



Détection de fuite hélium Aspect Mesure

Préparé par : F.Rouveyre

Date : 24 Octobre 2012



La détection de fuite

- La détection de fuite par spectrométrie de masse à gaz traceur a plus de 50 ans. Même si cette méthode est connue et maîtrisée, elle doit s'adapter en permanence à ses marchés et à son environnement
- Le cœur du détecteur, le spectromètre de masse, n'est plus qu'un des éléments du puzzle et l'innovation technologique doit se situer à tout niveau, de la performance (sensibilité, temps de réponse ...) à l'ergonomie produit, en passant par le traitement du signal.
- Concernant la mesure : l'affichage du signal est une des composantes qui a le plus évolué ces dernières années.

SIGNIFICATION : 4.72×10^{-12} ?

Sommaire

- Fonctionnement d'un détecteur de fuite hélium.
- Fuite calibrée et métrologie.
- Principe de calcul de la fuite équivalente.
- Influence des conditions de test.



Fonctionnement d'un détecteur de fuite hélium

Schéma de principe d'un détecteur

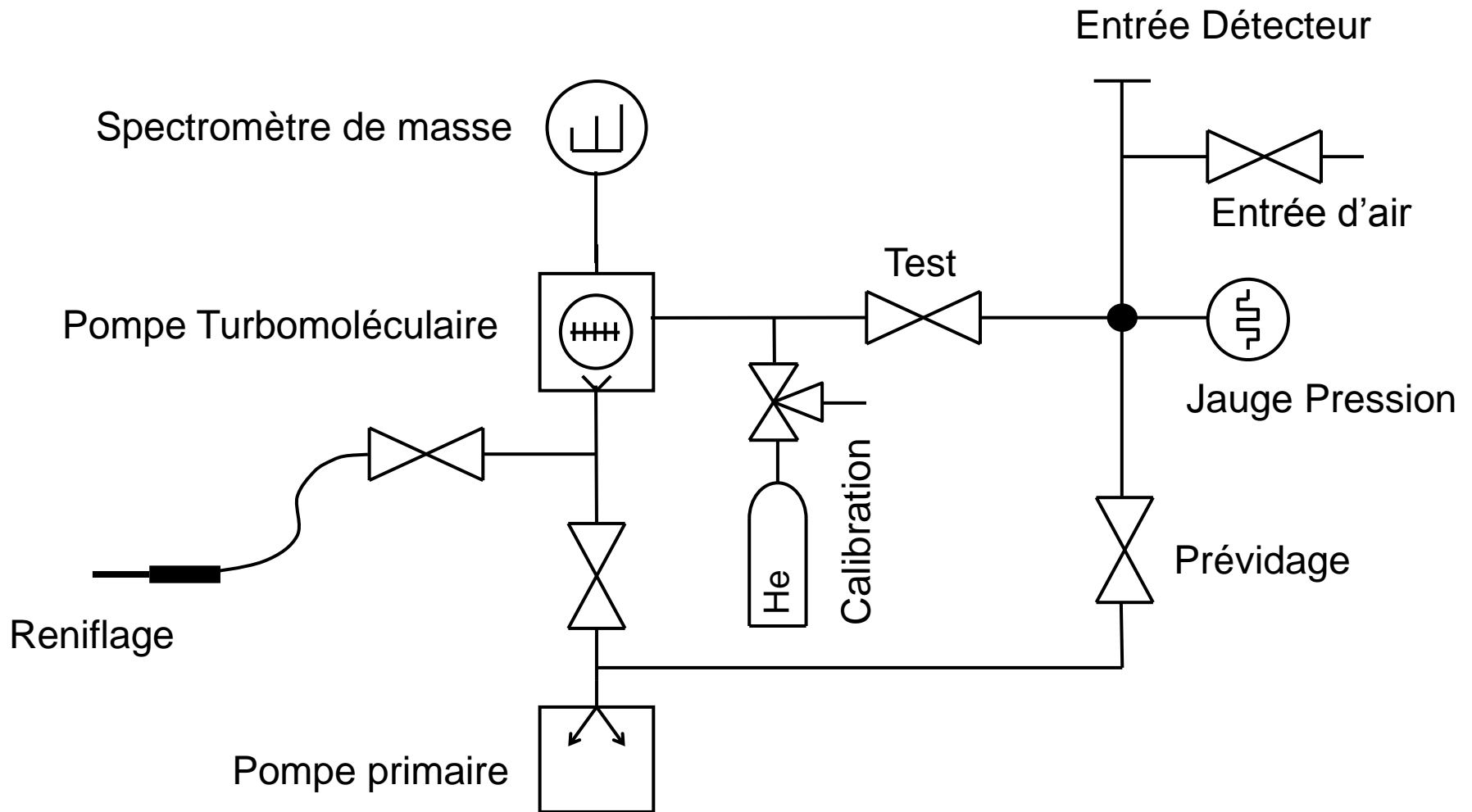
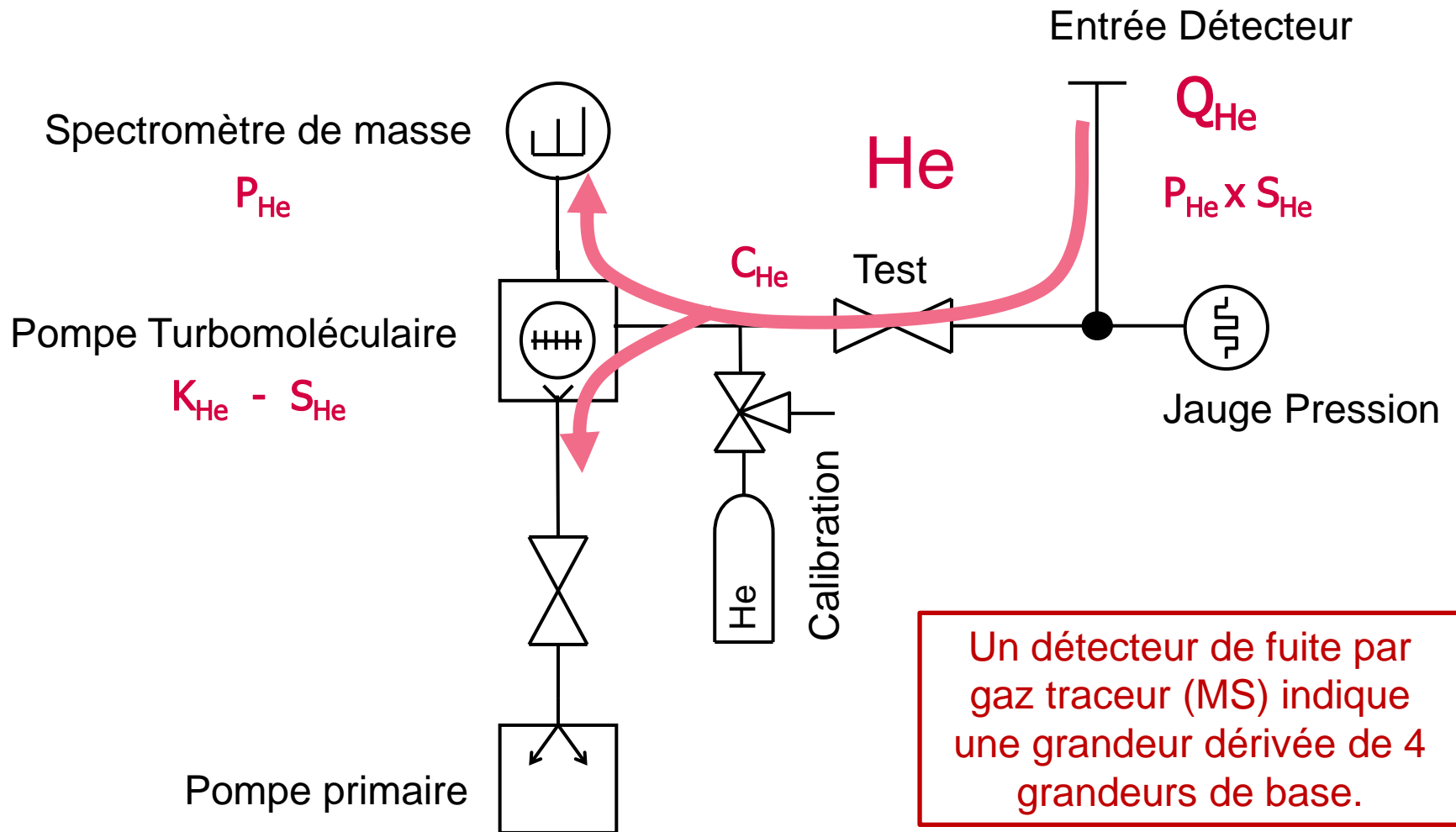
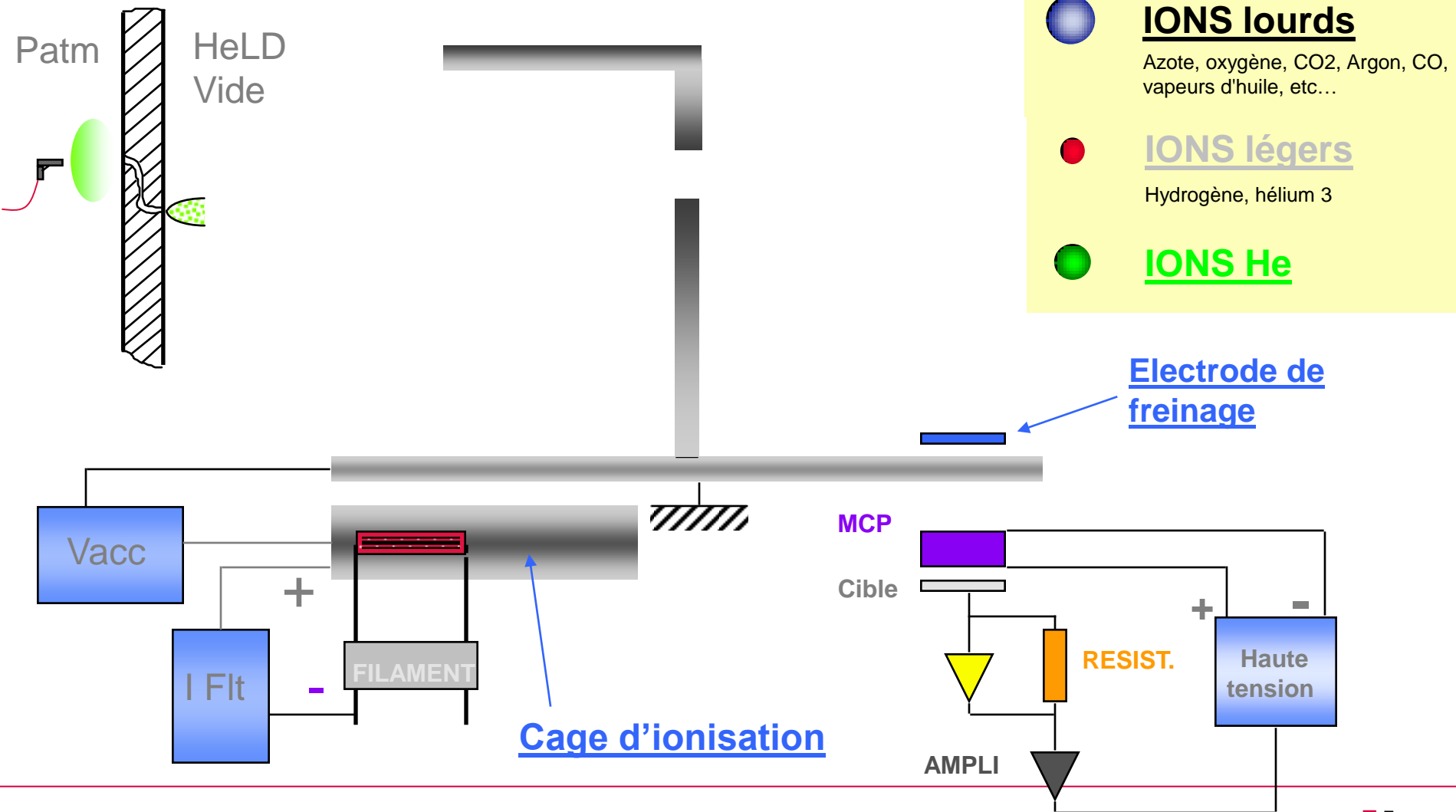


Schéma de principe d'un détecteur



Spectromètre de masse à déflexion magnétique



- **IONS lourds**
 Azote, oxygène, CO₂, Argon, CO, vapeurs d'huile, etc...
- **IONS légers**
 Hydrogène, hélium 3
- **IONS He**



Fuites calibrées et métrologie

Les fuites calibrées



Flux Q_{he} = Valeur de la fuite calibrée

A l'intérieur d'un réservoir, il y a de l'hélium à la pression atmosphérique (Fuite $\leq 10^{-7}$ mbar.l/s) ou à plusieurs centaines de bars (Fuite $\geq 10^{-6}$ mbar.l/s).



Un flux d'hélium s'échappe de l'intérieur vers l'extérieur du réservoir.

Membrane de Perméation ou Tube capillaire.



Technologie

Les deux types de technologie sont la perméation à travers du «Téflon[®]» ou du «Verre SiO₂» et, l'écoulement à travers un tube capillaire.

- Perméation : Une membrane soit en «Téflon[®]», soit en «Verre» ferme le réservoir qui est rempli d'hélium.
 - Les fuites calibrées par perméation varient en fonction de la température.
 - Les membranes en Verre sont plutôt fragiles.

- Capillaire : Un tube capillaire métallique ferme le réservoir. A noter que les tubes en quartz ont quasiment été abandonnés pour cause de fragilité.
 - Les capillaires sont peu sensibles à la température.
 - Les capillaires sont susceptibles de s'obturer.



Technologie

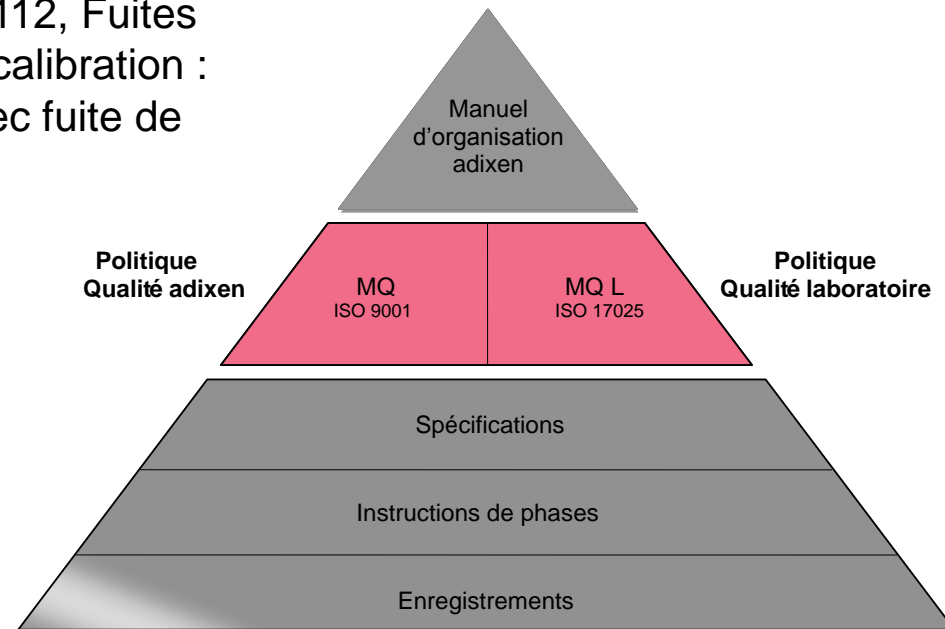
	Perméation		Capillaire (métallique)
	« Verre SiO ₂ »	«Téflon®»	
Fragilité	++	incassable	+
Influence de la température	++	+	-
Risque d'obturation	-	-	+

- Les fuites calibrées avec réservoir rechargeable ne sont pas, au sens des normes, des fuites de référence.
- Note : La vanne (robinet) de la fuite calibrée ne sert pas à prolonger sa durée de vie, mais à vérifier la réponse du détecteur.

Méthodes de mesure et d'étalonnage

- Norme ISO 17025 : Exigences de qualité et de compétence propres aux laboratoires d'essais et d'analyses.
- Norme ISO 3530 : Technique du vide – Etalonnage des spectromètres de masse détecteurs de fuites.
- Spécification adixen N°2451 : Traceability of calibrated leak.
- Spécification de processus interne 3112, Fuites calibrées : Étalonnage, mesure et recalibration : Méthode de mesure comparative avec fuite de référence certifiée.

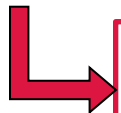
Le manuel qualité laboratoire :
L'ensemble de la documentation relative au laboratoire de mesures dépend du manuel qualité du laboratoire, selon le système documentaire adixen ci contre.



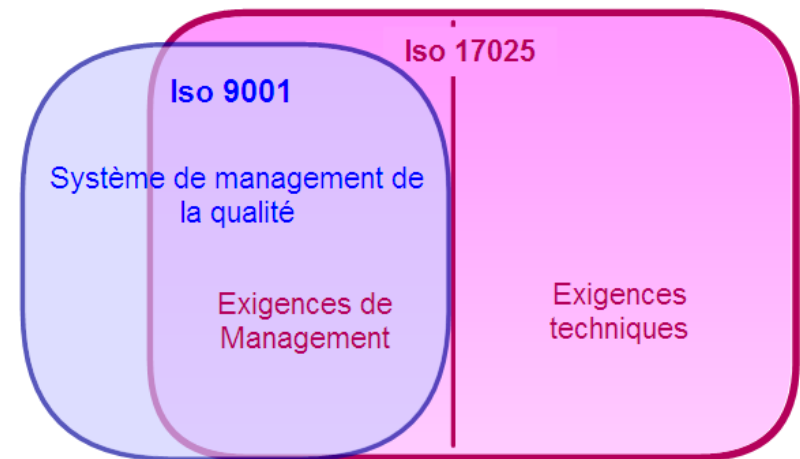
La norme international ISO 17025

- Exigences de compétences pour effectuer des essais et/ou étalonnages, y compris l'échantillonnage.
- Concerne l'ensemble des opérations effectuées au moyen de méthodes normalisées, non normalisées, ou élaborées par les laboratoires eux-mêmes.
- La norme ne concerne que le périmètre bien spécifique du laboratoire

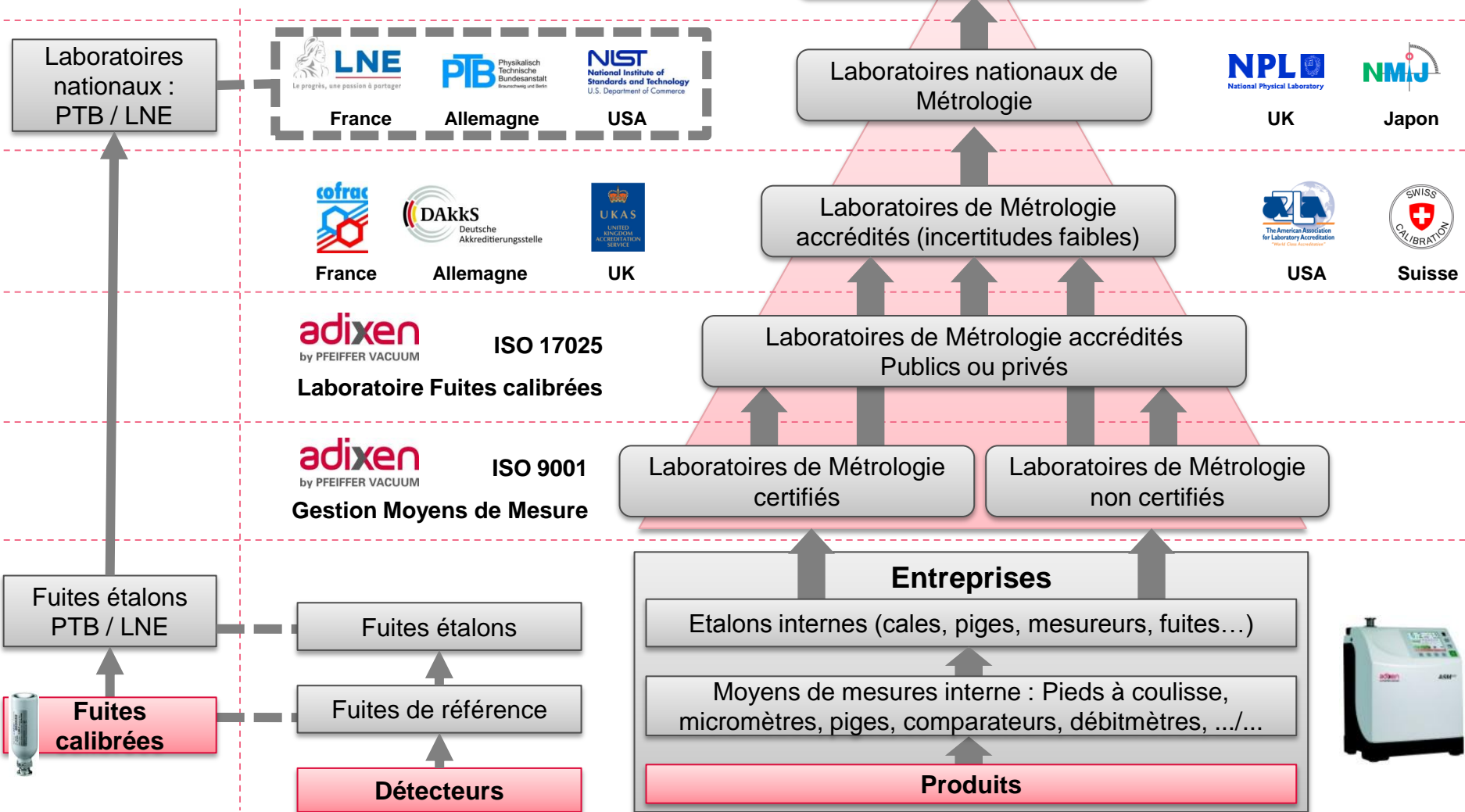
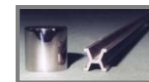
Accréditation ISO 17025 (≠ Certification)



L'accréditation ISO17025 prouve sa compétence à produire des données et des résultats techniquement valides.



La Métrologie



Moyens techniques du laboratoire de fuites

En chiffres

Le laboratoire :

- Local climatisé, dédié exclusivement à la métrologie des fuites calibrées
- Accès réglementé.

Les moyens :

- 2 lots de 10 fuites étalons.
- 4 postes de calibration + 2 PC.
- Logiciel d'acquisition et de traitement adixen.
- Thermomètres classe A + Hygromètres .
- Poste de remplissage hélium sous hotte aspirante.
- Poste de collage et séchage dédié.



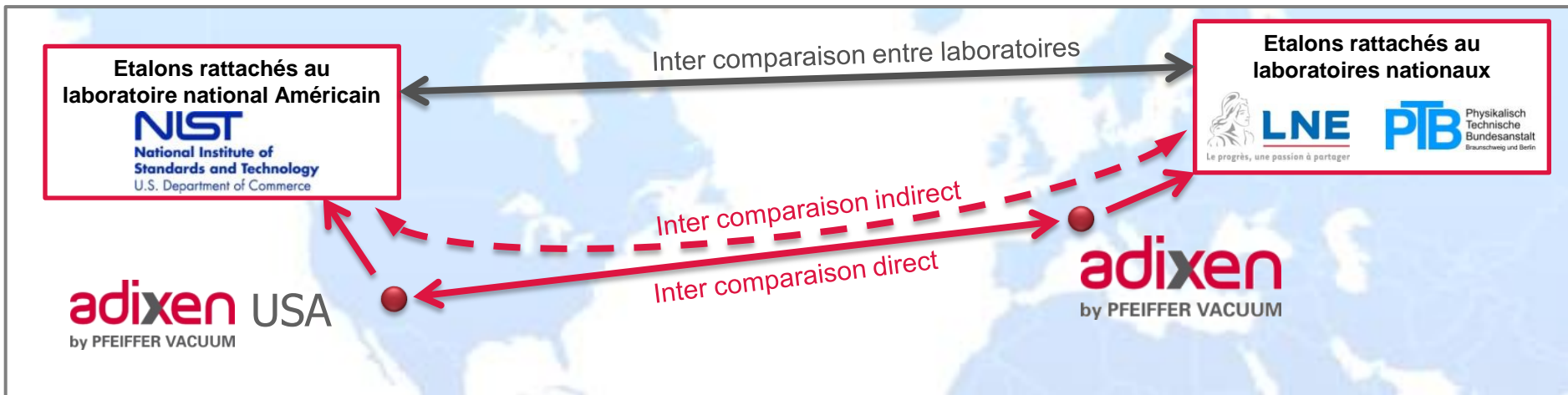
- Stabilisation à $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.
- Homogénéité : $\Delta\theta < 1^{\circ}\text{C}$.
- Vitrage haut de gamme anti IF.
- Climatisation à flux laminaires par soufflets.



- Conservation des données d'étalonnage pendant une période minimum de 10 ans.
- Conservation des tracés pendant 2 ans.

Inter comparaison et incertitudes

- Exigence de ISO 17025.
- Comparaison entre laboratoire adixen PV Annecy et laboratoire adixen PV Phoenix.



Taux de fuite (mbar.l/s)	10-4	10-5 haute	10-5 basse	10-6 haute	10-6 basse	10-7 haute	10-7 basse	10-8 haute	10-8 basse	10-9
Incertitude (%)	2,6 %	2 %	2 %	2 %	2 %	2,3 %	2 %	2 %	5%	5,4 %

- Laboratoires adixen : Nos certificats d'étalonnage garantissent une incertitude de mesure des fuites de $\pm 10 \%$ ($\pm 30\%$ pour les fuites 10-9 mbar.l/s).



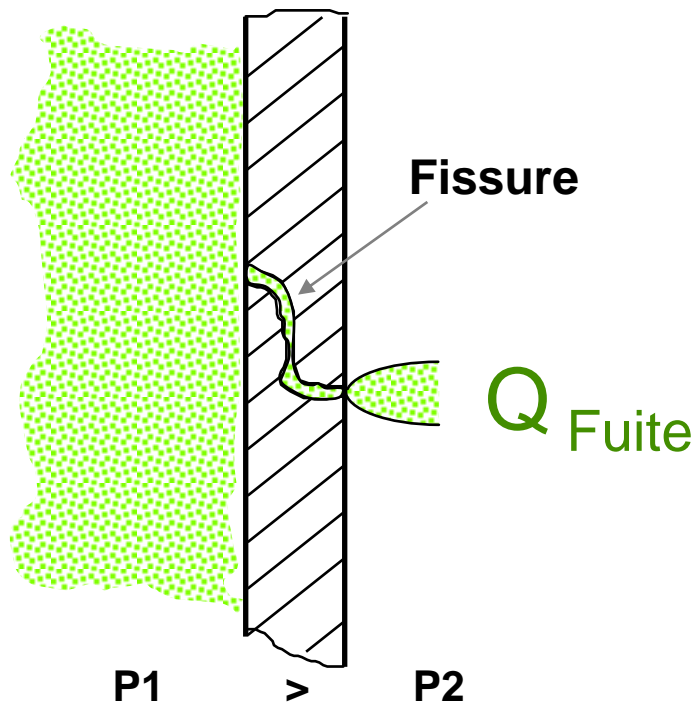
Principe du calcul de la fuite équivalente



Principe du calcul de la fuite équivalente en gaz traceur

- Il n'y a aucun sens à faire des mesures « précises », si on n'a pas corrélé le taux de fuite en hélium dans les conditions du test avec le taux de fuite acceptable dans les conditions de fonctionnement.
- 1 : Calcul du flux de fuite en condition de service.
- 2 : Calcul du capillaire équivalent.
- 3 : Calcul du flux de fuite en condition de test et réglage du détecteur.

Hypothèse de calcul.



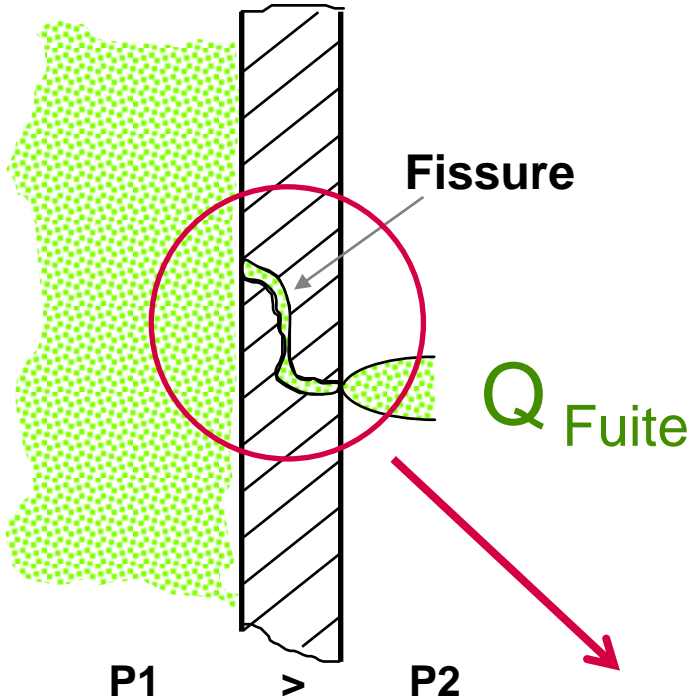
Réglage du
détecteur ?

Hypothèse de calcul.

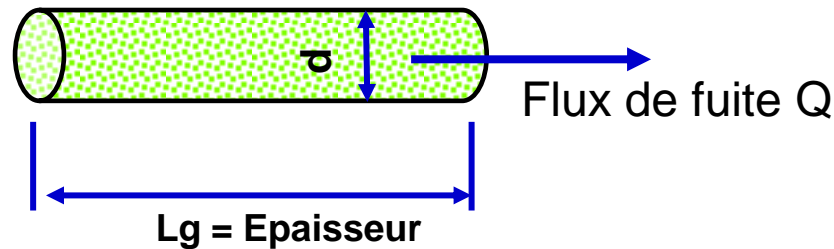
Formule de Poiseuille et de Knudsen

$$Q_{\text{Laminaire}} = \frac{\pi \times D^4}{256 \times \eta \times L} \times (P_1^2 - P_2^2)$$

$$Q_{\text{Moléculaire}} = \frac{1}{6} \times \sqrt{\frac{2 \times \pi \times R \times T}{M}} \times \frac{D^3}{L} \times (P_1 - P_2)$$



Hypothèse !!





Principe du calcul.

- On approche le diamètre en utilisant le régime laminaire seul, avec les caractéristiques du gaz considéré.
- Si P1 et P2 sont supérieures à P_{atm}, et Q_{Fuite} supérieur à 10⁻⁶ mbar.l/s, c'est en général suffisant.
- Dans les autres cas, et en particulier si P2 est inférieure à P_{atm}, on recherche D par itération.
- $Q_{\text{Hélium total}} = Q_{\text{Laminaire}} + Z \times Q_{\text{moléculaire}}$
- On recalcule Q_{Hélium total} avec D calculé, la longueur du capillaire précédent et en considérant Z facteur de Knudsen égal à 1.

Limite de l'hypothèse de calcul

- Bien évidemment, les fuites ne sont pas des capillaires !
- Néanmoins, la pratique montre que les erreurs engendrées sont contenues dans un facteur 2.
- Les fuites s'additionnent.....
- Il est illusoire de vouloir faire des calculs à 1% près.....



Les conditions de test

Temps de réponse

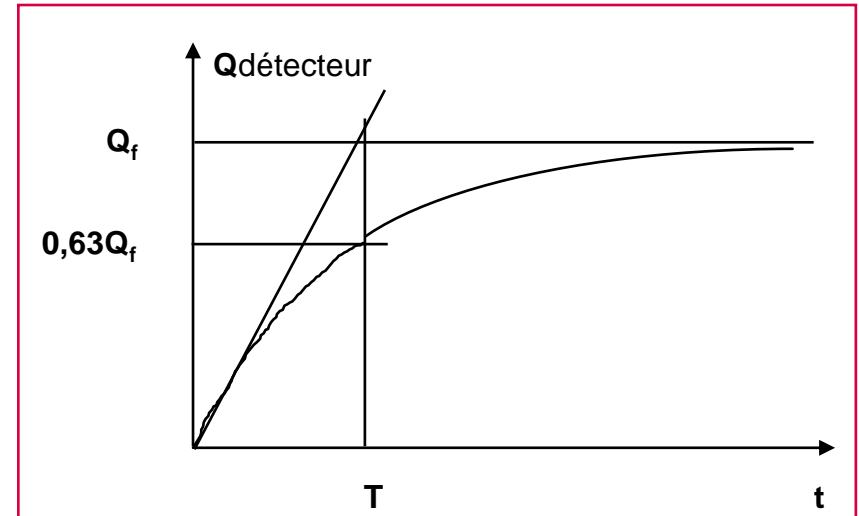
- Le flux indiqué par un détecteur qui est connecté à un volume V dans lequel débite une fuite Q_f est :

$$Q_{\text{Détecteur}} = Q_{\text{Fuite}} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right)$$

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

- Le temps de réponse T correspond au temps nécessaire pour atteindre 63 % de Q_f .

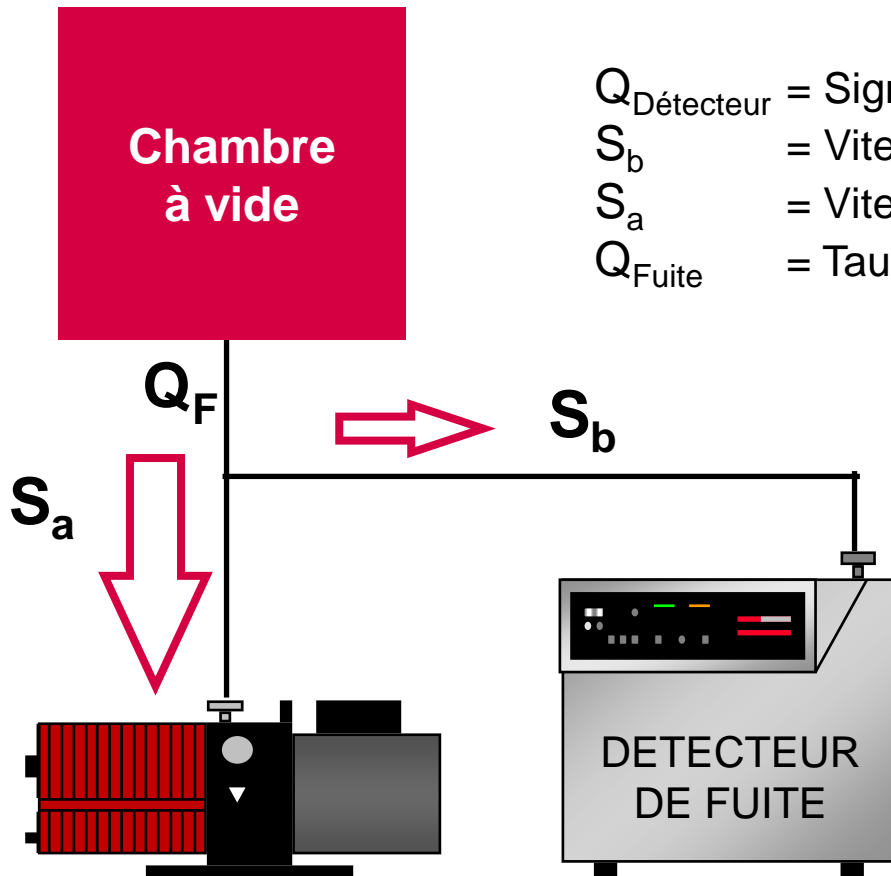
Pour obtenir...	Il faut....
63 % de Q_{Fuite}	T
90 % de Q_{Fuite}	$2,3 \times T$
95 % de Q_{Fuite}	$3 \times T$
99 % de Q_{Fuite}	$4,6 \times T$



Note : 2,3 fois le temps de réponse T est aussi le temps nécessaire pour diminuer la pression partielle d'hélium (bruit de fond) d'une décade sur un volume donné.



Opération parallèle



- $Q_{\text{Décteur}}$ = Signal hélium lu par le détecteur
- S_b = Vitesse de pompage He du détecteur
- S_a = Vitesse de pompage He de la pompe auxiliaire
- Q_{Fuite} = Taux de fuite hélium

$$Q_{\text{Décteur}} = \frac{S_b}{S_b + S_a} \times Q_{\text{Fuite}}$$

Stabilité de la vitesse de pompage He de la pompe annexe ?



Les limites de la mesure en détection de fuite par gaz traceur

SIGNIFICATION : 4.72×10^{-12} ?

- **Exactitude** : Le 2^{ième} digit après la virgule n'a pas de sens sur toute l'étendue de mesure.
- **Résolution** : Le 1^{er} digit après la virgule n'a pas de sens dans la décade qui correspond à la sensibilité annoncée du détecteur. Comment écrire $4,7 \times 10^{-12}$ si la sensibilité est annoncée à 1×10^{-12} ?
- **Répétabilité** : Le 2^{ième} digit après la virgule a du sens.



La détection dans le groupe Pfeiffer Vacuum

Nos forces

- Premier détecteur commercialisé en 1966 : l'ASM 4.

- Maîtrise totale des composants intégrés dans le détecteur
 - Fabrication de la cellule d'analyse, des blocs vide, des pompes,... grâce à des outils de production modernes et performants.

- Flexibilité
 - Design de pompes adaptées au besoin de la détection de fuite, permettant d'avoir une offre produit très complète avec des produits orientés vers les applications clients.



La gamme détection hélium

La dernière génération de produits adixen



ASM 310

ASM 142 series



HLT 5xx series



Maintenance



Minitest



Renifleur dédié

ASM 380





Merci de votre attention

www.pfeiffer-vacuum.com