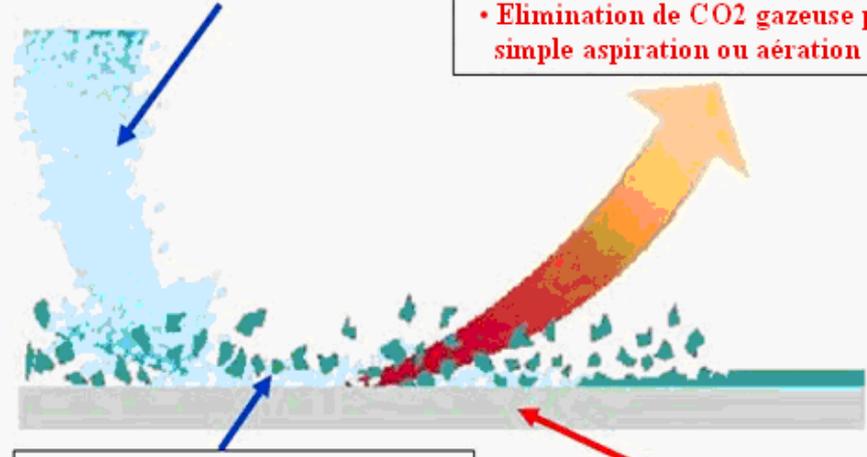
Le nettoyage par cryogénie repose sur la projection pneumatique de pellets de glaces carbonique (billes de glace entre -70 et -80 °C) sur la surface à traiter. La technique tire son efficacité de trois phénomènes :

- L'impact : effet mécanique dû au choc du pellet sur la pièce.
- Choc thermique : exposés au froid extrême, les résidus se fragilisent et se rétractent ; une fracture se crée sous l'effet du froid.
- L'effet de souffle : créé par la sublimation de la glace carbonique (augmentation du volume par 500) et qui décolle le résidu.

Le procédé de cryogénie est employé pour l'élimination de dépôts et divers résidus (ciment, goudron, peinture, huile, bitume, encre, vernis, caoutchouc) mais aussi pour le nettoyage de lignes de production, de radiateurs, Seulement quelques sociétés utilisent ce procédé à ce jour, dont par exemple la manufacture de pneumatiques Michelin (nettoyage des moules de cuisson).



Rayon de sticks de CARBOGLACE



- Sublimation de CO₂ (de glace à gaz)
- Aucune pollution supplémentaire
- Élimination de CO₂ gazeuse par simple aspiration ou aération

- Choc thermique
- Faible choc mécanique
- Décollement de la pollution
- Respect de la surface nettoyée

Surface à nettoyer



B- Dangers cryogéniques

Les liquides 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 liquides cryogéniques sont extrêmement froids.

Les points d'ébullition des liquides cryogéniques sont inférieurs à -150 °C (-238 °F) (le gaz carbonique et l'oxyde nitreux, qui ont cependant des points d'ébullition légèrement plus élevés, sont parfois classés dans cette catégorie).



Toute personne qui travaille avec des liquides cryogéniques doit connaître leurs dangers et des méthodes de travail sécuritaires pour leur utilisation.

B-1 Quels sont les différents types de liquides cryogéniques?

Chacun des liquides 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 inflammable : 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. Il faut examiner séparément les dangers de la manipulation de l'oxygène liquide et les précautions à prendre.



B-2 Comment les liquides cryogéniques sont-ils confinés?

Pour le transport et l'utilisation des liquides cryogéniques, on utilise des contenants à isolation thermique spécialement conçus pour résister à des variations rapides et à des différences extrêmes de température.

I- Vases de Dewar pour liquides cryogéniques

Il s'agit de contenants non pressurisés, à enveloppe à vide isolant, conçus selon le principe de la bouteille thermos. Ils doivent être pourvus d'un bouchon non étanche empêchant l'air et l'humidité d'entrer, mais laissant s'échapper du gaz en cas de pression excessive.



II- Vases de Dewar de laboratoire pour liquides cryogéniques

Ce sont des vases de faible capacité, à large ouverture et sans couvercle, qui servent surtout de contenants temporaires dans les laboratoires.



B3- Quels sont les dangers pour la santé des liquides cryogéniques?

Il y a trois catégories de dangers pour la santé associés aux liquides cryogéniques : le froid extrême, l'asphyxie et la toxicité.

1- Froid extrême

Les liquides cryogéniques, ainsi que les vapeurs et les gaz froids qui leur sont associés, peuvent produire sur la peau des effets semblables à une brûlure thermique.

Une exposition prolongée de la peau ou le contact avec des surfaces froides peut causer des gelures. La peau a alors une couleur jaunâtre et cireuse.



La peau non protégée peut adhérer à une surface métallique refroidie par un liquide cryogénique et se déchirer si on tente de l'en retirer.

Même le contact des surfaces non métalliques est dangereux aux basses températures. De plus, l'inhalation d'air extrêmement froid peut causer des lésions pulmonaires.

2- Asphyxie



Lorsque des liquides cryogéniques libèrent des gaz, ces derniers sont très froids et habituellement plus lourds que l'air. Ces gaz lourds et froids se dispersent mal et peuvent s'accumuler au ras du sol. Même non toxiques, ces gaz déplacent l'air, ce qui crée une carence en air ou en oxygène et, par conséquent, un danger d'asphyxie pouvant être mortel.

De petites quantités de liquide qui s'évaporent peuvent former de grands volumes de gaz. Par exemple, un litre d'azote liquide vaporisé donne 695 litres d'azote gazeux à la température ambiante (21 °C).

3- Toxicité

Chaque gaz peut avoir des effets particuliers sur la santé. Par exemple, le monoxyde de carbone liquide peut libérer de grandes quantités de monoxyde de carbone gazeux, qui peuvent causer la mort presque immédiatement.

-Consultez la fiche technique sur la sécurité des substances pour plus d'informations concernant les dangers de toxicité de chaque liquide cryogénique.

B4- Quels sont les dangers d'inflammation des liquides cryogéniques?

Il y a plusieurs types de situations qui peuvent créer un danger d'inflammation, notamment les incendies, les atmosphères enrichies en oxygène, la présence d'oxygène liquide et les explosions dues à une expansion trop rapide.

1- Incendies

Les gaz inflammables comme l'hydrogène, le méthane, le gaz naturel liquéfié et le monoxyde de carbone peuvent brûler ou exploser.

L'hydrogène est particulièrement dangereux : il peut former des mélanges inflammables avec l'air sur une vaste plage de concentrations (de 4 à 75 pour cent en volume) et, de plus, il s'enflamme très facilement.

2- Dangers de l'oxygène liquide

L'oxygène liquide contient 4 000 plus d'oxygène, en volume, que l'air normal. Des matériaux normalement considérés comme non combustibles, comme l'acier au carbone et l'acier inoxydable, la fonte, l'aluminium, le zinc et le téflon, peuvent brûler en présence d'oxygène liquide.

De nombreuses matières organiques peuvent réagir de façon explosive, surtout si un mélange inflammable est produit. Les vêtements aspergés ou imbibés d'oxygène liquide peuvent rester très inflammables pendant plusieurs heures.

3- Explosions dues à une expansion trop rapide

En l'absence de dispositifs adéquats de mise à l'air libre ou de limiteurs de pression sur les contenants, d'énormes pressions peuvent s'accumuler et causer une explosion due à l'expansion des vapeurs d'un liquide en ébullition.

Des conditions inhabituelles ou accidentelles, comme un incendie extérieur ou une perte du vide assurant l'isolation thermique, peuvent entraîner une augmentation très rapide de la pression dépassant la capacité d'évacuation de la soupape de décharge. Pour cette raison, ces contenants doivent être aussi pourvus d'un dispositif de secours, par exemple un opercule ou disque de rupture.



B5- Manipulation de l'azote liquide dans des récipients cryogénique.

L'azote liquéfié à basse température, également appelé LIN (Liquid Nitrogen) est fréquemment transporté et stocké dans des récipients cryogéniques mobiles. Il peut s'agir de récipients fermés adaptés à une surpression interne ou de récipients ouverts sans pression, également appelés Dewars.



Dewars à différentes tailles

Réipients fermés adaptés à une surpression interne



Afin d'éviter les accidents lors de la manipulation des récipients cryogéniques, il faut prendre en compte les propriétés spécifiques de l'azote liquide ainsi que la substitution de l'oxygène de l'air par l'azote en évaporation (risque d'asphyxie) et mettre en place les mesures de sécurité correspondantes. Par exemple des détecteurs sonorisant du taux d'oxygène.





COMPOSANTS	% VOL
AZOTE	78
OXYGENE	20,93
ARGON	0,96
ANHYDRIDE CARBONIQUE	0,03
HYDROGENE	0,01
NEON	0,0018
HELIUM	0,0005
KRYPTON	0,0001
XENON	0,00001

B6- Propriétés de l'azote liquide - Dangers et mesures de sécurité

La température de l'azote liquide (point d'ébullition à la pression atmosphérique) est de -196°C .



Dangers

- Lorsque le liquide cryogénique entre en contact avec la peau, il peut provoquer des gelures («brûlures par le froid»). Des gelures sur une grande surface de la peau peuvent être mortelles.
- Les très basses températures diminuent la résilience et la ductilité de certains matériaux, ces matériaux sont alors fragilisés et peuvent se briser facilement. Ils ne sont par conséquent pas adaptés au contact avec l'azote liquide ou tout autre liquide cryogénique.

L'air peut se condenser sur les éléments d'installations qui ne sont pas correctement isolés et qui contiennent de l'azote liquide (ex. tuyaux d'alimentation des récipients cryogéniques ou de distribution d'azote liquide). Dans le condensat qui s'égoutte, l'oxygène s'enrichit. Si celui-ci pénètre dans un matériau solide inflammable (ex. bois ou matériau d'isolation organique), il s'en suit un risque élevé d'incendie.

1- Mesures de sécurité

A- Lors de la manipulation de l'azote liquide (ex. remplissage de récipients), un équipement de protection individuel (vêtement sec couvrant tout le corps, chaussures de sécurité fermées, gants, lunettes de protection) doit être porté.



B- Le sol sous les installations d'azote liquide non isolées, doit être en matériau non inflammable, afin d'éviter tout risque d'incendie en cas d'augmentation de la teneur d'oxygène de l'air.

C- L'évaporation de l'azote liquide dans une enceinte confinée génère une augmentation de pression importante. Si la pression ne peut être relâchée, la partie concernée de l'installation risque d'exploser.



D- Les récipients sans pression (Dewars) qui contiennent de l'azote liquide, doivent être uniquement fermés avec un couvercle ou un bouchon perméable au gaz afin d'éviter toute surpression dans le récipient, tout en permettant d'éviter l'écoulement et les projections d'azote liquide. Ces récipients doivent être uniquement remplis par écoulement de l'azote liquide sans pression.



E- L'eau (l'humidité) ne doit pas pénétrer dans le récipient cryogénique, de façon à ce qu'il ne se produise aucune obturation de conduite par la formation d'un bouchon de glace.

F- L'enrichissement de la concentration de l'azote dans l'air par évaporation significative d'azote liquide provoque une diminution de la concentration en oxygène. Si la concentration d'oxygène tombe au-dessous de 17%, ce que les organes sensoriels humains ne peuvent détecter, il s'en suit rapidement un risque d'évanouissement suivi d'un risque d'asphyxie.



G- Les zones qui contiennent des récipients cryogéniques remplis d'azote liquide doivent comporter une ventilation suffisante. Les ouvertures d'arrivée et d'évacuation de l'air ne doivent pas être obstruées. Une installation de ventilation forcée avec des flux d'admission et d'évacuation spécifiques ainsi qu'un dispositif automatique de détection du manque d'oxygène avec alarme sont recommandés.



