

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Code projet		Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 1 / 43

AEOS_12590_NTT_PO70_26_A

Conception banc de transfert : Calculs et volets de l'IHM

Résumé : Ce document a pour objectif de débiter la conception du banc de transfert automatique. Pour cela, la description des calculs nécessaires au fonctionnement du banc de transfert est réalisée. Puis la composition des différentes recettes est présentée. Pour finir, la composition des différents volets de l'IHM est détaillée.

Les descriptions réalisées dans ce document ne sont pas définitives et seront à compléter avec l'industriel lors de la phase de conception.

Diffusion Client		Diffusion Interne	
Nom	Fonction	Nom	Fonction
G. COUCHAUX	Pilote Contrat		

Modifications

Indice	Rédacteur	Date	Pages	Modifications
A	N. KIEFFER	09/06/2026	ALL	Émission Initiale

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Code projet		Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 2 / 43

SOMMAIRE

1. CONTEXTE	4
2. GLOSSAIRE	5
3. EQUATIONS	6
3.1. Etalonnage des capteurs de pression et de température	6
3.2. Calcul de la pression initiale dans l'archive	6
3.3. Calcul du volume de l'archive	9
3.4. Mesure de la composition de l'archive	11
3.5. Mesure de la pression dans la cellule	15
3.6. Rendement de transfert	19
3.7. Volume de xénon CNTP	20
3.8. Volume équivalent	20
3.9. Capacité d'adsorption de l'adsorbant	21
3.10. Variation de pression	22
3.11. Taux de fuite	22
4. COMPOSITION DES RECETTES	24
4.1. R1 : Transfert	25
4.2. R2 : Contrôle qualité	25
4.3. R3 : Mesure du volume d'une archive	25
4.4. R4 : Mesure de la composition et de la pression dans une archive	26
4.5. R5 : Mesure de la composition de la cellule	26
4.6. R6 : Préparation d'une archive	26
4.7. R7 : Régénération de la colonne	26
4.8. R8 : vérifications techniques	27
5. VOLET DE L'IHM.....	28
5.1. Volet « Procédé »	28
5.2. Volet « Seuils »	28
5.3. Volet « Séquences »	28

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Code projet		Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 3 / 43

5.4. Volet « Recettes »	30
5.5. Volet « Résultats »	33
5.6. Volet « Paramètres »	36
5.7. Volet « Cartes de contrôle »	39
6. ANNEXES	43
6.1. P&ID du banc automatique	43

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Code projet		Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 4 / 43

1. Contexte

Ce document s'inscrit dans le cadre du marché n° 4600396769 / P6H51 qui prévoit le développement d'un banc de transfert automatisé pour remplacer la méthode actuelle de transfert par cryo-condensation (section 2 du document AEOS_12590_RAP_PF10_01_B).

Il fait suite au rapport d'appropriation (AEOS_12590_RAP_PF10_01_B) du poste 10, au plan d'expérience (AEOS_12590_NTT_PF20_02_B) du poste 20, au compte rendu d'activité (AEOS_12590_NTT_PF30_23_A) et au rapport de définition (AEOS_12590_RAP_PF30_04_B) du poste 30, à la proposition technique (AEOS_12590_LST_PF40_10_A) du poste 40, au rapport de dépouillement du marché n° DIE-B25-01469-AC (AEOS_12590_NTT_PO50_12_A) du poste 50, à la nouvelle proposition technique (AEOS_12590_RAP_PO60_24_A) du poste 60 et au tableau décrivant les étapes composant les différentes séquences (AEOS_12590_TAB_PO70_25_A) du poste 70.

Dans ce document sont décrits les différentes équations nécessaires au fonctionnement du banc et à la présentation des résultats. De plus, la composition des recettes est présentée. Pour finir, les caractéristiques des différents volets de l'IHM sont précisées.

Les descriptions réalisées dans ce document ne sont pas définitives et seront à compléter avec l'industriel lors de la phase de conception.

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Code projet		Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 5 / 43

2. Glossaire

Terminologie	Signification
Aliquote	Volume permettant de prélever une fraction de l'échantillon afin de mesurer la composition de l'archive, avant transfert, par chromatographie gazeuse.
Archive	Désigne le volume contenant l'échantillon avant transfert.
bara	bar absolu.
Cellule de mesure	Désigne le volume permettant de collecter le xénon après transfert puis de faire la mesure par spectrométrie gamma. La pression dans la cellule de mesure ne peut excéder 1 bara. Le volume de la cellule de mesure est d'environ 10 cm3.
CNPT	Conditions Normales de Pression et Température (P = 1013.25 mbara et T = 273.15 K).
COFRAC	COmité FRANçais d'ACcréditation.
Détente	Action qui consiste à mettre en communication deux volumes V1 et V2, avec PV1<PV2, jusqu'à l'équilibre des pressions.
Échantillon	Mélange gazeux représentatif des échantillons produits par l'OTICE ou reproduit à partir d'un mélange QC.
IHM	Interface Homme Machine.
LNE	Laboratoire national de métrologie et d'essais.
Matrice	Gaz majoritairement présent dans une archive.
mbara	mbar absolu.
Ncm3	Normo centimètre cube, volume de gaz dans les conditions normales de pression et température.
Outil de production	Banc de transfert automatique final.
P&ID	Piping and Instrumentation Diagram / Schéma de Tuyauterie et d'Instrumentation.
PAV	Pompe à vide.
R&D	Recherche et Développement.
Zéolithe	Matériau présentant une structure cristalline constituée généralement de silice-alumine et utilisée ici comme adsorbant.

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Code projet		Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 6 / 43

3. Equations

Cette partie décrit les différentes équations nécessaires au bon fonctionnement du banc de transfert automatique. La totalité des calculs d'incertitude présentés ci-dessous est réalisée à $k=1$.

Deux types d'unités sont gérés par le banc : les unités lues et renseignées via l'IHM et les unités utilisées pour les calculs.

Sauf indication contraire, les unités lues ou renseignées par un opérateur (expert ou non) sont les suivantes :

- Pression : mbara ;
- Température : °C ;
- Volume : cm³ ;
- Teneur : % molaire ;
- Temps : s.

Les unités utilisées pour les calculs sont détaillées dans les différents paragraphes ci-dessous.

3.1. ETALONNAGE DES CAPTEURS DE PRESSION ET DE TEMPERATURE

Les valeurs vraies sont obtenues à partir des valeurs brutes et du certificat d'étalonnage.

Deux possibilités d'affichage existent :

- Corriger les valeurs brutes et n'afficher que les valeurs vraies ;
- Afficher les valeurs brutes et utiliser les valeurs vraies pour les calculs.

Les différents paramètres liés à l'étalonnage sont renseignés dans le volet « Paramètres » (cf §5.6) et seront à définir durant la phase de conception en collaboration avec l'industriel.

3.2. CALCUL DE LA PRESSION INITIALE DANS L'ARCHIVE

La mesure de la pression initiale dans l'archive est réalisée lors de la séquence 2 (cf AEOS_12590_TAB_PO70_25_B).

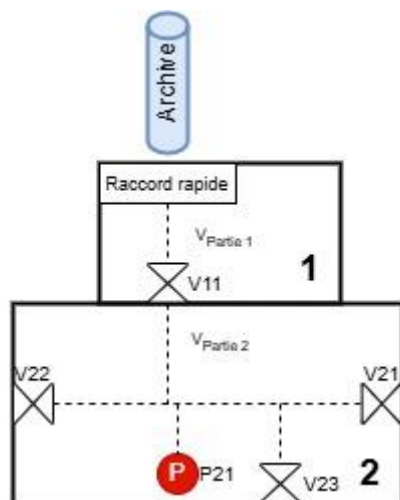


Figure 1 : P&ID des parties 1 et 2.

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Code projet	Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages	
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 7 / 43

Protocole :

L'archive est détendue dans le volume mort des parties 1 et 2. Puis les couples pressions (capteur de pression P21, cf Figure 1) et températures (capteur de température ambiante du banc) sont mesurés sur une période de temps donnée. Sur cette période, x mesures à intervalles réguliers sont prises en compte. La période et le nombre de mesure (x) à prendre en compte sont renseignés dans le volet « Paramètres ». Les mesures de la pression et de la température après détente sont réalisées comme indiqué dans la Figure 2.

Pour chaque couple (P_x et T_x), la pression normalisée P_x^N est déterminée.

La moyenne des pressions normalisées P^N est alors calculée et utilisée comme valeur de pression après détente de l'archive.

La pression normalisée initiale de l'archive est alors calculée. Les volumes morts des parties 1 et 2 sont connus. Le volume de l'archive est mesuré après le transfert de l'échantillon lors de la séquence 8.

Une première approximation est réalisée en supposant le volume de l'archive idéal (en fonction du type d'archive).

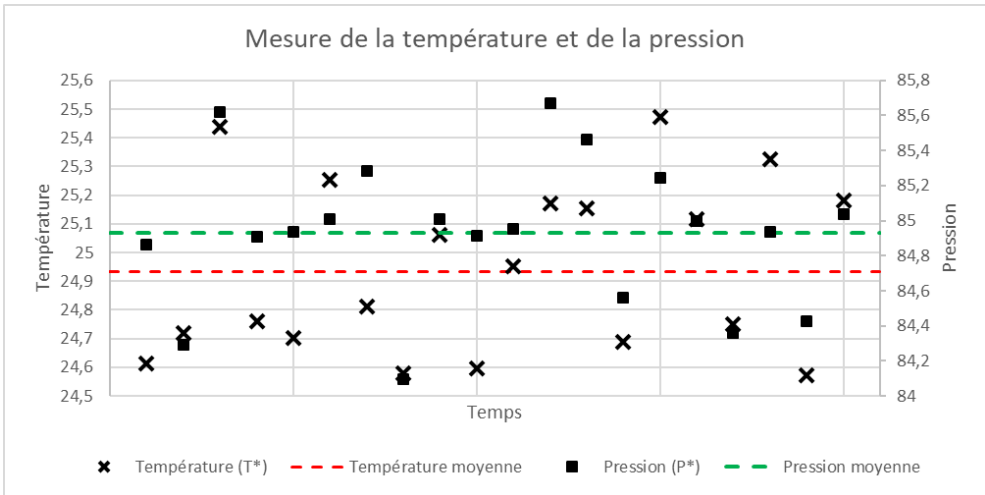


Figure 2: Exemple d'un relevé de température et de pression.

Équations :

Les valeurs de pressions P_i (Pa) et de température T_i (K) sont mesurées à intervalles réguliers sur une période définie. Les méthodes de mesure de P_i et T_i ainsi que leurs incertitudes seront définies en collaboration avec l'industriel lors de la phase de conception.

La pression normalisée P_i^N (Pa) d'une mesure i est alors calculée à partir de l'Équation 1:

$$P_i^N = P_i \times \frac{T_{ref}}{T_i} \quad \text{Équation 1}$$

Avec T_{ref} la température de référence et $T_{ref} = 273.15$ K.

La valeur de pression normalisée P^N (Pa) après détente de l'archive dans le volume mort est déterminée à l'aide de l'équation ci-dessous :

$$P^N = \overline{P_i^N} \quad \text{Équation 2}$$

L'incertitude de la valeur de pression normalisée (Équation 2) est la suivante :

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
	Code projet	Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 8 / 43

$$u(P^N) = \frac{s(P^N)}{\sqrt{n}} \quad \text{Équation 3}$$

Avec n le nombre de mesure prise en compte pour déterminer P^N et $s(P^N)$ l'écart-type de la série de mesure.

La pression initiale normalisée $P_{0\text{ archive}}^N$ (Pa) dans l'archive est alors calculée à l'aide de la formule indiquée dans l'Équation 4 (les volumes sont exprimés en cm³).

$$P_{0\text{ archive}}^N = \frac{P^N \times (V_{\text{archive}} + V_m)}{V_{\text{archive}}} \quad \text{Équation 4}$$

Avec :

$$V_m = V_{\text{partie 1}} + V_{\text{partie 2}} \quad \text{Équation 5}$$

Avec P^N (Pa) la pression normalisée mesurée après détente de l'archive dans le volume de mesure, V_{archive} (cm³) le volume de l'archive (mesurée lors de la séquence 8) et V_m (cm³) le volume mort des parties 1 et 2 (renseignés dans le volet « Paramètres »).

L'incertitude liée, $u(P_{0\text{ archive}}^N)$ est calculée à l'aide de la formule indiquée dans l'Équation 6.

$$\frac{u(P_{0\text{ archive}}^N)}{P_{0\text{ archive}}^N} = \sqrt{\left(\frac{u(P^N)}{P^N}\right)^2 + \left(\frac{u(V_m)}{V_{\text{archive}} + V_m}\right)^2 + \left(\frac{V_m \times u(V_{\text{archive}})}{V_{\text{archive}} \times (V_{\text{archive}} + V_m)}\right)^2} \quad \text{Équation 6}$$

Avec :

$$u(V_m) = \sqrt{\left(u(V_{\text{partie 1}})\right)^2 + \left(u(V_{\text{partie 2}})\right)^2} \quad \text{Équation 7}$$

Avec uV_m connu ($uV_{\text{partie 1}}$ et $uV_{\text{partie 2}}$ renseignés dans le volet « Paramètres »), uV_{archive} défini dans le §3.3. Le volume mort du raccord rapide de l'archive est ici supposé nul.

Une première approximation est réalisée à partir des volumes théoriques des différentes stations de l'OTICE (cf Tableau 1).

Archive	Volume de l'archive (cm ³)	Incertitude (cm ³)		Archive	Volume de l'archive (cm ³)	Incertitude (cm ³)
SPALAX	300	7.5		SAUNA II	350	8.75
SPALAX-NG	150	3.75		SAUNA III	350	8.75
SAUNA	500	12.5		Xe Int	50	5

Tableau 1 : Tableau des volumes théoriques des différentes archives de l'OTICE.

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Code projet	Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages	
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 9 / 43

3.3. CALCUL DU VOLUME DE L'ARCHIVE

La mesure du volume de l'archive est réalisée lors de la séquence 8 (cf AEOS_12590_TAB_PO70_25_B).

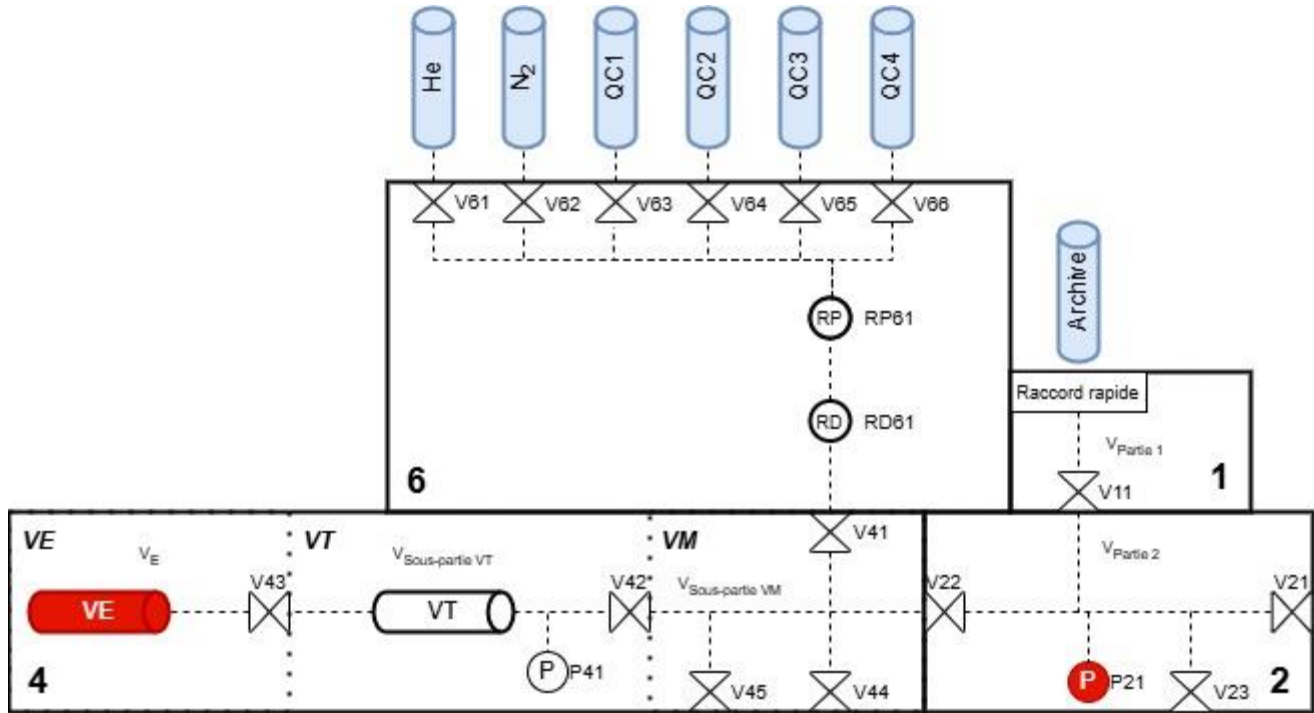


Figure 3 : P&ID des parties 1, 2, 4 et 6 nécessaires à la mesure du volume de l'archive.

Protocole :

Ici, les volumes morts de la parties 2 et les sous-parties VM et VT de la partie 4 (cf Figure 3) sont considérés comme un unique volume nommé : volume mort (V_m).

Le volume mort est mis sous pression avec du diazote ($P \approx 950$ mbara). La pression alors atteinte est mesurée à l'aide du capteur P21 (P_0). Le volume mort est détendu dans le volume étalons puis la pression est mesurée à l'aide du capteur P21 (P_1). Le volume mort est à nouveau mis sous pression ($P \approx 950$ mbara). La pression alors atteinte est mesurée à l'aide du capteur P21 (P_2). Le volume mort est détendu dans l'archive puis la pression est mesurée à l'aide du capteur P21 (P_3).

Les pressions P_0 , P_1 , P_2 et P_3 sont déterminées de la manière suivante :

Une série de mesure des couples pressions (capteur de pression P21, cf Figure 1) et températures (capteur de température ambiante du banc) sont mesurés sur une période de temps donnée. Sur cette période, x mesures à intervalles réguliers sont prises en comptes. La période et le nombre de mesure à prendre en compte sont renseignés dans le volet « Paramètres ». Les mesures de la pression et de la température après détente sont réalisées comme indiqué dans la Figure 2.

Pour chaque couple (P_x^i et T_x^i) la pression normalisée PN_x^i est ensuite déterminée.

Les pressions P_x (avec $x \in [0,3]$) sont définies à partir de la moyenne des pressions normalisées de la série de mesure associée (cf Figure 2).

Équations :

Les valeurs de pressions P_x^i (Pa) et de température T_x^i (K) sont mesurées à intervalles réguliers sur une période définie. Les méthodes de mesure de P_x^i et T_x^i ainsi que leurs incertitudes seront définies en collaboration avec l'industriel lors de la phase de conception.

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
	Code projet	Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 10 / 43

Les pressions normalisées sont ensuite calculées à partir de l'équation suivante :

$$PN_x^i = P_x^i \times \frac{T_{ref}}{T_x^i} \quad \text{Équation 8}$$

Avec T_{ref} la température de référence ($T_{ref} = 273.15K$).

La valeur de pression normalisée P_x (Pa) après détente de l'archive dans le volume mort est déterminée à l'aide de l'équation ci-dessous :

$$P_x = \overline{PN_x} \quad \text{Équation 9}$$

L'incertitude de la valeur de pression normalisée (Équation 2) est la suivante :

$$u(P_x) = \frac{s(PN_x)}{\sqrt{n}} \quad \text{Équation 10}$$

Avec n le nombre de mesure prises en compte pour déterminer P_x et $s(PN_x)$ l'écart-type de la série de mesure.

Selon le protocole choisi pour mesurer le volume d'une archive, il convient d'abord de calculer le volume mort selon la relation indiquée dans l'Équation 11.

$$V_m = \frac{V_E}{\frac{P_0}{P_1} - 1} \quad \text{Équation 11}$$

Dans cette relation, le volume mort V_m (cm³) est déterminé à partir du volume étalon V_E (cm³) qui est connu (renseigné dans le volet « Paramètres »), et des pressions P_0 et P_1 (Pa) mesurées pendant la séquence concernée (séquence 8).

Le volume V_I (cm³), est ensuite déterminé à partir de la relation indiquée dans l'Équation 12, avec $V_I = V_{archive} + V_{partie\ 1}$ (cm³).

$$V_I = V_E \times \frac{\left(\frac{P_2}{P_3} - 1\right)}{\left(\frac{P_0}{P_1} - 1\right)} \quad \text{Équation 12}$$

Dans cette relation, les pressions P_0 , P_1 , P_2 et P_3 (Pa) sont déterminées pendant la séquence concernée (séquence 8).

Le volume de l'archive est alors déterminé en retranchant le volume mort de la partie 1 (cf Équation 13).

$$V_{Archive} = V_I - V_{partie\ 1} \quad \text{Équation 13}$$

Avec V_I et $V_{partie\ 1}$ en (cm³).

Les incertitudes des trois relations précédentes sont indiquées respectivement dans les Équation 14, Équation 15 et Équation 16.

$$\frac{u(V_m)}{V_m} = \left(1 - \frac{P_1}{P_0}\right)^{-1} \times \sqrt{\left(1 - \frac{P_1}{P_0}\right)^2 \times \left(\frac{u(V_E)}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{u(P_0)}{P_0}\right)^2 + \left(\frac{u(P_1)}{P_1}\right)^2} \quad \text{Équation 14}$$

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Code projet		Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 11 / 43

Avec :

$$\frac{u(V_I)}{V_I} = \sqrt{\left(\frac{u(V_m)}{V_m}\right)^2 + \left(1 - \frac{P_3}{P_2}\right)^{-2} \times \left(\left(\frac{u(P_2)}{P_2}\right)^2 + \left(\frac{u(P_3)}{P_3}\right)^2\right)}$$
Équation 15

Et :

$$\frac{u(V_{Archive})}{V_{Archive}} = \frac{1}{V_{Archive}} \sqrt{u^2(V_I) + u^2(V_{partie\ 1})}$$
Équation 16

3.4. MESURE DE LA COMPOSITION DE L'ARCHIVE

3.4.1. MESURE DU SIGNAL NORMALISE A L'AIDE DU SPECTROMETRE DE MASSE

Protocole :

Le signal obtenu en spectrométrie de masse dépend de la sensibilité de l'instrument au moment de la mesure, de la matrice, de la teneur en Xe et de la pression au niveau de la source d'ionisation. Malgré tout, à chaque mesure réalisée par le spectromètre de masse, on détermine le signal normalisé par la pression des différents isotopes du xénon.

On considère ensuite la moyenne des signaux normalisés (x mesures¹) ainsi que son écart-type pour considérer des valeurs plus robustes pour les différents isotopes du xénon.

Équations :

Pour chaque couple du signal S^i et de la pression dans la chambre P^i (Pa), le signal normalisé est calculé selon Équation 17.

$$S_{N\ isotope\ X}^i = \frac{S^i}{P^i}$$
Équation 17

Le signal d'une mesure est alors calculé comme indiqué à l'Équation 18.

$$S_{N\ isotope\ X} = \overline{S_{N\ isotope\ X}^i}$$
Équation 18

L'incertitude liée à la mesure de signal normalisé (S_N) est la suivante :

$$\frac{u(S_{N\ isotope\ X})}{S_{N\ isotope\ X}} \approx \frac{u(P)}{P}$$
Équation 19

Les incertitudes seront définies en collaboration avec l'industriel lors de la phase de conception.

¹ Le nombre de mesure à prendre en compte est renseigné dans le volet « Paramètres ».

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
	Code projet	Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 12 / 43

3.4.2.
CALCUL DE LA PRESSION DU GAZ ETALON POUR L'ETALONNAGE DU SPECTROMETRE DE MASSE

Protocole :

L'étalonnage du spectromètre de masse doit être réalisé à l'aide d'un étalon introduit à une pression la plus proche possible de celle de la mesure de l'échantillon.

Pour cela, le volume mort entre les vannes VS3 et VS4 (cf Figure 4, VM) est mis sous pression avant d'être détendu dans la chambre du spectromètre de masse. Le calcul permettant de définir la consigne du régulateur de pression dans le volume mort (cf Figure 4) est présenté ci-dessous.

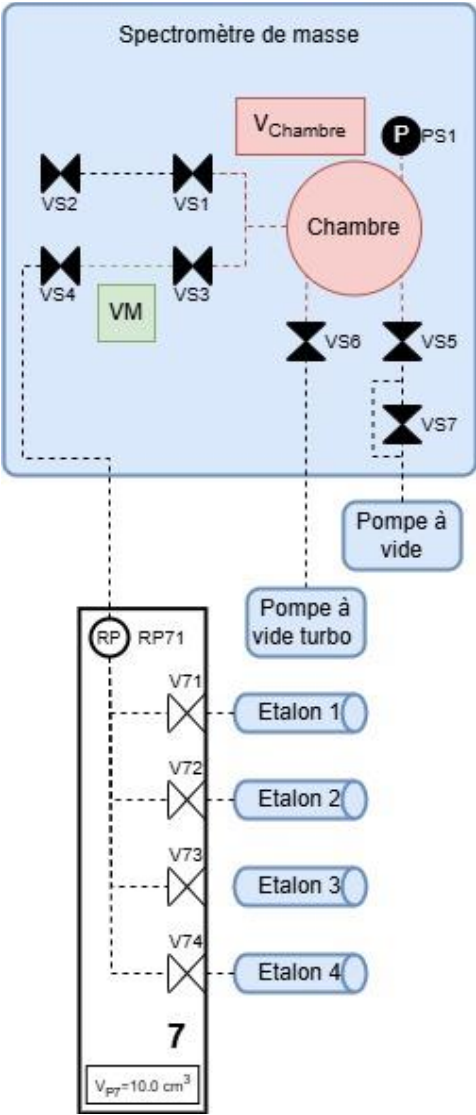


Figure 4 : ZOOM sur le P&ID du spectromètre de masse et de la partie 7 permettant de réaliser l'étalonnage du spectromètre de masse.

Équation :

$$P_{regulateur\ de\ pression} = P_{cible} \frac{V_{Chambre} + VM}{VM}$$

Équation 20

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Code projet		Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 13 / 43

Avec P_{cible} (mbara) la pression à atteindre dans la chambre du spectromètre de masse, $V_{chambre}$ (cm³) le volume du spectromètre de masse et VM (cm³) le volume mort entre les vannes VS3 et VS4 du spectromètre de masse (cf Figure 4). Le volume de la chambre du spectromètre de masse et le volume mort entre les vannes VS3 et VS4 sont renseignés dans le volet « Paramètres ».

3.4.3. ETALONNAGE DU SPECTROMETRE DE MASSE

Protocole :

A partir du fichier de mesure du gaz étalon, les signaux normalisés (cf § 3.4.1) des différents isotopes stables du xénon sont calculés.

A partir de l'étalonnage, l'équation de la courbe du signal normalisé en fonction de la teneur est définie (cf Figure 5). Le modèle de la courbe de tendance est linéaire.

La teneur de chaque isotope du xénon est déterminée à partir de leur abondance naturelle (cf Équation 21).

Isotope	Abondance naturelle (%)	Isotope	Abondance naturelle (%)
Xe 124	0.095	Xe 131	21.232
Xe 126	0.089	Xe 132	26.909
Xe 128	1.910	Xe 134	10.436
Xe 129	26.401	Xe 136	8.857
Xe 130	4.071		

Tableau 2 : Tableau de l'abondance naturelle des différents isotopes du xénon stable. Les isotopes Xe 124, Xe 126 et Xe 128 (en gris dans le tableau) ont une abondance trop faible et ne sont donc pas utilisés pour les différents calculs de la teneur en xénon.

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Code projet		Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 14 / 43

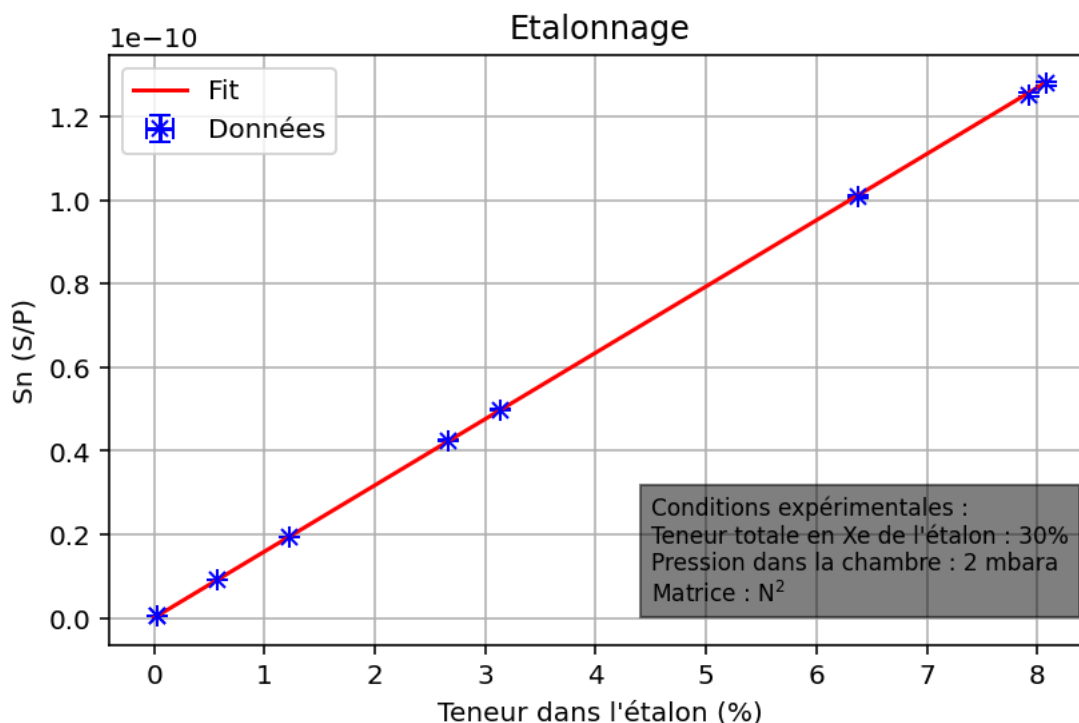


Figure 5 : Exemple d'un étalonnage à partir du signal normalisé en fonction de la teneur des différents isotopes du xénon stable.

Équations :

L'équation de la teneur des différents isotopes du xénon stable contenus dans l'étalon est la suivante :

$$[Xe]_{\text{Isotope } X}^{\text{Etalon}} = \frac{[Xe]_{\text{Isotope } X}^{\text{Abondance naturelle}} \times [Xe]_{\text{Etalon}}}{100} \quad \text{Équation 21}$$

Avec $[Xe]_{\text{Isotope } X}^{\text{Abondance naturelle}}$ et $[Xe]_{\text{Etalon}}$ en %.

L'incertitude de l'Équation 21 est la suivante :

$$\frac{u([Xe]_{\text{Isotope } X}^{\text{Etalon}})}{[Xe]_{\text{Isotope } X}^{\text{Etalon}}} = \frac{u([Xe]_{\text{Etalon}})}{[Xe]_{\text{Etalon}}} \quad \text{Équation 22}$$

Les paramètres du fit (a et b) de l'étalonnage sont définis à l'aide de la méthode des moindres carrés à partir du signal normalisé (cf §3.4.1) et de la teneur des différents isotopes du xénon.

A partir de la matrice de covariance, les incertitudes sur les paramètres a et b (respectivement ua et ub) sont déterminées.

La teneur en xénon de l'archive ou de la cellule est alors déterminée à partir du signal normalisé de la mesure à l'aide du spectromètre de masse et de l'équation suivante :

$$[Xe]_{\text{Isotope } X}^{\text{Echantillon}} = \frac{S_{N\text{Isotope } X}^{\text{Echantillon}} - b}{a} \quad \text{Équation 23}$$

Avec a et b les paramètres du fit d'étalonnage.

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
	Code projet	Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 15 / 43

L'incertitude sur la teneur d'un isotope de xénon X (Équation 23) contenu dans l'échantillon est la suivante :

$$\frac{u([Xe]_{Isotope\ X}^{Echantillon})}{[Xe]_{Isotope\ X}^{Echantillon}} = \sqrt{\left(\frac{1}{S_n - b}\right)^2 (u^2(S_n) + u^2(b)) + \left(\frac{u(a)}{a}\right)^2} \quad \text{Équation 24}$$

3.4.4. CALCUL DE LA COMPOSITION

Équations :

Les isotopes avec une abondance naturelle inférieure à 4 % (Xe 124, Xe 126 et Xe 128) ne sont pas utilisés pour calculer la teneur en xénon stable.

La teneur en xénon stable de l'échantillon est calculée (Équation 25) en sommant les teneurs des différents isotopes d'intérêts calculées à partir de l'équation d'étalonnage (Équation 23).

$$[Xe]_{Stable\ tot} = \frac{\sum_{X=129} [Xe]_{Isotope\ X}^{Echantillon}}{\sum_{X=129} [Xe]_{Isotope\ X}^{Abondance\ naturelle}} \times 100 \quad \text{Équation 25}$$

L'incertitude sur la teneur en xénon stable dans l'échantillon est la suivante :

$$u([Xe]_{Stable\ tot}) = \sqrt{\sum \left(u([Xe]_{Isotope\ X}^{Echantillon})\right)^2} \quad \text{Équation 26}$$

3.5. MESURE DE LA PRESSION DANS LA CELLULE

L'objectif ici est de mesurer la pression dans la cellule pendant la mesure de l'activité nucléaire de l'échantillon. La mesure de la pression est réalisée avant de définir la composition de la cellule (séquence 7).

Si la mesure de la composition de la cellule est réalisée par spectrométrie de masse deux options sont possibles :

- La mesure de la composition de la cellule est réalisée **avant** la mesure nucléaire : il est alors nécessaire de définir la pression dans la cellule après mesure de la composition (pression dans la cellule pendant la mesure par spectrométrie gamma) ;
- La mesure de la composition de la cellule est réalisée **après** la mesure nucléaire : il est alors nécessaire de définir la pression dans la cellule avant la mesure de la composition (pression dans la cellule pendant la mesure par spectrométrie gamma).

Si la mesure de la composition de la cellule est réalisée par chromatographie gazeuse, alors la teneur en xénon et la pression de la cellule sont renseignées par l'opérateur après le transfert et la mesure par spectrométrie gamma de l'échantillon.

Les équations présentées dans les paragraphes 3.5.1 et 3.5.2 sont valables uniquement si la vanne V32 est présente (cf $VM_{P3\ ech}$).

Dans les paragraphes 3.5.1 et 3.5.2 la pression mesurée ($P_{mesurée}$) après détente, permettant de calculer la pression initiale dans l'archive, est définie de la manière suivante :

- Les couples pression (capteur de pression P21, cf Figure 6) et température (capteur de température ambiante du banc) sont mesurés sur une période de temps donnée (P_x et T_x). Sur cette période, x mesures à intervalles réguliers sont prises en comptes. La période et le nombre de mesure à prendre

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
	Code projet	Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 16 / 43

en compte sont renseignés dans le volet « Paramètres ». Les mesures de la pression et de la température après détente sont réalisées comme indiqué dans la Figure 2.

- Pour chaque couple P_x (Pa) et T_x (K) la pression normalisée P_x^N (Pa) est déterminée.

$$P_i^N = P_i \times \frac{T_{ref}}{T_i} \quad \text{Équation 27}$$

Avec T_{ref} la température de référence et $T_{ref} = 273.15$ K.

- La moyenne des pressions normalisées $P_{mesurée}^N$ (Pa) est alors calculée et utilisée comme valeur de pression après détente de l'archive.

$$P_{mesurée}^N = \overline{P_i^N} \quad \text{Équation 28}$$

- L'incertitude de la valeur de pression normalisée (Équation 28) est la suivante :

$$u(P_{mesurée}^N) = \frac{s(P^N)}{\sqrt{n}} \quad \text{Équation 29}$$

Avec n le nombre de mesure prises en compte pour déterminer P^N et $s(P^N)$ l'écart-type de la série de mesure.

3.5.1. MESURE DE LA PRESSION DANS LA CELLULE (MESURE AVANT SPECTROMETRIE GAMMA)

Lorsque la composition de la cellule est mesurée avant la mesure nucléaire, la pression dans la cellule après prélèvement de l'échantillon doit être déterminée.

Protocole :

Dans un premier temps la cellule est détendue dans le volume de prélèvement ($VM_{P3\ ech}$, en jaune sur la Figure 6). La cellule est ensuite isolée (prélèvement d'une faible quantité de l'échantillon).

Dans un second temps, le volume de prélèvement ($VM_{P3\ ech}$) est détendu dans les volumes morts de la partie 2 et 3 (VM_{P2} et VM_{P3} , cf Figure 6). La pression ($P_{mesurée}^N$) est alors déterminée comme indiqué en introduction du paragraphe 3.5).

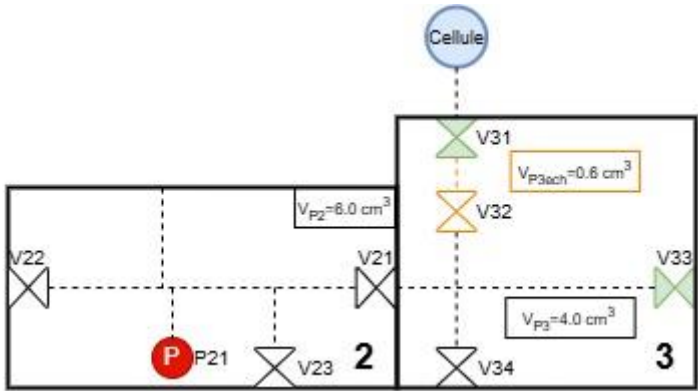


Figure 6 : P&ID de parties 2 et 3 utilisées pour mesurer la pression dans la cellule.

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Code projet		Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 17 / 43

Équations :

Le calcul de la pression dans la cellule après la mesure de la composition est la suivante :

$$P_{Cellule}^N = P_{mesurée}^N \times R_{Volume} \quad \text{Équation 30}$$

Avec :

$$R_{Volume} = \frac{V_{tot}}{VM_{P3\ ech}} \quad \text{Équation 31}$$

Et :

$$V_{tot} = VM_{P3\ ech} + VM_{P2} + VM_{P3} \quad \text{Équation 32}$$

Avec : $P_{mesurée}^N$ (Pa) la pression mesurée (la méthode pour déterminer la pression est détaillée en introduction du paragraphe 3.5) à l'aide du capteur P21 (cf Figure 6). $VM_{P3\ ech}$, VM_{P2} et VM_{P3} (cm³) respectivement les volumes morts d'échantillonnage, de la partie 2 et de la partie 3. Les volumes morts sont connus et renseignés dans le volet « Paramètres ». La température de la cellule est également mesurée en même temps que la pression.

L'incertitude de l'Équation 30 est la suivante :

$$\frac{u(P_{Cellule})}{P_{Cellule}} = \sqrt{\left(\frac{u(P_{mesurée}^N)}{P_{mesurée}^N}\right)^2 + \left(\frac{u(R_{Volume})}{R_{Volume}}\right)^2} \quad \text{Équation 33}$$

Avec :

$$\frac{u(R_{Volume})}{R_{Volume}} = \sqrt{\left(\frac{u(V_{tot})}{V_{tot}}\right)^2 + \left(\frac{u(VM_{P3\ ech})}{VM_{P3\ ech}}\right)^2} \quad \text{Équation 34}$$

Et :

$$\frac{u(V_{tot})}{V_{tot}} = \frac{1}{V_{tot}} \times \sqrt{(VM_{P3\ ech})^2 + (VM_{P2})^2 + (VM_{P3})^2} \quad \text{Équation 35}$$

3.5.2. MESURE DE LA PRESSION INITIALE DANS LA CELLULE (MESURE APRES SPECTROMETRIE GAMMA)

Lorsque la composition de la cellule est mesurée après la mesure nucléaire, la pression dans la cellule durant la mesure nucléaire (avant prélèvement) doit être déterminée.

Protocole :

Dans un premier temps la cellule est détendue dans le volume de prélèvement ($VM_{P3\ ech}$, en jaune sur la Figure 6). La cellule est ensuite isolée (prélèvement d'une faible quantité de l'échantillon).

Dans un second temps, le volume de prélèvement ($VM_{P3\ ech}$) est détendu dans les volumes morts de la partie 2 et 3 (VM_{P2} et VM_{P3} , cf Figure 6). La pression ($P_{mesurée}$) est alors mesurée à l'aide du capteur P21 puis la pression dans la cellule avant la mesure de la composition est calculée à partir de l'Équation 36.

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Code projet		Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 18 / 43

Équations :

Le calcul de la pression initiale dans la cellule est le suivant :

$$P_{Cellule}^N = P_{int} \times R_{Volume}^{Défente 1} \quad \text{Équation 36}$$

Avec :

$$R_{Volume}^{Défente 1} = \frac{V_{tot}^{Défente 1}}{V_{cel}} \quad \text{Équation 37}$$

Et :

$$V_{tot}^{Défente 1} = VM_{P3 ech} + V_{cel} \quad \text{Équation 38}$$

Puis :

$$P_{int} = P_{mesurée}^N \times R_{Volume}^{Défente 2} \quad \text{Équation 39}$$

Avec :

$$R_{Volume}^{Défente 2} = \frac{V_{tot}^{Défente 2}}{VM_{P3 ech}} \quad \text{Équation 40}$$

Et enfin :

$$V_{tot}^{Défente 2} = VM_{P3 ech} + VM_{P2} + VM_{P3} \quad \text{Équation 41}$$

Avec : $P_{mesurée}^N$ (Pa) la pression mesurée (la méthode pour déterminer la pression est détaillée en introduction du paragraphe 3.5) à l'aide du capteur P21 (cf Figure 6). $VM_{P3 ech}$, VM_{P2} , VM_{P3} et VM_{cel} (cm³) sont respectivement les volumes morts d'échantillonnage, de la partie 2, de la partie 3 et de la cellule. Les volumes morts sont connus et renseignés dans le volet « Paramètres ». La température de la cellule est également mesurée en même temps que la pression.

L'incertitude sur la pression initiale de la cellule est déterminée à partir des équations suivantes :

$$\frac{u(P_{Cellule}^N)}{P_{Cellule}^N} = \sqrt{\left(\frac{u(P_{int})}{P_{int}}\right)^2 + \left(\frac{u(R_{Volume}^{Défente 1})}{R_{Volume}^{Défente 1}}\right)^2} \quad \text{Équation 42}$$

Avec :

$$\frac{u(R_{Volume}^{Défente 1})}{R_{Volume}^{Défente 1}} = \sqrt{\left(\frac{u(V_{tot}^{Défente 1})}{V_{tot}^{Défente 1}}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{cel})}{V_{cel}}\right)^2} \quad \text{Équation 43}$$

Et :

$$\frac{u(V_{tot}^{Défente 1})}{V_{tot}^{Défente 1}} = \frac{1}{V_{tot}^{Défente 1}} \times \sqrt{u(VM_{P3 ech})^2 + u(V_{cel})^2} \quad \text{Équation 44}$$

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Code projet	Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages	
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 19 / 43

Puis :

$$\frac{u(P_{int})}{P_{int}} = \sqrt{\left(\frac{u(V_{tot}^{Détente\ 2})}{V_{tot}^{Détente\ 2}}\right)^2 + \left(\frac{u(VM_{P3\ ech})}{VM_{P3\ ech}}\right)^2} \quad \text{Équation 45}$$

Avec :

$$\frac{u(R_{Volume}^{Détente\ 2})}{R_{Volume}^{Détente\ 2}} = \sqrt{\left(\frac{u(P_{mesurée}^N)}{P_{mesurée}^N}\right)^2 + \left(\frac{u(R_{Volume}^{Détente\ 2})}{R_{Volume}^{Détente\ 2}}\right)^2} \quad \text{Équation 46}$$

Et enfin :

$$\frac{u(V_{tot}^{Détente\ 2})}{V_{tot}^{Détente\ 2}} = \frac{1}{V_{tot}^{Détente\ 2}} \times \sqrt{u(VM_{P3\ ech})^2 + u(VM_{P2})^2 + u(VM_{P3})^2} \quad \text{Équation 47}$$

3.6. RENDEMENT DE TRANSFERT

Le rendement de transfert est un des indicateurs permettant de suivre les performances du banc mais également un des critères de l'OTICE.

La pression normalisée par la température de l'archive ($P_{0\ Archive}^N$) et de la cellule ($P_{Cellule}^N$) sont définies respectivement dans les paragraphes 3.2 et 3.4.

Une série de mesure de la pression et de la température est réalisée pendant X min avec une fréquence de Y mesures par minute (cf Figure 2). Avec P^{Arch} déterminée dans le paragraphe 3.1.

Équations :

Pour s'assurer de respecter le critère OTICE, une fois tous les paramètres déterminés (cf §3.2, 3.3, 3.4 et 3.5), il convient de calculer le rendement selon la formule indiquée dans l'Équation 48.

$$\eta = \frac{n_{Xe}^{Cel}}{n_{Xe}^{Arch}} = \frac{x_{Xe}^{Cel} \times P^{Cel} \times V^{Cel} \times T^{Arch}}{x_{Xe}^{Arch} \times P^{Arch} \times V^{Arch} \times T^{Cel}} = \frac{x_{Xe}^{Cellule} \times P_{Cellule}^N \times V_{Cellule}}{x_{Xe}^{Archive} \times P_{0\ Archive}^N \times V_{Archive}} \quad \text{Équation 48}$$

Dans cette équation, x est la teneur en xénon (sans unité), $P_{Archive/Cellule}^N$ est la pression (Pa), $V_{Archive/Cellule}$ le volume (m³). L'indice Cel fait référence à la cellule de mesure et l'indice Arch à l'archive. Le volume de la cellule ($V_{Cellule}$) et sont incertitude sont renseignés dans le volet « Paramètres ».

L'incertitude de cette équation est indiquée selon la formule de l'Équation 49.

$$\frac{u(\eta)}{\eta} = \sqrt{\left(\frac{u(x_{Cellule}^{Xe})}{x_{Cellule}^{Xe}}\right)^2 + \left(\frac{u(P_{Cellule}^N)}{P_{Cellule}^N}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{Cellule})}{V_{Cellule}}\right)^2 + \left(\frac{u(x_{Archive}^{Xe})}{x_{Archive}^{Xe}}\right)^2 + \left(\frac{u(P_{0\ Archive}^N)}{P_{0\ Archive}^N}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{Archive})}{V_{Archive}}\right)^2} \quad \text{Équation 49}$$

Les incertitudes sur le volume de l'archive, les teneurs en xénon de l'archive et de la cellule, les pressions normalisées de l'archive et de la cellule sont déterminées dans les paragraphes précédents.

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
	Code projet	Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 20 / 43

3.7. VOLUME DE XENON CNTP

Le volume de xénon dans les conditions normales de température et pression (CNTP) est une manière, utilisée par l'OTICE, de présenter la quantité de xénon contenue dans l'archive et la cellule.

Le volume de xénon CNTP de l'archive avant transfert et de la cellule après transfert sont calculés à partir des équations suivantes.

Équations :

Le calcul du volume de xénon CNTP (V_{Xe}) est le suivant (Équation 50):

$$V_{Archive/Cellule}^{Xe} = \frac{P \times V \times T_{CN}}{T \times P_{CN}} \times [Xe] \quad \text{Équation 50}$$

$$= \frac{P_{Archive/Cellule}^N \times V_{Archive/Cellule}}{P_{CN}} \times x_{Archive/Cellule}^{Xe}$$

Avec $P_{Archive/Cellule}^N$, $V_{Archive/Cellule}$ et $x_{Archive/Cellule}^{Xe}$ respectivement la pression normalisée (Pa), le volume (cm^3), et la teneur en xénon (sans unité) du volume considéré. P_{CN} la pression normalisées ($P_{CN} = 101325 \text{ Pa}$).

L'incertitude de l'Équation 50 est calculée selon la formule de l'Équation 51.

$$\frac{u(V_{Archive/Cellule}^{Xe})}{V_{Archive/Cellule}^{Xe}} \quad \text{Équation 51}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{u(P_{Archive/Cellule}^N)}{P_{Archive/Cellule}^N}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{Archive/Cellule})}{V_{Archive/Cellule}}\right)^2 + \left(\frac{u(x_{Archive/Cellule}^{Xe})}{x_{Archive/Cellule}^{Xe}}\right)^2}$$

3.8. VOLUME EQUIVALENT

Le volume équivalent correspond au volume d'air CNTP à traiter nécessaire pour obtenir un volume donné de xénon CNTP.

Équations :

Le calcul du volume équivalent est le suivant (Équation 52) :

$$V_{Xe}^{Eq} = \frac{V_{Xe}}{[Xe]_{Naturel}} = \frac{P_{Archive/Cellule}^N \times V_{Archive/Cellule}}{P_{CN}} \times \frac{x_{Archive/Cellule}^{Xe}}{x_{Naturel}} \quad \text{Équation 52}$$

Avec $P_{Archive/Cellule}^N$, $V_{Archive/Cellule}$ et $x_{Archive/Cellule}^{Xe}$ respectivement la pression normalisée (Pa), le volume (cm^3) et la teneur en xénon (sans unité) du volume considéré. P_{CN} la pression normalisées ($P_{CN} = 101325 \text{ Pa}$). $x_{Naturel}$ la teneur naturelle en xénon dans l'air ambiant ($x_{Naturel} = 87 \pm 1 \text{ ppbm}$).

L'incertitude de cette relation est indiquée par l'Équation 53.

$$\frac{u(V_{Xe}^{Eq})}{V_{Xe}^{Eq}} = \sqrt{\left(\frac{u(P_{Archive/Cellule}^N)}{P_{Archive/Cellule}^N}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{Archive/Cellule})}{V_{Archive/Cellule}}\right)^2 + \left(\frac{u(x_{Archive/Cellule}^{Xe})}{x_{Archive/Cellule}^{Xe}}\right)^2} \quad \text{Équation 53}$$

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
	Code projet	Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 21 / 43

3.9. CAPACITE D'ADSORPTION DE L'ADSORBANT

Le calcul de la capacité d'adsorption est utilisé pour caractériser la performance de l'adsorbant dans le temps.

Protocole :

Après avoir tiré au vide l'ensemble du banc, un flux de gaz contrôle qualité est envoyé à travers la colonne. La composition du gaz en sortie de la colonne est mesurée à l'aide du spectromètre de masse. Une courbe de perçage est alors réalisée (cf Figure 7) afin de déterminer la capacité d'adsorption comme décrite par l'Équation 54.

L'étalonnage du spectromètre de masse est réalisé après la mesure de la capacité d'adsorption de la colonne en utilisant les X dernières mesures comme signal étalon (la teneur du gaz QC est renseignée dans le volet « Paramètres »). Le nombre X de mesure pris en compte est renseigné dans le volet « Paramètres ».

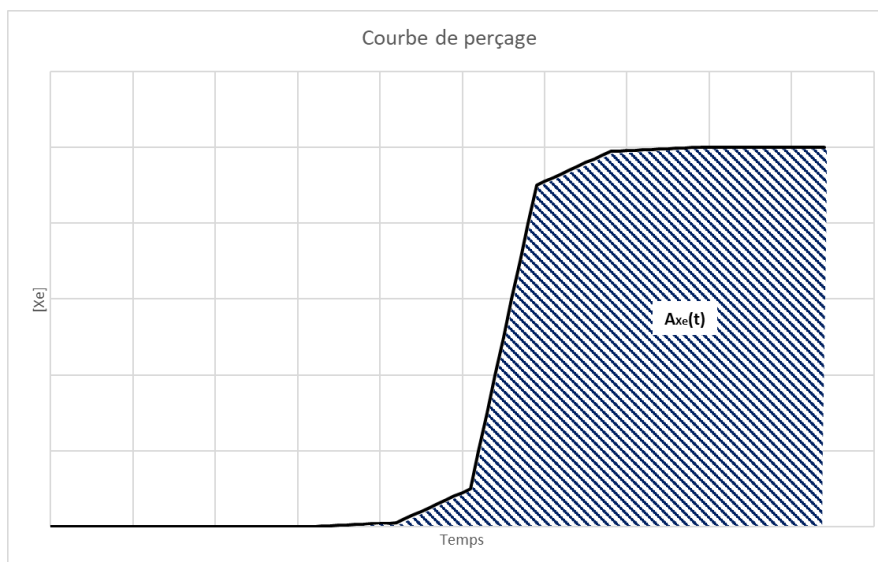


Figure 7 : Exemple d'une courbe de perçage.

Équation :

Le calcul de la capacité d'adsorption est indiqué par l'Équation 54.

$$Capacité = \frac{n_{Xe}^{exp}}{m_{ads}} = \frac{D \times P \times (t \times C_{Xe}^{QC} - A_{Xe}^{(t)})}{R \times T \times m_{ads}} \quad \text{Équation 54}$$

Avec, n_{Xe}^{exp} pour la quantité de Xe (mol), m_{ads} la masse d'adsorbant de la colonne (g), t pour le temps de charge (s), D pour le débit de charge ($Nm^3.s^{-1}$), C_{Xe}^{QC} pour la fraction molaire de Xe dans le gaz QC utilisé (sans unité), P pour la pression normale (101 325 Pa), R pour la constante des gaz parfaits ($8,314 J.K^{-1}.mol^{-1}$), T pour la température normale (273.15 K) et $A_{Xe}(t)$ pour l'aire mesurée en xénon au temps t .

La masse de l'adsorbant (en fonction des caractéristiques de la colonne montée sur le banc), le débit de charge et la fraction molaire de Xe sont renseignés dans le volet « Paramètres ».

		FRL08 Automatisation					
		AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Code projet		Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS		12590	NTT	PO70	26	A	BPO
							Page 22 / 43

3.10. VARIATION DE PRESSION

Protocole :

Pour s'assurer qu'un processus d'adsorption est terminé (lors de la séquence 4 dans le cas d'une adsorption par tirage au vide ou par détente dans un volume) il est possible de déterminer le différentiel de pression selon la relation indiquée par l'Équation 55.

Il est ici question de déterminer le différentiel de manière dynamique en calculant continuellement cette valeur. Pour valider le critère de stabilisation, il faut que le différentiel soit inférieur à une valeur, spécifiée pendant X min (« Période » en vert sur le graphique Figure 8) ce qui traduit que la pression n'évolue plus significativement et donc que le système est à l'équilibre. La valeur seuil, X et l'intervalle entre deux mesures sont définis dans le volet « Paramètres ».

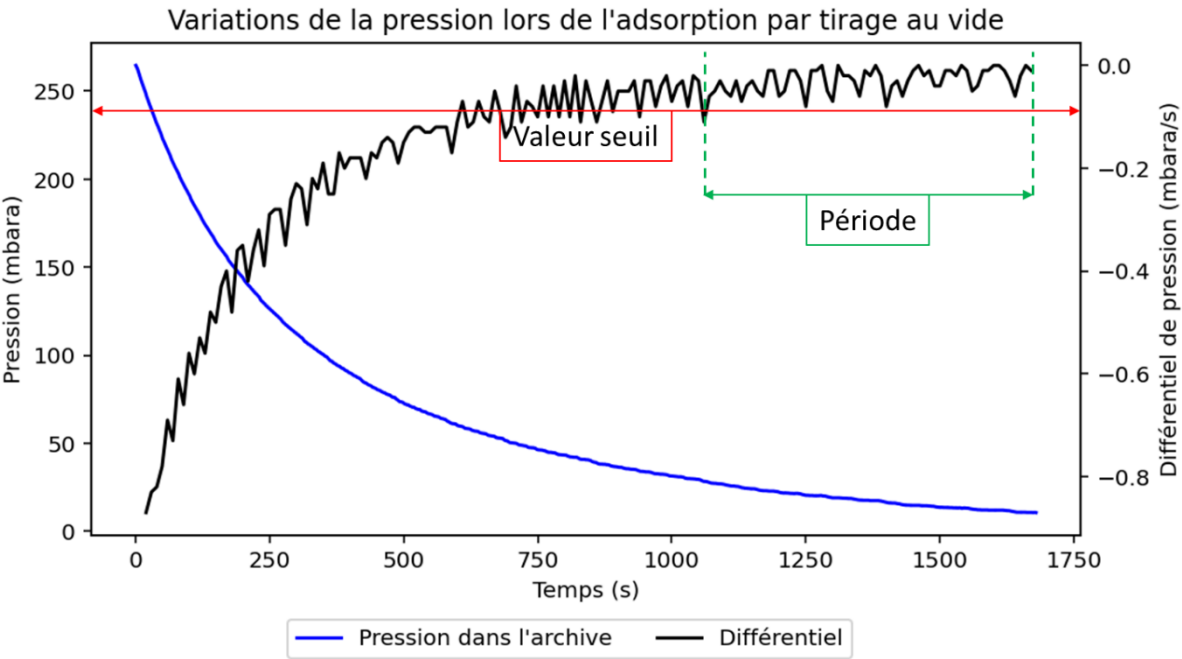


Figure 8 : Graphique de la pression dans l'archive pendant une adsorption par tirage au vide (courbe bleue) et son différentiel (courbe noire).

Équation :

L'Équation 55 permet de calculer le différentiel de pression.

$$\text{Différentiel de pression} = \frac{(P_2 - P_1)}{(t_2 - t_1)} \quad \text{Équation 55}$$

Avec la pression en mbara et le temps en s.

3.11. TAUX DE FUITE

Protocole :

Le taux de fuite est régulièrement mesuré dans les différentes séquences afin de s'assurer de la qualité des connexions des différentes parties du banc.

Le protocole de mesure du taux de fuite est le suivant :

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Code projet		Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 23 / 43

- Faire le vide dans le volume concerné ;
- Mesurer la pression initiale (P_1) ;
- Isoler le volume ;
- Attendre X min puis mesurer la pression finale (P_2).

Les valeurs maximales acceptables de taux de fuite sont renseignées dans le volet « Séquences ».

Équation :

Comme indiqué précédemment, il est régulièrement question de s'assurer de l'étanchéité de différentes parties du banc. Pour cela le taux de fuite est déterminé. Il est calculé selon la relation indiquée par l'Équation 56.

$$\text{Taux de fuite} = \frac{(P_2 - P_1)}{(t_2 - t_1)} \quad \text{Équation 56}$$

Dans cette équation, les pressions P_x (mbara) sont mesurées au cours des différentes séquences à un instant t_x (s), pour un état initial d'indice 1 et un état final d'indice 2.

FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A							
Code projet	Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages	
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 24 / 43

4. Composition des recettes

Cette section décrit les différentes séquences qui composent les recettes que devra réaliser le banc de transfert.

Chaque recette est composée d'une suite de séquences. Un total de 8 recettes est prévu. Toutes les étapes des séquences sont détaillées dans le fichier AEOS_12590_TAB_PO70_25_B. Un schéma définissant les relations entre les séquences et les recettes est présenté ci-dessous.

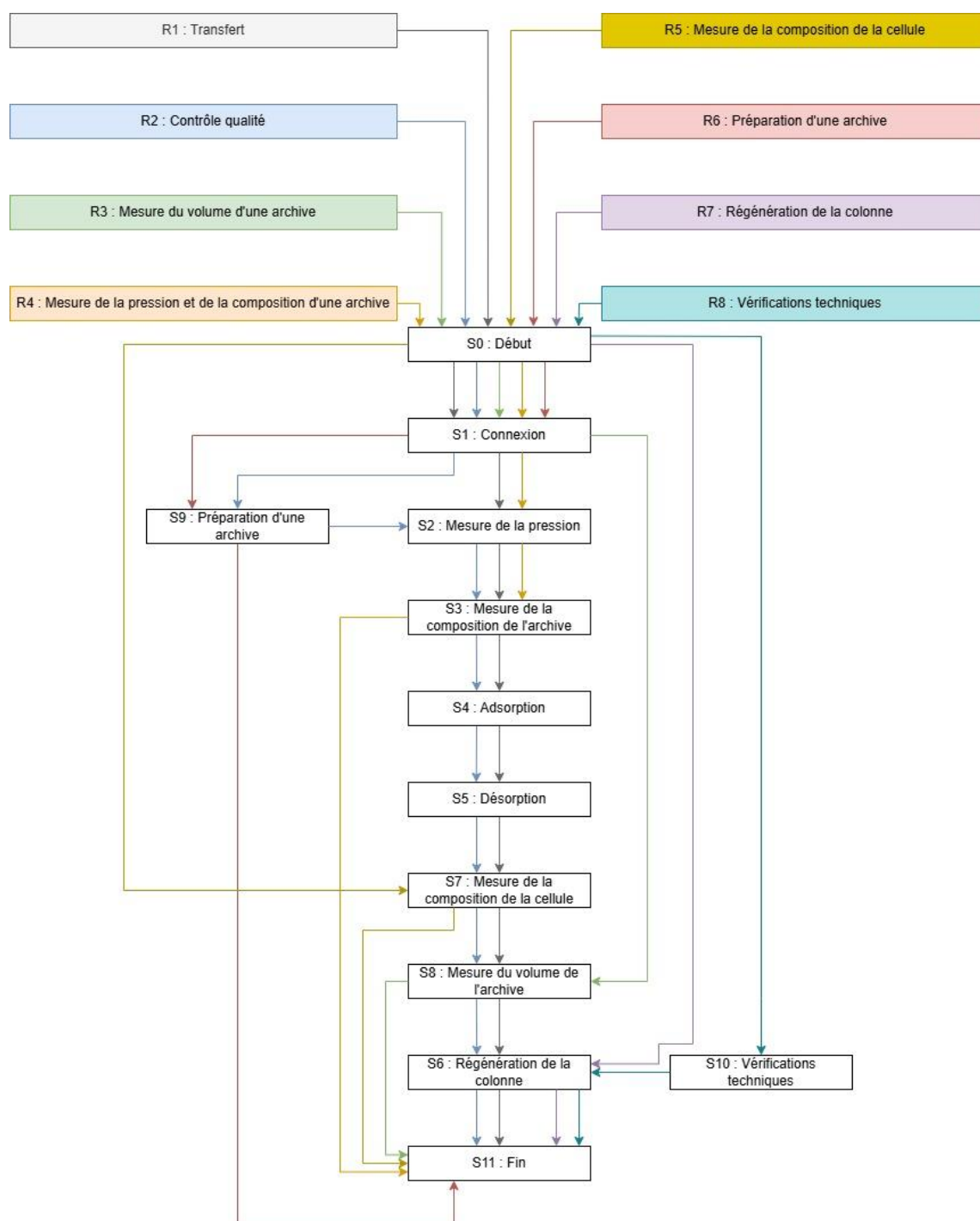


Figure 9 : Schéma détaillant les relations entre les séquences en fonction des recettes.

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Code projet		Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 25 / 43

4.1. R1 : TRANSFERT

L'objectif de cette recette est de réaliser le transfert du xénon contenu dans une archive de l'OTICE vers une cellule de mesure.

Cette recette est composée de la manière suivante :

- S0 : Séquence d'initialisation ;
- S1 : Séquence connexion ;
- S2 : Séquence mesure de la pression ;
- S3 : Séquence mesure de la composition de l'archive ;
- S4 : Séquence adsorption ;
- S5 : Séquence désorption ;
- S7 : Séquence mesure de la composition de la cellule ;
- S8 : Séquence mesure du volume de l'archive ;
- S6 : Séquence régénération de la colonne ;
- S11 : Séquence de fin.

4.2. R2 : CONTROLE QUALITE

L'objectif de cette recette est de réaliser le transfert du xénon d'une archive, remplie avec un gaz contrôle qualité, vers une cellule de mesure.

Cette recette est composée de la manière suivante :

- S0 : Séquence d'initialisation ;
- S1 : Séquence connexion ;
- S9 : Séquence préparation d'une archive ;
- S2 : Séquence mesure de la pression ;
- S3 : Séquence mesure de la composition de l'archive ;
- S4 : Séquence adsorption ;
- S5 : Séquence désorption ;
- S7 : Séquence mesure de la composition de la cellule ;
- S8 : Séquence mesure du volume de l'archive ;
- S6 : Séquence régénération de la colonne ;
- S11 : Séquence de fin.

4.3. R3 : MESURE DU VOLUME D'UNE ARCHIVE

L'objectif de cette recette est de mesurer de manière précise le volume d'une archive connectée au banc.

Cette recette est composée de la manière suivante :

- S0 : Séquence d'initialisation ;
- S1 : Séquence connexion ;
- S8 : Séquence mesure du volume de l'archive ;
- S11 : Séquence de fin.

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Code projet		Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 26 / 43

4.4. R4 : MESURE DE LA COMPOSITION ET DE LA PRESSION DANS UNE ARCHIVE

L'objectif de cette recette est de mesurer la pression initiale dans une archive ainsi que sa composition.

Cette recette est composée de la manière suivante :

- S0 : Séquence d'initialisation ;
- S1 : Séquence connexion ;
- S2 : Séquence mesure de la pression ;
- S3 : Séquence mesure de la composition de l'archive ;
- S11 : Séquence de fin.

4.5. R5 : MESURE DE LA COMPOSITION DE LA CELLULE

L'objectif de cette recette est de mesurer la composition du gaz contenu dans la cellule.

Cette recette est composée de la manière suivante :

- S0 : Séquence d'initialisation ;
- S7 : Séquence mesure de la composition de la cellule ;
- S11 : Séquence de fin.

4.6. R6 : PREPARATION D'UNE ARCHIVE

L'objectif de cette recette est de préparer une archive à l'aide du gaz contrôle qualité adéquate.

Cette recette est composée de la manière suivante :

- S0 : Séquence d'initialisation ;
- S1 : Séquence connexion ;
- S9 : Séquence préparation d'une archive ;
- S11 : Séquence de fin.

4.7. R7 : REGENERATION DE LA COLONNE

L'objectif de cette recette est de régénérer la colonne lors d'un changement de colonne ou après une longue période sans utilisation afin de garantir les performances d'adsorption optimales.

Cette recette est composée de la manière suivante :

- S0 : Séquence d'initialisation ;
- S6 : Séquence régénération de la colonne ;
- S11 : Séquence de fin.

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Code projet		Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 27 / 43

4.8. R8 : VERIFICATIONS TECHNIQUES

L'objectif de cette recette est de vérifier les taux de fuite des différentes parties du banc et de vérifier la capacité d'adsorption de l'adsorbant.

Cette recette est composée de la manière suivante :

- S0 : Séquence d'initialisation ;
- S10 : Séquence vérifications techniques ;
- S6 : Séquence régénération de la colonne ;
- S11 : Séquence de fin.

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Code projet		Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 28 / 43

5. Volet de l'IHM

Le contrôle et le pilotage du banc automatique sont réalisés à partir des 9 différents volets de l'IHM (cf cahier des charges n° CEA/DIF/DASE/SRCE DO 111/2026).

Les descriptions réalisées dans cette section ne sont pas définitives et seront à compléter avec l'industriel lors de la phase de conception.

5.1. VOLET « PROCEDE »

L'objectif de ce volet est de permettre à un opérateur de :

- Visualiser sur un synoptique le déroulement d'une recette ;
- Afficher l'évolution du procédé rapidement et clairement dans le temps ;
- Le cas échéant, prendre la main pour réaliser des modifications manuelles.

Ce volet doit répondre aux différents critères présentés dans le cahier des charges n° CEA/DIF/DASE/SRCE DO 111/2026 paragraphe 7.5.4.2.

Le P&ID du banc doit y être représenté (cf annexe §6.1).

5.2. VOLET « SEUILS »

Le rôle de ce volet est de gérer les seuils opérationnels et d'afficher les seuils de sécurité. Seuls les seuils opérationnels sont modifiables par un expert.

Ce volet doit répondre aux différents critères présentés dans le cahier des charges n° CEA/DIF/DASE/SRCE DO 111/2026 paragraphe 7.5.4.3.

Les seuils de sécurité sont les suivants :

- Température maximale de la colonne (risque incendie) ;
- Pression maximale dans le banc (risques projection et/ou explosion) ;
- Consommation électrique maximale (risques surchauffe et/ou départ d'incendie).

Les seuils opérationnels sont les suivants :

- Température maximale de l'adsorbant (dégradation de l'adsorbant) ;
- Pression maximale dans la cellule (dégradation de la cellule de mesure) ;
- Pression maximale admise par la protection de la pompe à vide, s'il est possible de modifier ce paramètre (durée de vie de la pompe à vide) ;
- Différence de température entre les deux thermocouples de la colonne (détection de défaillance des thermocouples).

5.3. VOLET « SEQUENCES »

Le rôle de ce volet est de gérer les seuils de décision permettant la validation d'une étape, les valeurs de régulation et les temporisations.

Ce volet doit répondre aux différents critères présentés dans le cahier des charges n° CEA/DIF/DASE/SRCE DO 111/2026 paragraphe 7.5.4.4.

Le tableau ci-dessous est un exemple des seuils et valeurs nécessaires au bon fonctionnement des différentes séquences du banc. Le nombre de seuils, de valeurs de régulation et de temporisations est estimé à environ 350.

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Code projet		Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 29 / 43

Description de l'étape	N° de séquence	N° étape	N° sous-étape	RP61	Unité	RD61	Unité2	RP71	Unité3	RT51	Unité4	Temporisation	Unité5	Valeur seuil	Unité6
Faire le vide	S1	E1	0									TS1_1	s	PS1_1	mbar
Mesurer les pressions initiale et finale	S1	E2	0									TS1_2	s		
Calculer le taux de fuite	S1	E3	0											TF_S1_Théorique1	mbar/s
Faire le vide	S1	E5	a2									TS1_3	s	PS1_2	mbar
Mesurer les pressions initiale et finale pour tester l'étanchéité de la connexion avec l'archive	S1	E5	a3									TS1_4	s		
Calculer le taux de fuite	S1	E5	a4											TF_S1_Théorique2	mbar/s
Faire le vide	S1	E5	c4									TS1_5	s	PS1_3	mbar
Mesurer les pressions initiale et finale pour tester l'étanchéité du raccord et de la connexion avec l'archive	S1	E5	c5									TS1_6	s		
Calculer le taux de fuite du raccord et de la connexion avec l'archive	S1	E5	C6											TF_S1_Théorique3	mbar/s
Faire le vide	S2	E1	0									TS2_1	s	PS2_1	mbar
Détendre l'archive dans la partie 2	S2	E3	0									TS2_2	s		

Tableau 3 : Extrait du tableau des paramètres des différentes étapes du banc.

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Code projet		Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 30 / 43

5.4. VOLET « RECETTES »

Le rôle de ce volet est de gérer le lancement des séquences de l'automate.

Ce volet doit répondre aux différents critères présentés dans le cahier des charges n° CEA/DIF/DASE/SRCE DO 111/2026 paragraphe 7.5.4.5.

Les différents éléments à renseigner dans le volet « recettes » sont détaillés dans le tableau ci-dessous. Deux recettes sont détaillées :

- Recette QC (contrôle qualité) : cette recette regroupe toutes les séquences que le banc automatique doit pouvoir exécuter excepté la séquence « S10 vérifications techniques ».
Sur l'IHM les éléments présentés dans la Figure 10 doivent pouvoir être renseignés et/ou sélectionnés.
Toutes les autres recettes sauf la recette vérifications techniques seront composées d'une ou plusieurs séquences de la recette « QC ».
- Recette vérifications techniques : cette recette est la seule à utiliser la séquence « S10 vérifications techniques ».
Les éléments à renseigner sur l'IHM de cette recette sont détaillés dans la Figure 11.

Lorsque les éléments en vert sur la Figure 10 sont renseignés et/ou sélectionnés, une partie des éléments (en gris clair sur la Figure 10 et la Figure 11) est alors automatiquement remplie. Ces informations (cf Figure 12, avec en rouge les données d'entrée et en vert les données de sortie) sont stockées par le banc automatique (possible de le stocker via un fichier csv ou autre).

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Code projet	Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages	
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 31 / 43

Informations générales	
Nom de l'opérateur	
Recette	QC
Date	

Informations archive	
SRID	
Référence de l'archive	
Type d'archive	SPX; SNG; SAUNA I; SAUNA II; SAUNA III; Xe int
Nature	QC_IMS; PTE; QC_FRL08; Ech_FRL08; Test_FRL08
Date et heure de réception de l'archive	

Modifiable par un opérateur	
Modifiable par un expert	

Informations séquences			Résultats	Etat des séquences
S1 : Connexion	Type de raccord	RBE 03; RBE 06; QC 4		En attente / En cours / Terminée
	Vanne manuelle sur l'archive	Oui; Non		
	Si absence de vanne manuelle : Connexion sous boîte à gant	Oui; Non		
S9 : Préparation d'une archive	Gaz QC	QC1; QC2; QC3; QC4		En attente / En cours / Terminée
	Pression théorique dans l'archive	Valeur		
S2 : Mesure de la pression dans l'archive	Volume théorique de l'archive	Valeur	Pi (avec volume théorique) et T_archive	En attente / En cours / Terminée
	Pression théorique dans l'archive	Valeur		
S3 : Mesure de la composition de l'archive	Type de mesure de la composition	SM/Aliquote (GC)	Si SM : [Xe]_archive	En attente / En cours / Terminée
	Si GC : Nom de l'aliquote			
	Gaz étalon	ET1; ET2; ET3; ET4		
	Teneur en xénon théorique	Valeur		
	Si mesure de la composition avec SM : methode de mesure	method_N2; method_He		
S4 : Asorption	Type d'adsorption	Détente dans un volume; Tirage au vide		En attente / En cours / Terminée
	Utilisation du volume mort de la partie 3	Oui; Non		
	Utilisation du spectromètre de masse	Oui; Non (imposé par le type de mesure)		
	Pression limite d'adsorption			
S5 : Désorption	Matrice	He; N2		En attente / En cours / Terminée
	Nom de la cellule			
S7 : Mesure de la composition de la cellule	Utilisation du spectromètre de masse	Oui; Non (imposé par le type de mesure)	P_cellule si mesure avant mesure nucléaire ou Pcellule_initiale si mesure après mesure nucléaire et [Xe] cellule et T_cellule	En attente / En cours / Terminée
	Nom de la cellule			
	Gaz étalon	ET1; ET2; ET3; ET4		
	Mesure de la composition :	Avant mesure nucléaire; Après mesure nucléaire		
	Si mesure de la composition avec SM : methode de mesure	method_N2; method_He		
S8 : Mesure du volume de l'archive	Mesure du volume de l'archive	Oui; Non	V_archive	En attente / En cours / Terminée
	Volume théorique de l'archive	Valeur		
S6 : Régénération de la colonne				En attente / En cours / Terminée

Zone commentaire

Figure 10 : Informations à renseignées et résultats des différentes séquences de la recette contrôle qualité.

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Code projet		Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 32 / 43

Modifiable par un opérateur	
Modifiable par un expert	

Informations générales		
Nom de l'opérateur		Si vérification partielle : vérification de toutes les parties par défaut
Recette	Vérifications techniques	
Date		
Spectromètre de masse connecté	Oui; Non	
Type de vérification	Totale; Partielle	
Vérification de la capacité d'adsorption	Oui; Non	

Informations séquences				Résultats	Etat des séquences
S10 : Vérifications techniques	Si vérification partielle	Partie 8	Oui; Non	TF partie 8	En attente / En cours / Terminée
		Partie 3	Oui; Non	TF partie 3	
		Partie 2	Oui; Non	TF partie 2	
		Sous-partie VM	Oui; Non	TF sous-partie VM	
		Sous-partie VT	Oui; Non	TF sous-partie VT	
		Sous-partie VE	Oui; Non	TF sous-partie VE	
		Partie 6	Oui; Non	TF partie 6	
		Sous-partie ZT	Oui; Non	TF sous-partie ZT	
		Sous-partie VD	Oui; Non	TF sous-partie VD	
		Sous-partie VM et ZT	Oui; Non	TF sous-parties VM et ZT	
		Spectromètre de masse	Oui; Non	TF spectromètre de masse	
		Partie 7	Oui; Non	Tf partie 7	
	Si vérification de la capacité d'adsorption	Type de gaz QC	QC 1; QC 2; QC 3; QC 4	Capacité d'adsorption	
		Type de gaz étalon	ET1; ET2; ET3; ET4		
Pression cible (mbara)		Valeur			
Débit (ml/min)		Valeur			
S6 : Régénération de la colonne			Oui; Non		En attente / En cours / Terminée

Zone commentaire					
------------------	--	--	--	--	--

Figure 11 : Informations à renseignées et résultats des différentes séquences de la recette vérifications techniques.

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Code projet		Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 33 / 43

Exemple de fichier type csv permettant de pré remplir les valeurs des séquences 1 à 9						
Nom	Valeur					
Type d'archive	SPX	SNG	SAUNA I	SAUNA II	SAUNA III	Xe int
Type de raccord	RBE 06	RBE03	QC4	QC4	QC4	QC4
Vanne manuelle	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non
Matrice	N2	N2	He	He	N2	N2
Teneur théorique en xénon (%)	30	30	0,3	1	1	40
Volume théorique de l'archive (cm3)	300	150	500	350	350	50
Pression théorique (mabara)	90	100	760	280	280	100
Méthode	method_N2	method_N2	method_He	method_He	method_N2	method_N2
Type d'adsorption	Tirage	Tirage	Détente	Détente	Tirage	Tirage
Boîte à gant	Non	Non	Oui	Oui	Non	Non
Gaz QC	QC1	QC1	QC3	QC4	QC2	QC1
Gaz étalon	ET1	ET1	ET3	ET4	ET2	ET1

	Données d'entrée
	Données de sortie

Figure 12 : Informations nécessaires à la réalisation des séquences 1 à 9 définies en fonction du type d'archive.

5.5. VOLET « RESULTATS »

Le rôle de ce volet est de gérer l'affichage des résultats des différentes recettes réalisées par le banc automatique.

Ce volet doit répondre aux différents critères présentés dans le cahier des charges n° CEA/DIF/DASE/SRCE DO 111/2026 paragraphe 7.5.4.6.

Le tableau ci-dessous regroupe tous les éléments qui devront être affichés dans le volet « Résultats ». Il devra être possible d'effectuer des recherches par SRID, dates, type de recette, type de matrice type d'archive, nom d'opérateur et/ou nature d'archive.

Catégorie	Élément
Authentification	Nom de l'opérateur
	SRID
	Date et heure du transfert
	Date et heure de réception
	Recette
	Type d'archive
	Référence de l'archive
	Nature de l'archive (QC_IMS, PTE, ...)
	Matrice
Options	Technique de mesure
	Mesure du volume de l'archive

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Code projet		Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 34 / 43

	Mesure de la composition de la cellule : avant ou après la mesure nucléaire
	Méthode de mesure
	Connexion sous boite à gant
Conditions	N° raccord
	Volume mort du raccord (et incertitude)
	Volume théorique de l'archive
	Nom de la cellule
	Volume (et incertitude) de la cellule
	Nom du gaz étalon utilisé lors de la mesure de la composition de l'archive
	Teneur en xénon du gaz étalon utilisé lors de la mesure de la composition de l'archive
	Nom du gaz étalon utilisé lors de la mesure de la composition de la cellule
	Teneur en xénon du gaz étalon utilisé lors de la mesure de la composition de la cellule
	Nom du gaz QC de remplissage de l'archive
	Teneur en xénon du gaz QC utilisé pour le remplissage de l'archive
	Pression dans l'archive après remplissage (et incertitude)
	Type d'adsorption
	Nom de l'aliquote
	Volume (et incertitude) de l'aliquote
	Nom de la colonne
	Type d'adsorbant
	Masse d'adsorbant
Résultats (R1, R2, R3, R4, R5 et R6)	Rendement de transfert (et incertitude)

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Assystem	Code projet	Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 35 / 43

	Pression initiale dans l'archive (et incertitude)
	Température initiale de l'archive (et incertitude)
	Pression après transfert dans l'archive (et incertitude)
	Température après transfert dans l'archive (et incertitude)
	Volume de l'archive (et incertitude)
	Teneur en xénon de l'archive (et incertitude)
	Pression dans la chambre du spectromètre de masse lors de la mesure de la composition de l'archive
	Pression de remplissage de la cellule (et incertitude)
	Pression dans la cellule lors de la mesure nucléaire (et incertitude)
	Température initiale de la cellule (et incertitude)
	Volume de la cellule (et incertitude)
	Teneur en xénon de la cellule (et incertitude)
	Pression dans la chambre du spectromètre de masse lors de la mesure de la composition de la cellule
	Pression dans l'aliquote
Performance du banc	Taux de fuite total avec spectromètre de masse
	Taux de fuite total sans spectromètre de masse
	Taux de fuite partie 1
	Taux de fuite partie 2
	Taux de fuite partie 3
	Taux de fuite partie 4
	Taux de fuite partie 5
	Taux de fuite partie 6

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Code projet		Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 36 / 43

	Taux de fuite partie 7
	Taux de fuite partie 8
	Taux de fuite spectromètre de masse
	Capacité d'adsorption

Tableau 4 : Éléments accessibles à partir du volet « Résultats ».

5.6. VOLET « PARAMETRES »

Le rôle de ce volet est de gérer l'affichage et la gestion des différents paramètres du banc. Ce volet doit répondre aux différents critères présentés dans le cahier des charges n° CEA/DIF/DASE/SRCE DO 111/2026 paragraphe 7.5.4.7. La totalité des éléments renseignés dans le volet « Paramètres » doivent être modifiable par un expert.

Les paragraphes 5.6.1 à 5.6.11 regroupent les différents éléments qui devront figurer dans le volet « Paramètres ».

Le volet « Paramètres » est accessible par tous les opérateurs mais les modifications ne sont possibles que par un opérateur expert.

5.6.1. OPERATEURS DU BANC

La gestion des profils opérateur doit être réalisée à partir du volet « Paramètres » et doit notamment permettre d'ajouter des opérateurs.

5.6.2. VOLUMES DU BANC DE TRANSFERT

Le tableau ci-dessous regroupe les volumes à renseigner ainsi que leur incertitude.

Volumes d'intérêts			
Vconnexion RBE 06	Vm partie 3 ech	V théorique SPX	V théorique Xe int
Vconnexion RBE 03	Vm sous-partie VM	V théorique SNG	V cellule
Vconnexion QC4	Vm sous-partie VT	V théorique SAUNA I	V aliquote
Vm partie 2	Vm sous-partie VE	V théorique SAUNA II	V chambre SM
Vm partie 3	Vm VS3-VS4	V théorique SAUNA III	

Tableau 5 : Tableau des volumes (et leur incertitude) renseignés dans le volet « Paramètres ». Avec en rouges les volumes liés à la métrologie.

Il doit être possible d'ajouter et/ou modifier de nouveaux raccords (partie 1, cf P&ID en annexe 6.1), aliquotes et cellules (nom, volume et incertitude) dans le volet « Paramètres ».

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Code projet		Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 37 / 43

5.6.3. GAZ ETALONS ET QC

Le tableau ci-dessous regroupe les 4 types de gaz étalons et les 4 types de gaz QC. Pour chaque gaz le nom de la bouteille, la matrice, la teneur xénon et son incertitude seront renseignées dans le volet « Paramètres ».

Gaz d'intérêts	
QC	Étalon
QC1	Étalon 1
QC2	Étalon 2
QC3	Étalon 3
QC4	Étalon 4

Tableau 6 : Tableau des gaz (et leur incertitude) renseignés dans le volet « Paramètres ». Avec en rouges les gaz liés à la métrologie et en orange les gaz liés au contrôle procédé.

5.6.4. ETALONNAGE DES CAPTEURS

Le tableau ci-dessous regroupe les noms des capteurs nécessitant un étalonnage. Pour chaque capteur, les paramètres d'étalonnage et d'incertitude seront renseignés. Pour rappel (cf cahier des charges n° CEA/DIF/DASE/SRCE DO 111/2026), les capteurs liés à la métrologie (capteur en rouge dans le Tableau 7) doivent avoir un certificat d'étalonnage COFRAC (LNE ou équivalent).

Capteurs	
P21	P82
P41	Tamb
P51	Thermocouple 1
P52	Thermocouple 2
PS1	

Tableau 7 : Tableau des différents capteurs nécessitant un étalonnage. Avec en rouge les capteurs liés à la métrologie.

5.6.5. FREQUENCES D'ACQUISITION DES PARAMETRES PHYSIQUES

La fréquence d'acquisition de tous les éléments du banc (capteurs, régulateurs, thermocouples, ...) doit pouvoir être modifiée dans le volet « Paramètres ».

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
	Code projet	Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 38 / 43

5.6.6. PARAMETRES DE MESURES

Lors des séquences S2, S7, S8 et S9 il est nécessaire de mesurer la pression et la température. La méthode de mesure est décrite dans le protocole du § 3.1.

Il est nécessaire de pouvoir modifier, à partir du volet « Paramètres », les paramètres de mesure suivants :

- La fréquences d'acquisitions des différentes mesures ;
- Le temps total de mesure.

Les capteurs concernés par ces paramètres sont les capteurs suivants :

- P21 ;
- Tamb.

5.6.7. PARAMETRES DE REGULATION

Le Tableau 8 regroupe les régulateurs dont les paramètres de régulation doivent être modifiables, de manière indépendante pour chaque élément de régulation, dans le volet « Paramètres » (exemple si régulation PID : Bande proportionnelle, intégrale et proportionnelle).

Régulateurs	
RP61	RD61
RP71	Température de consigne de l'élément chauffant de la colonne

Tableau 8 : Tableau des différents régulateurs du banc.

5.6.8. PARAMETRAGE DU SUIVI DES VARIATIONS DE PARAMETRE PHYSIQUE

La séquence S4 (Adsorption) nécessite de suivre la variation de la pression lorsque la méthode par détente dans un volume est utilisée. En effet, l'étape est validée lorsque la pression dans l'archive est stable.

Pour cela, la variation de pression est suivie (par exemple à l'aide d'une dérivée glissante) et lorsque la valeur de la variation sur une période donnée est inférieure à une valeur seuil alors la pression est supposée stable et l'automate passe à l'étape suivante.

Dans le cas d'une dérivée glissante, les paramètres à renseignés dans le volet « Paramètres » sont la période à prendre en compte et un seuil minimum.

5.6.9. PARAMETRAGE DES MESURES DU SPECTROMETRE DE MASSE

Pour déterminer une composition à l'aide du spectromètre de masse (archive ou cellule) un certain nombre de mesures sont réalisées. La moyenne du signal normalisée par rapport à la pression est alors utilisée pour définir la composition du mélange (cf § 3.4.1).

Le nombre de mesure à réaliser pour déterminer la composition d'un mélange doit pouvoir être modifié via le volet « Paramètres ».

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
	Code projet	Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 39 / 43

5.6.10. GESTION DE LA NATURE DE L'ARCHIVE

Différentes natures d'archive peuvent être traitées par le banc. Par exemple : « QC_IMS », « PTE », « QC_FRL08 », « Ech_FRL08 » ou encore « Test_FRL08 ».

A partir du volet « Paramètres » il doit être possible de créer de nouvelles natures d'archive ou encore modifier et supprimer les natures existantes.

5.6.11. GESTION DES CARACTERISTIQUES DE LA COLONNE

Pour le suivi des différents transferts et le calcul de la capacité d'adsorption de l'adsorbant, il est nécessaire de renseigner les caractéristiques de la colonne dans le volet « Paramètres ».

A partir du volet « Paramètres » il doit être possible de créer de nouvelles colonnes ou encore modifier et supprimer les colonnes existantes.

Les caractéristiques à renseignées sont les suivantes :

- Nom de la colonne ;
- Nature de l'adsorbant ;
- Masse d'adsorbant ;
- Hauteur d'adsorbant ;
- Diamètre interne de la colonne ;
- Densité.

5.7. VOLET « CARTES DE CONTROLE »

Le rôle de ce volet est de gérer l'affichage les éléments permettant le suivi des performances du banc.

Ce volet doit répondre aux différents critères présentés dans le cahier des charges n° CEA/DIF/DASE/SRCE DO 111/2026 paragraphe 7.5.4.10.

Le tableau ci-dessous regroupe tous les éléments qui devront être affichés dans le volet « Cartes de contrôle » sous forme de tableau. Il reprend le Tableau 4 sans afficher les éléments en gris. Il doit être possible d'effectuer des recherches par SRID, dates, type de recette et/ou type de matrice puis d'afficher un élément (ex : rendement de transfert, pression dans la cellule, etc.) dans le temps.

De plus, des cartes de contrôle permanentes permettant de suivre certains indicateurs dans le temps devront être réalisées pour les éléments suivants :

- Rendement de transfert des recettes QC (affichage par type d'archive) ;
- Taux de fuites (global avec spectromètre de masse, sans spectromètre de masse et par partie) ;
- Capacité d'adsorption de l'adsorbant.

Les limites min et max de contrôle et de tolérance doivent pouvoir être modifiées par un expert dans le volet « Cartes de contrôle ».

Catégorie	Élément
Authentification	Nom de l'opérateur
	SRID
	Date et heure du transfert

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Code projet		Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 40 / 43

	Date et heure de réception
	Recette
	Type d'archive
	Référence de l'archive
	Nature de l'archive (QC_IMS, PTE, ...)
	Matrice
Options	Technique de mesure
	Mesure du volume de l'archive
	Mesure de la composition de la cellule : avant ou après la mesure nucléaire
	Méthode de mesure
	Connexion sous boîte à gant
Conditions	N° raccord
	Volume mort du raccord (et incertitude)
	Volume théorique de l'archive
	Nom de la cellule
	Volume (et incertitude) de la cellule
	Nom du gaz étalon utilisé lors de la mesure de la composition de l'archive
	Teneur en xénon du gaz étalon utilisé lors de la mesure de la composition de l'archive
	Nom du gaz étalon utilisé lors de la mesure de la composition de la cellule
	Teneur en xénon du gaz étalon utilisé lors de la mesure de la composition de la cellule
	Nom du gaz QC de remplissage de l'archive
	Teneur en xénon du gaz QC utilisé pour le remplissage de l'archive

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Code projet		Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 41 / 43

	Pression dans l'archive après remplissage (et incertitude)
	Type d'adsorption
	Nom de l'aliquote
	Volume (et incertitude) de l'aliquote
	Nom de la colonne
	Type d'adsorbant
	Masse d'adsorbant
Résultats (R1, R2, R3, R4, R5 et R6)	Rendement de transfert (et incertitude)
	Pression initiale dans l'archive (et incertitude)
	Température initiale de l'archive (et incertitude)
	Pression après transfert dans l'archive (et incertitude)
	Température après transfert dans l'archive (et incertitude)
	Volume de l'archive (et incertitude)
	Teneur en xénon de l'archive (et incertitude)
	Pression dans la chambre du spectromètre de masse lors de la mesure de la composition de l'archive
	Pression de remplissage de la cellule (et incertitude)
	Pression dans la cellule lors de la mesure nucléaire (et incertitude)
	Température initiale de la cellule (et incertitude)
	Volume de la cellule (et incertitude)
	Teneur en xénon de la cellule (et incertitude)
	Pression dans la chambre du spectromètre de masse lors de la mesure de la composition de la cellule

		FRL08 Automatisation AEOS_12590_NTT_PO70_26_A					
Code projet		Type doc	Poste	Chrono	Indice	État	Pages
AEOS	12590	NTT	PO70	26	A	BPO	Page 42 / 43

	Pression dans l'aliquote
Performance du banc	Taux de fuite total avec spectromètre de masse
	Taux de fuite total sans spectromètre de masse
	Taux de fuite partie 1
	Taux de fuite partie 2
	Taux de fuite partie 3
	Taux de fuite partie 4
	Taux de fuite partie 5
	Taux de fuite partie 6
	Taux de fuite partie 7
	Taux de fuite partie 8
	Taux de fuite spectromètre de masse
	Capacité d'adsorption

Tableau 9 : Tableau des éléments qui doivent figurer dans le volet « Cartes de contrôle ».

6. Annexes

6.1. P&ID DU BANC AUTOMATIQUE

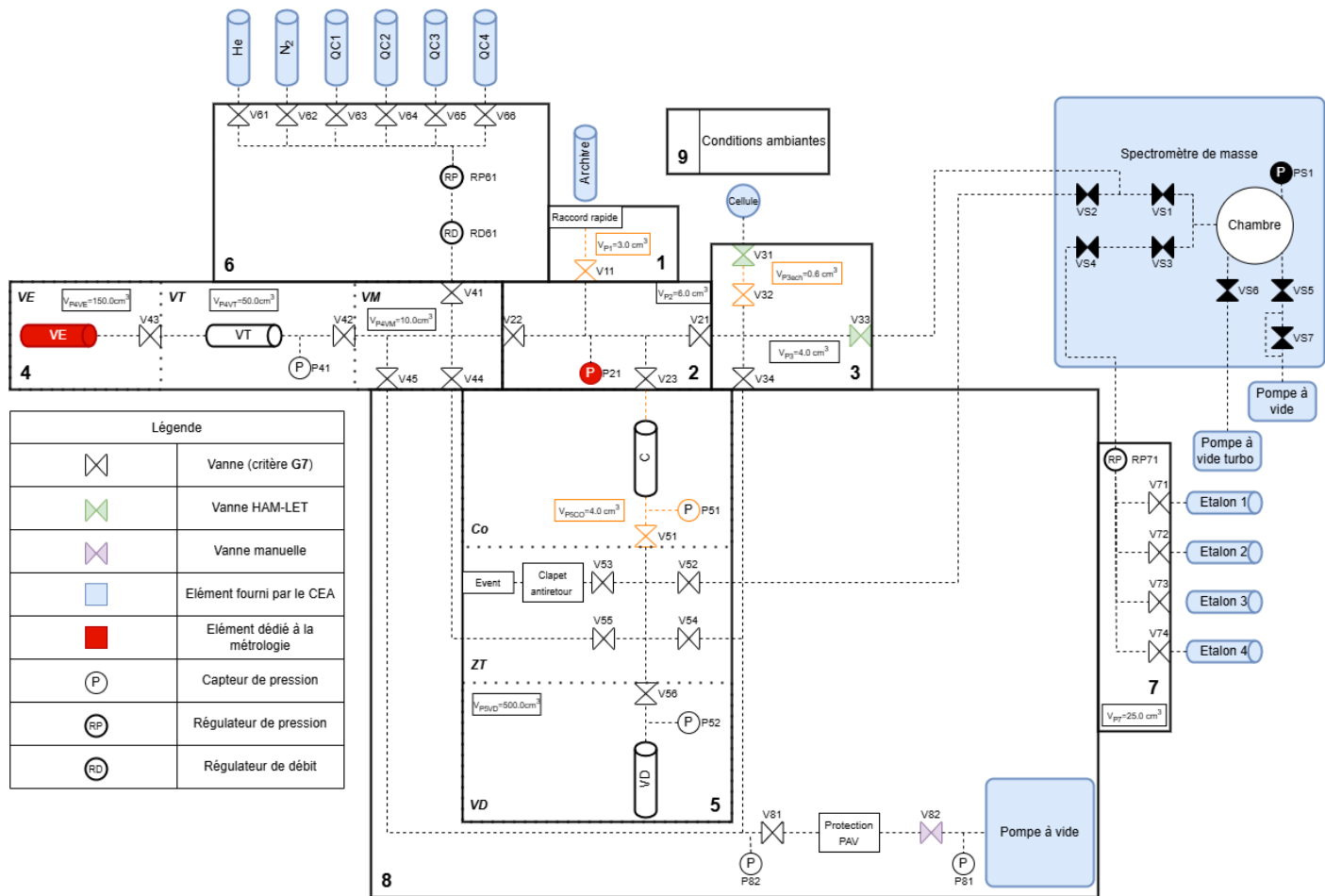


Figure 13 : P&ID du banc de transfert automatique.