

# La Détection de Fuites

**Les Principes de bases**

**Jean-Marie CLAY**

**Aucun appareillage ou installation à vide n'est jamais absolument étanche,**

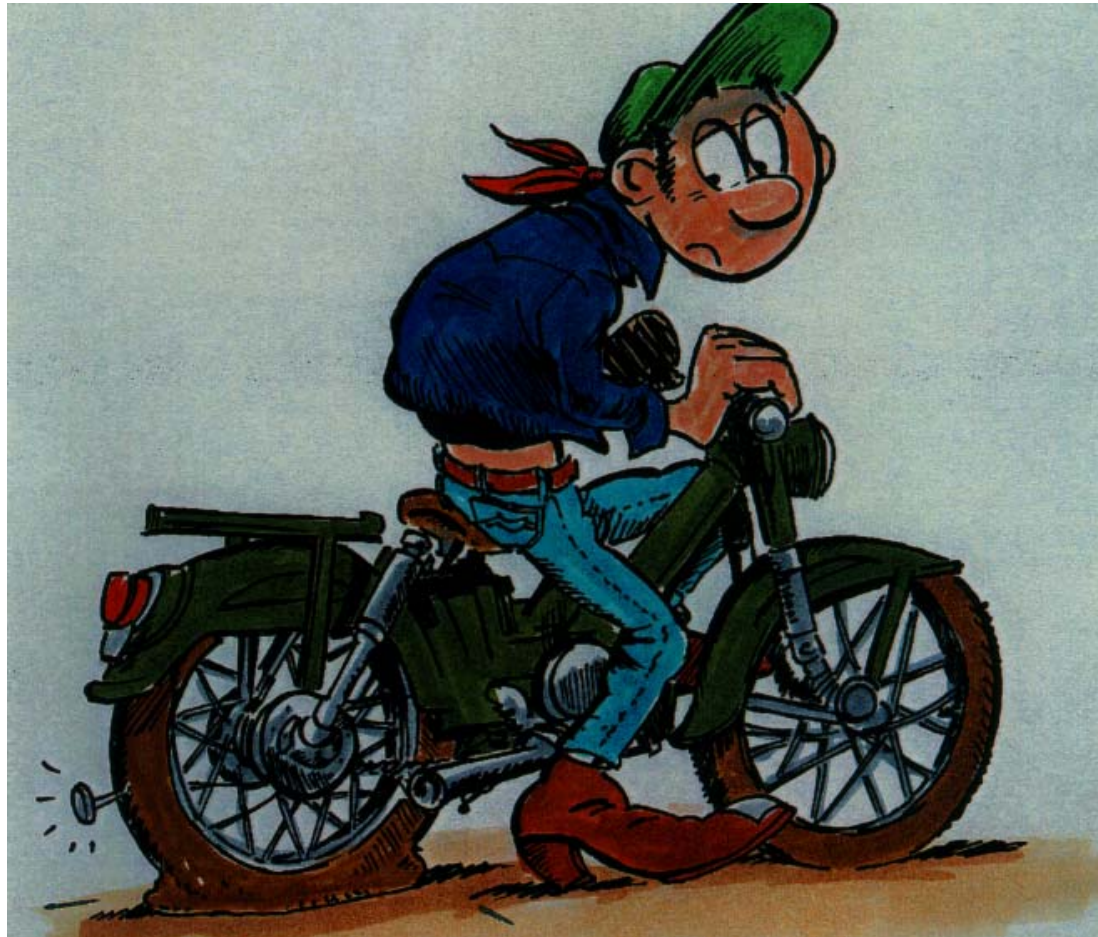
et n'a pas non plus besoin de l'être. Il suffit que le taux de fuite soit suffisamment faible pour rester sans influence sur la pression de travail.

$$P_{lim} = \frac{Q_L}{S_{eff}}$$



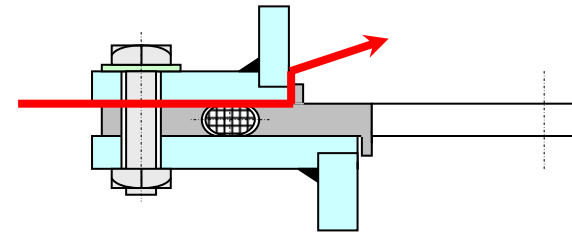
Plus la pression à atteindre est basse, plus les exigences concernant l'étanchéité d'une installation seront sévères.

## Une petite fuite, peut causer beaucoup de problèmes ...

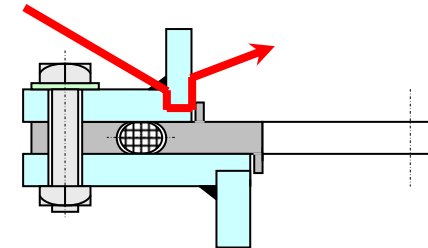


## Où se situent les fuites en générale ?

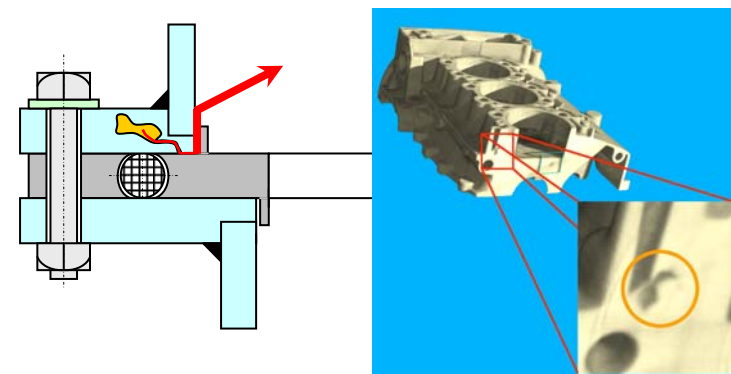
✓ Brides de raccordement : joints défectueux, surfaces de contact rayées.



✓ Soudures.

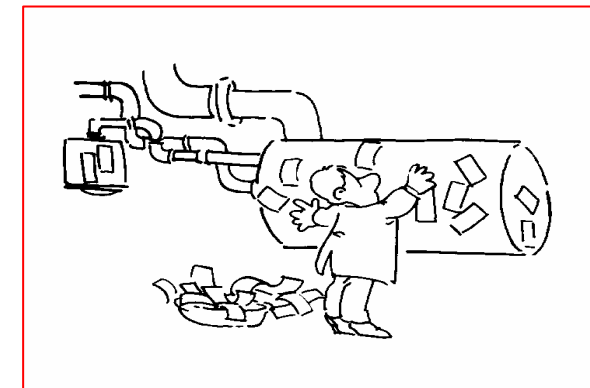


✓ Fuites virtuelles, bullage



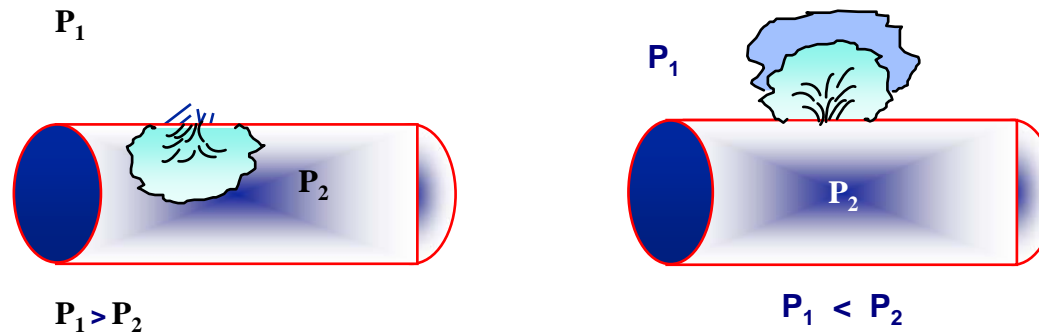
## Les différentes fuites rencontrées :

- ✓ Hublots
- ✓ Tuyaux de raccordement souples (tombac).
- ✓ Traversées de cloisons : passages de courant, d'eau ou d'arbre.
- ✓ Vannes
- ✓ Les circuits de refroidissement : eau etc...



# Qu'est-ce qu'une fuite ?

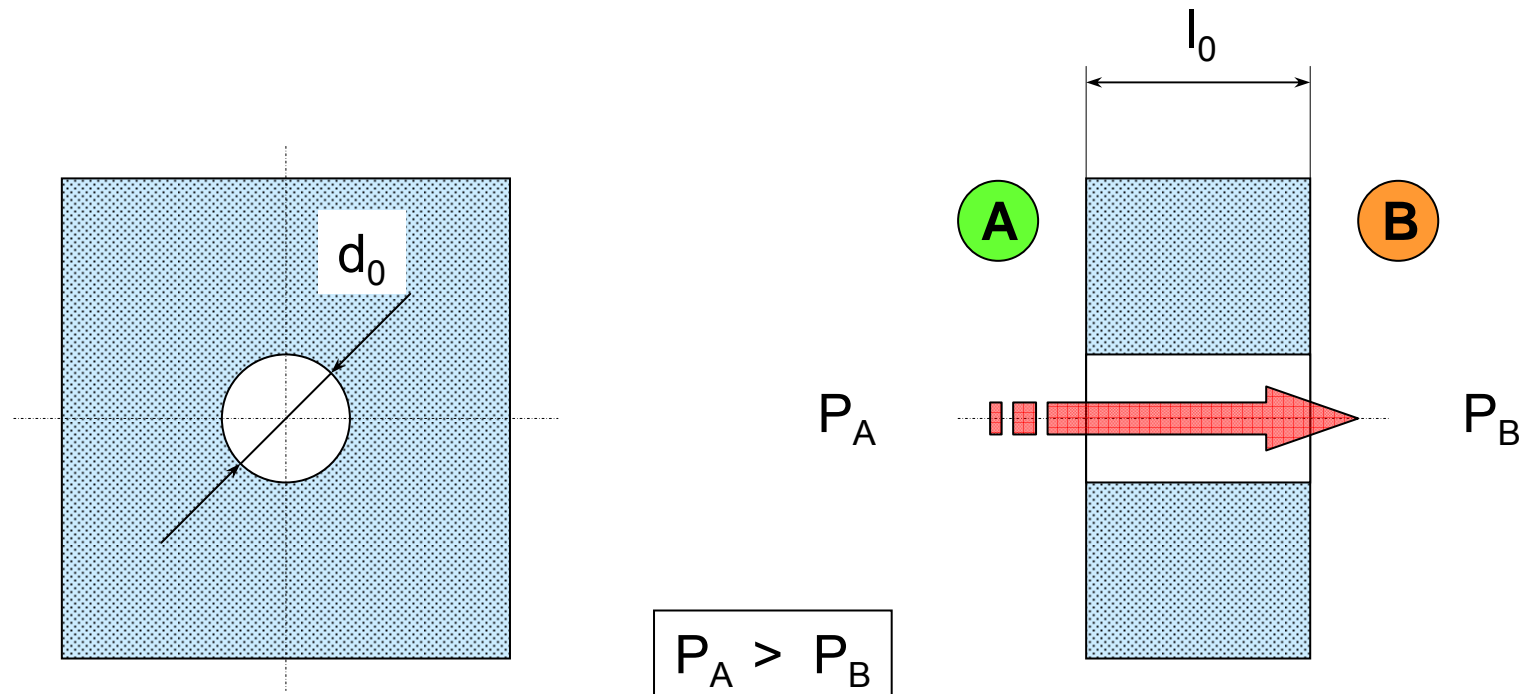
Dans les techniques du vide, le mot « **FUITE** » fait référence à un volume de gaz qui entre ou qui sort d'un système (enceinte etc...)



**Il n'y aura fuite que s'il y a transfert de fluide !!!**

Un trou ne sera considéré comme une fuite que s'il y a une différence de pression entre ses deux extrémités, dans le cas contraire, il n'y aura pas de transfert de fluide donc pas de fuite.

# Quantité de fluide transféré



**La conductance du trou**

## Evaluation des fuites

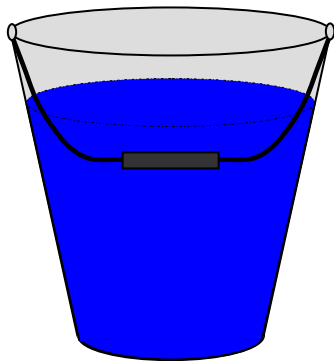
Relation entre diamètre et taux de fuite pour  $\Delta P=1013$  mbar

Diamètre	Taux de fuite en mbar l/s
1,0 cm	$10^{+4}$
1,0 mm	$10^{+2}$
0,1 mm	$10^0$ (= 1)
0,01 mm	$10^{-2}$
1,0 $\mu\text{m}$	$10^{-4}$
0,1 $\mu\text{m}$	$10^{-6}$
0,01 $\mu\text{m}$	$10^{-8}$
1 nm	$10^{-10}$
1,0 Angström	$10^{-12}$



## Notion de volume de liquide ?

Que représentent 10 litres d'eau ?



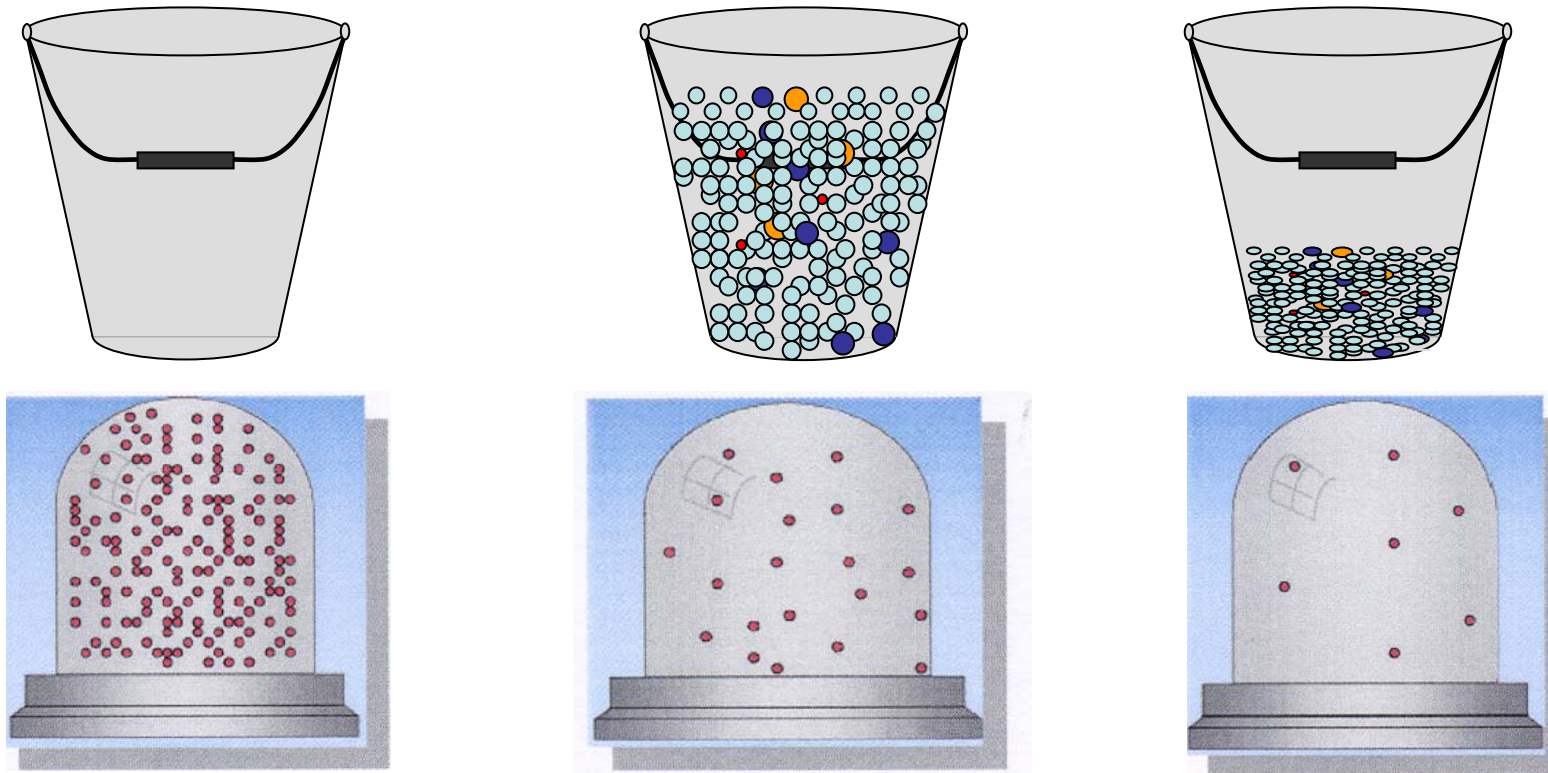
1 x 10 litres



10 x 1 litre

## Différence entre l'eau et le gaz ?

Que représentent 10 litres de gaz ?



- Pour donner la quantité d'un liquide, l'indication du volume suffit.
  
- Pour une quantité de gaz, l'indication du volume n'est pas suffisante.

**La quantité de gaz est  
directement liée à la pression.**

$$Q = p \cdot V$$

Q = Quantité de gaz

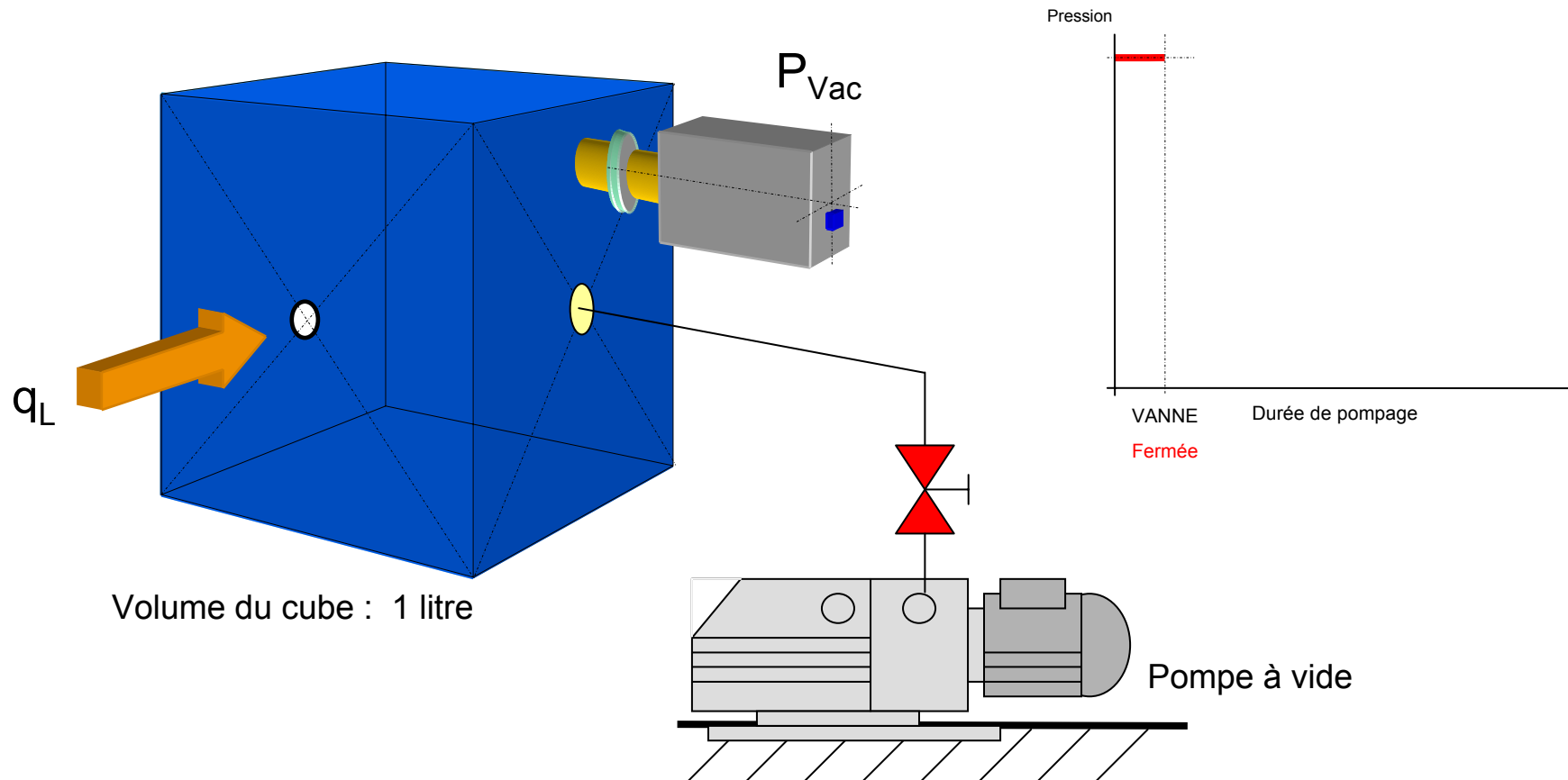
p = pression du gaz

V = volume du gaz

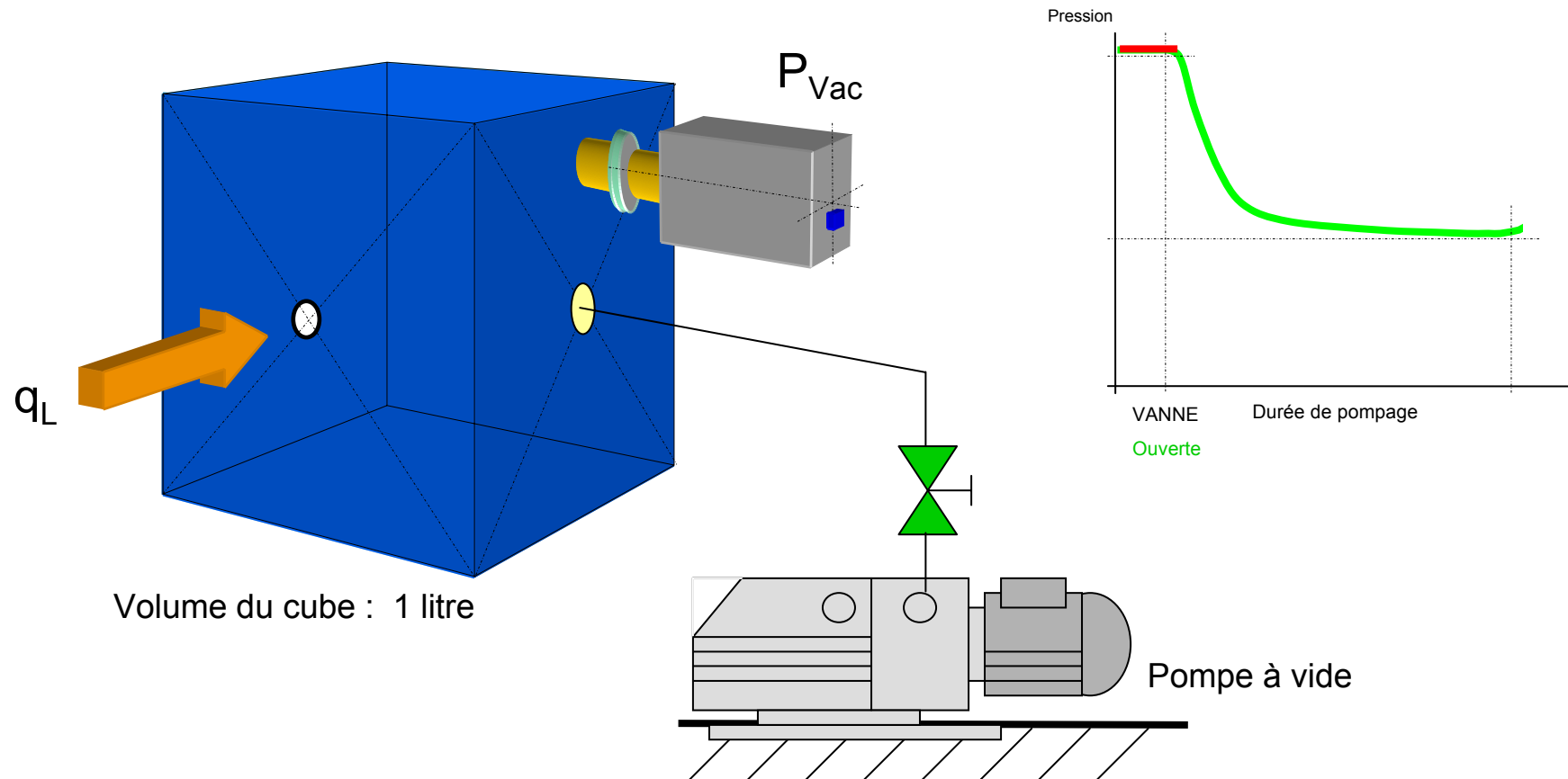
## Unités de mesure de fuite

- $\text{cm}^3 / \text{s.}$  ,  $\text{cm}^3 / \text{min.}$  **pour les liquides et Gaz**
- $\text{g} / \text{a}$
- bulles de gaz / minute
- $\pm \Delta P$  dans le temps X
- $\text{mbar l/s}$   
    , Torr l/s  
    , Pa l/s etc...

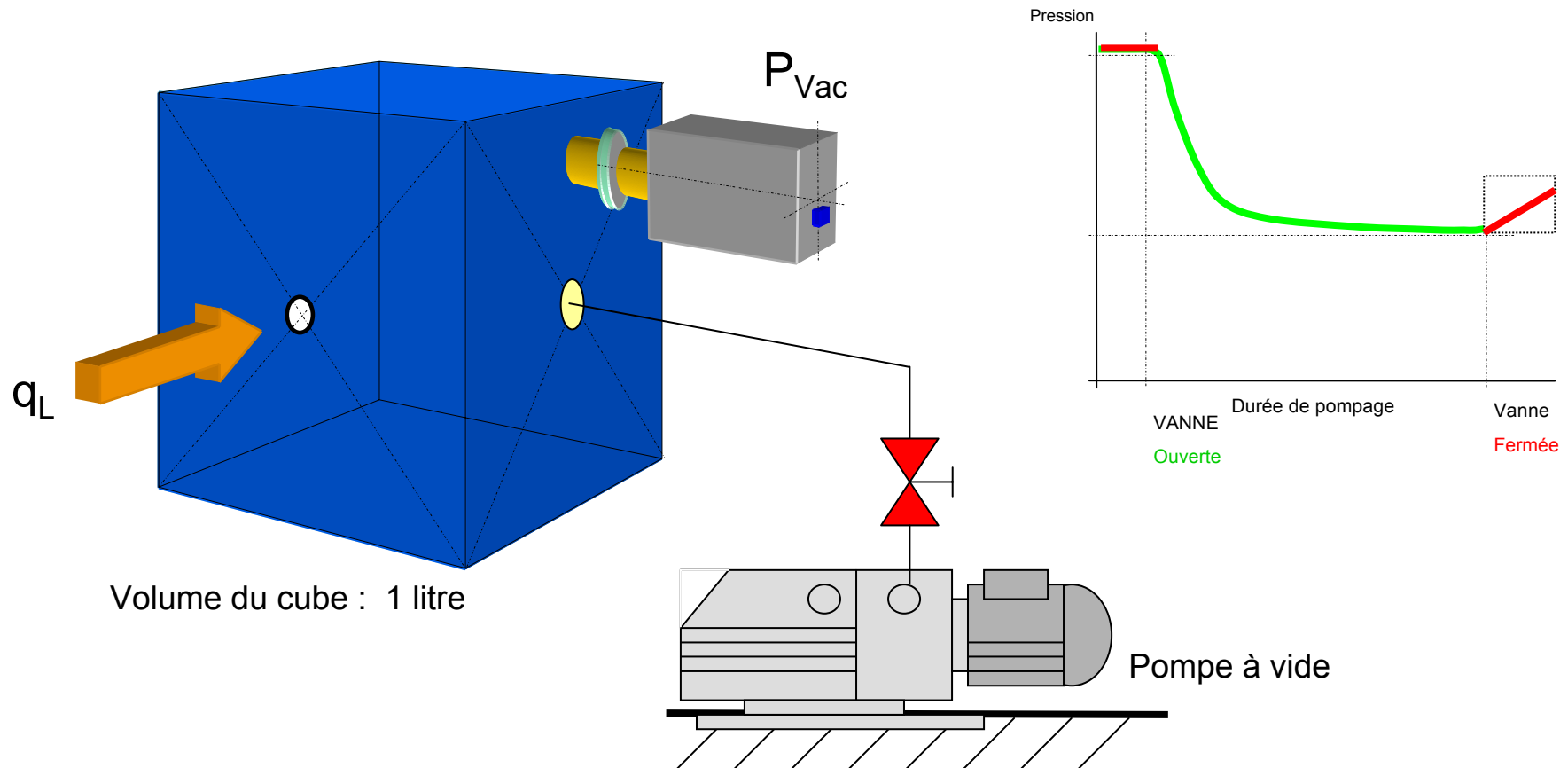
## Que signifient mbar l/s ?



## Que signifient mbar l/s ?

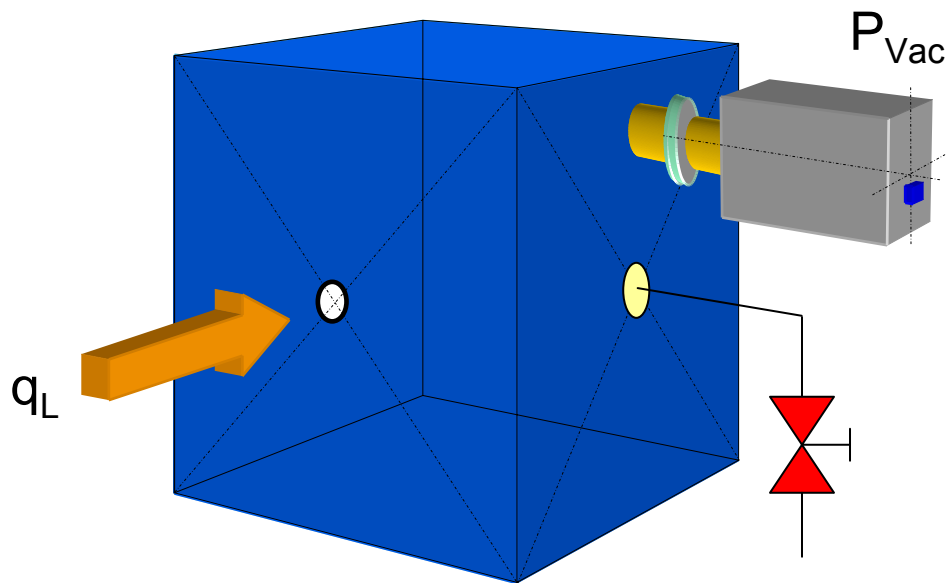


## Que signifient mbar l/s ?



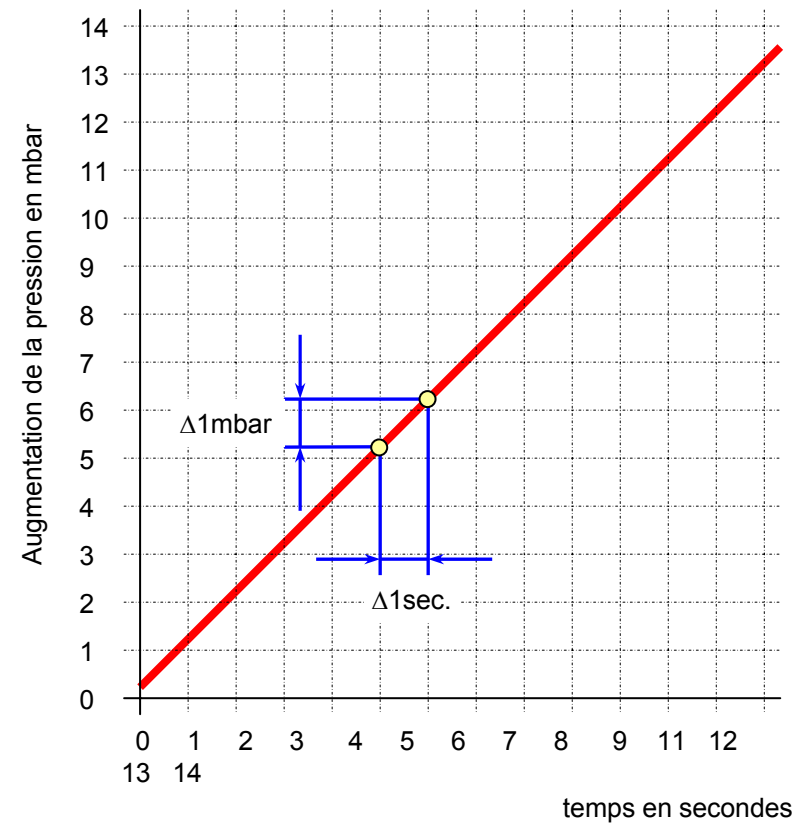


## Que signifient mbar l/s ?



Volume du cube : 1 litre

$$q_L = 1 \text{ mbar l/s?}$$



## Que signifient mbar l/s ?

$$Q_L = Q_{PV}$$
$$1 \text{ mbar.l.s}^{-1} = 1 \text{ Atm.cm}^3.\text{s}^{-1} = 1 \text{ cm}^3.\text{s}^{-1} \text{ (NTP)}$$

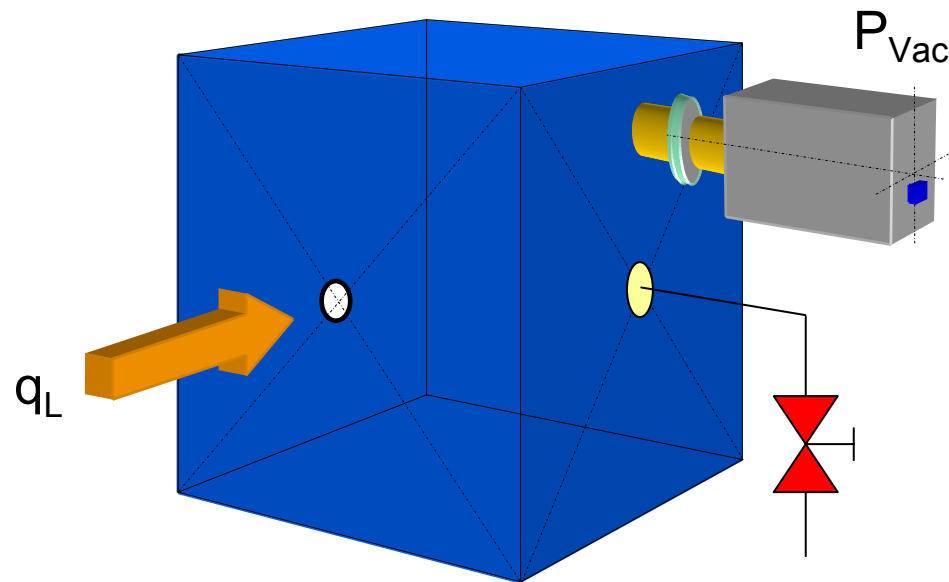
- ✓ Un taux de fuite  $Q_L = 1 \text{ mbar.l.s}^{-1}$  correspond à un transfert de gaz ayant entraîné une remontée de pression de **1mbar** dans un volume de **1 litre** en **1 seconde** ou une chute de pression de **1mbar/seconde** dans le cas de surpression.
- ✓ C'est aussi égale au transfert d'un volume de gaz de  $1 \text{ cm}^3$  à pression atmosphérique en 1 seconde(NTP).

## Comment se calcule une fuite ?

$$Q_L = \frac{\Delta p}{\Delta t} \cdot V$$

## Estimation du temps de remontée ou de chute de pression en fonction d'une fuite

Volume du cube : 1 litre



$$q_L = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ mbar l/s}$$

En combien de temps obtient-on une augmentation de la pression de 1 mbar si l'on a une fuite de  $1,0 \cdot 10^{-6}$  mbar l/s dans le cube ?

$$Q_L = \frac{\Delta p}{\Delta t} \cdot V$$

**t = 1.000.000 secondes**

**t = 277,7 heures**

**t = 11,5 jours**

**Trouver une fuite...**

**peut aussi poser  
quelques problèmes...**



## Evaluation des fuites

Critère	Remarque	Taux de fuite qL en mbar l/s	Diamètre
Etanchéité à l'eau	Gouttes	$<1,0 \cdot 10^{-2}$	
Etanchéité à la vapeur	humidité	$<1,0 \cdot 10^{-3}$	
Etanchéité aux bactéries (coques, bâtonnets...)		$<1,0 \cdot 10^{-4}$	$\varnothing \approx 1 \mu\text{m}$ $\varnothing \approx 0,5-1 \mu\text{m}, 2-10 \mu\text{m lang}$
Etanchéité à l'huile		$<1,0 \cdot 10^{-5}$	
Etanchéité aux virus		$<1,0 \cdot 10^{-6}$	$\varnothing \approx 0,3 \mu\text{m}$
		$<1,0 \cdot 10^{-8}$	$\varnothing \approx 0,03 \mu\text{m}$
		$<1,0 \cdot 10^{-10}$	$\varnothing \approx 1,0 \text{ nm}$
Etanchéité aux gaz		$<1,0 \cdot 10^{-7}$	
„Etanchéité absolue“		$<1,0 \cdot 10^{-10}$	

## Cahier des charges des produits

- Vanne de chauffage  $1,0 \times 10^{-4}$  mbar l/s
- Plaques d'évaporation - 0,25g / a R134a
- Tuyaux frigorifiques - 1,5 à 0,5 g /a R134a
- Disjoncteur haute tension 1% de perte de gaz en 30 ans
- Emballage de produits agroalimentaires  
 $1,0 \times 10^{-4}$  -  $1,0 \times 10^{-6}$  mbar l/s
- Convertisseur de couple  $1,0 \times 10^{-3}$  mbar l/s

## Méthodes traditionnelles de détection des fuites

- Immersion dans l'eau
- Mesure de la remontée de pression
- Mesure de la chute de pression
- Méthode d'accumulation
- Méthode d'indicateur coloré
- Recherche de gaz traceur



# Un gaz traceur, qu'est-ce que c'est ?

C'est un gaz capable de pouvoir passer rapidement à travers le moindre petit trou et qui pourra être identifié facilement par un appareil de mesure adapté.

## Principales caractéristiques d'un gaz traceur :

- ✓ Diamètre de sa molécule très petite
- ✓ Pas ou peu présent dans le milieu ambiant

## Principaux gaz traceurs utilisés

- ✓ Les gaz halogénés ( gaz chlorés), Fréon par exemple.
- ✓ L'Hydrogène.
- ✓ L'Hélium.



# Pourquoi utilise-t-on l'hélium comme gaz traceur ?

- Ininflammable
- Non-toxique
- Un gaz inerte, pas de réaction avec d'autres substances
- Rare dans notre atmosphère (seulement 5ppm)
- Utilisable dans les applications à basses et hautes températures
- Facilement manipulable (sécurité)
- Plus léger que l'air
- Relativement bon marché et pas plus cher que les halogénés.

## **Un détecteur de fuites à hélium, qu'est que c'est ?**

**C'est un appareil capable de transformer les molécules d'hélium en courant électrique.**

**Le courant électrique généré sera proportionnel à la valeur de la fuite.**

**Aujourd'hui un détecteur à l'hélium est capable de trouver une fuite qui mettrait 30 000 ans pour vider un volume équivalent à un dé à coudre de 1 cm<sup>3</sup>.**

# Un détecteur de fuites à hélium, comment ça fonctionne ?

**Un détecteur de fuites à hélium comprend :**

- ✓ **Un Spectromètre de masse**
- ✓ **Un groupe de pompage**

## ✓ Le spectromètre de masse

✓ C'est lui qui va permettre la séparation de l'hélium et sa transformation en courant électrique

✓ Pour fonctionner correctement un spectromètre de masse a besoin d'une pression interne  $< 10^{-4}$  mbar

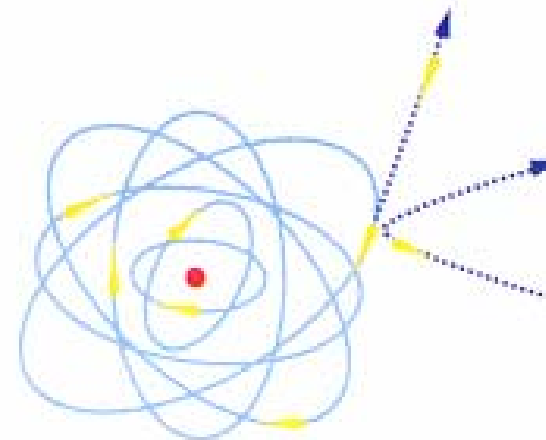
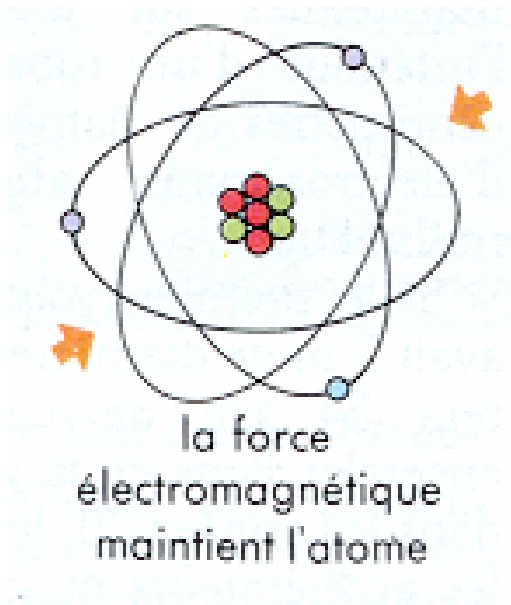
✓ Pour atteindre cette game de pression, il faut utiliser un groupe de pompe vide poussé (pompe primaire + pompe secondaire).

✓ En général les groupes de pompages utilisés sont de type turbomoléculaire.

✓ **L'ionisation des gaz**

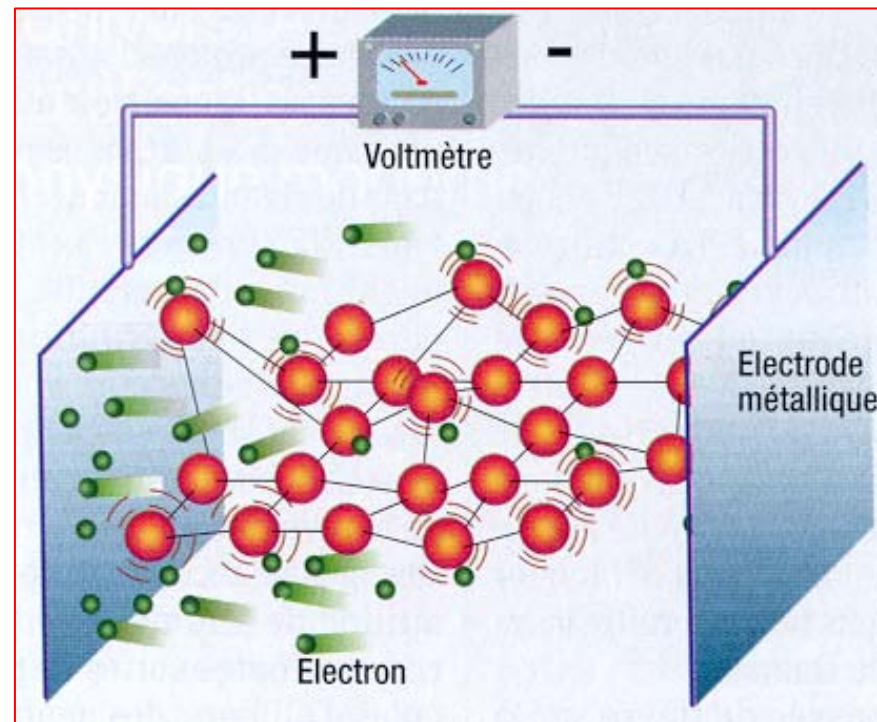
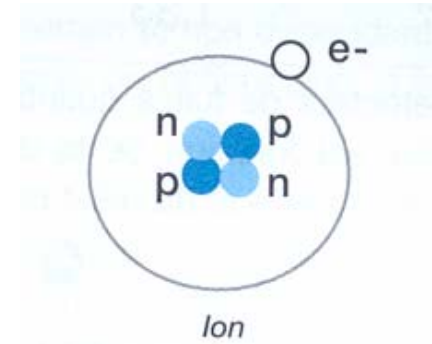
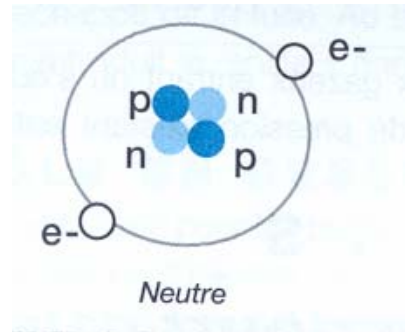
C'est la transformation des molécules de gaz en charges électriques

✓ **Comment ?**



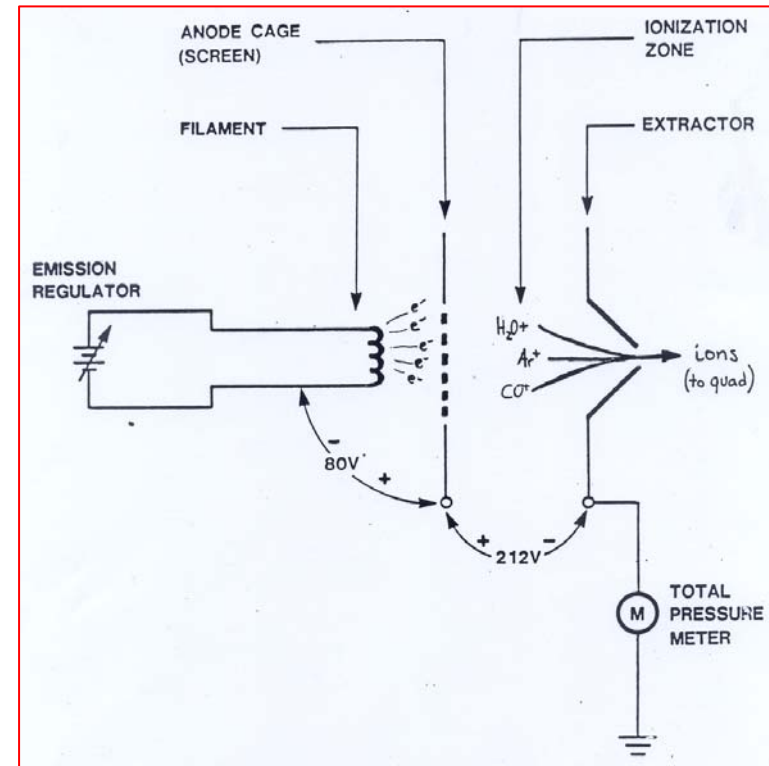
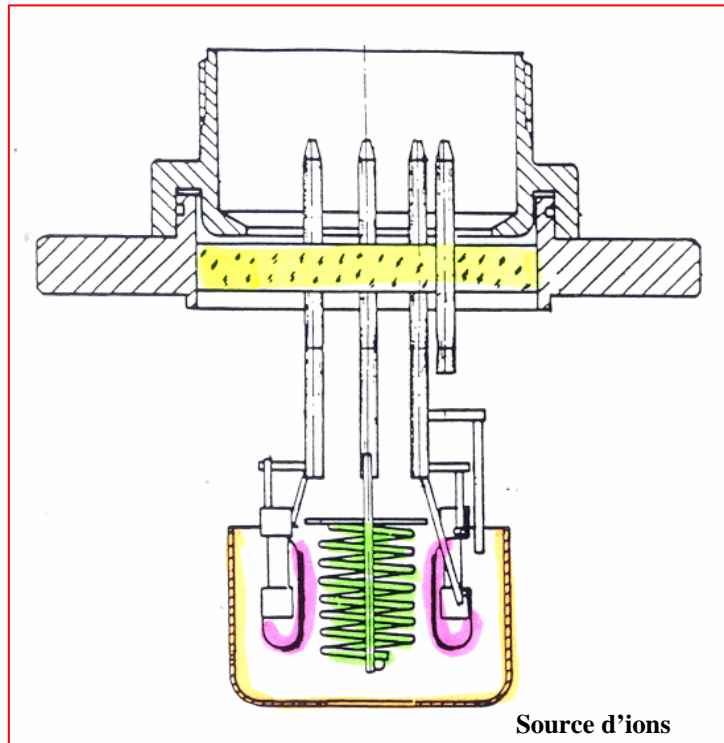
L'ionisation entretient la décharge

✓ L'ionisation des gaz





✓ L'ionisation des gaz : sa source d'ions



**LES FILAMENTS de sources d'ions:**

Les filaments utilisés dans les analyseurs de gaz Leybold (idem dans les jauges ioniques à cathode chaude, ou dans les détecteurs de fuites) sont réalisés en Iridium Thorié, symbole **Ir**, recouverts de Thorine..  
Température de fonctionnement **900°C**

Pour info les filaments en Tungstène fonctionnent à 2000°C

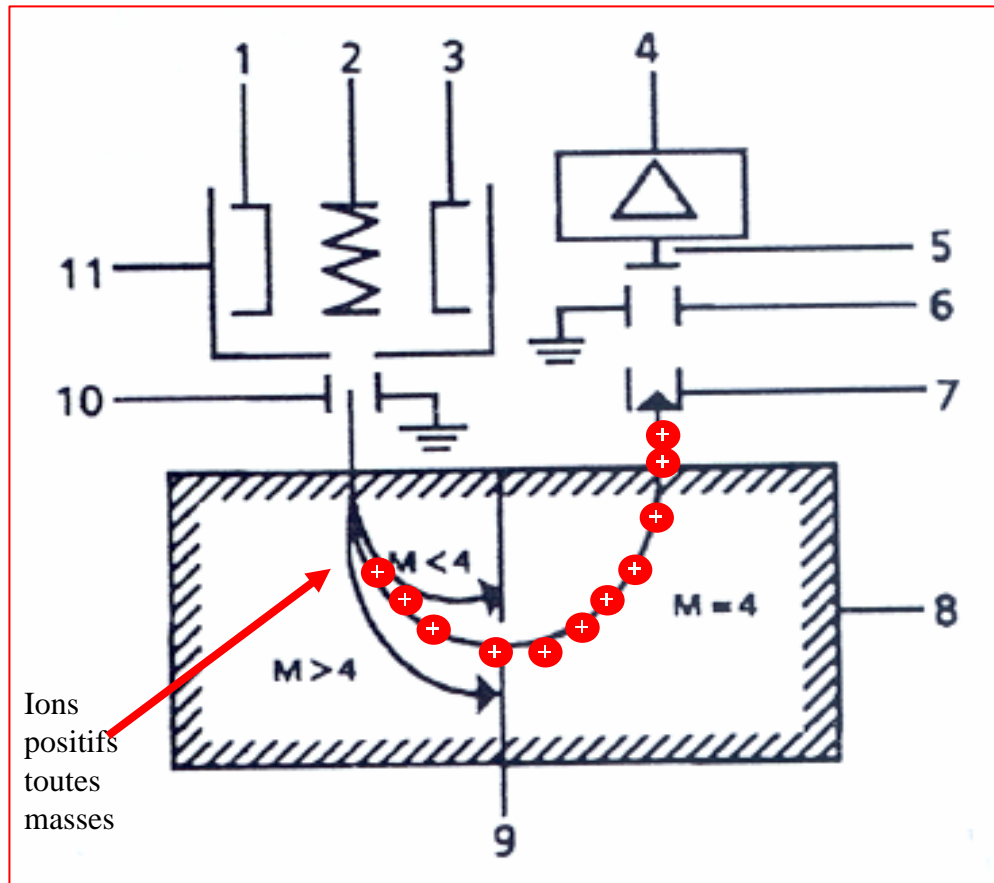
**L'association de ces deux éléments, Iridium et Torine, rend les filaments très résistants, <imbrûlables>, ils supportent même les entrées d'air.**

## PRINCIPE DE LA SEPARATION DES IONS.

Les molécules ont toutes des masses différentes :

<b>GAZ</b>	<b>% dans Atmosphère</b>	<b>Symbole</b>	<b>Masse Moléculaire</b>
<b>di-Azote</b>	78,03	N <sub>2</sub>	28
<b>di-Oxygène</b>	20	O <sub>2</sub>	32
<b>Argon</b>	0,932	A <sub>r</sub>	40
<b>Néon</b>	2x10 <sup>-3</sup>	N <sub>e</sub>	20
<b>Hélium</b>	5x10 <sup>-4</sup>	H <sub>e</sub>	4
<b>Krypton</b>	1x10 <sup>-4</sup>	K <sub>r</sub>	83,8
<b>di-Hydrogène</b>	5x10 <sup>-5</sup>	H <sub>2</sub>	2
<b>Xéon</b>	6x10 <sup>-6</sup>	X <sub>e</sub>	131,3

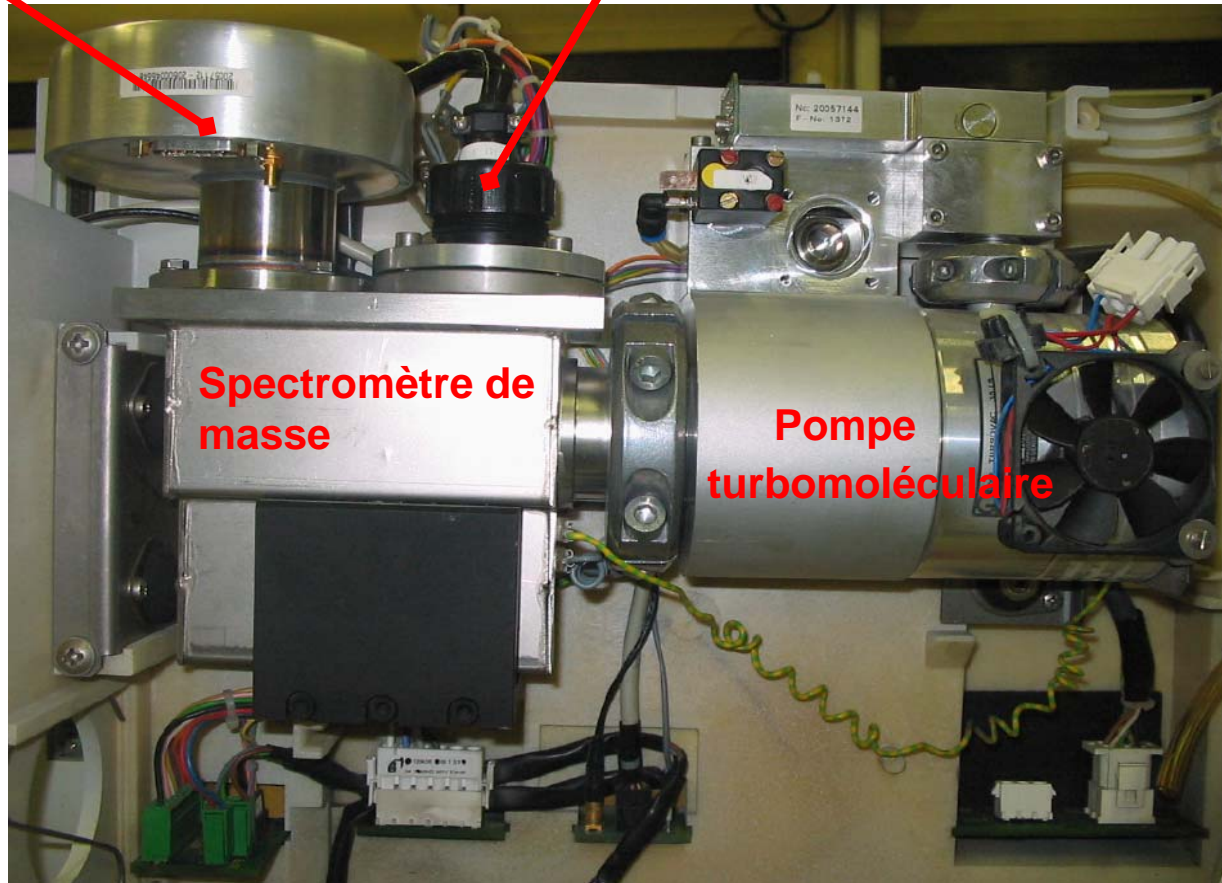
✓ La séparation des ions d'hélium



- 1 cathode 1
- 2 Anode
- 3 Cathode 2
- 4 Préamplificateur
- 5 Collecteur d'ions
- 6 Blindage du collecteur d'ions
- 7 Surpresseur ou condensateur cylindrique
- 8 Champ magnétique
- 9 Diaphragme
- 10 Diaphragme extracteur
- 11 Blindage de la source d'ions

Pré-amplificateur

Source d'ions

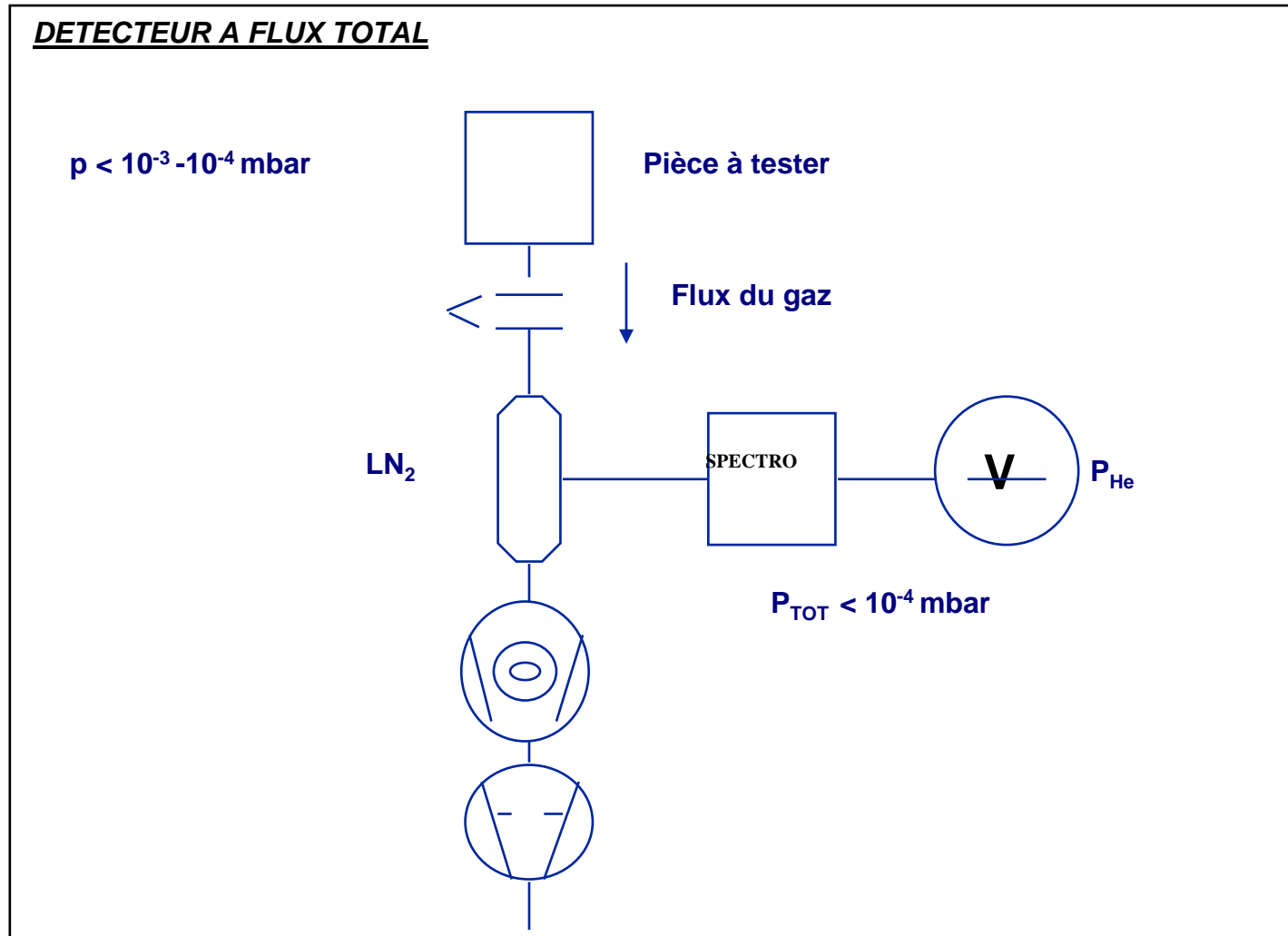


Spectromètre de  
masse

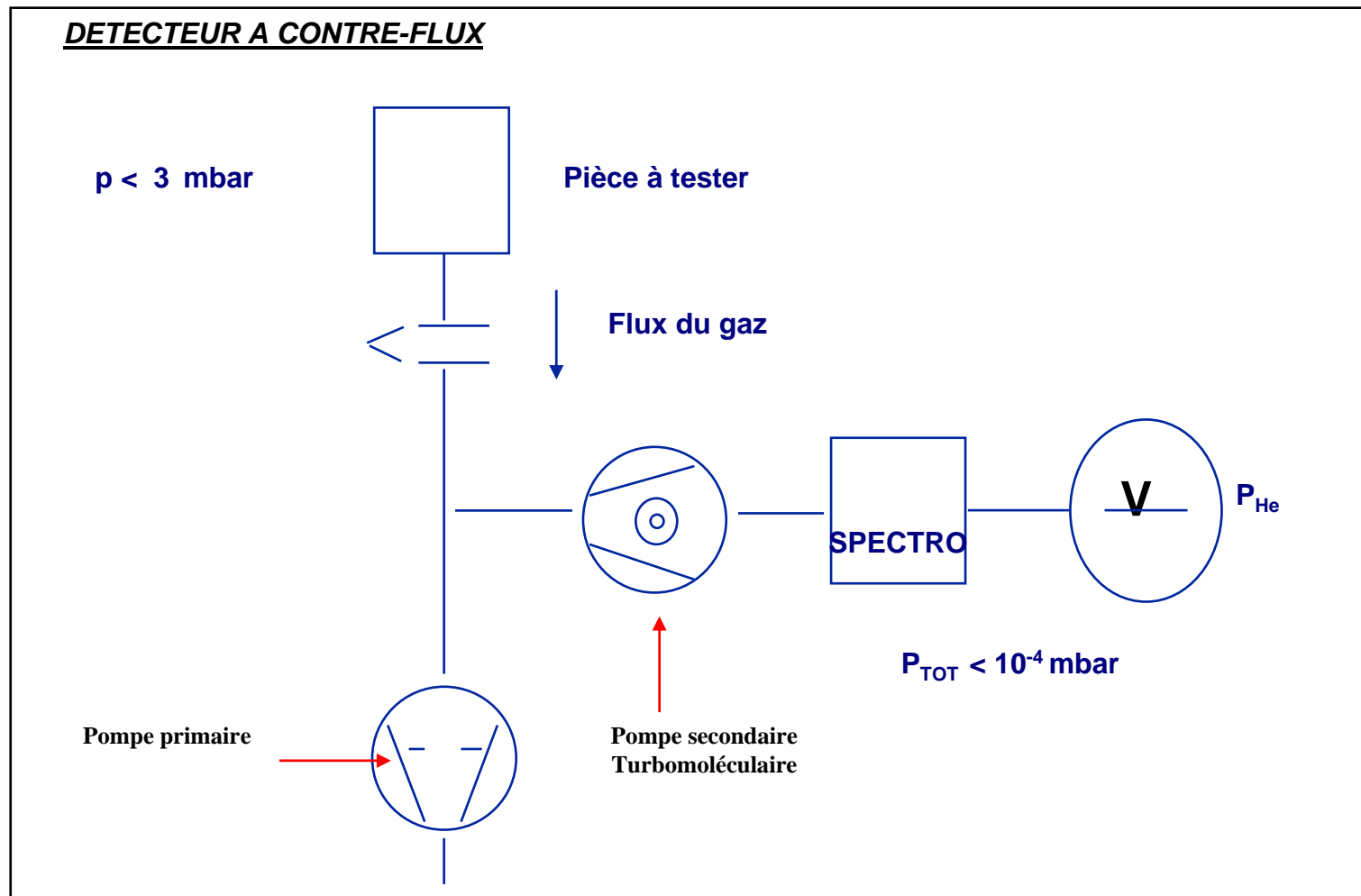
Pompe  
turbomoléculaire

**Détecteur de fuites Leybold UL200**

✓ PRINCIPE DU DETECTEUR DE FUITE



✓ PRINCIPE DU DETECTEUR DE FUITE



## DIFFERENTS PRINCIPES DE DETECTION DE FUITES

### 1) La méthode de la bulle, ou test à la bulle :



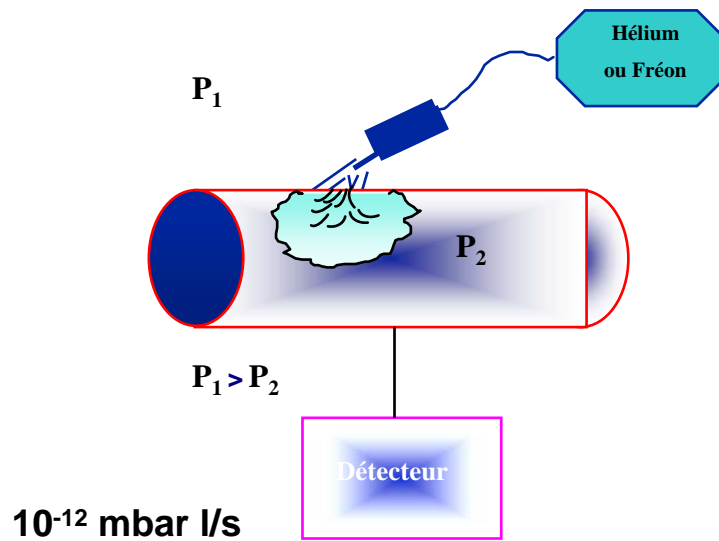
Limite  $10^{-2}$  mbar l/s

**Un cheveu sur un joint provoque une fuite de  $10^{-2}$  mbar.l.s<sup>-1</sup>**

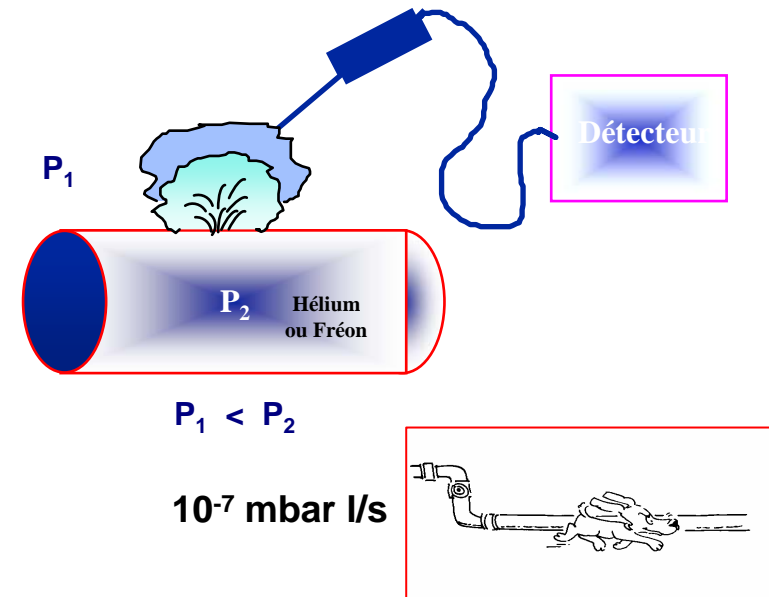


## DIFFERENTS PRINCIPES DE DETECTION DE FUITES (suite)

### 2) La méthode locale sous vide :



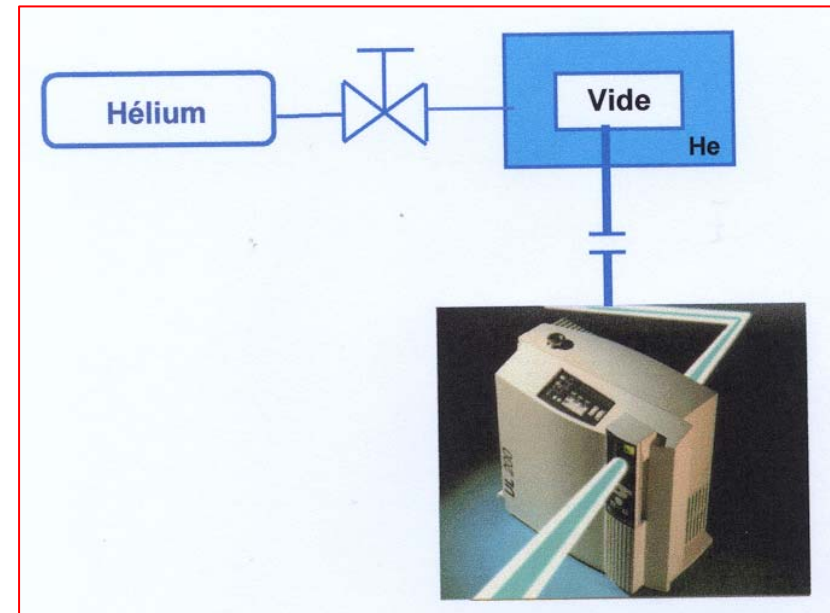
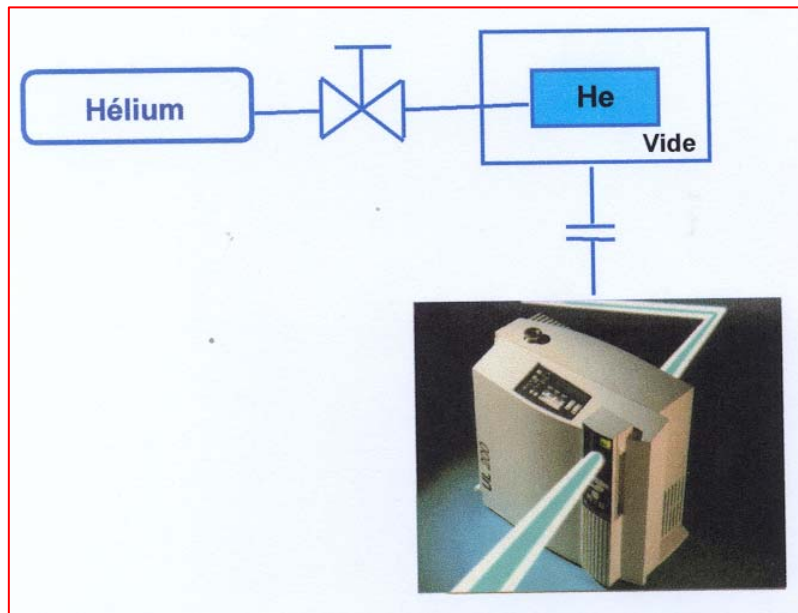
### 3) La méthode locale sous pression :



**On choisira l'une ou l'autre des méthodes de test en fonction de l'utilisation ultérieure de la pièce à tester.**

## DIFFERENTS PRINCIPES DE DETECTION DE FUITES (suite)

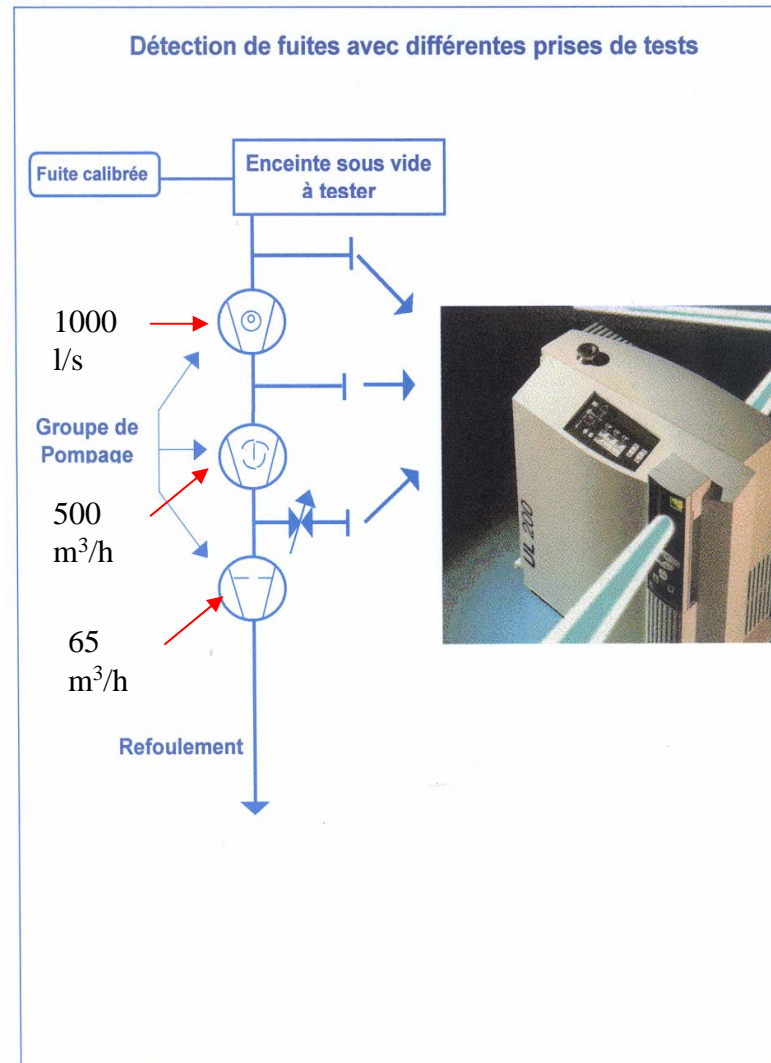
### 4) La méthode globale :



**Permet de quantifier une fuite avec précision,  
mais ne permet pas sa localisation**

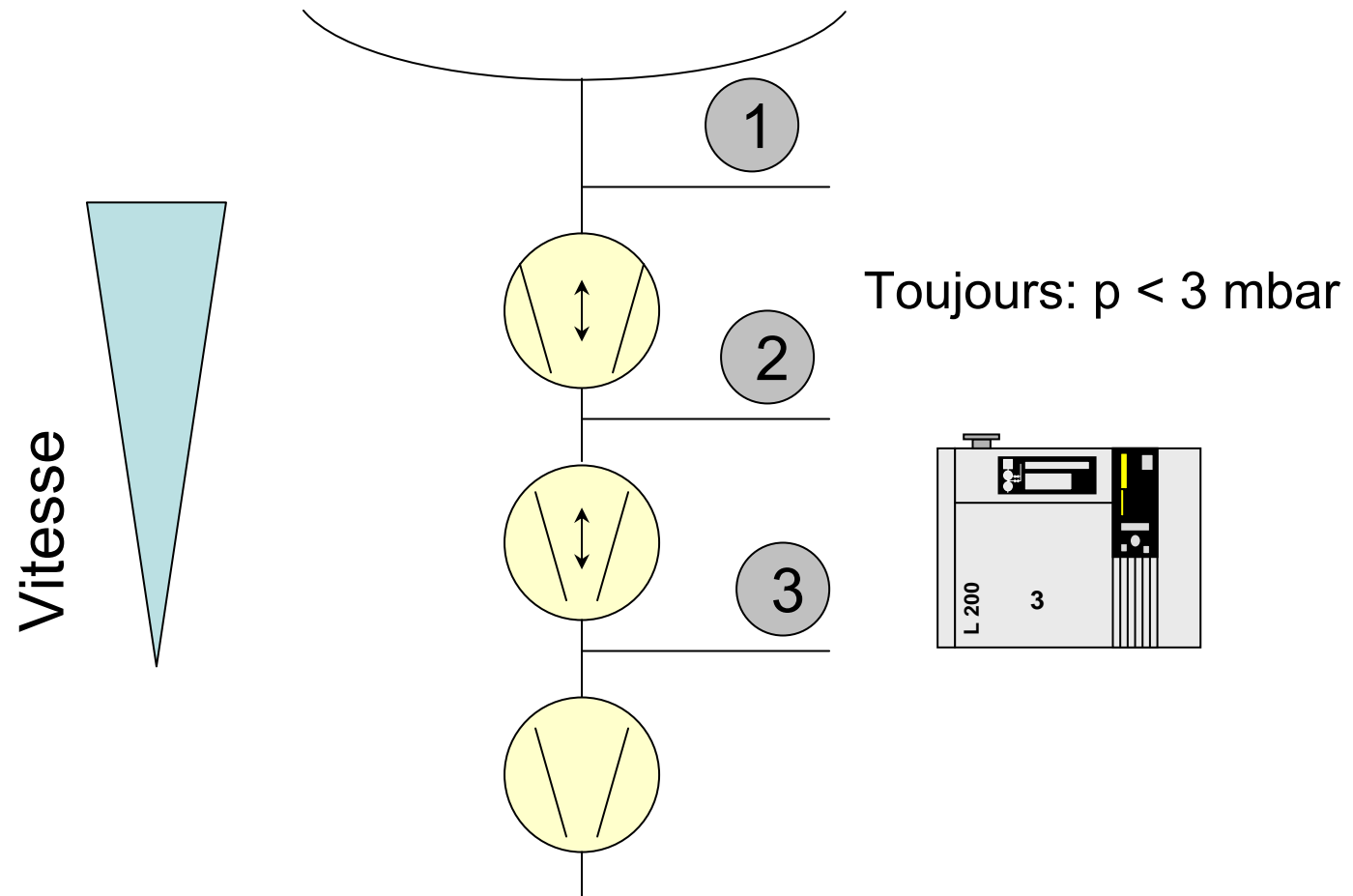
## Notion de flux partiel

M <sup>3</sup> /h	l/s
500	139
65	18



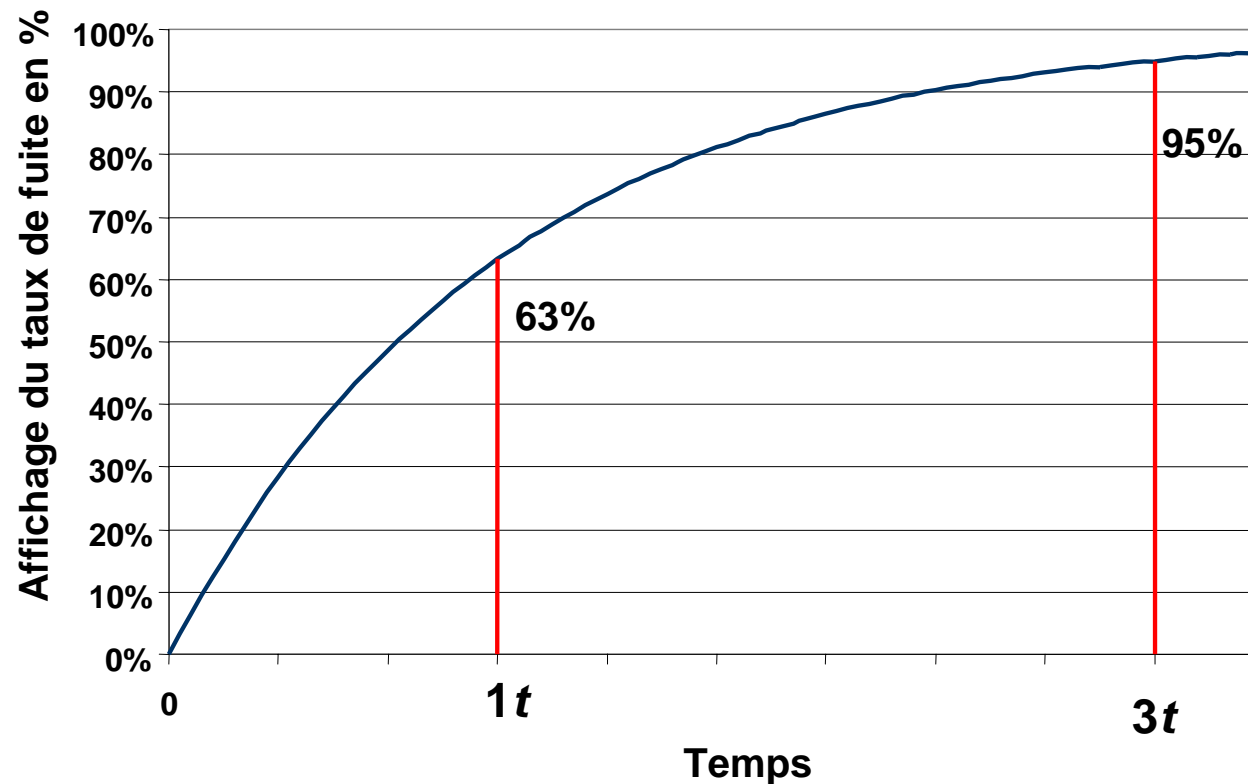
# Contrôle de l'étanchéité dans la production

## Temps de réaction



# Contrôle de l'étanchéité dans la production

## Temps de réaction



$$t = \frac{V}{S}$$

V: volume

S: vitesse de pompage

1 t = 63% du signal maximum

3 t = 95% du signal maximum

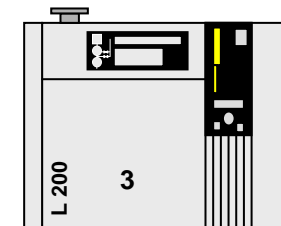
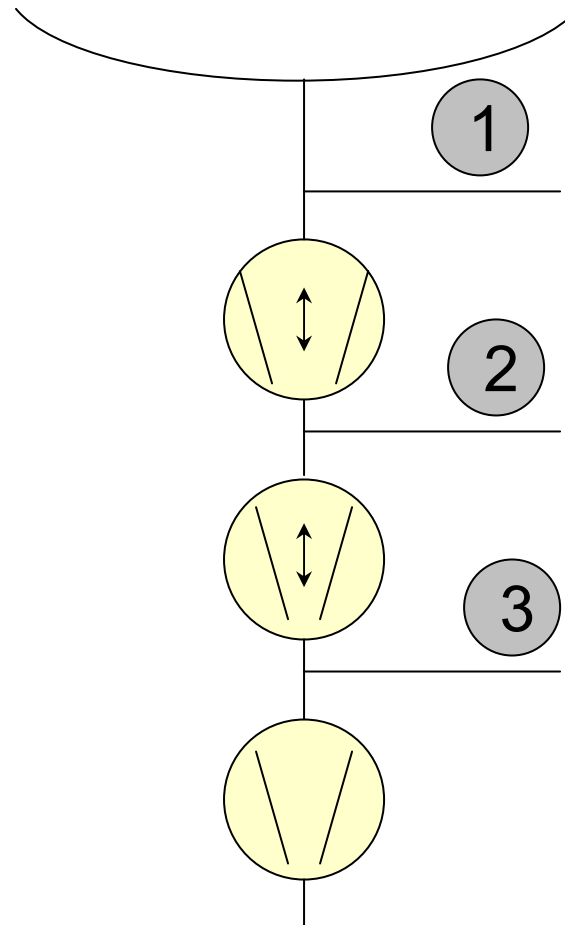
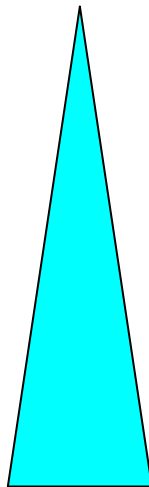
5 t = 99% du signal maximum

# Contrôle de l'étanchéité dans la production

## Méthode à flux partiel

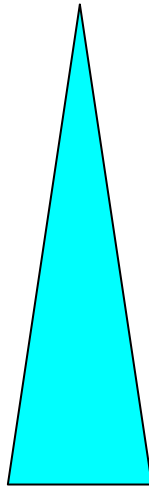
$$Q_{LD} = \gamma Q_{total}$$

Efficacité

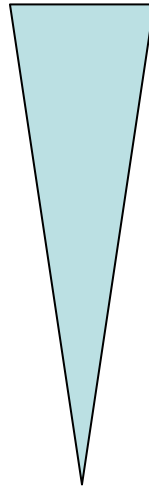


# Contrôle de l'étanchéité dans la production

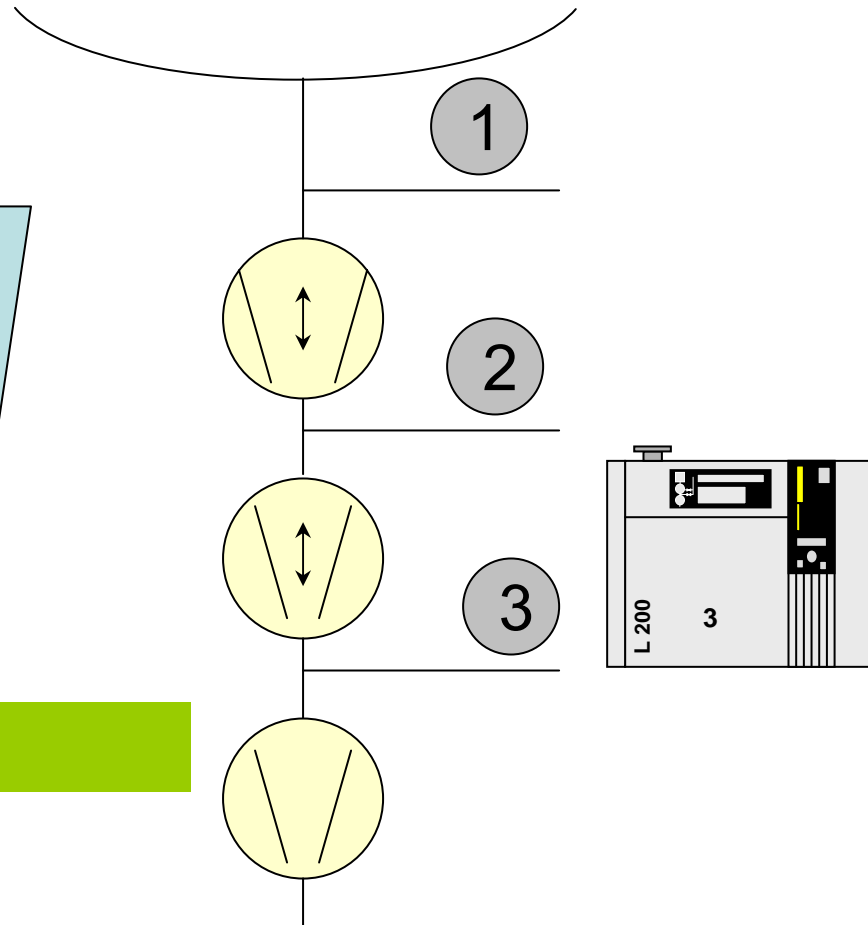
Efficacité



Vitesse



**Efficacité ↔ Vitesse !**

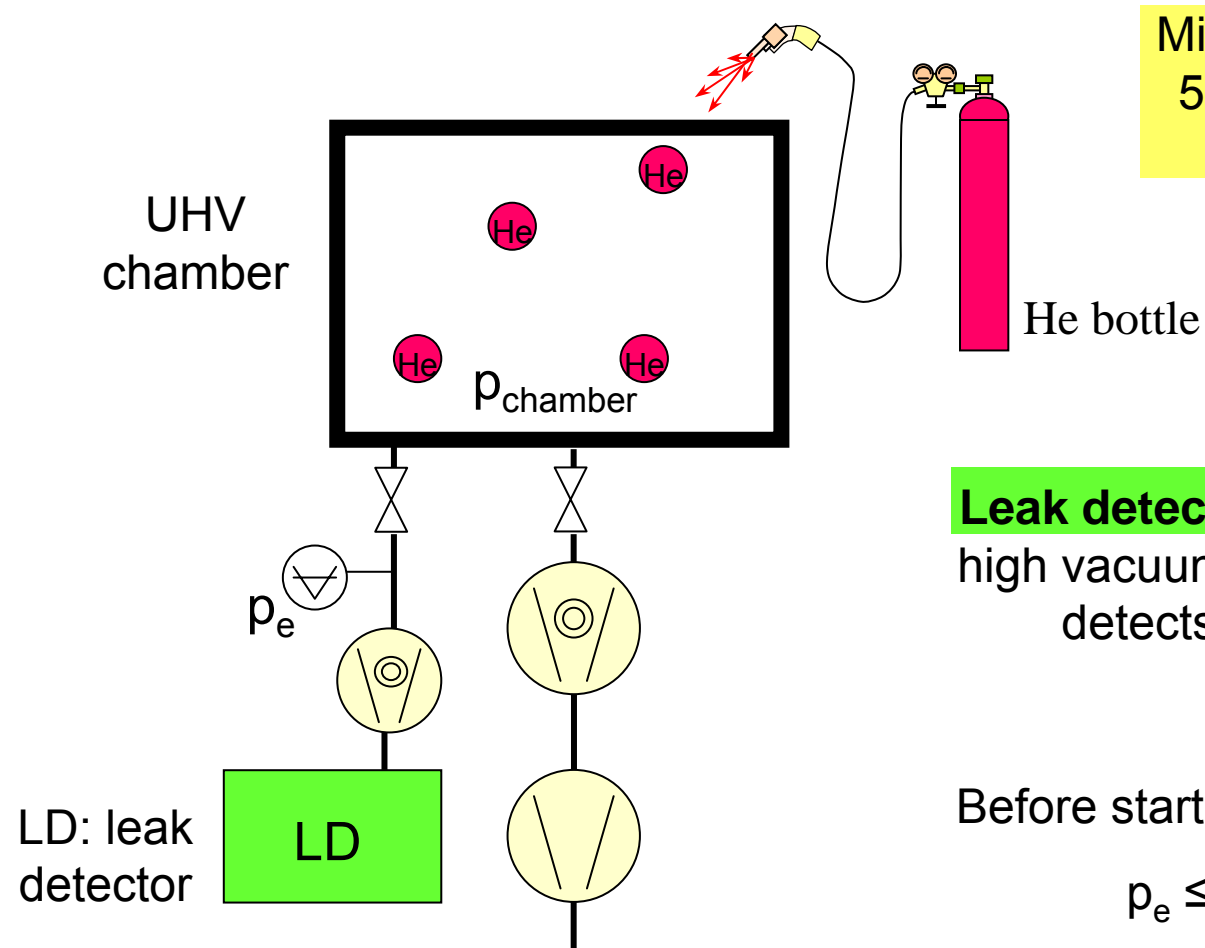


# Leak detection at UHV chambers



# Leak detection at UHV chambers

## 1. Alternative



Minimum detectable leak rate:  
 $5 \cdot 10^{-12}$  mbar l/s (PhoeniXL)  
 -> highest sensitivity!

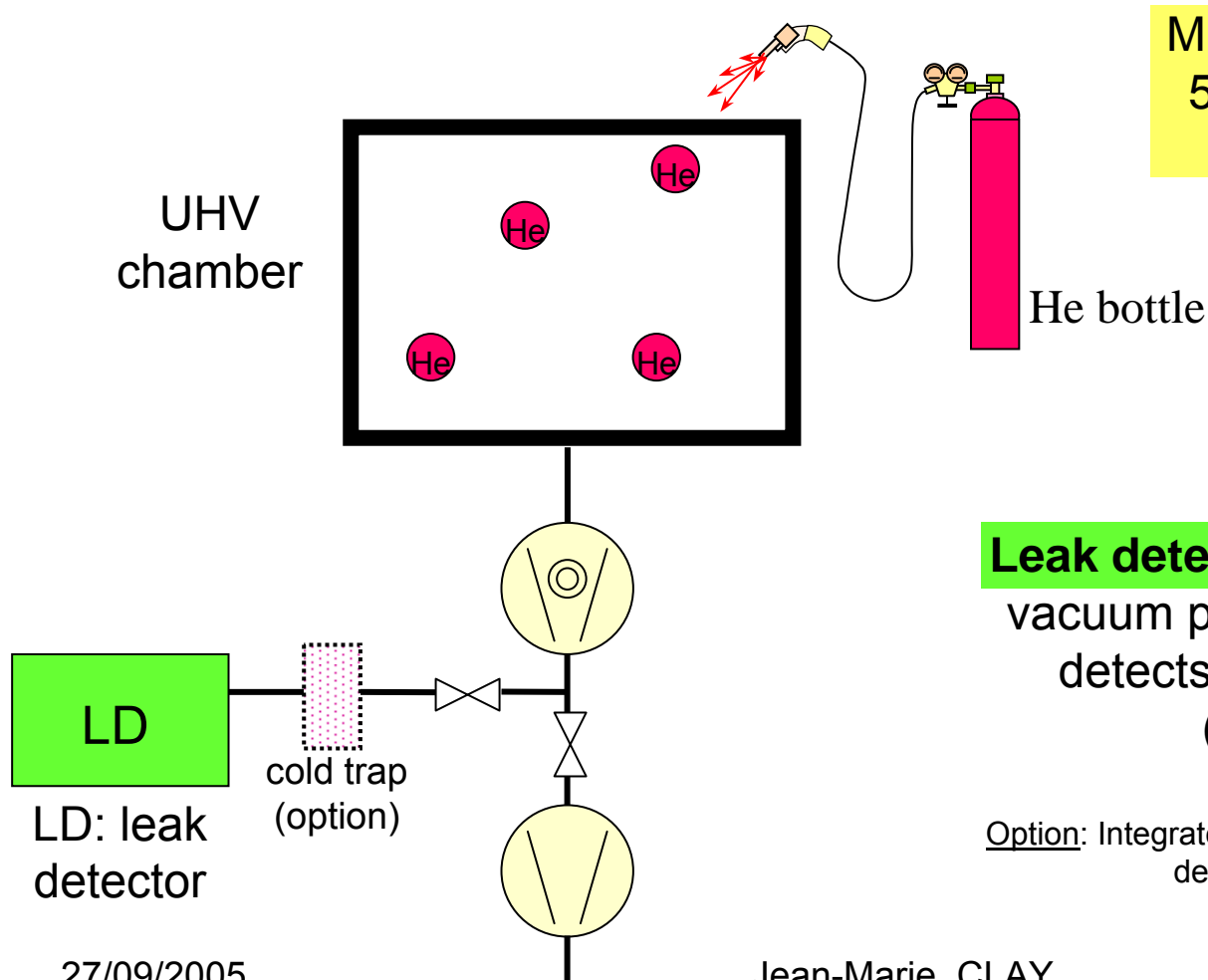
**Leak detector**, connected directly with a high vacuum pump at the UHV chamber, detects the incoming He atoms (**vacuum mode**).

Before starting measurement make sure:

$$p_e \leq p_{\text{chamber}} \text{ (p: pressure)!}$$

# Leak detection at UHV chambers

## 2. Alternative



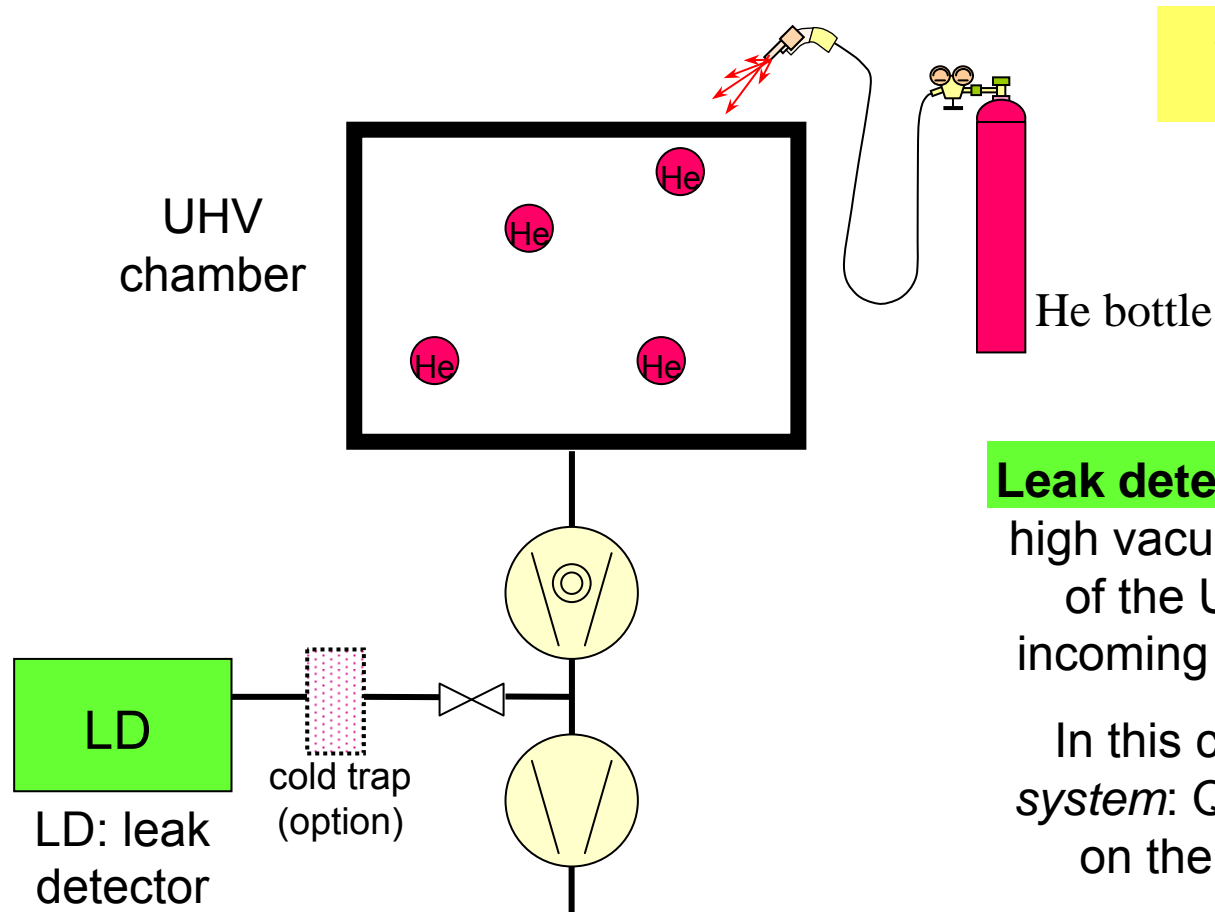
Minimum detectable leak rate:  
 $5 \cdot 10^{-12}$  mbar l/s (PhoeniXL)  
 -> highest sensitivity!

**Leak detector**, connected at the high vacuum pump of the UHV chamber, detects the incoming He atoms (**vacuum mode**).

Option: Integrate a (nitrogen) cold trap to protect the leak detector against oil and vapor!

# Leak detection at UHV chambers

## 3. Alternative



Sensitivity depends on the partial flow system!

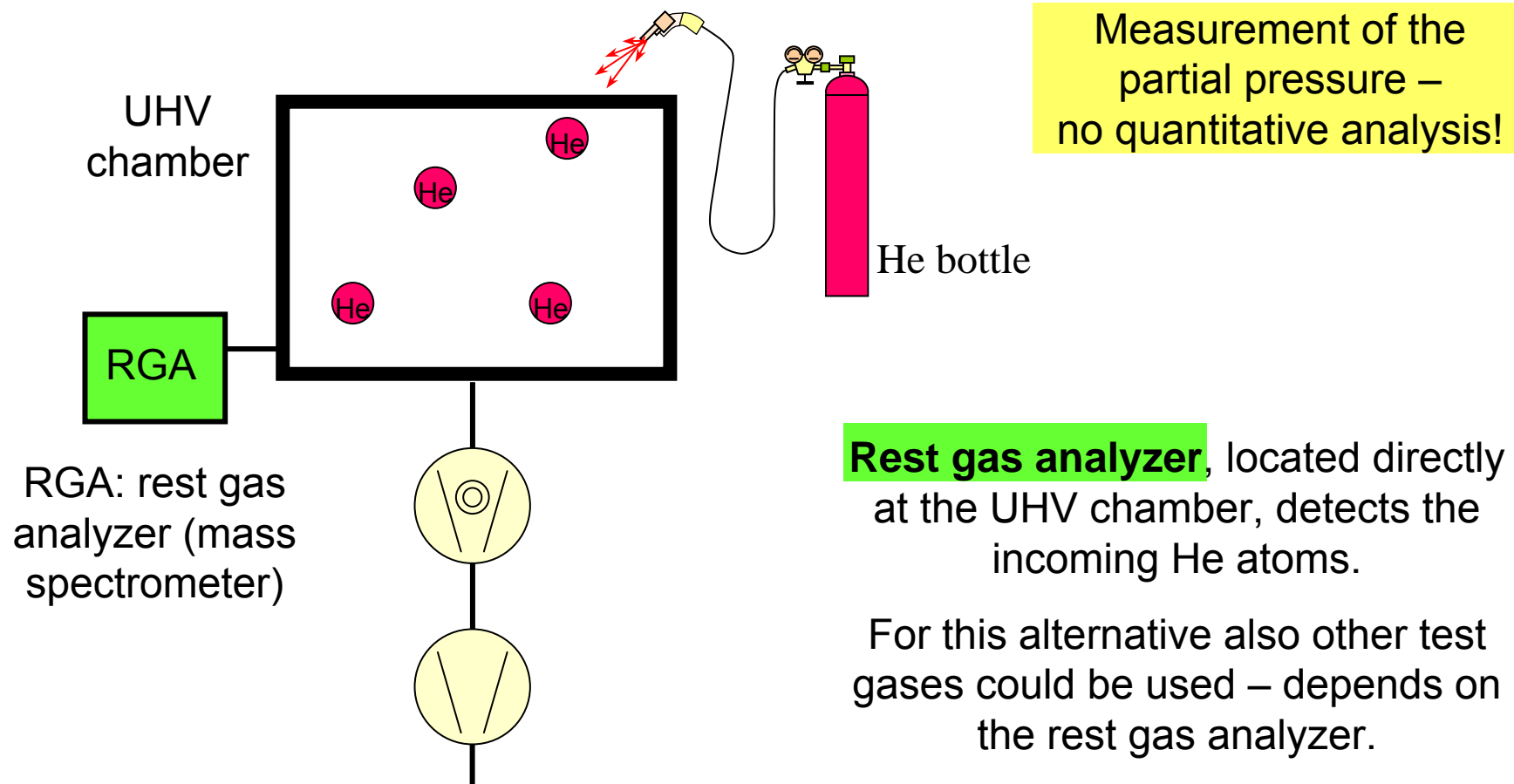
**Leak detector**, connected between the high vacuum pump and the fore pump of the UHV chamber, detects the incoming He atoms (**vacuum mode**).

In this case we have a *partial flow system*:  $Q_{\text{Display}} = \gamma * Q_{\text{Leak}}$ ,  $\gamma$  depends on the effective pumping speed



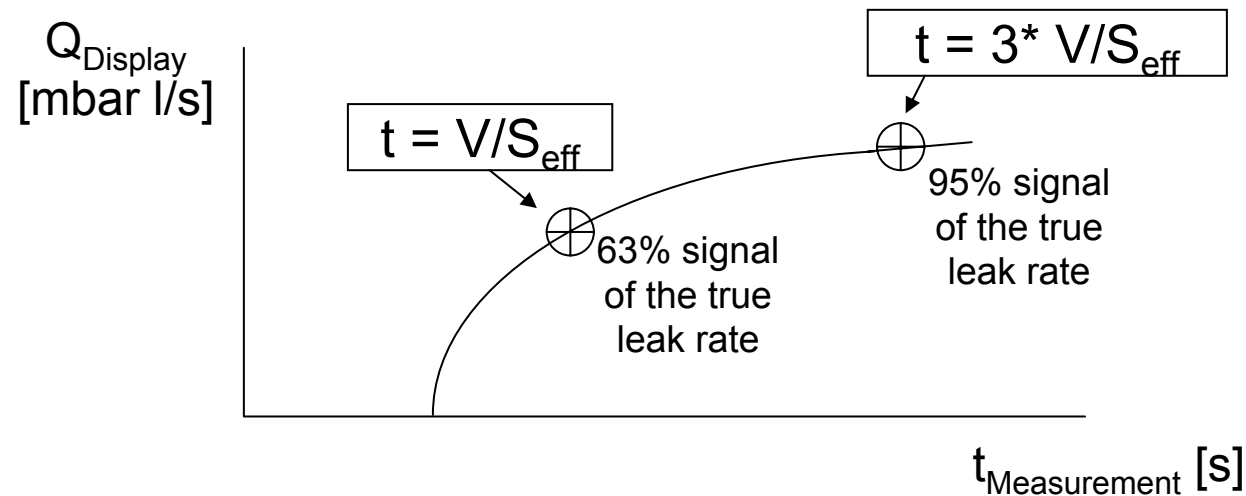
# Leak detection at UHV chambers

## 5. Alternative



## Leak detection at UHV chambers

- Notice: Response time



V: volume of the UHV system

$S_{\text{eff}}$ : effective pumping speed (at the measurement position / analyzer inlet)