

Cahier des charges


Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001









Indice : 1

Page : 1/82

Projet PASTIS – Installation KoKoMo

Etude et réalisation de l'installation KoKoMo

	Acceptation Client ou CdP
Nom	S. DESMAREST
Date	
Signature	 Sébastien DESMAREST 2025.02.06 14:26:38 +01'00'

	Rédacteur(s)	Vérificateur(s)	Référent Qualité	Approbateur
Nom	J-C. PRELE P. MICHAÏLIDES	C. HENRIROUX J. OLIVIERI F. BONNET T. NAUDIN	C. DONQUE-GOMEZ	E. MAGLICA
Date et Visa	 JC PRELE 2025.02.05 09:36:48 +01'00'  Phoëdon MICHAÏLIDES 2025.02.05 09:43:52 +01'00'	 Thomas Naudin 2025.02.05 11:58:54 +01'00'  Julien OLIVIERI 2025.02.05 12:22:44 +01'00'  BONNET Frédéric 2025.02.05 12:10:02 +01'00'  Corinne DONQUE-GOMEZ 2025.02.06 09:46:49 +01'00'	 Corinne DONQUE- GOMEZ 2025.02.06 09:46:49 +01'00'	 MAGLICA Eric 2025.02.06 14:06:10 +01'00'

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo <i>Etude et réalisation de l'installation KoKoMo</i>	Page : 2/82
Indice : 1		

Direction de la Recherche en Sécurité
Service de l'Ingénierie et des Projets de Recherche
Laboratoire de Réalisation d'Equipements Expérimentaux
 Bâtiment 729
 B.P. 3, 13115 Saint Paul-lez-Durance Cedex

HISTORIQUE DES MODIFICATIONS

Ind.	Date	Chapitre	Nature des modifications	Rédacteur	Vérificateur	Référent qualité	Approbateur
0	09/2024	Tous	Création du document	J-C. PRELE P. MICHAÏLIDES	C. HENRIROUX J. OLIVIERI F. BONNET T. NAUDIN	C. DONQUE-GOMEZ	E. MAGLICA
1	02/2025	Tous	Emission du document	J-C. PRELE P. MICHAÏLIDES	C. HENRIROUX J. OLIVIERI F. BONNET T. NAUDIN	C. DONQUE-GOMEZ	E. MAGLICA
2							
3							
4							
5							

TABLE DES MATIÈRES

1	OBJET	6
1.1	Contexte de la prestation	6
1.2	Contenu de la prestation	6
1.3	Délais de réalisation et planification	7
2	DOCUMENTS APPLICABLES	7
2.1	Liste des documents méthodologiques et réglementaires applicables	7
2.2	Documents de référence aux indices en vigueur	8
3	EXIGENCES QUALITE.....	9
4	PRESENTATION GENERALE DE L'INSTALLATION.....	9
4.1	Principe de fonctionnement	9
4.2	Descriptif succinct des différents composants de l'installation KoKoMo	11
4.3	Conditions de fonctionnement	13
5	CONTRAINTES SITE.....	16
5.1	Halle expérimentale – Bâtiment 875.....	16
5.2	Moyens de manutention existants et contraintes d'utilisation	17
6	DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INSTALLATION KOKOMO	18
6.1	Enceinte	18
6.2	Parois refroidies	25
6.3	Description du procédé : partie mécanique	27
6.4	Description du procédé : partie électricité	33
6.5	Description fonctionnelle de la plateforme.....	37
6.6	Description fonctionnelle du calorifuge	38
7	POSTE 1 : ETUDE.....	40
7.1	Etude de l'enceinte KoKoMo, des parois refroidies et des outillages de manutention et de montage.....	41
7.2	Etude du procédé KoKoMo	42
7.3	Etude de la plateforme	52
7.4	Etude du calorifuge	53
8	POSTE 2 : FABRICATION ET RECETTE USINE	53
8.1	Fabrication des composants mécaniques (hors plateforme)	53
8.2	Fabrication de la plateforme, des lignes procédés et du calorifuge	56
8.3	Montage	58

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo <i>Etude et réalisation de l'installation KoKoMo</i>	Page : 4/82
Indice : 1		

8.4	Recette usine	59
9	POSTE 3 : INTEGRATION SUR SITE ET RECETTE SITE	61
9.1	Montage et installation mécanique	61
9.2	Installation et raccordements des équipements électriques	61
9.3	Recette sur site	63
10	POSTE 4 : PRESTATIONS DE SERVICE COMPLEMENTAIRES	65
11	DESCRIPTION DES EQUIPEMENTS ET LIVRABLES ASSOCIES	66
11.1	A la charge de l'ASNR	66
11.2	A la charge du Titulaire	66
12	RECEPTION	67
13	ORGANISATION	68
13.1	Organisation du suivi à l'ASNR	68
13.2	Organisation du Titulaire	68
14	CONDITIONS D'INTERVENTION SUR SITE	69
15	ANNEXE(S)	72
15.1	Annexe 1 : Informations complémentaires sur les parois refroidies	72
15.2	Annexe 2 : Déroulement d'un essai type	74
15.3	Annexe 3 : Exigences sur l'étude thermomécanique	77
15.4	Annexe 4 : Contenu du dossier constructeur (liste non exhaustive)	80

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo <i>Etude et réalisation de l'installation KoKoMo</i>	Page : 5/82
Indice : 1		

GLOSSAIRE

AM	Arrêté Ministériel
AP	Arrêt Procédé
API	Automate programmable industriel
AU	Arrêt d'Urgence
APS	Avant-Projet Sommaire
APD	Avant-Projet Détaillé
ASNR	Autorité de Sûreté Nucléaire et de Radioprotection
BPE	Bon pour Examen
CEM	Compatibilité électromagnétique
DESP	Directive des Equipements Sous Pression
GV	Générateur de Vapeur
IHM	Interface Homme Machine
KoKoMo	COndensation in a COntainment MOdel facility
LOMC	Liste des Opérations Montage et Contrôle
PASTIS	PAssive Systems Thermalhydraulic Investigations for Safety
PIV	Particle Image Velocimetry
PDP	Plan de prévention
PMQP	Plan de Management Qualité Particulier
SMR	Small Modular Reactor
TQC	Tel que construit

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	Page : 6/82
Indice : 1		

1 OBJET

1.1 Contexte de la prestation

Afin de développer et valider les futurs outils de calcul permettant de réaliser la démonstration de sûreté de systèmes passifs innovants développés pour les réacteurs de puissance actuels ou envisagés dans des projets de réacteur de type SMR (Small Modular Reactor), l'ASNR souhaite se munir d'une nouvelle installation expérimentale, dénommée KoKoMo (CONDensation in a CONTainment MODEL facility).

L'installation KoKoMo a pour objectif l'étude du refroidissement passif d'une enceinte métallique via des échanges thermiques par conduction au travers de sa paroi et plus spécifiquement l'étude de la mise en place de la convection naturelle sous l'effet de la condensation de la vapeur en paroi (dôme et/ou partie cylindrique verticale) et son impact sur la stratification des gaz et sur le taux de condensation global.

L'objet de ce document est de définir les spécifications fonctionnelles et techniques pour l'étude et la réalisation de cette installation.

L'ASNR a réalisé l'Avant-Projet Sommaire (APS) de l'installation. Les différents documents de référence mentionnés dans le paragraphe §2.2, ainsi que l'installation présentée dans ce document sont issus de cette étude. **Le Titulaire du marché doit s'approprier le besoin et la conception pour répondre aux différentes fonctionnalités énumérées dans le présent document et finaliser l'étude (réalisation de l'étude d'Avant-Projet Détaillé), puis fabriquer et mettre en service l'installation sur site.**

NB : En ce sens, les vues CAO présentées dans le document ne sont pas contractuelles, elles servent d'illustration pour une meilleure compréhension du besoin. Elles peuvent être incomplètes ou simplifiées.

1.2 Contenu de la prestation

La présente spécification a pour objet de définir les conditions d'étude, de fabrication, de contrôle et de recette auxquelles doit se soumettre le Titulaire pour réaliser l'installation KoKoMo :

- Poste 1 : Etude d'Avant-Projet Détaillée (APD) de l'installation KoKoMo (étude de l'intégralité de l'installation) ;
- Poste 2 : Fabrication et recette usine ;
- Poste 3 : Montage et recette site ;
- Poste 4 : Part provisionnelle.

NB : L'installation KoKoMo regroupe :

- L'enceinte composée de son châssis, de son fond, de sa porte d'injection, de sa porte refroidie, de ses modules instrumentés et de ses modules vitrés ;
- Les parois refroidies et les garnitures thermiques permettant le découplage thermique des parois, respectivement fixées sur le couvercle et la porte ;
- L'instrumentation et la partie mécanique du procédé, à savoir les gros composants mécaniques (générateur de vapeur, groupe froid, etc.), la robinetterie (vannes, clapets, etc.), les lignes de tuyauterie ;
- La partie électricité et contrôle-commande du procédé ;
- La plateforme regroupant également la plaque de répartition et les racks de stockage ;
- Les calorifuges et les outillages de manutention et de montage.

A la fin de l'étude APD de l'installation, **le Titulaire réalisera une revue de conception finale.**

1.3 Délais de réalisation et planification

La date de notification du marché constitue le T0 dans le plan prévisionnel de l'affaire. Dans les 15 jours qui suivent la date de notification du marché, une réunion d'enclenchement est organisée chez le Titulaire du marché (ou dans les locaux de l'ASNR le cas échéant). Elle se déroule en présence des chargés d'affaire et des responsables qualité de l'ASNR et du Titulaire du marché. Son objectif est de passer en revue l'ensemble des points techniques ou relevant de la qualité posant question avant de passer à la réalisation de l'affaire. Le compte-rendu de cette réunion est établi par l'ASNR et contresigné par le Titulaire.

Le phasage souhaité pour la planification du marché est le suivant :

Etape 1 : APD préliminaire Validation des études préliminaires par l'ASNR	T1 = T0 + 2 mois
Etape 2 : Revue de conception APD finale Validation des études par l'ASNR	T2 = T1 + 3 mois
Etape 3 : Réalisation des études de détail et réunion d'avancement (lancement des prestations, des approvisionnements,...)	T3 = T2 + 2 mois
Etape 4 : Fabrication et montage usine Validation de la recette usine par l'ASNR	T4 = T3 + 9 mois
Etape 5 : Installation sur site et essais Validation de la recette site par l'ASNR	T5 = T4 + 2 mois
Etape 6 : Remise du dossier constructeur complet	T6 = T5 + 2 semaines

Une durée d'acceptation des livrables de 3 semaines est à intégrer dans le planning prévisionnel (2 semaines pour inspection des documents par l'ASNR et 1 semaine pour l'intégration des remarques par le Titulaire).

Le délai souhaité pour la réalisation de la prestation est de **18,5 mois**.

Le Titulaire du marché devra présenter dans son offre un planning optimisé.

2 DOCUMENTS APPLICABLES

2.1 Liste des documents méthodologiques et réglementaires applicables

Les prestations de services objet du marché seront réalisés conformément au référentiel achat et qualité :

- Procédure de gestion aux interfaces ASNR– Titulaire (PSN-SIPR-PRO-031) ;
- Guide de constitution d'un dossier constructeur (PSN-SIPR-GUI-036) ;
- Mode opératoire de création de plan sous SolidWorks (PSN-SIPR-MOP-01) ;
- Mode opératoire de création de plans sous AutoCAD Electrical (PSN-SIPR-MOP-02).

Ces procédures et guides sont à appliquer à l'indice en vigueur au moment de l'enclenchement de l'affaire. Ils peuvent être transmis par l'ASNR sur simple demande.

Ces prestations seront réalisées suivant les normes et réglementations applicables suivantes :

- Les prescriptions de sécurité du centre de Cadarache ;
- NF EN ISO 9001 V2015 ;

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	Page : 8/82
Indice : 1		

- Code de l'environnement et code du travail.
- Pour le soudage :
 - NF EN ISO 15609 ; ISO 9606 ; ISO 15614 ou ISO 15613 ; NF EN ISO 3452-1
- Pour le procédé :
 - EN 13480 ; Directive 2014/68/UE ; AM du 20 novembre 2017.
- Pour l'électricité : Norme NF C 18 510 ; NF C 15 100.
- Pour l'enceinte et les parois refroidies :
 - DIN ISO 2768: 1991; NF EN ISO 13920: 2023; CODAP: 2022.
- Pour la plateforme :
 - Directive machine 2006/42/CE ;
 - AFNOR NFX 35-109 : 2011 manutentions manuelles ;
 - NF EN ISO 14122 :2017 – Sécurité des machines – Moyens d'accès permanents aux machines
 - NF EN 795 :2016 - Équipement de protection individuelle contre les chutes - Dispositifs d'ancrage
 - Eurocode 1 : Actions sur les structures (NF EN 1991:2007) ;
 - Eurocode 3 : Calcul des structures en acier (NF EN 1993:2007) ;
 - NF EN 1090-2 :2024 : Exécution des structures en acier et en aluminium – Partie 2 : Exigence techniques pour les structures en acier ;
- Pour les appareils de levage :
 - Arrêté du 1 mars 2004 relatif aux vérifications des appareils et accessoires de levage ;
 - E52-109-2

Cette précédente liste est non exhaustive. **Le Titulaire se doit de respecter la réglementation française et européenne.** Il peut également proposer à l'ASNR de remplacer certaines normes énoncées dans la liste.

2.2 Documents de référence aux indices en vigueur

Les documents de référence sont les suivants :

- [1] KOK.EA.0000.NC.21014-002 Ind 1- Note de prédimensionnement KoKoMo vitré
- [2] KOK.2E.0000.LN.24013-001 Ind 1- Nomenclature des capteurs et actionneurs et Plan d'instrumentation

Plans guides fournis par l'ASNR :

- [3] KOK.2E.0000.DE.24013-GCO Ind 0– Plan d'implantation ;
- [4] KOK.2E.0000.DE.24013-000 Ind 1– Schéma procédé ;
- [5] KOK.2E.0000.DE.24013-100 Ind 0– Enceinte KoKoMo ;
- [6] KOK.2E.0000.DE.24013-200 Ind 0– Plaque de fond ;
- [7] KOK.2E.0000.DE.24013-300 Ind 0– Châssis de l'enceinte ;
- [8] KOK.2E.0000.DE.24013-400 Ind 0– Paroi refroidie sur porte ;
- [9] KOK.2E.0000.DE.24013-500 Ind 0– Paroi refroidie sur couvercle ;
- [10] KOK.2E.0000.DE.24013-600 Ind 0– Porte d'injection ;
- [11] KOK.2E.0000.DE.24013-700 Ind 0– Module vitré ;
- [12] KOK.2E.0000.DE.24013-800 Ind 0– Module instrumenté.

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	Page : 9/82
Indice : 1		

Plans de l'installation de qualification de la paroi refroidie :

- [13] KOK.2E.0000.DE.24003-000 Ind 0– Assemblage des parois refroidies
- [14] KOK.LB.0000.DE.24003-001 Ind B– Plaque refroidie
- [15] KOK.2E.0000.DE.24003-003 Ind 0– Interface en DELTHERM
- [16] KOK.2E.0000.DE.24003-004 Ind 0– Plaque de condensation
- [17] KOK.2E.0000.DE.24003-005 Ind 0– Boitier connecteur
- [18] KOK.2E.0000.DE.24003-006 Ind 0– Joints boitier connecteur
- [19] KOK.2E.0000.DE.24003-008 Ind 0– Boitier connecteur avec tube
- [20] KOK.2E.0000.DE.24003-009 Ind 0– Joint torique
- [21] IRSN-2023-090-3000078783 du 24/11/2023- Mémoire technique « Acquisition d'un système de vélocimétrie par image de particules (PIV) » - Société DANTEC

3 EXIGENCES QUALITE

Ces prestations seront à réaliser dans le cadre de l'application du système de management de la qualité de l'ASNR.

Le Titulaire devra lui-même être certifié ISO 9001 ou pouvoir justifier d'un système qualité respectant les exigences de la norme. Il appliquera les documents du référentiel du ASNR.

Le Titulaire du marché devra fournir :

- Lors de la réunion d'enclenchement :
 - o Un plan de management qualité particulier (PMQP) ;
 - o Un planning ;
 - o Deux plans de qualité respectivement pour la partie étude mécanique et étude électrique.
- A la fin de l'étude (lors de la revue de conception définitive) : les plans de qualité de fabrication et de recettes.

Tout écart par rapport aux exigences spécifiées précédemment doit être signalé à l'ASNR et fait l'objet d'une demande (d'acceptation en l'état, de dérogation, d'actions curatives...) qui devra contenir tous les éléments nécessaires pour juger de la recevabilité et de la validité des solutions proposées. Chaque demande doit être acceptée par l'ASNR avant la mise en œuvre d'actions. De ce fait une telle demande constitue un point d'arrêt qui sera tracé dans le plan qualité.

Plusieurs Procès-Verbaux (PV) sont fournis en cours de fabrication. Sur ces PV, doivent impérativement apparaître les moyens de mesure utilisés, accompagnés des certificats d'étalonnage correspondants. En ce qui concerne les PV de contrôle dimensionnel, les relevés doivent figurer, ainsi que les cotes théoriques et les tolérances.

4 PRESENTATION GENERALE DE L'INSTALLATION

4.1 Principe de fonctionnement

L'installation KoKoMo représente, à échelle réduite, une tranche en 2D du volume entre la paroi de la cuve d'un réacteur de type SMR et la paroi de son enceinte immergée dans une piscine de refroidissement.

Pour ce faire, l'installation se compose principalement d'une enceinte étanche parallélépipédique contenant de l'azote et constituée de parois quasi-adiabatiques. Des parois refroidies (sur le dessus et

sur un des petits côtés), dont on maîtrise les échanges (maîtrise des conditions limites), sont intégrées à l'intérieur de cette enceinte pour simuler les parois refroidies par la piscine extérieure. Au début d'un essai, l'enceinte est à température ambiante, et les parois refroidies activées. Puis, de la vapeur ou un mélange vapeur – hélium surchauffé est injecté à l'intérieur de l'enceinte pour simuler une brèche sur le système de refroidissement du réacteur. Enfin, l'eau condensée est soutirée au fur et à mesure des expérimentations.

Deux types d'essais sont envisagés :

- D'une part des essais stationnaires : le système atteint un équilibre. Le débit de condensation est égal au débit de vapeur injectée, formant ainsi une boucle de condensation ;
- D'autre part des essais instationnaires : il s'agit d'observer la transition entre deux états d'équilibre ou de réaliser des essais de type décharge.

Les paramètres d'études associés sont les suivants :

- Les conditions thermohydrauliques : température, débit de vapeur, puissance de refroidissement, position et forme de l'injection de vapeur ;
- La nature de l'incondensable : azote, hélium (pour simuler l'hydrogène).

La **Figure 1** illustre succinctement le fonctionnement de l'installation.

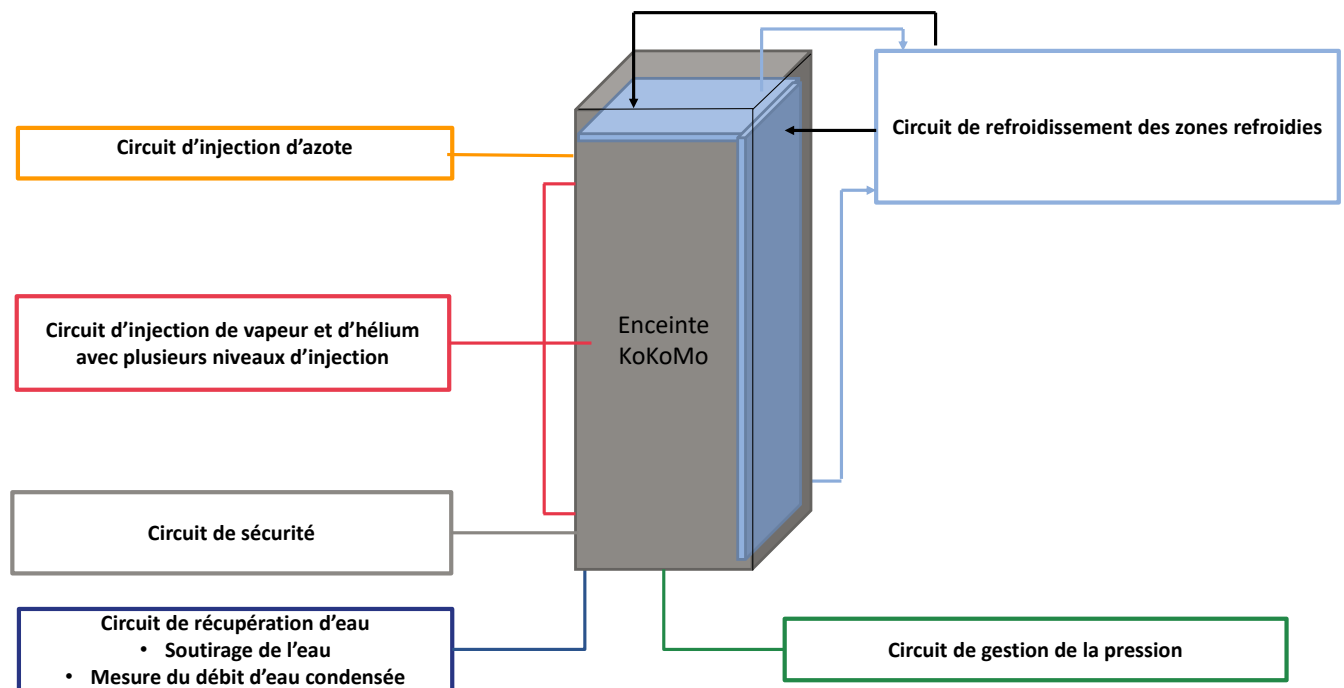


Figure 1 : Schéma de principe de l'installation KoKoMo

Pendant ces essais, les paramètres suivants doivent être caractérisés :

- Le débit de vapeur : mesure de la température et du débit de vapeur ;
- La condensation : mesure du flux conductif traversant les parois refroidies (cartographie de flux thermique au niveau des zones refroidies), mesure du débit de condensation, mesures des températures d'entrées et de sorties du fluide de refroidissement et du débit pour chaque zone refroidie ;
- L'écoulement dans l'enceinte : mesures de pression, cartographie en température, cartographie en composition (concentration), cartographie de vitesse des gaz.

La durée d'un essai est estimée à 16 h. L'installation doit pouvoir être maintenue en fonctionnement sans présence humaine.

4.2 Descriptif succinct des différents composants de l'installation KoKoMo

L'installation KoKoMo se compose principalement des composants représentés en

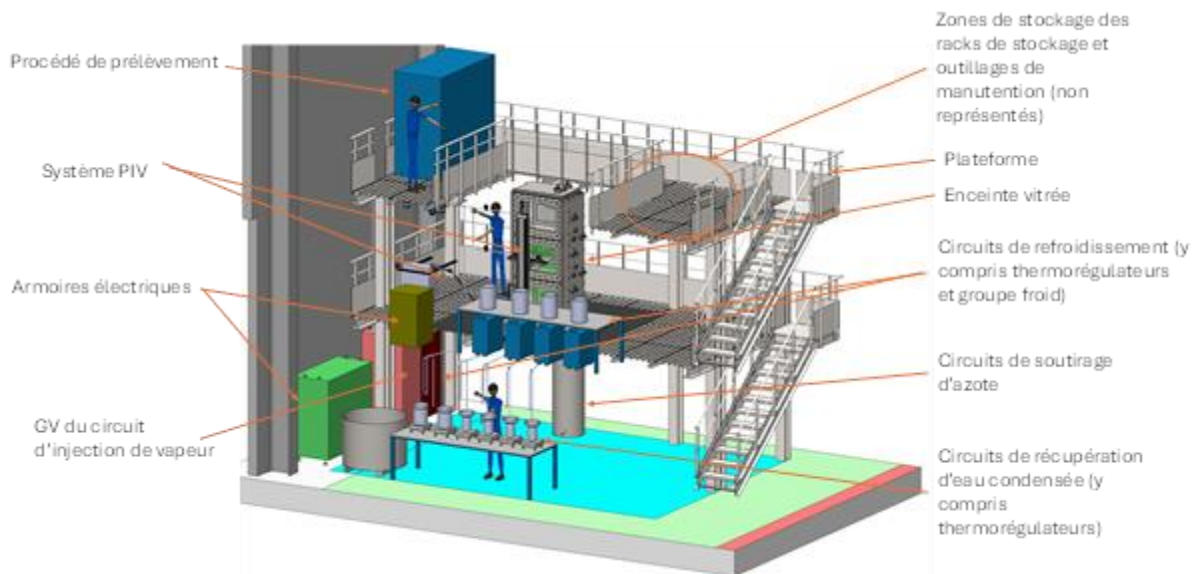


Figure 2 : Identification des principaux composants de l'installation KoKoMo

À la charge de l'ASNR : Le système de mesure PIV, la définition et l'approvisionnement des verres de l'enceinte, ainsi que le procédé de prélèvement, sont fournis par l'ASNR.

À la charge du Titulaire : À l'exception des fournitures de l'ASNR, l'étude, la réalisation et l'installation sur site de l'enceinte, des circuits procédés et de l'instrumentation, des armoires électriques, de la plateforme, des outillages de manutention et des racks de stockage sont à sa charge. Les limites de prestation sont clairement définies dans le paragraphe §11.

Enceinte KoKoMo

L'enceinte, représentée en **Figure 3**, se compose d'un châssis en acier inoxydable parallélépipédique habillé de parois quasi-adiabatiques.

Ce concept permet de disposer d'une enceinte modulable où chaque paroi peut être modifiée (panneaux interchangeables). L'enceinte est munie de piquages et de pièces d'interfaces permettant de connecter les différents circuits ainsi que d'intégrer les parois refroidies.

Pour ne pas influencer les phénomènes étudiés, il est important de privilégier des moyens de mesure sans contact et/ou peu intrusifs. En ce sens, l'enceinte est munie de nombreux accès optiques.

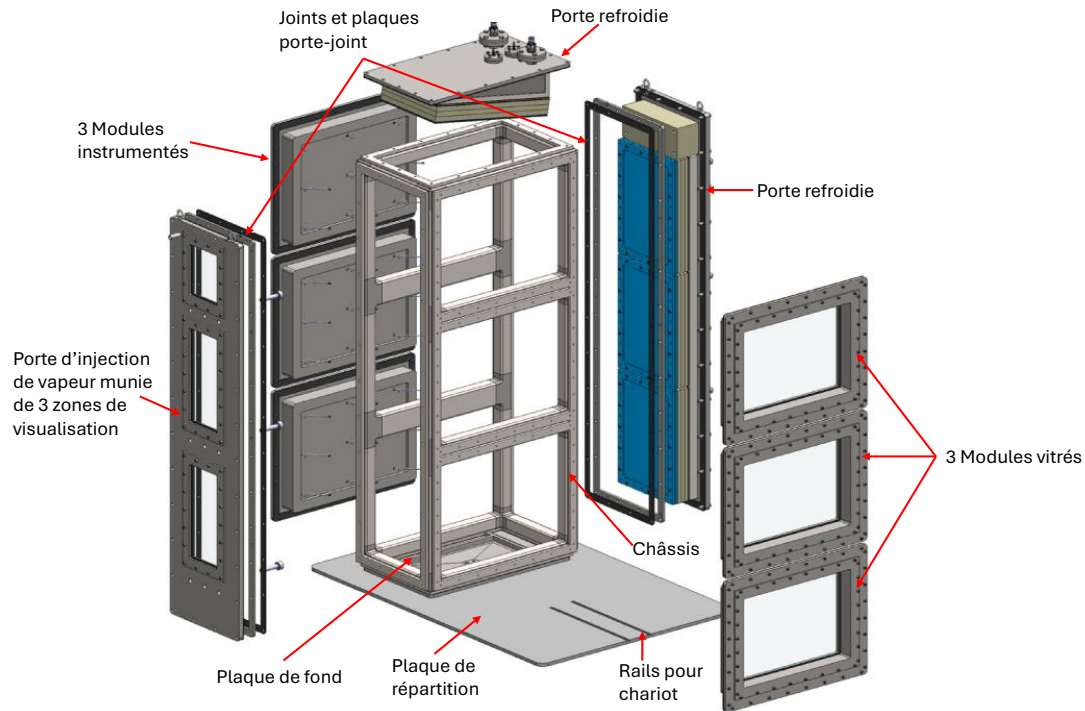


Figure 3 : Vue éclatée de l'enceinte KoKoMo

Les dimensions des accès optiques sont maximisées au niveau de la paroi d'injection et d'une des parois latérales afin d'intégrer des mesures de type PIV (Particle Image Velocimetry).

Les verres et le système PIV seront approvisionnés et fournis par l'ASNR au Titulaire. Le Titulaire procédera au montage des verres sur les modules vitrés ainsi qu'au montage du bras motorisé supportant les caméras PIV.

Parois refroidies

Les parois refroidies sont les parois de condensation du système. Il s'agit d'internes en acier inoxydable intégrés à l'intérieur de l'enceinte. Elles sont au nombre de deux :

- La paroi verticale de condensation fixée sur la paroi latérale opposée à la paroi d'injection de vapeur ;
- Le dôme de condensation fixé sur le couvercle de l'enceinte.

Chaque paroi refroidie est constituée d'un ou plusieurs échangeurs froids indépendants et de mesures de flux thermique.

Circuit d'injection de vapeur

Le circuit d'injection de vapeur permet d'injecter de la vapeur surchauffée ou un mélange de vapeur surchauffée et d'hélium à l'intérieur de l'enceinte KoKoMo. C'est la vapeur issue de ce circuit qui se condense sur les parois refroidies de l'enceinte. Plusieurs hauteurs d'injection sont possibles pour étudier l'influence de ce paramètre. Le circuit permet de réguler le débit de fluide injecté ainsi que sa température. Ce circuit est composé principalement d'un générateur de vapeur, d'un détendeur, d'un générateur de particules, d'un réchauffeur de gaz, d'une bouteille d'hélium et de mesures de débit de gaz.

Circuit de refroidissement

Le circuit de refroidissement intègre les équipements de refroidissement des parois refroidies. Il permet de réguler indépendamment la température des zones refroidies des parois de refroidissement et la puissance extraite (via le débit de circulation). Ce circuit est composé principalement d'un groupe froid et de thermostats par zones refroidies.

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	Page : 13/82
Indice : 1		

Circuit de récupération d'eau

Situé en partie basse, ce circuit permet de soutirer l'eau pendant l'essai et de mesurer les débits d'eau condensée à l'intérieur de l'enceinte. Il se compose de réservoirs de récupération équipés d'instruments de mesure (balances, capteur de niveau...).

Circuit de gestion de la pression = circuit de soutirage d'azote

Situé en partie basse de l'enceinte, ce circuit permet de maintenir la pression de l'enceinte proche de la pression atmosphérique pendant la durée de l'expérimentation en évacuant majoritairement de l'azote au système. Il se compose principalement d'un volume tampon et d'une ligne de décharge permettant d'évacuer l'azote du volume tampon à l'extérieur du bâtiment. La ligne de décharge est équipée d'instruments permettant de mesurer le débit de fluide soustrait ainsi que sa composition.

Circuit de sécurité

En cas de défaillance du circuit de gestion de la pression, l'enceinte sera protégée de la surpression par un circuit de sécurité qui garantit une pression inférieure au seuil réglementaire (DESP).

4.3 Conditions de fonctionnement

Important : toutes les pressions notées dans ce document sont des pressions relatives.

L'ensemble des composants de l'installation devra être compatible avec les conditions de fonctionnement énumérées dans ce paragraphe.

Les conditions de fonctionnement de l'enceinte sont :

- Fluide : Vapeur + Azote et/ou Hélium ;
- Température de service minimale / maximale : $TS_{min}=10^{\circ}C$; $TS_{max} = 140^{\circ}C$;
- Température de dimensionnement = $150^{\circ}C$;
- Pression de service maximale (PS) = 100 mbar ;
- Pression de dimensionnement = 150 mbar.

Deux états d'équilibre peuvent être atteints :

- Etat 1 : La vapeur se mélange avec les gaz en présence puis se condense sur les parois ;
- Etat 2 : Les phénomènes de condensation en paroi sont à l'origine de la stratification/séparation des gaz. Seules les parois au contact de la vapeur participent à la condensation (réduction de la hauteur efficace de condensation).

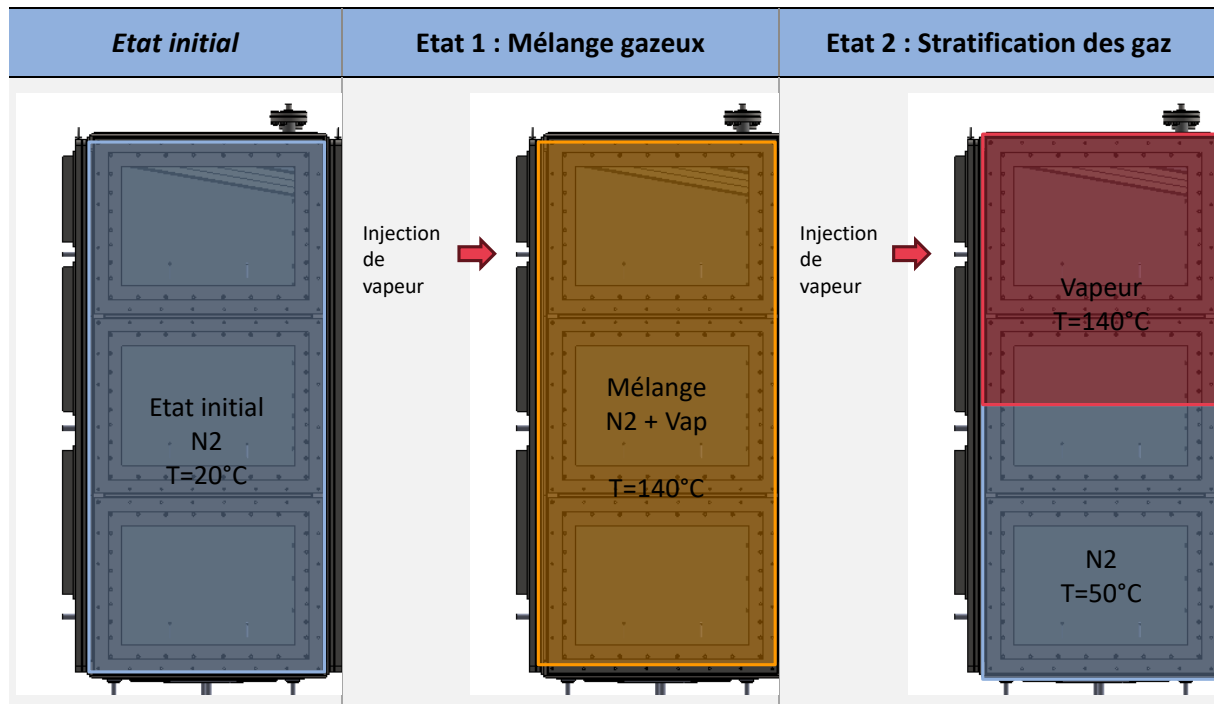


Figure 4 : Illustration des différents états

Les conditions de fonctionnement de la plateforme sont les suivantes :

- Fluide : air ambiant et contact avec de l'eau déminéralisée ;
- Température de la structure : comprise entre 5°C et 40°C.

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo <i>Etude et réalisation de l'installation KoKoMo</i>	Page : 15/82
Indice : 1		

Le tableau ci-dessous présente les données préliminaires définissant les conditions de fonctionnement des circuits de l'installation et les exigences réglementaires associées.

Désignation	Fluide	Ps (barg)	Commentaire	DN	Classement DESP	Ts min (°C)	Ts max (°C)
Circuit injection de vapeur	Gaz groupe 2	10	Générateur de vapeur à 10 bar	15	Art. 4.3	100	190
Circuit injection azote	Gaz groupe 2	200	Pression de la bouteille	<DN32	Art. 4.3	10	30
Circuit injection hélium	Gaz groupe 2	200	Pression de la bouteille	<DN32	Art. 4.3	10	150
Circuit d'injection d'eau	Liquide groupe 2	6	Pression réseau	40	Art. 4.3	10	30
Circuits de récupération d'eau condensée	Gaz groupe 2	0	Circuit ouvert	20	Non soumis	10	50
Circuit de soutirage d'azote	Gaz groupe 2	0,15	Circuit ouvert	40	Art. 4.3	10	50
Circuits de refroidissement (côté thermorégulateurs et parois refroidies)	Liquide groupe 2	6	Pression pompe	32	Art. 4.3	20	80
Circuits de refroidissement (côté groupe froid)	Liquide groupe 2	6	Pression pompe	40	Art. 4.3	20	80
Circuit de sécurité	Gaz groupe 2	0,15	Pression max de l'enceinte	40	Non soumis	10	150

Tableau 1 : Conditions de fonctionnement et exigences réglementaires des lignes de tuyauterie KoKoMo

L'analyse réglementaire définitive de l'ensemble de l'installation (enceinte et circuits) est à réaliser par le Titulaire dans le cadre des études APD.

5 CONTRAINTES SITE

5.1 Halle expérimentale – Bâtiment 875

L'installation KoKoMo sera implantée dans la halle expérimentale du bâtiment 875 du CEA Cadarache. La halle expérimentale mesure environ 27 m de long et 15 m de large.

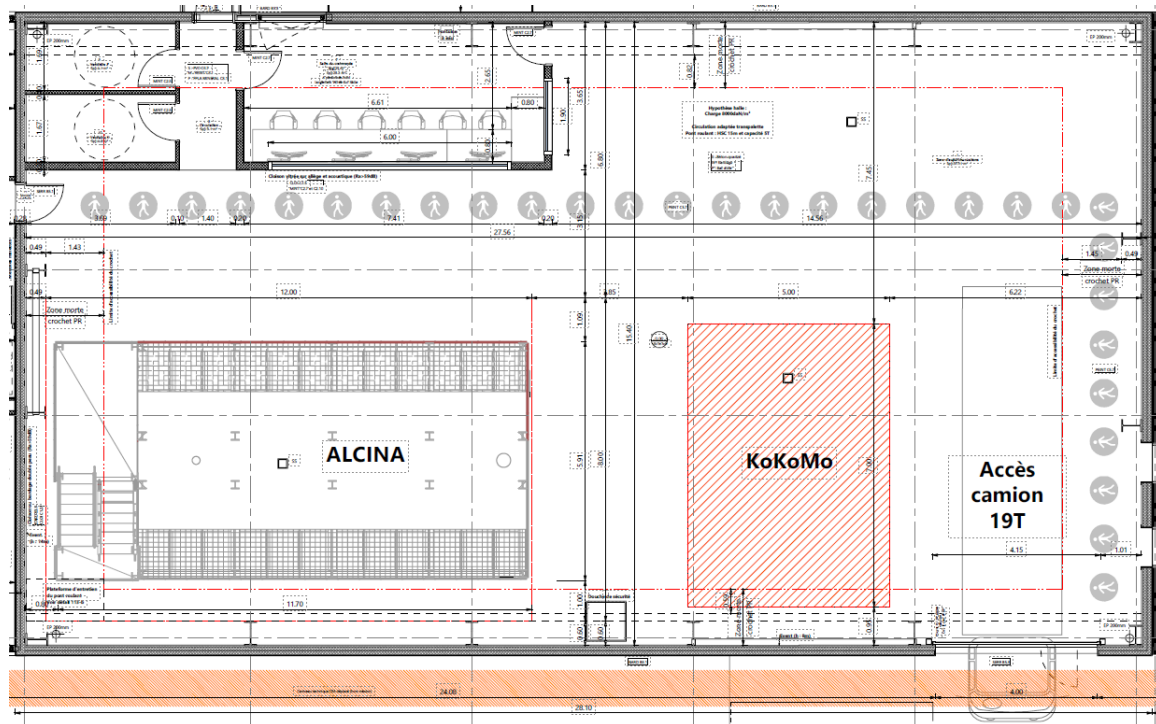


Figure 5 : Halle expérimentale bâtiment 875

Les dimensions de la porte d'accès à la halle expérimentale sont de 4 m de largeur et de 5 m de hauteur. Cette porte permet l'entrée d'un camion 19 tonnes (type plateau ou autre) afin de décharger les équipements dans la halle (via le pont roulant ou autres équipements de manutention). Les équipements devront pouvoir transiter par cette porte.

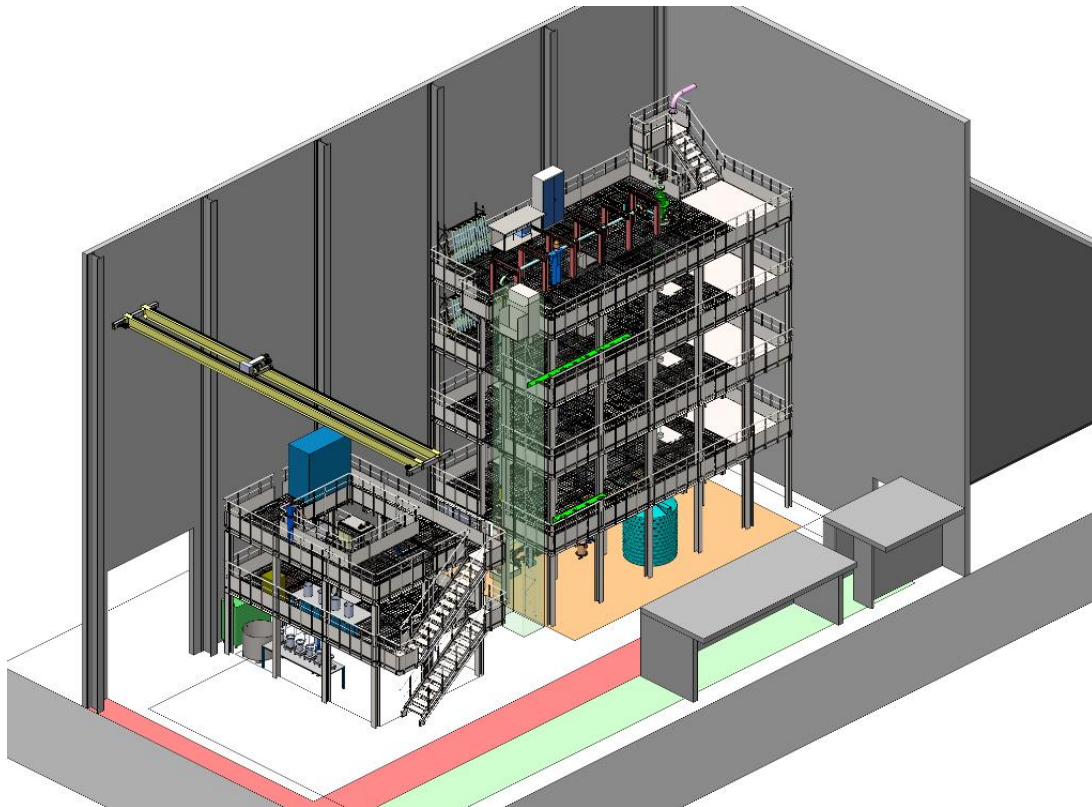


Figure 6 : Halle expérimentale - Implantation de la plateforme KoKoMo (à gauche) et ALCINA (à droite)

L'installation se doit d'être compatible avec les dimensions et servitudes du bâtiment.

5.2 Moyens de manutention existants et contraintes d'utilisation

La halle expérimentale dispose d'un pont roulant possédant les caractéristiques suivantes :

- Crochet de levage (automatisé),
- CMU = 50 kN (5t).
- Hauteur sous crochet = 15m (altitude du point bas du crochet en position haute).
- Zone d'inaccessibilité du pont roulant d'environ 1,5 m le long des murs de la halle expérimentale

L'ensemble des composants de l'installations devra être manutentionnable avec ce pont roulant.

6 DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INSTALLATION KOKOMO

La description fonctionnelle des équipements et composants de l'enceinte est présentée dans ce paragraphe. Il s'agit des exigences minimales. La description des équipements est basée sur la conception préliminaire réalisée en phase APS par l'ASNR. Le Titulaire du marché devra s'approprier la conception, notamment en validant ces choix technologiques ou en proposant des solutions équivalentes s'il les juge plus appropriées en justifiant son choix.

6.1 Enceinte

L'enceinte est fabriquée en acier inoxydable. Elle est constituée d'un châssis mécano-soudé composé de tubes de 80 × 80 × 5 mm et de tubes de 140 × 80 × 5 mm (cf. Figure 7). À chaque interface d'étanchéité, des cadres plats sont soudés sur les tubes, puis usinés après assemblage.

Le châssis offre une conception entièrement modulaire de l'enceinte. Il peut être habillé avec différents panneaux interchangeable. La configuration de base de l'enceinte est illustrée par la Figure 7. Ainsi, les différentes parois peuvent être modifiées en fonction de l'utilisation et de l'évolution de l'enceinte.

L'enceinte est décrite dans les documents de référence [1] [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] et [12] .

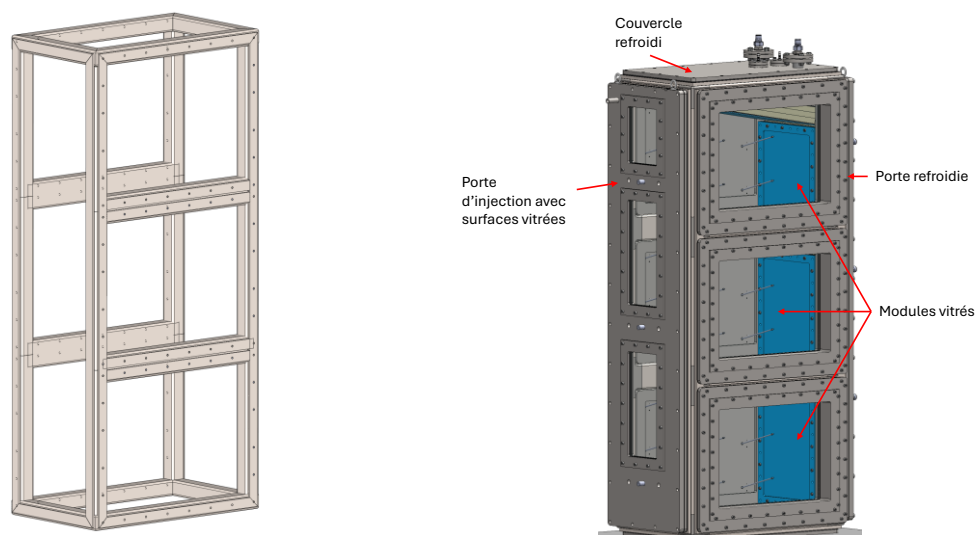


Figure 7 : Enceinte KoKoMo (à droite) et son châssis (à gauche)

Les fonctionnalités générales attendues sont décrites ci-dessous et s'appliquent à l'ensemble des composants de l'enceinte :

- S'intégrer sur la plateforme de l'installation KoKoMo ;
- Conserver l'intégrité mécanique et l'étanchéité dans toutes les situations de fonctionnement (cf. Tableau 2) ;
- Permettre l'intégration des parois refroidies : les dimensions du châssis doivent être suffisantes pour accueillir les composants internes refroidis, en tenant compte des phénomènes de dilatation.
- Limiter les déformations afin de préserver l'intégrité du verre.
- Garantir la manutention au pont : l'enceinte et ses composants doivent être conçus pour être manipulés par pont roulant, avec les interfaces nécessaires (et, si besoin, celles adaptées à l'utilisation de palonniers).

6.1.1 DESCRIPTION DE LA PORTE D'INJECTION

La porte d'injection est représentée en Figure 8.

La porte doit répondre aux fonctionnalités suivantes :

- Permettre la connexion des trois arrivées d'injection de vapeur : une injection centrale, une injection basse et une injection haute.
- Assurer l'intégration et la protection des surfaces vitrées : aucun contact métal-verre ne doit se produire, et les verres doivent pouvoir se dilater librement.
- Faciliter l'intégration de différents types de diffuseurs internes, grâce à des trous taraudés positionnés à chaque niveau d'injection.
- Permettre la connexion au circuit d'injection d'eau (non représenté sur la Figure 8).
- Permettre la connexion au circuit de sécurité.

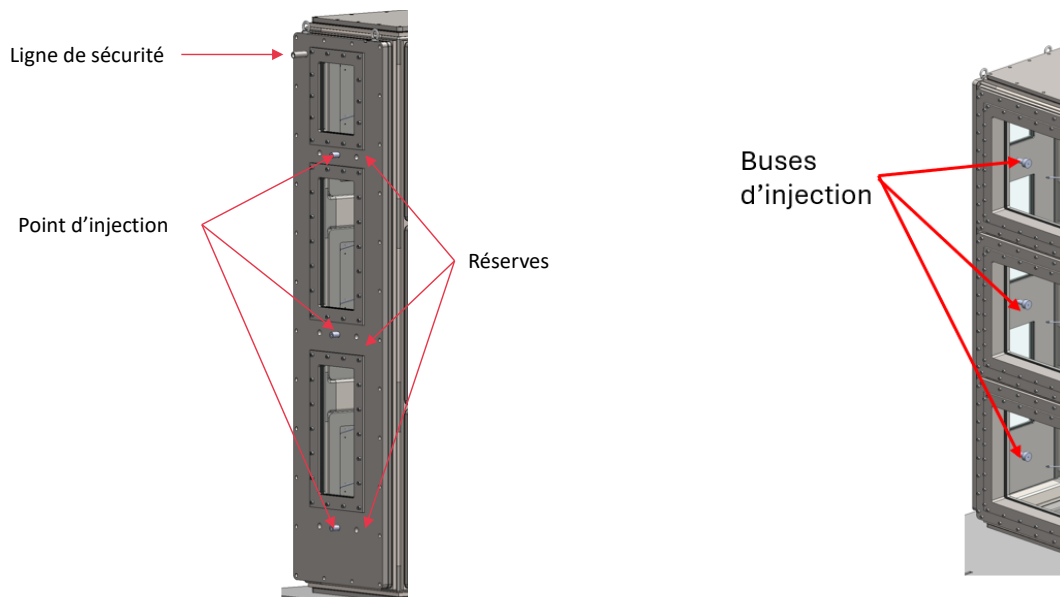


Figure 8 : Porte d'injection (vue externe à gauche, vue interne à droite)

De plus, il est demandé au Titulaire de :

- Prévoir une tôle en DN32 démontable et étanche, proche du point d'injection central, permettant à posteriori et si nécessaire l'insertion d'une buse de lavage rotative, de fourniture ASNR, dimensionnée pour le nettoyage de l'enceinte (non représenté sur la Figure 8).
- Prévoir différents piquages de réserve de part et d'autre de chaque point d'injection.
- Privilégier des raccords rapides pour le raccordement au circuit d'injection.

6.1.2 DESCRIPTION DE LA PORTE ET DU COUVERCLE REFROIDIS

La porte et le couvercle de refroidissement sont représentés en Figure 9.

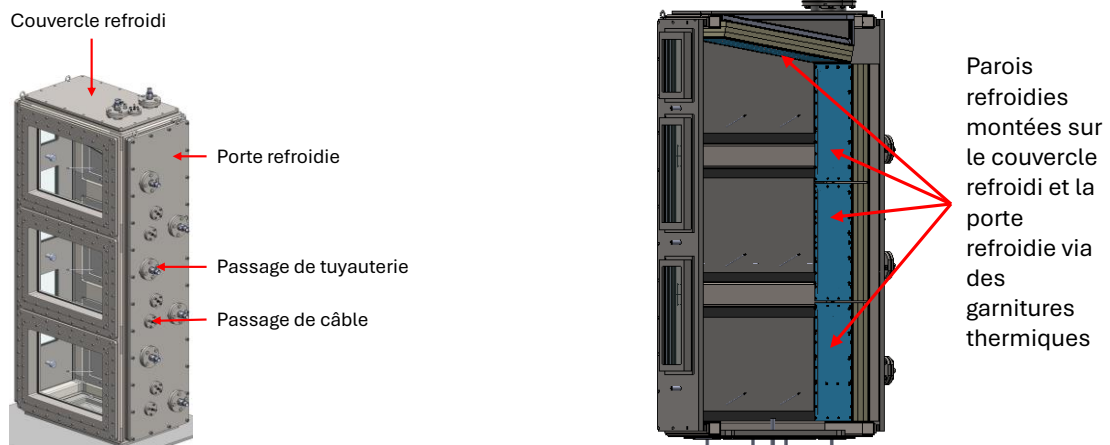


Figure 9 : Porte et couvercle de refroidissement

Leur rôle est de maintenir les ensembles refroidis (parois refroidies et garnitures isolantes thermiques) :

- Pour la porte : maintenir les ensembles refroidis en position horizontale.
- Pour le couvercle : maintenir la paroi refroidie avec une inclinaison de 10°.

Pour rappel : les parois refroidies doivent être visibles depuis les hublots perpendiculaires à celles-ci pour permettre des mesures optiques au plus près de la paroi.

De plus, il est demandé au Titulaire de :

- Prévoir des passages étanches pour les tuyauteries des parois refroidies ainsi que pour les câbles d'instrumentation.
- Réaliser les traversées étanches au niveau de tapes (brides pleines) interchangeables, à l'aide de coupleurs pour les tuyauteries de fluide et de connecteurs pour les câbles.



Figure 10 : Exemple de coupleur rapide à droite et de connecteur à gauche

6.1.3 DESCRIPTION DES GARNITURES THERMIQUES

Le rôle des garnitures thermiques est de découpler thermiquement les parois refroidies du reste de l'enceinte.

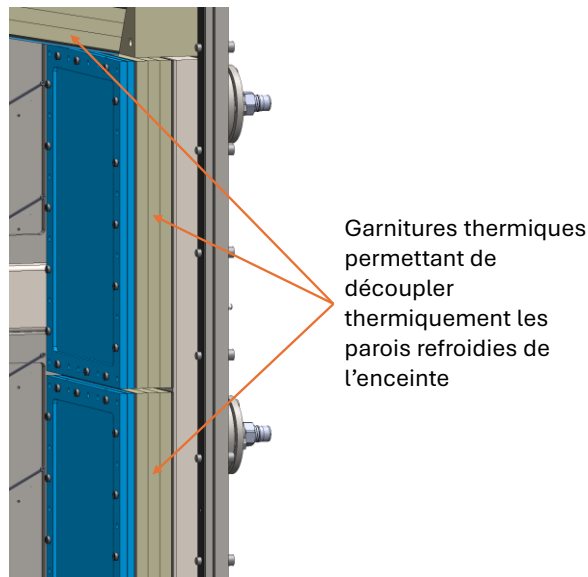


Figure 11 : Vue des garnitures thermiques

L'ASNR a retenu le matériau DELTHERM 68890, dont la tenue aux conditions de fonctionnement a déjà été validée lors de précédentes expérimentations.

Les caractéristiques thermiques du matériau choisi par le Titulaire devront, au minimum, être équivalentes à celles du DELTHERM 68890.

6.1.4 DESCRIPTION DES PLAQUES PORTES-JOINT

Des plaques portes-joint seront intégrées au niveau de la porte refroidie et de la porte d'injection.

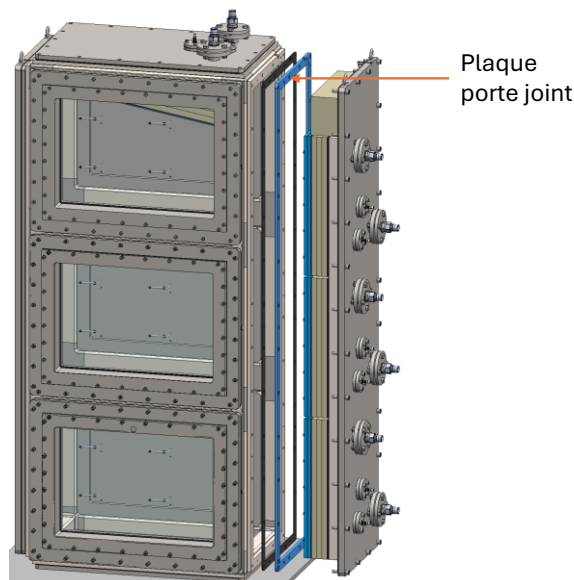


Figure 12 : Plaque porte joint de la paroi refroidie

6.1.5 DESCRIPTION DU FOND

Le fond est représenté en Figure 13.

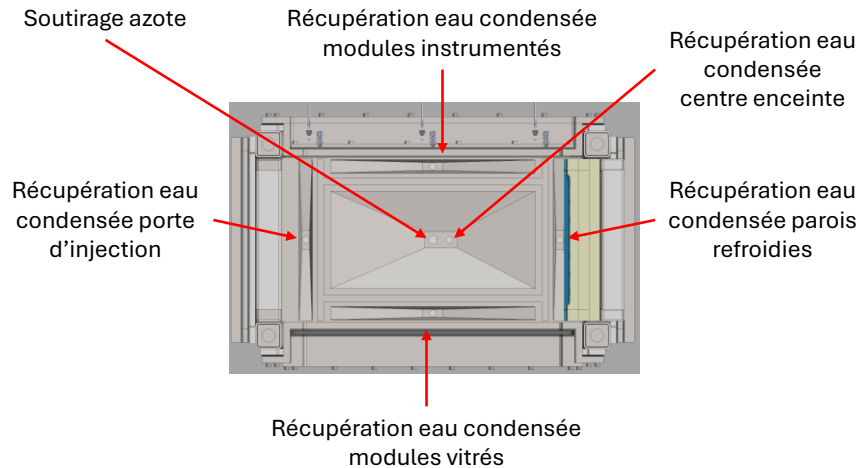


Figure 13 : Fond de l'enceinte KoKoMo (1/2)

Sa conception doit permettre de :

- Récupérer indépendamment l'eau condensée au niveau de chaque paroi et en partie centrale. Le Titulaire devra prévoir des gouttières et des pentes adéquates pour acheminer l'eau condensée vers les circuits de récupération indépendants.
- Soutirer l'azote de l'enceinte au-dessus du niveau d'eau. La tuyauterie d'évacuation devra être surélevée au-dessus du fond de l'enceinte et des gouttières.

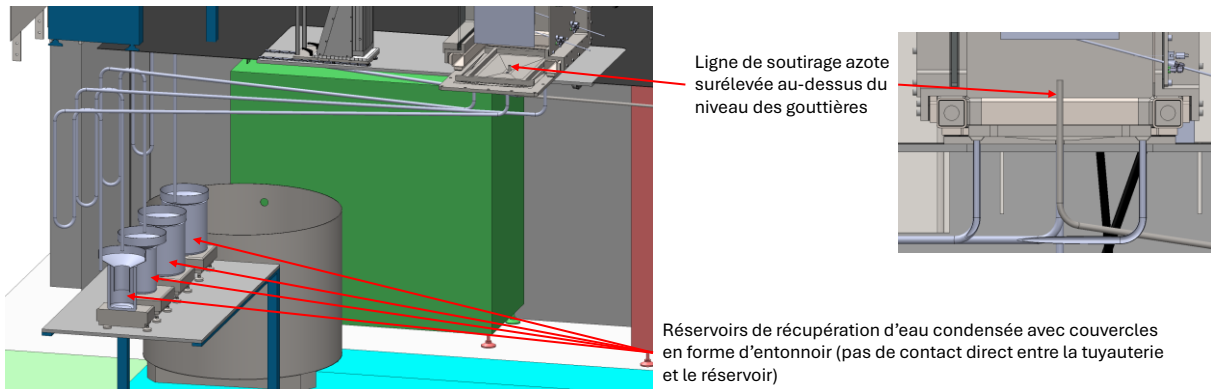


Figure 14 : Fond de l'enceinte KoKoMo (2/2)

6.1.6 DESCRIPTION DES MODULES

Le module est représenté en Figure 15.

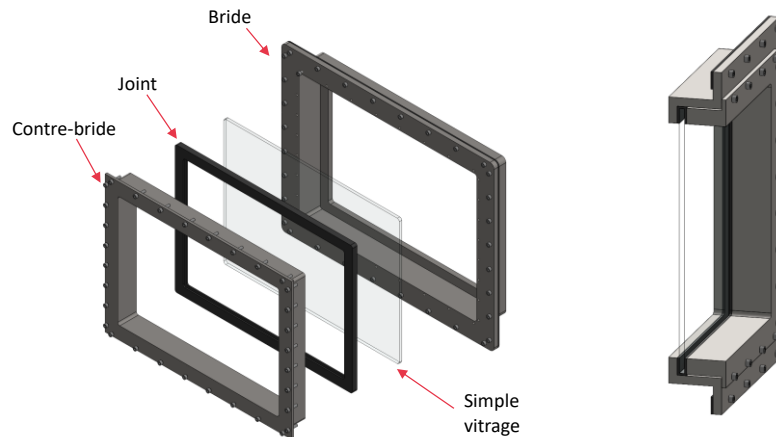


Figure 15 : Module de KoKoMo

La conception des modules doit permettre de :

- Intégrer soit des tapes instrumentées (à fournir par le Titulaire), soit des verres de 15 mm d'épaisseur (hors fourniture) ;
- Laisser libre la dilatation de la vitre, à la fois à la verticale et à l'horizontale ;
- Limiter les déformations au niveau du verre ;
- Intégrer les verres ou les tapes instrumentées à l'intérieur de l'enceinte, de manière à ce que les composants soient affleurants aux profilés du châssis (cf. Figure 16) : l'objectif est de ne pas créer de zones de recirculation.

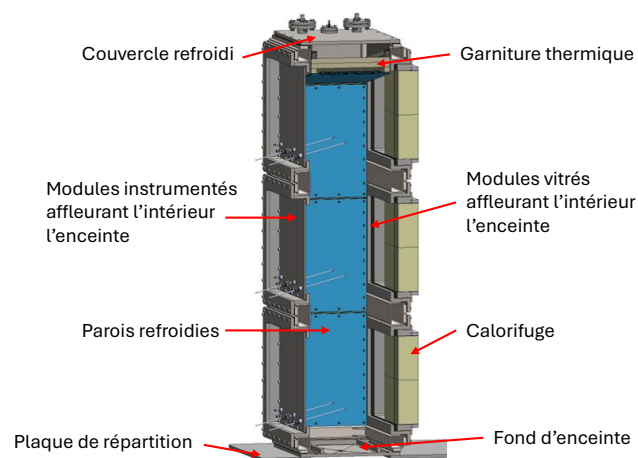


Figure 16 : Positionnement des tapes et verres à l'intérieur de l'enceinte

6.1.7 DESCRIPTION DES VERRES (HORS FOURNITURE)

Il s'agit de verre borofloat trempés, fournis par l'ASNR.

Le poids des grandes surface vitrées est de 20 kg.

Le poids des petites surfaces vitrées est de 6 kg (porte d'injection).

Les arêtes des verres sont abattues et les bords rodés.

6.1.8 DESCRIPTION DES TAPES INSTRUMENTEES

Les tapes instrumentées sont représentées en Figure 17. Elles intègrent l'instrumentation fixe de l'enceinte.

Concernant les mesures de température, d'humidité et de concentration en gaz :

- Les capteurs des trois types doivent être regroupés pour chaque point de mesure ;
- Un réseau de 3x3 points de mesure est attendu par tape (température-humidité-concentration) ;
- L'intégration à l'intérieur de l'enceinte se fait au moyen de passages étanches par presse-étoupes. L'intégralité des passages sera fournie avec des bouchons.

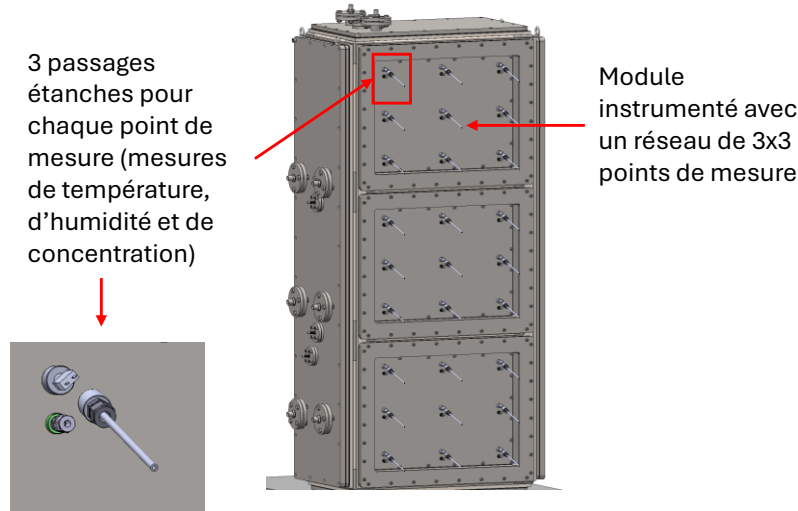


Figure 17 : Tapes instrumentées

6.1.9 CONTRAINTES MECANIQUES ET GEOMETRIQUES DE L'ENCEINTE

Tolérances de fabrication

Les tolérances géométriques sont mentionnées dans les plans guides fournis par l'ASNR, principalement dans le plan [4] et le plan [8] .

Les dimensions indiquées sur les plans correspondent aux dimensions minimales de l'enceinte elles devront être respectées. Toute modification doit être soumise à acceptation de l'ASNR.

Étanchéité

Le critère d'étanchéité global de l'enceinte attendu est de 1.10^{-4} Pa.m³/s à froid.

Matériaux

Les matériaux choisis doivent être compatibles avec les conditions de fonctionnement. Les pièces en acier inoxydable seront en 316L ou 304L (au choix du Titulaire, le prédimensionnement mécanique a été réalisé avec de l'acier inoxydable 316L).

Zones mortes

Il est demandé de limiter au maximum les zones mortes afin de ne pas créer de zones de recirculation et le risque de condensation dans ces zones.

En ce sens, le Titulaire doit intégrer des corps morts (par exemple, de la mousse silicone à porosité fermée). C'est notamment le cas dans les zones situées derrière les parois refroidies, dans le cadre de la garniture thermique.

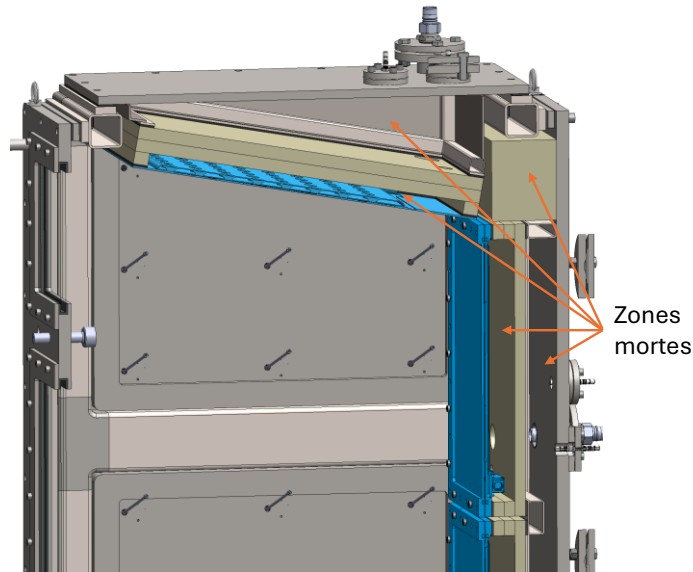


Figure 18 : Localisation des zones mortes

Traitement de surface

Un sablage au corindon blanc F120 sera appliqué sur l'ensemble des surfaces exposées à la vapeur.

Attention : Sablage interdit sur les surfaces d'étanchéité.

6.2 Parois refroidies

L'enceinte se compose de 4 parois de condensation en acier inoxydable :

- 3 parois identiques, intégrées à la porte de refroidissement ;
- 1 paroi positionnée sur le couvercle, légèrement plus longue.

Chaque paroi refroidie doit être capable d'extraire un flux thermique de 20 kW/m^2 et doit être compatible avec les fonctionnalités attendues pour le circuit de refroidissement (cf. §6.3.3). En outre, la résistance thermique d'une paroi doit fluctuer entre $6,67 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ et $3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

Elles doivent être équipées de déflecteurs (non représentés sur le plan d'ensemble) pour assurer la liaison entre :

- Le couvercle et la première paroi refroidie ;
- La première paroi refroidie et la seconde ;
- La seconde paroi refroidie et la troisième.

Les déflecteurs permettront ainsi au fluide de s'écouler gravitairement jusqu'au point de collecte de l'eau condensée.

Le principe de paroi refroidie est modélisé à la Figure 19.

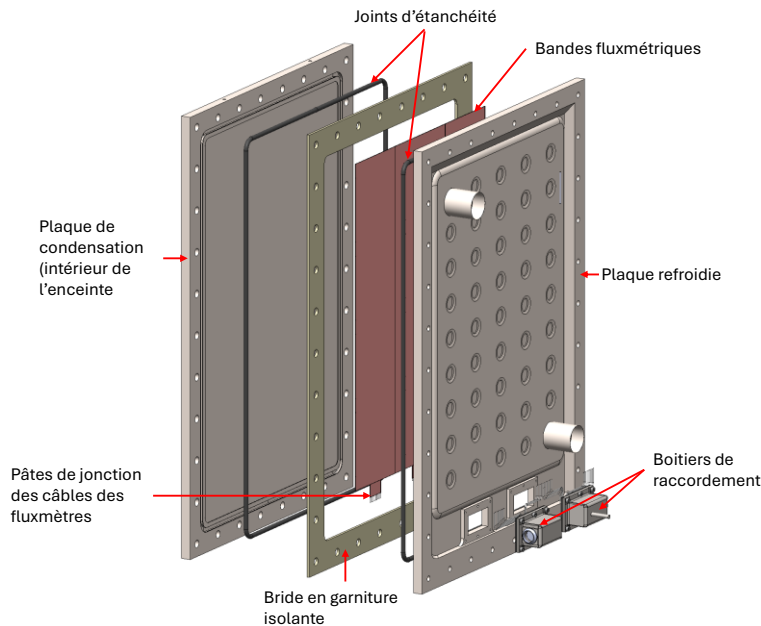


Figure 19 : Paroi refroidie (paroi latérale)

La paroi de condensation telle que conçue par l'ASNR se compose de :

- Une plaque matelassée simple relief (= plaque refroidie), servant de puit froid ;
- Une plaque de condensation, sur laquelle la vapeur est injectée ;
- Trois bandes fluxométriques accolées, permettant de réaliser des mesures de flux sur plusieurs points (cf. Figure 27).

La plaque refroidie et la plaque de condensation sont assemblées par boulonnage de leurs brides périphériques. Afin d'éviter la création de chemins préférentiels au flux de chaleur, une bride en garniture isolante thermiquement est intégrée au niveau de la jonction. L'étanchéité est assurée par deux joints toriques, positionnés de part et d'autre de la bride isolante.

La conductivité thermique de l'ensemble est garantie par une interface thermique (type pâte thermique) intégrée entre les deux plaques, au niveau de la zone fluxométrique (non représentée sur la Figure 19).

Les câbles des fluxmètres cheminent à l'intérieur de la plaque de condensation en partie basse, jusqu'à deux boîtiers étanches munis de connecteurs.

Le concept est décrit plus en détail dans les plans [13] à [20] et en annexe 1.

Une maquette a été réalisée par l'ASNR pour valider le concept de paroi refroidie. Ce concept a ainsi été validé sous réserve de l'intégration des modifications mineures suivantes par rapport aux plans fournis par l'ASNR :

- Modification du boîtier de raccordement : les connecteurs seront assemblés sur les boîtiers à l'aide d'un système de contre-écrou (ils sont actuellement vissés sur les boîtiers) ;
- Modification du circuit matelassé : ajout de chicanes pour un meilleur cheminement de l'eau de refroidissement ;
- Modification du diamètre de tuyauterie des circuits de refroidissement (passage de DN32 à DN25 mais conservation des piquages en DN32 des parois) ;
- Ajout d'une vanne d'étranglement asservie à une mesure de pression en sortie de chaque circuit pour réguler la pression à l'intérieur de la plaque matelassée.

NB : Le plan de pose de la pâte thermique sera fourni par l'ASNR.

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo <i>Etude et réalisation de l'installation KoKoMo</i>	Page : 27/82
Indice : 1		

6.2.1 CONTRAINTES MECANIQUES ET GEOMETRIQUES

Tolérances de fabrication

L'ensemble des surfaces de la plaque de condensation et le côté plat de la plaque refroidie sont usinés.

Les surfaces d'étanchéité des boîtiers sont également usinées.

Les tolérances générales sont conformes à la norme ISO 2768 – mK.

Etanchéité

Le critère d'étanchéité attendu est de 1.10^{-4} Pa.m³/s à froid.

Matériaux

Les différents matériaux choisis doivent être compatibles avec les conditions de fonctionnement. Les pièces en acier inoxydable seront en 316L ou 304L (au choix du Titulaire, la qualification des parois est réalisée avec des parois en 316L).

Traitement de surface

Un sablage au corindon blanc F120 est appliqué sur l'ensemble des surfaces exposées à la vapeur.

Attention : Sablage interdit sur les surfaces d'étanchéité.

6.3 Description du procédé : partie mécanique

Le procédé est présenté dans les documents [2] et [4] . Il intègre également l'instrumentation. L'ensemble des composants du procédé (hors instrumentation) est à la charge du Titulaire, à l'exception des servitudes amenées à proximité de l'installation par le bâtiment (arrivée en eau déminéralisée, bouteilles de gaz, platine d'air comprimé). Le raccordement aux servitudes disponibles dans le bâtiment est également à la charge du Titulaire.

Le schéma du procédé est complété par l'annexe 2, qui décrit le déroulement d'un essai type.

6.3.1 CIRCUIT D'INJECTION DE VAPEUR

Les fonctionnalités attendues sont les suivantes :

- Injection de vapeur sèche sur 3 niveaux : un niveau en position haute, un niveau en position centrale et un niveau en position basse (**Figure 8**). La vapeur est injectée sur un seul niveau à la fois (i.e. le débit de vapeur est entièrement injecté à un niveau, les deux autres piquages doivent être en position fermée et étanche).
- Débits de vapeur réglables : entre 2 g/s et 5 g/s. Le débit doit être stable pendant toute la durée de l'essai, estimée à 16 heures, y compris pendant les phases de remplissage du réservoir du générateur de vapeur. La précision attendue sur le débit est de $\pm 1\%$.
- Vapeur sèche surchauffée : température réglable entre 100°C et 140°C, avec une précision de $\pm 2^\circ\text{C}$.
- Mesure du débit de vapeur injectée en continu ;
- Mesure de la température de la vapeur injectée en continu ;
- Piquage pour connecter le circuit d'ensemencement de la PIV approvisionné par l'ASNR : les données nécessaires seront fournies par l'ASNR.

Il est demandé au Titulaire de faciliter le démontage des portes. À cet effet :

- Le Titulaire privilégiera des tuyauteries souples autant que possible. Des flexibles chauffants (type BOA chauffant) seront donc à privilégier. Les principaux composants seront montés sur une panoplie, équipée de roulettes pivotantes avec freins.
- La panoplie devra être déportée de l'enceinte afin de laisser libre le démontage des portes. Les connexions avec l'enceinte devront impérativement être réalisées via des raccords rapides de préférence.

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo <i>Etude et réalisation de l'installation KoKoMo</i>	Page : 28/82
Indice : 1		

Le circuit d'injection de vapeur est représenté en bleu clair dans le document [4] .

La vapeur est produite par un générateur de vapeur à pression réglable, puis chemine dans des tuyauteries DN15. La régulation de cette pression permet de contrôler la température de la vapeur produite.

En aval, la vapeur passe par un détendeur à piston sphérique avec un séparateur cyclonique intégré, permettant de sécher la vapeur et de lisser le débit (détente de la vapeur et élimination des particules d'eau). À la sortie, la pression de vapeur est de 1 barg et le débit est régulé par une vanne à soupape réglante, asservie à un débitmètre vortex. Le couple pression-température est mesuré en aval de chaque composant.

Le circuit est ensuite divisé en 3 lignes d'injection, correspondant aux trois niveaux d'injection souhaités. Chaque niveau peut être actionné par des vannes à boisseau sphérique pilotée. Enfin, sur chaque niveau, des mesures de température via des thermocouples sont intégrées avant l'injection dans l'enceinte.

Pour éviter toute condensation à l'intérieure des tuyauteries, les lignes sont chauffées à minimum $T_{sat} + 20^{\circ}\text{C}$ et calorifugées.

6.3.2 CIRCUIT DE RECUPERATION DE L'EAU CONDENSEE

Les fonctionnalités attendues sont les suivantes :

- Récupérer, à partir du fond de l'enceinte, dans des réservoirs indépendants, l'eau condensée au bas de chaque paroi et au centre du fond de l'enceinte.
Le débit de vapeur total condensée est similaire au débit de vapeur injectée (entre 0 g/s et 5g/s).
- Mesurer en continu les masses d'eau récupérées dans les réservoirs.

Le circuit de récupération de l'eau condensée est représenté en rouge dans le document [4] .

Les tuyauteries de récupération des condensats sont en DN20 et sont connectées directement sur la plaque de fond.

On retrouve les sous-circuits suivants :

- 4 sous-circuits de récupération de la condensation dite « parasite », au niveau de :
 - o La paroi d'injection ;
 - o Des modules instrumentés ;
 - o Des modules vitrés ;
 - o Du centre de l'enceinte.
- 1 sous-circuit de récupération de la condensation dite « licite » au niveau des parois de condensation (i.e. le seul sous-circuit équipé de 2 balances sur le schéma fluide [4]).

Chaque circuit est équipé, en sortie d'enceinte, d'une vanne pilotée. Les tuyauteries sont disposées en col de cygne pour créer un bouchon hydraulique pour ne pas laisser s'évacuer les gaz présents dans l'enceinte expérimentale. L'eau doit être introduite dans les cols de cygne avant le début de l'essai. Des capteurs doivent permettre de contrôler la présence d'un niveau minimum dans chaque col de cygne (=capteurs ΔP sur le schéma procédé [4]).

Les dimensions des cols de cygne doivent permettre de :

- Récupérer l'eau condensée dans un réservoir de façon gravitaire.
- Décharger une surpression accidentelle si la pression dépasse 100 mbar (le bouchon hydraulique est alors évacué).

Si le Titulaire retient cette solution, le dimensionnement des cols de cygne est à sa charge.

Le schéma des lignes de récupération en col de cygne est donné en en Figure 20.

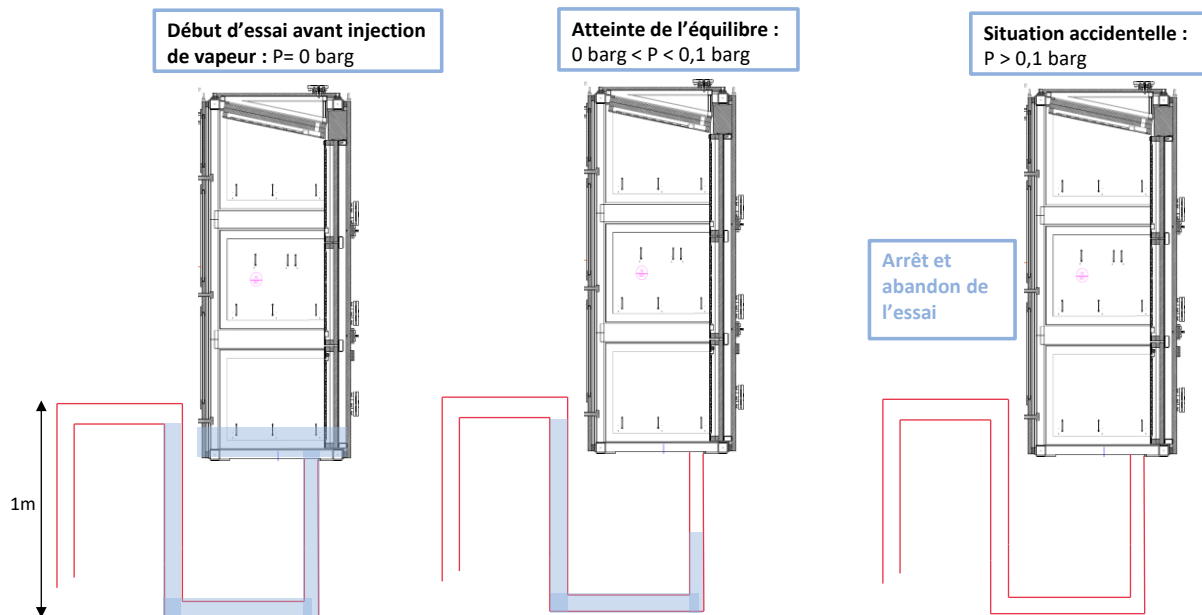


Figure 20 : Schéma de principe de la gestion de l'eau condensée

L'eau est ainsi acheminée vers les réservoirs de récupération. Chaque réservoir repose sur une balance afin de mesurer par intervalle de temps la masse d'eau condensée.

- Les sous-circuits de récupération de l'eau « parasite » sont chacun reliés à un réservoir de 3 L. Pour chaque sous-circuit, une vanne pilotée en sortie de balance permet de vidanger l'eau récupérée.
- Le sous-circuit de récupération de l'eau « licite » est relié à 2 réservoirs de 15 L. Un seul des deux réservoirs peut être en situation de remplissage à un instant donné de l'expérience. Des vannes pilotées, asservies aux balances, permettent de basculer d'un réservoir à l'autre et de vidanger le réservoir plein.

Pour chaque sous-circuit, il n'y a pas de contact entre la tuyauterie en col de cygne et le réservoir afin de ne pas influencer les mesures de masse.

L'eau des différents réservoirs est ensuite recueillie dans un réservoir de récupération de 1000 L. Ce réservoir est également utilisé pour la vidange de l'eau pouvant s'accumuler dans le réservoir d'azote.

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	Page : 30/82
Indice : 1		

6.3.3 CIRCUITS DE REGULATION DES PAROIS CONDENSANTES

Chaque paroi condensante est connectée à un circuit fermé de régulation indépendant (4 circuits au total). Un unique groupe froid permet le refroidissement des 4 circuits.

Les fonctionnalités attendues pour chaque circuit de régulation sont les suivantes :

- Extraire un flux thermique maximal de 20 kW/m² en injectant un fluide de refroidissement à l'intérieur de la paroi refroidie :
 - Fluide : eau déminéralisée ;
 - Débit réglable : de 0,1 à 2m³/h ;
 - Pression du fluide à l'intérieur de la paroi refroidie réglable : de 0 barg à 6 barg ;
 - Température d'entrée réglable : de 20°C à 80°C ;
 - Diamètre : DN25 (maximum).

NB : Les paramètres énoncés ci-dessus (à l'exception du flux à extraire) sont à valider par le Titulaire.

- Mesurer les températures en entrée et en sortie de la paroi refroidie à l'aide de sondes PT100. La précision attendue est $\pm 0,35^{\circ}\text{C}$.
- Mesurer le débit d'injection. La précision attendue est de $\pm 1\%$.
- Cartographier le flux thermique à l'intérieur de la paroi refroidie. Les mesures doivent être moyennées sur une surface d'environ 100 x 100 mm² (cf. Figure 27 en annexe 1) :
 - 4 mesures centrales réparties sur la hauteur ;
 - 2 mesures réparties sur chaque zone périphérique.
- Cartographier la température proche paroi (cf. Figure 27 en annexe 1) :
 - 4 mesures centrales réparties sur la hauteur ;
 - 8 mesures réparties sur chaque zone périphérique.

Le circuit de régulation est représenté en vert dans le schéma procédé [4] .

Chaque circuit de régulation se compose principalement de :

- Un réservoir de 50 L d'eau déminéralisée servant de volume tampon alimenté par l'arrivée d'eau du bâtiment ;
- Un thermorégulateur relié au groupe froid permettant de régler et maintenir la température de l'eau du réservoir (extraire le flux thermique absorbé par la paroi pendant l'essai) ;
- Une pompe avec variateur de fréquence qui permet de faire circuler l'eau du réservoir vers la paroi refroidie à différents débits. Les pompes sont asservies à un débitmètre afin de réguler le débit de circulation ;
- Une vanne réglante, asservie à un capteur de pression, implantée en sortie de la plaque refroidie permettant de réguler la pression du fluide.

6.3.4 CIRCUIT DE SOUTIRAGE D'AZOTE

Les fonctionnalités attendues sont les suivantes :

- Evacuer du gaz (principalement lors du transitoire) afin de ne pas monter en pression dans l'enceinte. Le gaz est soutiré via un réservoir tampon situé en dessous de l'enceinte KoKoMo. Les dimensions du réservoir sont les suivantes :

- Hauteur : 2 m
- Volume : 500 L

L'enceinte est connectée au réservoir par une tuyauterie en DN20. La hauteur de la tuyauterie est de 0,5 m.

- Qualifier et quantifier le gaz extrait au cours du transitoire :

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	Page : 31/82
Indice : 1		

- Gamme de mesure : 1 m³/h - 50 m³/h ;

NB : Les pertes de charge de ce circuit doivent être calculées par le Titulaire avec les dimensions définies dans ce paragraphe. Le cas échéant, si les pertes de charges sont supérieures à 100 mbar, le Titulaire adaptera les diamètres de tuyauteries du circuit.

Le circuit de soutirage d'azote est représenté en bleu foncé dans le schéma procédé [4] .

Le réservoir tampon est connecté directement au fond de l'enceinte.

Le piquage est surélevé à l'intérieur de l'enceinte, au-dessus du niveau d'eau maximum autorisé.

Le bas du réservoir est connecté directement à l'extérieur du bâtiment. Cette ligne de décharge est équipée d'un débitmètre, d'un capteur d'humidité et d'une sonde de température.

Ces éléments permettent de quantifier la quantité de gaz extraite lors du transitoire. À noter que le réservoir tampon est également équipé d'un capteur de niveau permettant de réguler le niveau d'eau dans ce réservoir. Une pompe de relevage asservie au capteur de niveau permet de maintenir le niveau en deçà du niveau maximum autorisé (afin de ne pas boucher la tuyauterie d'évacuation) en refoulant l'eau dans le réservoir de récupération des effluents de 1000 L du circuit de récupération de l'eau condensée.

6.3.5 CIRCUIT DE SECURITE

Une chaîne de sécurité doit être mise en place pour assurer les deux fonctionnalités suivantes :

- Évacuer une surpression accidentelle : la chaîne de sécurité doit être capable de libérer rapidement la pression excédentaire en cas de montée anormale de la pression dans l'enceinte, afin d'éviter tout risque de dommage (en cas d'obstruction des lignes d'évacuation du circuit de soutirage d'azote).
- Servir de redondance avec la mesure de pression interne de l'enceinte : cette chaîne de sécurité doit fonctionner en parallèle de la mesure de pression interne de l'enceinte. Elle assure ainsi une redondance pour garantir la fiabilité des mesures de pression et la sécurité de l'ensemble du système en cas de défaillance du capteur principal.

La chaîne de sécurité est représentée en orange dans le schéma procédé. Elle se compose d'un capteur de pression asservi à une vanne d'arrêt. Le Titulaire mettra en œuvre les mesures nécessaires afin d'éviter la formation de bouchons hydrauliques par condensation de vapeur.

6.3.6 CIRCUIT D'INJECTION D'AZOTE ET D'HELIUM

Les fonctionnalités attendues pour le circuit d'azote sont les suivantes :

- Remplacer l'oxygène de l'enceinte par de l'azote :
 - A partir d'une bouteille d'azote (fourniture ASNR), injecter de l'azote à température ambiante dans l'enceinte avec un débit maximal de 50 m³/h ;
 - Mesurer le débit d'azote injecté (précision = ±1%).

Le Titulaire dimensionnera le circuit afin de réduire au maximum le volume d'oxygène résiduel dans l'enceinte. Le Titulaire veillera à ne pas dépasser la pression de service. L'azote ne doit pas être injecté à une température inférieure 4°C.

En ce sens, il définira les positions des points d'injection d'azote et du point d'évacuation permettant un balayage efficace.

Le critère ciblé est un taux d'air résiduel maximum de 5%.

Les fonctionnalités attendues pour le circuit d'hélium sont les suivantes :

- A partir d'une bouteille d'hélium (fourniture ASNR), injecter de l'hélium chaud dans le circuit vapeur :

- Température réglable entre 100°C et 140°C ;
- Débit d'hélium = 0,2 g/s.

Les circuits d'injection d'azote et d'hélium sont représentés respectivement en bleu et en rouge dans le schéma procédé [4] .

6.3.7 ALIMENTATION EN AIR COMPRIME

Un circuit d'alimentation en air comprimé est nécessaire pour manœuvrer les vannes électropneumatiques.

Ce circuit comprend :

- Une clarinette de répartition des voies d'alimentation avec piquage G1/2" pour montage du capteur de pression,
- Un capteur de pression type Réf: BAUMER PBSN.1.2.B22.A.A1.44.03.2.1 ou équivalent,
- Les flexibles pour le raccordement en air de l'ensemble des vannes pilotées inclus dans la fourniture,
- Les raccords nécessaires au montage des flexibles sur les actionneurs électropneumatiques,
- Les vannes d'isolement du circuit d'air comprimé au départ de chaque voie d'alimentation (une voie pouvant alimenter plusieurs vannes).

L'arrivée de l'alimentation en air des vannes est à la charge de l'ASNR. La platine est amenée à proximité de l'installation.

Le point de raccordement sera situé au niveau 0 du bâtiment 875, à proximité de la plateforme KoKoMo.

Un schéma de principe correspondant est présenté ci-dessous :

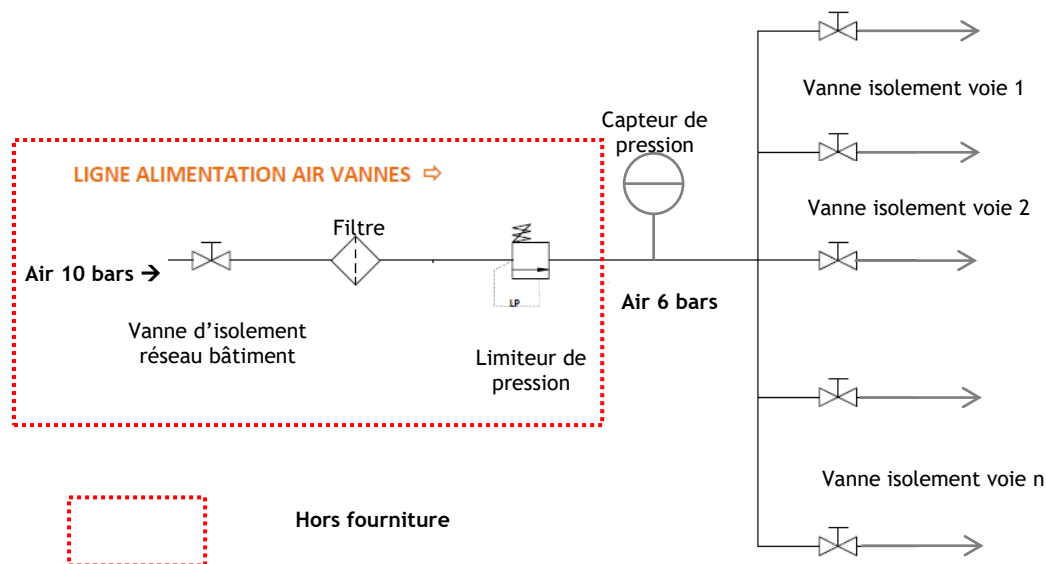


Figure 21 : Alimentation air comprimé - schéma de principe de la platine de répartition

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	Page : 33/82
Indice : 1		

6.3.8 CIRCUIT D'INJECTION D'EAU

Le circuit d'injection d'eau doit permettre de :

- Remplir l'enceinte jusqu'à un niveau maximal, situé en dessous du tuyau de récupération d'azote (nécessaire pour former les bouchons hydrauliques dans les cols de cygne) ;
- Alimenter la buse de lavage.

Le remplissage de l'enceinte est contrôlé par une vanne d'arrêt, asservie au capteur de niveau de l'enceinte.

6.3.9 INSTRUMENTATION

Le Titulaire se base sur le document [2] qui contient le plan d'instrumentation fourni par l'ASNR.

Dans ce document, les capteurs du procédé et de l'enceinte sont clairement identifiés. Certains sont imposés par l'ASNR, mais, pour la plupart, le choix et la définition du capteur sont à la charge du Titulaire, qui devra remettre un plan d'instrumentation final à l'ASNR pour acceptation.

Descriptif succinct de l'Instrumentation de l'enceinte

L'enceinte est équipée d'instruments de mesure. Les paramètres à mesurer sont les suivants :

- Mesurer la concentration en gaz (vapeur, azote, hélium) en différents points (aux mêmes localisations que celles de la température) :
 - o Mesures par sondes d'humidité ;
 - o Mesure de concentration par prélèvement (à la charge de l'ASNR) ;
- Mesurer la température du fluide en différents points (réalisation d'une cartographie de la température de l'enceinte sur 12 points) : mesures via les thermocouples associés aux sondes d'humidité implantées sur les modules instrumentés ;
- Mesurer la vitesse des gaz : mesure par système de PIV (à la charge de l'ASNR).
- Mesurer la pression à l'intérieur de l'enceinte ;
- Mesurer le niveau d'eau à l'intérieur de l'enceinte.

Les équipements de mesures doivent être les moins intrusifs possible :

- Diamètre maximum autorisé = 15 mm ;
- Intrusivité maximum autorisée = 30 mm.

Le système et le procédé de mesure de concentration par prélèvement est de fourniture ASNR. Son montage est également hors fourniture.

Le système PIV (bras motorisé compris) est de fourniture ASNR. Le montage du bras sur le chariot de translation est à la charge du Titulaire.

NB : *L'instrumentation principale du procédé est décrite dans les paragraphes précédents. L'ensemble de l'instrumentation du process est à la charge du Titulaire.*

6.4 Description du procédé : partie électricité

Les fonctions électriques principales attendues sont les suivantes :

- Piloter les différents circuits : puissance de chaque paroi de refroidissement indépendamment les unes des autres, température et débit de vapeur ;
- Permettre l'acquisition et la visualisation de toutes les mesures de l'installation ;
- Permettre la synchronisation des mesures expérimentales de l'installation entre elles et avec les mesures du procédé.

Pour ce faire, le Titulaire réalisera :

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	Page : 34/82
Indice : 1		

- Une armoire de puissance permettant d'alimenter tous les équipements de puissance, ainsi que l'armoire de contrôle commande du procédé et la baie de mesure ;
- Une armoire de contrôle commande contenant principalement un automate programmable (API) permettant de piloter le procédé ;
- Une baie de mesure permettant de regrouper et conditionner les mesures expérimentales ;
- Une platine en complément de la baie de mesure permettant l'implantation des boîtiers transmetteurs des sondes d'humidité et de température associé (identifiés HU et TH sur le schéma procédé).

Les prescriptions sont les suivantes :

- Garantir la protection des personnes par des protections différentielles adaptées et la mise à la terre de chaque composant.
- Limiter au maximum les effets indésirables des champs électromagnétiques sur les mesures et les commandes.

6.4.1 DESCRIPTION DE L'ARMOIRE DE PUISSANCE

L'armoire de puissance intégrera les départs d'alimentation de :

- 1 Générateur de vapeur (400 Vca tétra)
- 1 groupe froid 400 Vca tétra ;
- Les éléments chauffants des tuyauteries (puissances à définir) ;
- 4 thermorégulateurs (400 Vca Tri) ;
- 4 pompes de circulation des parois refroidies (230 Vca) ;
- 1 pompe de relevage du réservoir d'azote ;
- Un départ pour 4 prises (230 Vca / 16 A) ;
- Un départ de réserve (230 Vca /16 A) ;
- Un départ pour le raccordement du bras motorisé du système PIV ;
- ...

NB : Si les variateurs de vitesse des 4 pompes de circulation des parois refroidies ne sont pas intégrées aux dites pompes, il faudra les intégrer dans cette armoire.

L'armoire sera alimentée depuis le TGBT de distribution générale du bâtiment (400 Vca Tétraphasé / 150 kVA). La liaison d'alimentation amont (de fourniture ASNR) sera déjà disponible en attente sur place.

6.4.2 DESCRIPTION DE L'ARMOIRE DE CONTROLE COMMANDE DU PROCEDE

Cette armoire sera alimentée en 230 Vca / 2,5 kVA ondulé depuis le TGBT de distribution ondulée du bâtiment. La liaison d'alimentation amont (de fourniture ASNR) sera déjà disponible en attente sur place.

Un automate programmable (API) sera utilisé pour gérer les signaux de mesures du procédé, ainsi que les commandes et les reports d'états des actionneurs. La totalité des mesures et des reports d'états devra être présente dans la table d'échanges qui sera ensuite exportée via la liaison Ethernet de l'API vers le PC de supervision.

Cette armoire comportera en façade les régulateurs de température (lignes chauffées), de débit (vannes de réglage et variateurs) et de pression. Elle comportera également les organes de protection et de signalisation des sources d'alimentation BT et/ou TBT des composants du procédé, hormis ceux alimentés directement par l'armoire de puissance.

De plus, y seront intégrés les départs d'alimentation des 13 transmetteurs d'humidité, des 6 balances, d'un concentrateur des gaz et d'un switch réseau. Ce dernier rassemblera toutes les liaisons Ethernet de la baie de mesure et des équipements pilotés de l'installation : le GV, le groupe froid, les

thermorégulateurs, les pompes et les régulateurs qui seront pilotés par des liaisons type Modbus. Le concentrateur des gaz regroupera l'ensemble des voies de prélèvements gaz.

Une liaison Ethernet est à prévoir également vers le PC de supervision en salle de commande (PC de fourniture ASNR).

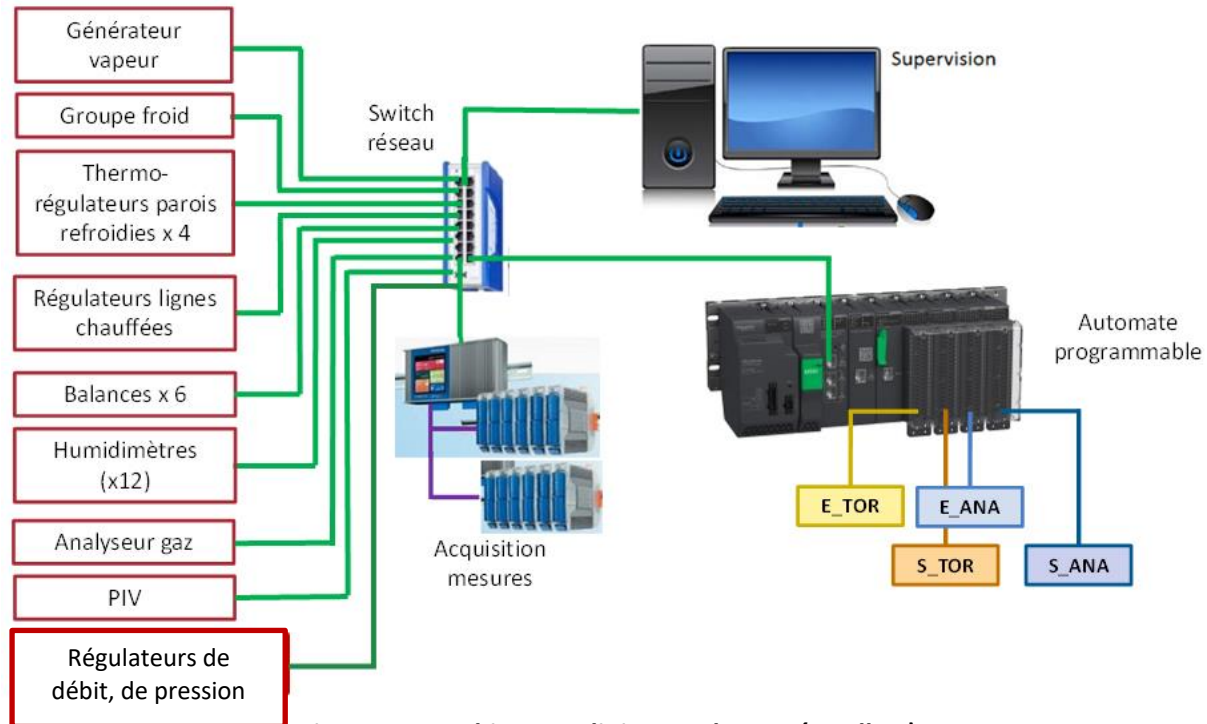


Figure 22 : Architecture liaisons Ethernet (Modbus)

L'armoire intégrera les alimentations des équipements suivants avec leurs protections respectives :

- Les régulateurs des éléments chauffants (1 régulateur par branche) ;
- Les régulateurs de débit et de pression ;
- Les capteurs et les actionneurs (24 Vac et/ou 24 Vcc) ;
- L'automate programmable (API) ;
- Les duplicateurs de signaux des mesures du procédé ;
- Le switch réseau.

Nota : Si le nombre de régulateurs des éléments chauffants est trop important, les régulations de température de ces éléments chauffants pourront être réalisées éventuellement par l'automate.

L'automate traitera les fonctions et les commandes suivantes :

- Le pilotage des vannes électropneumatiques TOR et ANA ;
- Les alarmes fonctionnelles et de synthèse de défauts ;
- La gestion de niveau des réservoirs ;
- Les commandes des pompes de circulation ;
- La commande forcée de la pompe de relevage du réservoir d'azote ;
- La fonction d'arrêt procédé.

L'arrêt procédé sera déclenché d'une part par l'API (cf. §7.2.2) et d'autre part manuellement par plusieurs boutons poussoirs répartis sur l'installation (cf. §.6.5.4).

Le circuit d'arrêt procédé est indépendant du circuit de coupure d'urgence électrique générale de l'installation. Il n'a pas d'effet sur la source de distribution électrique amont de la maquette, ni sur l'acquisition et le suivi des mesures. Cet arrêt procédé ne coupe donc que les commandes de marche des éléments de chauffe et de circulation, il ne coupe pas l'alimentation des capteurs. Il interrompt le procédé et met l'installation en repli.

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	Page : 36/82
Indice : 1		

L'arrêt procédé automatique sera déclenché par :

- Un défaut sur un des départs d'alimentation dans l'armoire de puissance (GV, thermorégulateurs, variateurs de vitesses, groupe froid, ...) ;
- Défaut GV ;
- Défaut groupe froid ;
- Synthèse défaut thermorégulateurs ;
- Synthèse défauts pompe ;
- Seuil de niveau (haut) d'eau dans l'enceinte ;
- Seuil bas pression air comprimée ;
- Seuil humidité en sortie du réservoir d'azote ;
- Seuils de niveau bas d'eau réservoirs de refroidissement ;
- Présence des bouchons hydrauliques dans les cols de cygne ;
- Températures en sortie des parois refroidies trop élevées (90°C) ;
- Seuil de pression haute enceinte ;
- Seuil de pression haute circuit de sécurité.

L'arrêt procédé déclenchera :

- L'arrêt de l'injection de vapeur par mise à OFF de la commande du générateur de vapeur et forçage à 0 de sa consigne de chauffe ;
- L'arrêt des pompes de circulation des parois refroidies par mise à OFF de leur commande et forçage à 0 de leur consigne de vitesse ;
- L'arrêt des thermorégulateurs par mise à OFF de leur commande et forçage à 0 de leur consigne ;
- L'arrêt des éléments chauffants des tuyauteries par mise à OFF des commandes et forçage à 0 des consignes de chauffe ;
- La mise au repos de toutes les vannes.

NB : *Le déverrouillage d'un bouton d'AP actionné par un opérateur ne devra pas inhiber la fonction d'arrêt procédé. C'est l'opérateur qui peut seul relancer son cycle via la supervision après avoir supprimé tous les défauts et les alarmes associées.*

Le procédé est piloté uniquement par la supervision. Le développement et la mise en œuvre des IHM des supervisions de contrôle-commande du procédé et d'acquisition des mesures sont réalisés par l'ASNR sous LabView, ils ne sont donc pas inclus dans la prestation, néanmoins le Titulaire du marché devra s'assurer :

- Du bon fonctionnement via la supervision (avec l'assistance de l'ASNR) de tous les équipements qu'il aura fournis et/ou raccordés ;
- De la bonne mise en œuvre des applications logicielles approvisionnées avec les matériels SCHNEIDER, EUROTERM-WATLOW et les systèmes d'acquisition GANTNER ;
- De la bonne communication entre les équipements et les PC de supervision et d'acquisition ;
- De la remontée des alarmes ;
- De l'exhaustivité du contenu de la table d'échanges de l'API.

6.4.3 DESCRIPTION DE LA BAIE DE MESURES ET DE LA PLATINE DU PROCÉDE

Les mesures expérimentales seront regroupées et conditionnées dans une baie de mesures intégrant le système d'acquisition. A ces mesures, viendront s'ajouter les sorties dupliquées de quelques mesures du procédé.

Les boîtiers transmetteurs des mesures d'humidité et de leurs températures associées seront installés sur une platine (à la charge du Titulaire) en dehors de la baie de mesures.

6.5 Description fonctionnelle de la plateforme

Les fonctionnalités attendues pour la plateforme sont les suivantes :

- Supporter son poids propre, les différents équipements et une charge de 500 kg/m² ;
- Faciliter les opérations de manutention des composants ainsi que les opérations de montage et de démontage ;
- Intégrer la plaque de répartition et régler (voir descriptif ci-dessous). La plaque de répartition chargée doit être fixée sur la plateforme de manière réglable afin de garantir sa planéité et son horizontalité ;
- Intégrer des racks de stockage (voir descriptif ci-dessous) ;
- Permettre l'évacuation d'un blessé par brancard (passage d'au moins 900 mm de large) ;
- Être compatible avec l'implantation et l'encombrement prévu ;
- Pouvoir intégrer un troisième étage a posteriori (à prendre en compte lors du dimensionnement de la plateforme) similaire au deuxième étage (cas de chargement du deuxième étage à prendre en compte) : Prévoir les ancrages nécessaires, descentes de charge, ...

La plateforme, est présentée en **Figure 23** et le plan [3] .

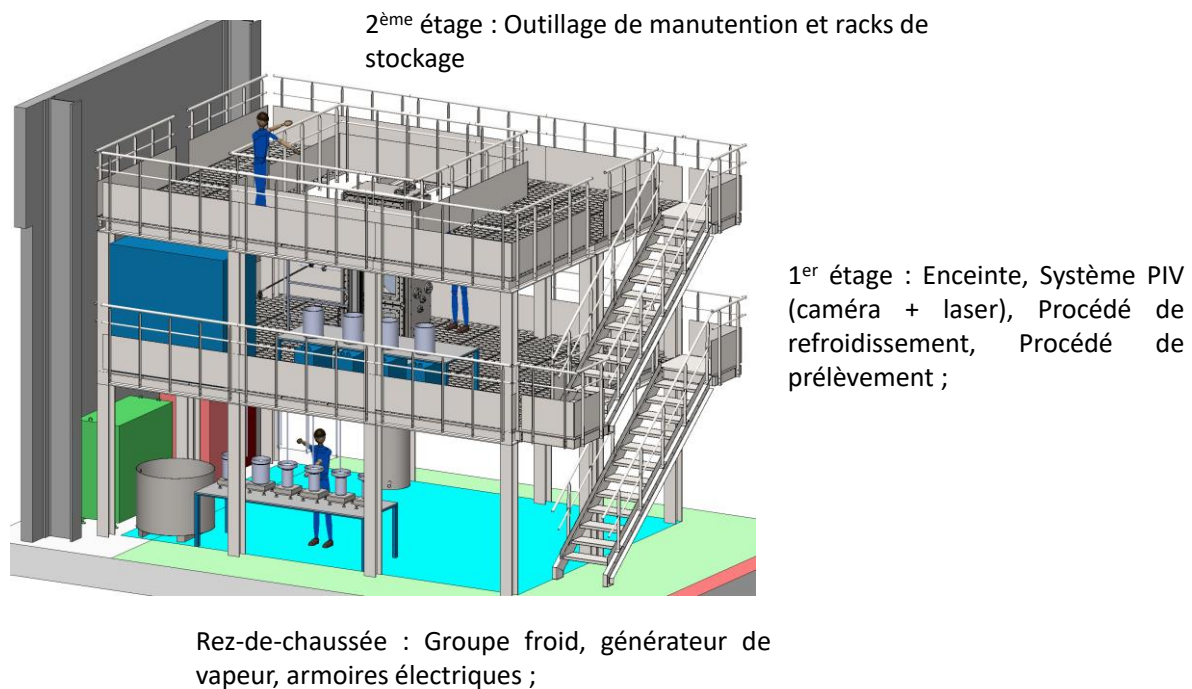


Figure 23 : Implantation de l'installation KoKoMo

Description de la plaque de répartition

La plaque de répartition doit :

- Être usinée dans la masse ;
- Supporter les différents équipements et limiter les déformations :
 - o Planéité après chargement = 1 mm ;
- S'intégrer et se fixer à la plateforme ainsi qu'à l'enceinte KoKoMo ;

- Intégrer le système de déplacement des caméras (fourniture ASNR). Le système de déplacement doit être monté sur un chariot (à la charge du Titulaire, prévoir un moyen de préhension pour le chariot). Un système de rail réglable intégré au fond permet le déplacement du chariot vers l'arrière afin de faciliter la manutention des modules vitrés. Son positionnement sur le rail doit être verrouillable.
 - o Déplacement linéaire minimum de 1200 mm vers l'arrière (dans l'axe perpendiculaire aux surfaces vitrées) depuis la surface vitrée ;
 - o Position de blocage intermédiaire à 440 mm des surfaces vitrées.

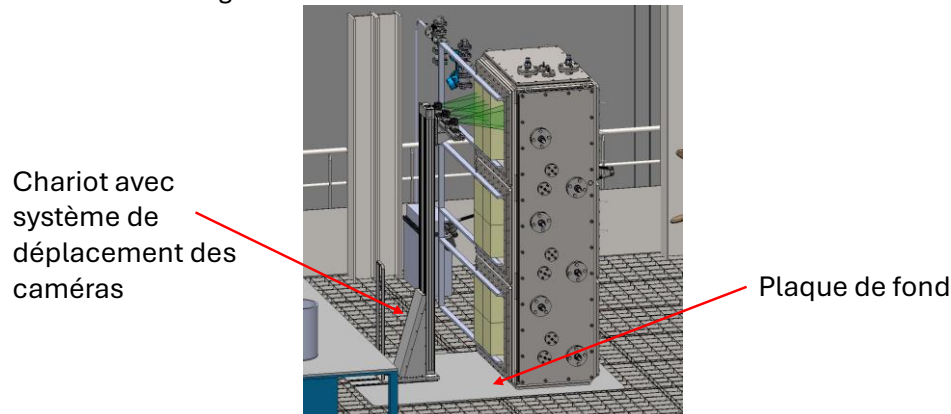


Figure 24 : Système de déplacement

Description des racks de stockage

Le Titulaire doit prévoir deux racks de stockage indépendants :

- Rack pour le stockage des portes et du couvercle : seul ou équipés de leurs parois refroidies.
- Rack pour le stockage de 6 modules minimum.

Les racks de stockage sont manutentionnables au pont, vides ou équipés des différents composants.

6.6 Description fonctionnelle du calorifuge

Les fonctionnalités communes attendues pour le calorifuge sont les suivantes :

- Utiliser des matériaux non pulvérulents :
 - o De type matelas pour l'enceinte, les cuves et les tronçons de tuyauterie démontable ;
 - o Type de calorifuge au choix pour les tuyauteries non démontables.
- Limiter la température extérieure à 50°C.

6.6.1 CALORIFUGE DE L'ENCEINTE

L'enceinte KoKoMo doit être isolée thermiquement. Le calorifuge doit recouvrir la totalité de l'enceinte (partie en acier et en verre y compris le fond), ainsi que la robinetterie directement connectée (brides, raccords, piquages, etc.).

Les fonctionnalités suivantes sont attendues :

- Permettre l'implantation et le retrait de l'instrumentation (capteurs de pression et thermocouples) sans démontage du calorifuge.
- Permettre l'accès aux composants et leur démontage sans dépose totale des tronçons de calorifuge (le dé-calorifugeage ne concernant que la boulonnerie pour les démontages des portes, du couvercle et du module).
- Limiter les ponts thermiques principalement à l'interface entre la plaque de fond et la plaque de répartition.

- Être manutentionné par deux opérateurs au maximum, ou prévoir les moyens de manutention au pont.

Cas particuliers des modules vitrés

Les verres (des modules et de la paroi d'injection) sont également calorifugés, par des tronçons de calorifuge intégrables sur le calorifuge de l'enceinte, afin de limiter les pertes thermiques au niveau des verres.

Les tronçons de calorifuge recouvrant les verres doivent être divisés en portions de 200 x 200 mm démontables indépendamment les unes des autres, afin de laisser à l'opérateur le choix de la localisation de la fenêtre optique.

Les opérations de montage et de démontage d'une portion doivent être aisées et réalisables par un opérateur sans outils particuliers. Il est recommandé de prévoir des systèmes de préhension des portions (par exemple, des poignées) et des systèmes de fixation rapide (par exemple, des boutons).

Tronçons de calorifuge
amovibles

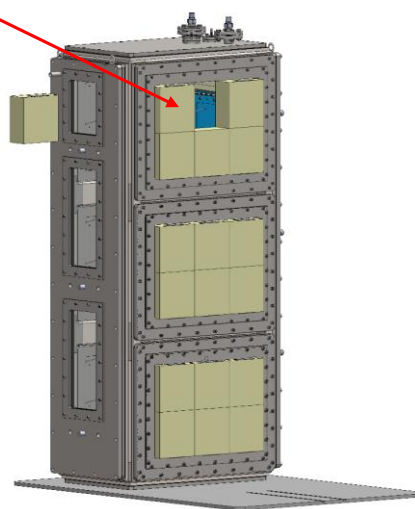


Figure 25 : Calorifuge des modules vitrés

6.6.2 CALORIFUGE DU PROCEDE

Le procédé vapeur et le procédé de refroidissement doivent être calorifugés.

Les fonctionnalités attendues pour le calorifuge des lignes de tuyauterie et les cuves du circuit de refroidissement sont les suivantes :

- Le concept envisagé doit permettre de démonter les lignes ou les cuves sans devoir retirer les calorifuges.
- Le matériau privilégié doit permettre de s'adapter au cheminement de la tuyauterie (coudes, angles, etc.), avec des matériaux souples.
- Le calorifuge doit intégrer l'instrumentation, la robinetterie, les brides et les raccords intégrés à la tuyauterie.

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	Page : 40/82
Indice : 1		

7 POSTE 1 : ETUDE

La prestation inclut la réalisation d'un Avant-Projet Détaillé qui justifiera la conception et le dimensionnement de l'installation KoKoMo.

À l'exception des documents requis uniquement pour information, tous les documents doivent être finalisés et soumis en version BPX pour acceptation au chargé d'affaires de l'ASNR avant toute réalisation.

La réalisation ne pourra débuter qu'avec des documents BPE validés.

Une réunion de lancement des études de la partie électrique sera organisée après remise du plan de qualité relatif à l'étude de la partie électrique entre les chargés d'affaires du Titulaire et du SIPR. Cette réunion permettra de préciser les critères techniques généraux et ceux particuliers à chaque poste, ainsi que la méthodologie de conception à retenir. Une attention particulière sera notamment apportée à la mise en œuvre des règles de compatibilité électromagnétique.

Phasage des études : L'APD est réalisé en trois phases :

- Réalisation de l'APD préliminaire : Appropriation de la conception. Les livrables suivants sont attendus :
 - Documents d'étude préliminaire mécanique : plans et schémas, mise à jour du planning, liste d'interfaces, liste des qualifications (le cas échéant), nomenclature ;
 - Documents d'étude préliminaire électricité : architecture contrôle-commande, bilan de puissance, plan d'instrumentation.
- Réalisation des études d'ensemble. Les livrables suivants sont attendus :
 - Mise à jour des documents précédents, analyse fonctionnelle, schéma procédé, note de fonctionnement, nomenclature, liste des fournisseurs et allotissement, mise à jour du planning, plans de supportage.
- Réalisation des études de détail et contractualisation, le cas échéant :
 - Notes de calcul et de dimensionnement, mise à jour des documents précédents ;
 - Réalisation des plans de détail ;
 - Plan de qualité de fabrication et de recettes ;
 - Liste des sous-traitants avec leurs coordonnées.

À la fin des études d'ensemble :

- Le Titulaire organisera une revue de conception finale en présence de l'ASNR et sera responsable de la rédaction du compte rendu de cette réunion.
- Le Titulaire élaborera les plans de qualité relatifs à la fabrication. Ils seront soumis à l'ASNR pour acceptation.

Les plans mécaniques devront être réalisés en CAO 3D, de préférence avec le logiciel SolidWorks 2024 ou une version antérieure (ou tout logiciel compatible avec SolidWorks 2024).

Les plans électriques devront être réalisés en CAO, exclusivement avec le logiciel AutoCAD Electrical, version 2023 ou ultérieure, selon la méthodologie propre à l'ASNR/SIPR. Tout autre logiciel de CAO ou de DAO est proscrit.

La note de calcul électrique de dimensionnement des protections et des liaisons devra être réalisée avec le logiciel CANECO BT, version 2023 ou ultérieure.

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	Page : 41/82
Indice : 1		

7.1 Etude de l'enceinte KoKoMo, des parois refroidies et des outillages de manutention et de montage

7.1.1 CONCEPTION ET CALCULS

A ce titre, il est attendu l'ensemble des éléments de dimensionnement suivants :

- L'ensemble des plans d'ensemble avec nomenclature et des plans de détails ainsi que les fichiers CAO 2D (plans) et 3D (pièces et assemblage) au format SolidWorks 2024 (ou compatibles) ;
- Pour l'enceinte : Le Titulaire transmettra une ou plusieurs notes de calcul intégrant le couplage thermomécanique afin de prendre en compte les contraintes liées aux dilatations thermiques et au gradient thermique induit par la stratification des gaz notamment. Le Titulaire devra justifier le dimensionnement de l'enceinte et de ses composants en effectuant :
 - o Une note de méthodologie et d'hypothèses ;
 - o Une étude thermique ;
 - o Un calcul thermomécanique ;
 - o Un calcul à la fatigue ;
 - o Une vérification de la tenue des soudures ;
 - o Une vérification de la tenue de la boulonnerie et des brides ;
 - o Une vérification de l'étanchéité du système et la définition des couples de serrage.
 Ces travaux pourront être regroupés dans une même note.

Elle portera sur :

- La tenue thermomécanique de l'enceinte ;
- Les ancrages des parois refroidies, des garnitures thermiques et des corps morts.

Ne sont pas compris dans l'étude :

- Justification de la tenue au séisme de l'enceinte,
- Justification de la tenue mécanique des parois refroidies, du DELTHERM et de la mousse en silicone,
- Justification de la tenue des verres,
- La prise en compte du fluage (température < 400°C),
- La justification des éléments du commerce, brides comprises.

La note [1] présente les résultats des calculs de prédimensionnement de l'enceinte dans le cadre de l'APS réalisé par l'ASNR. Dans cette note, seule la tenue de l'enceinte a été vérifiée (l'ancrage des parois n'a pas été vérifié). Le Titulaire doit prendre en compte les recommandations de cette note pour la conception de l'enceinte. La même méthodologie et les mêmes hypothèses pourront être utilisées pour le dimensionnement final. En ce sens, pour l'étude thermique, il n'est pas demandé au Titulaire d'étudier le comportement des gaz. L'ASNR fournit les températures à appliquer, leur localisation sur les surfaces et les coefficients d'échange correspondants (ces paramètres sont ceux mentionnés dans [1]). Les cas de chargement seront légèrement différents et sont définis en détail en annexe 3.

À la différence du prédimensionnement réalisé par l'ASNR, l'accommodation plastique pourra être prise en compte dans le cadre de cette étude et sera à justifier.

- Pour les parois refroidies : Les plans d'ensemble et de détail (inclus les plans de dépose de la pâte thermique).
- Pour les appareils de levage, si l'organisme de contrôle et la réglementation l'impose : les notes de calcul en plus des plans ;
- Tout autre document (note de calcul supplémentaire, plan, procédure, ...) jugé nécessaire par le Titulaire.

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	Page : 42/82
Indice : 1		

L'ensemble de ces documents sera soumis à l'acceptation de l'ASNR et seront spécifiés dans le plan de qualité de la partie étude mécanique.

Les calculs thermomécaniques seront réalisés par éléments finis avec un modèle 3D. Au niveau de la forme, les notes de calculs (commentées et illustrées) devront à minima intégrer :

- Des unités selon le Système International d'unités (SI) ;
- Les références : du logiciel et sa version, des plans et leurs indices, du code/norme utilisé... ;
- Les propriétés matériaux : sous forme de tableaux avec les valeurs selon la température. Le Titulaire spécifiera d'où sont issues les valeurs ;
- Les hypothèses de calculs : les symétries considérées, les simplifications géométriques, les éléments non modélisés... ;
- Les scénarios étudiés ;
- Le maillage : le type de maille, le nombre total de mailles, le nombre de mailles dans l'épaisseur justifié par une étude de convergence du maillage ;
- Les conditions limites et les chargements : préciser ceux pris ou non en compte, justifier les valeurs (calculs de coefficient d'échange...) ;
- Présentation des méthodes de post-traitement et de linéarisation des contraintes si nécessaire ;
- Les résultats et les critères d'acceptation ;
- Une conclusion avec présentation des marges de dimensionnement ;
- En annexe le script du calcul.

7.1.2 MONTAGE

Le Titulaire étudiera et définira les outillages nécessaires pour :

- Le montage des parois refroidies et des garnitures thermiques sur la porte et le couvercle (si nécessaire) ;
- Le montage global de l'enceinte, incluant au minimum :
 - o Palonnier de porte et accessoires d'extraction ;
 - o Moyens de manutention des modules et leurs accessoires d'extraction ;
- Le montage des verres sur les modules vitrés et la paroi d'injection ;
- La manutention de l'enceinte assemblée, si un outillage spécifique est nécessaire.

Les outillages devront simplifier les opérations de montages/démontages des composants de l'enceinte sur le châssis et être certifiés par un organisme agréé pour les appareils de manutention.

Les plans des outillages seront soumis à l'ASNR pour acceptation.

7.1.3 LIVRABLES

A minima, les livrables suivants sont attendus avant tout commencement de fabrication :

- Pour acceptation :
 - o Plans d'ensemble,
 - o Plans de détail ;
 - o Notes de calcul (a minima la note de calcul thermomécanique de l'enceinte) ;
- Pour information :
 - o Le cas échéant : les notes de calcul des appareils de levage.

7.2 Etude du procédé KoKoMo

Le procédé KoKoMo est défini dans le schéma procédé [4] .

L'instrumentation et les actionneurs sont définis dans le document [2] .

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo <i>Etude et réalisation de l'installation KoKoMo</i>	Page : 43/82
Indice : 1		

7.2.1 EXIGENCES PARTICULIERES POUR LE PROCEDE : GENERALITES

7.2.1.1 Joint

Le Titulaire définit et fournit l'ensemble des joints nécessaires aux épreuves et au montage des composants.

Les joints nécessaires au montage de l'instrumentation (capteur de pression, débitmètre, capteur de température) et des tapes pleines.

7.2.1.2 Tuyauteries

La définition des tuyauteries devra prendre en compte les contraintes suivantes :

- Le cheminement des lignes et l'encombrement des équipements,
- Le respect des pentes pour l'écoulement gravitaire (2% minimum),
- La dilatation des tuyauteries (mise en place de lyres de dilatation, de compensateurs de dilatation, de points fixes et glissants sur les supports),
- L'accessibilité des vannes manuelles,
- La mise en place de purges et d'évents pour la vidange des circuits,
- Le respect des spécifications du constructeur pour l'implantation de l'instrumentation (longueur amont/aval, position du capteur, sens de passage, etc.),
- La prise en compte de l'encombrement du calorifuge,
- La circulation de l'exploitant autour de l'installation ;
- Le démontage de l'enceinte.

Le Titulaire privilégiera autant que possible des tuyauteries souples. Les raccordements à l'enceinte devront être réalisés, autant que faire se peut, avec des raccords rapides. Enfin, le cheminement des lignes devra permettre le démontage et le remontage des différents composants de l'enceinte (couvercle, porte, etc.) avec un minimum d'opérations de démontage des lignes.

Le Titulaire devra prévoir les purges en point bas et les événements nécessaires en point haut. Il devra également prévoir les clapets anti-retours et filtres. Les purges devront être connectées au réservoir de récupération.

Cas particulier des cols de cygne : dimensionnement des cols de cygne suivant les exigences du § 6.3.2.

7.2.1.3 Vannes pilotées

Les vannes pilotées (vannes d'arrêt ou de réglages) devront posséder les caractéristiques suivantes :

- Actionneur électropneumatique, pression de fonctionnement 6 bar,
- Commande électrique 24V AC,
- Pour les vannes de réglage -> Avec recopie de position et fins de course ouvert et fermé,
- Pour les vannes d'arrêt -> Avec fins de course ouvert et fermé,

7.2.1.4 Vannes manuelles

Toutes les vannes manuelles devront être accessibles à hauteur d'homme (accessible sans échelle, etc.). Si le cheminement retenu ne permet pas l'accès à une vanne manuelle, une commande déportée (type rallonge ou autre) sera fournie.

7.2.1.5 Groupe froid

Le groupe froid est un groupe d'eau glacée.

La puissance frigorifique est majorée à 25 kW.

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo <i>Etude et réalisation de l'installation KoKoMo</i>	Page : 44/82
Indice : 1		

7.2.1.6 Thermorégulateurs

Les 4 thermorégulateurs chaud / froid approvisionnés sont identiques. Il s'agit de thermorégulateurs avec expansion atmosphérique.

Pour chaque thermorégulateur :

- La puissance de chauffe souhaitée est de 10 kW.
- L'échangeur froid doit permettre d'extraire 25 kW dans les conditions thermiques les moins favorables.

7.2.1.7 Générateur de vapeur

Les caractéristiques minimum suivantes sont attendues :

- La puissance du générateur de vapeur est de 22 kW ;
- La vapeur générée est propre (pièces de chaudière en acier inoxydable) ;
- Le débit de production de vapeur max est de 29 kg/h ;
- Privilégier un générateur à 2 étages pour une meilleure régulation du débit, notamment pour les débits faibles ;
- Pression admissible max a minima de 10 bar pour assurer une surchauffe de la vapeur par détente ;
- Alimentation électrique.

7.2.1.8 Pompe

Autant que possible les pompes sont positionnées en point bas afin de faciliter leur amorçage. Les pompes seront des pompes centrifuges. Les débits des pompes sont réglables via des variateurs de fréquence (intégré ou non à la pompe).

7.2.1.9 Supports

Les supports des tuyauteries doivent :

- Limiter au maximum les ponts thermiques ;
- Permettre la libre dilatation des tuyauteries ;
- Permettre la flexibilité nécessaire ;
- Permettre la mise en place et la continuité du calorifuge ;
- Limiter au maximum la transmission de vibrations.

7.2.1.10 Réservoirs

Le réservoir de récupération et le réservoir d'azote sont déposés sur des supports palettisables. Ils sont surélevés afin de faciliter leur vidange et permettre l'amorçage gravitaire des pompes.

Les réservoirs en acier sont en acier inoxydable 304L ou 316L.

Seuls les réservoirs d'alimentation en eau condensée sont calorifugés.

Réservoir de récupération

Le réservoir de stockage est une cuve antistatique en plastique de 1000 L. Le Titulaire doit prévoir les adaptations nécessaires à la mise en place du capteur de niveau. La cuve

Réservoir d'azote

Le réservoir de soutirage d'azote est en acier 304L ou 316L.

Le couvercle et le fond du réservoir de stockage sont des tapes montées sur bride. Ces jonctions sont étanches (critère : $1 \cdot 10^{-5}$ Pa.m³/s). Le réservoir présente un volume de 500 L et une hauteur de 2 m.

Le Titulaire doit prévoir :

- 4 piquages de réserve en DN 40 répartis sur la hauteur (il fournira les tapes et joints nécessaires à leur fermeture).
- 1 trou d'homme de 420 mm de diamètre interne.
- Les tapes et joints nécessaires à la fermeture de ces différentes ouvertures.

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	Page : 45/82
Indice : 1		

Réservoirs d'alimentation en eau

Les réservoirs d'alimentation en eau sont des cuves atmosphériques de 50 L. En ce sens, elles bénéficient d'un couvercle non étanche.

Réservoir de récupération d'eau condensée

Les 6 réservoirs du circuit de récupération d'eau condensée sont également des réservoirs atmosphériques. Elles sont fermées par un couvercle permettant de récupérer l'eau condensée sans contact direct avec les tuyauteries de récupération. Les volumes des différents réservoirs de récupération d'eau condensée sont indiqués sur [4] .

7.2.2 EXIGENCES PARTICULIERES POUR LE PROCEDE KOKOMO : PARTIE ELECTRICITE

Armoire de puissance

Les dimensions évaluées de cette armoire sont de l'ordre de H.1800 x L.600 x P.400 mm auxquelles s'ajoutera la hauteur du socle de 200 mm. Ces dimensions seront à valider. Sa porte devra être verrouillable (clé N°2433A). Sa coupure générale sera réalisée par un interrupteur-sectionneur avec organe de manœuvre externe cadenassable. Elle sera munie d'un porte-plans et d'un éclairage à LED commandé par l'ouverture de porte. Chaque départ individuel d'alimentation sera protégé par un disjoncteur magnétothermique bipolaire. Les disjoncteurs unipolaires et les fusibles sont proscrits.

Sur la face avant de l'armoire seront implantés :

- 1 voyant tri-LED blanc de présence tension amont ;
- 1 voyant vert à LED de présence tension d'alimentation du GV ;
- 1 voyant vert à LED de présence tension d'alimentation du groupe froid ;
- 1 voyant vert à LED de présence tension d'alimentation de l'ensemble des éléments chauffants des tuyauteries ;
- 4 voyants verts à LED de présence tension d'alimentation des thermorégulateurs ;
- 4 voyants verts à LED de présence tension d'alimentation des pompes de circulation ;
- 1 voyant rouge à LED de synthèse des défauts de l'armoire.

La filiation entre tous les organes de protection est prépondérante. À cette fin, la continuité de matériel de marque Schneider est recommandée.

Cette armoire devra être équipée d'une ventilation thermostatée. À l'intérieur de l'armoire, toutes les pièces nues sous tension devront comporter une protection d'indice IP2x minimum.

La synthèse des défauts de l'armoire sera remontée vers l'armoire de contrôle-commande.

Le régime de neutre du bâtiment est IT.

Armoire de contrôle commande

Concernant le choix de l'API, il s'agira préférentiellement d'un modèle SCHNEIDER type M340, tout autre choix devra être argumenté et soumis à acceptation du chargé d'affaire du SIPR. Outre des caractéristiques techniques équivalentes attendues, notamment en termes de modularité, de capacité de traitement et de protocole de communication (Modbus TCP/IP), une durée de vie et de disponibilité de matériel de 10 ans est requise.

Les dimensions évaluées de cette armoire sont de l'ordre de H.1800 x L.600 x P.400 mm auxquelles s'ajoutera la hauteur du socle de 200 mm. Ces dimensions seront à valider. Sa porte devra être verrouillable (clé N°2433A). Sa coupure générale sera réalisée par un interrupteur-sectionneur avec organe de manœuvre externe cadenassable. Elle sera munie d'un porte-plans et d'un éclairage à LED commandé par l'ouverture de porte. Chaque composant ou groupe de composants sera protégé par un disjoncteur magnétothermique bipolaire. Les disjoncteurs unipolaires et les fusibles sont proscrits.

Cette armoire devra être équipée d'une ventilation thermostatée. À l'intérieur de l'armoire, toutes les pièces nues sous tension devront comporter une protection d'indice IP2x minimum.

Les 2 tableaux ci-après dressent la liste des entrées et sorties ANA et TOR qui devront être raccordées et traitées par l'API. La nomenclature complète détaillée des capteurs et des actionneurs est disponible en [2]). Cette liste n'est pas exhaustive et peut évoluer, notamment celle des éléments chauffants en fonction de l'étude des circuits chauffés. Il faut également prendre en compte les différents défauts (GV, GF, pompes, etc...), les retours de marche pompes, l'allumage des voyants, etc...

Entrées ANA		Sorties ANA	
Type capteur	Nb capteurs procédé	Type actionneur	Nb actionneurs procédé
TE	4	VR	1
PR	6		
NI	6		
HU	1		
VR	8		

Entrées TOR		Sorties TOR	
Type capteur	Nb capteurs procédé	Type actionneur	Nb actionneurs procédé
VA (x 2 FdC)	50 (25 x 2)	VA	25
VR (x 2 FdC)	16 (8 x 2)	PO	5
NI	9	CH	16

Les entrées et sorties de l'automate seront câblées via les borniers déportés sectionnables type WAGO, afin de permettre des tests sectoriels et une recherche éventuelle de défaut plus aisée.

Le tableau ci-dessous récapitule toutes les mesures qui devront être dupliquées :

Type capteur	Nb capteurs à dupliquer
DE	7
PR	5
TE	4

Les capteurs de température TE (réservoir) à dupliquer sont utilisés pour la régulation de température des thermoplongeurs.

Les 4 capteurs de pression situés en sortie des parois refroidies à dupliquer sont utilisés pour la régulation de la pression du fluide circulant à l'intérieur des parois via des vannes réglantes (régulateurs en façade). Sur dépassement d'un seuil, l'automate actionnera l'ouverture complète de la vanne (entrée TOR régulateur).

La face avant de l'armoire de contrôle-commande comportera la signalisation et les boutons de commande suivants :

Signalisation à LED	Boutons de commandes
Présence tension amont (voyant blanc)	Arrêt procédé (AU noir)
Défaut procédé (voyant rouge)	Acquittement défauts (BP noir)
Buzzer défaut procédé	Acquittement buzzer (BP noir)
Présence tension 230 V (voyant blanc)	Test lampes et buzzer (BP noir)
Présence tension 24 Vcc (voyant blanc)	
Présence tension 24 Vca (voyant blanc)	

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo <i>Etude et réalisation de l'installation KoKoMo</i>	Page : 47/82
Indice : 1		

Signalisation à LED	Boutons de commandes
<i>Défaut air comprimé (voyant rouge)</i>	
<i>Défaut GV (voyant orange)</i>	
<i>Défaut groupe froid (voyant orange)</i>	
<i>Synthèse défauts pompes (voyant orange)</i>	
<i>Synthèse défauts thermorégulateurs (voyant orange)</i>	
<i>Synthèse défaut puissance</i>	
<i>Synthèse défaut pression enceinte</i>	

Le tableau ci-dessous indique les fonctions de sécurité traitées par l'API :

	Buzzer	Voyant arrêt procédé	Voyant synthèse défauts puissance	Voyant synthèse défauts pression enceinte	Voyant synthèse défauts procédé	Voyant défauts air comprimé	Voyant défaut GV	Voyant défaut GF	Voyant défaut thermorégulateur	Voyant synthèse défaut pompes	Arrêt pompes de circulation	Arrêt GV	Arrêt thermorégulateur	Arrêt éléments chauffants	Mise en repli vannes
<i>Bouton arrêt procédé</i>	X	X									X	X	X	X	X
<i>Synthèse défauts armoire puissance procédé</i>	X	X	X								X	X	X	X	X
<i>Défaut GV</i>	X	X					X				X	X	X	X	X
<i>Défaut Groupe froid</i>	X	X						X			X	X	X	X	X
<i>Synthèse défaut Thermorégulateurs</i>	X	X							X		X	X	X	X	X
<i>Synthèse défaut Pompes</i>	X	X								X	X	X	X	X	X
<i>Seuil bas pression air comprimé</i>	X	X				X					X	X	X	X	X
<i>Seuil de niveau (haut) d'eau dans l'enceinte</i>	X	X			X						X	X	X	X	X
<i>Seuil humidité en sortie du réservoir d'azote</i>	X	X			X						X	X	X	X	X
<i>Seuils de niveau bas d'eau réservoirs de refroidissement</i>	X	X			X						X	X	X	X	X

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	Page : 49/82
Indice : 1		

	Buzzer	Voyant arrêt procédé	Voyant synthèse défauts puissance	Voyant synthèse défauts pression enceinte	Voyant synthèse défauts procédé	Voyant défauts air comprimé	Voyant défaut GV	Voyant défaut GF	Voyant défaut thermorégulateur	Voyant synthèse défaut pompes	Arrêt pompes de circulation	Arrêt GV	Arrêt thermorégulateur	Arrêt éléments chauffants	Mise en repli vannes
<i>Présence des bouchons hydrauliques dans les cols de cygne</i>	X	X			X						X	X	X	X	X
<i>Températures en sortie des parois refroidies trop élevées (90°C)</i>	X	X			X						X	X	X	X	X
<i>Seuil de pression haute enceinte</i>	X	X		X							X	X	X	X	X
<i>Seuil de pression haute circuit de sécurité</i>	X	X		X							X	X	X	X	X

Baie de mesure et platine

Le système d'acquisition des mesures retenu est basé sur une configuration matérielle de chez GANTNER Instruments : un concentrateur multiplexe et synchronise les signaux de mesures issus de modules de conditionnement multivoies universels ou spécialisés avec sortie numérique sur bus RS485. Ce système prend en compte les caractéristiques et les contraintes liées à l'expérimentation KoKoMo : faible encombrement, tenue en environnement sévère, grande capacité de conditionnement (jusqu'à 512 voies de mesures par concentrateur), précision de la mesure (notamment pour les voies de température), mode de compensation de soudure froide, fonctionnalités de l'IHM de base, intégrabilité à notre supervision...



Concentrateur Qstation GANTNER



Modules de conditionnement A104
GANTNER

Il est déjà mis en œuvre sur d'autres plateformes d'essais de l'ASNR/SEREX. Il est composé d'une unité « maître » qui intègre le concentrateur-datalogger (Qstation) qui récupère de manière synchrone et sur 24 bits l'ensemble des mesures de chaque conditionneur de signaux via une de ses 4 liaisons RS-485. Ces matériels permettent un taux d'intégration optimal par rapport aux contraintes de câblage et permettent également des connexions-déconnexions à chaud sans reparamétrage.

Le nombre de modules devra permettre de regrouper les mesures par type (température, pression, débit...) préférentiellement à un empilement des voies à la suite les unes des autres. Outre une facilité de lecture du câblage, cette solution permet de disposer de quelques voies de réserves pour chaque type de mesure.

Le tableau ci-dessous décrit l'affectation des mesures par catégorie et par type de module de conditionnement :

Type mesure	Nb. voies	Réf. module GANTNER	Nb. modules
TE / TC	17	A104	3
TE	11	A105	2
PR	2	A108	1
TE	4		
PR	2	A107	15
DE	8		
FT/TC	48		

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	Page : 51/82
Indice : 1		

(*) les modules A108 seront configurés en entrées 4-20 mA et seront équipés de l'option borniers débrochables intégrant les shunts de mesure de courant.

Les dimensions de la baie sont estimées à H.1800 x L.600 x P.400 mm auxquelles s'ajoutera la hauteur du socle de 200 mm avec indice de protection IP54 minimum. La baie sera équipée d'une ventilation thermostatée et d'une porte vitrée fermant à clé (n°2433A).

La platine d'implantation des boîtiers humidimètres sera réalisée en acier inoxydable. L'implantation des 13 boîtiers tiendra compte des contraintes de raccordements (alimentation 230V, signaux humidité + température, liaisons Ethernet individuelles).

7.2.3 ETUDE ET CALCULS / LIVRABLES

L'étude comprendra :

- Pour la partie mécanique :
 - La réalisation schéma procédé final permettant de répondre aux spécifications fonctionnelles sur AUTOCAD version 2023 ou compatible ;
 - La définition des différents équipements avec fourniture d'une nomenclature (intégrant l'instrumentation) ;
 - Le plan d'ensemble de l'implantation de l'installation (armoires électriques et cheminements électriques et pneumatiques principaux inclus) ;
 - Les plans isométriques réalisés en CAO ;
 - La définition des supports avec la fourniture d'un cahier de supportage (pour information) ;
 - Une note de fonctionnement ;
 - Une note de dimensionnement des cols de cygne (pour information). Elle doit prendre en compte les pertes de charges ;
 - Une note de calcul détaillant les pertes de charge générées par le circuit de soutirage d'azote (pour information).

NB : Une attention particulière sera donnée pour la définition du circuit de balayage d'azote ainsi que le positionnement des piquages.

- Pour la partie électricité :
 - En étude préliminaire : l'architecture du contrôle commande et le bilan de puissance ;
 - Trois dossiers de plans électriques (distribution, contrôle-commande et mesures) en version BPE ;
 - Un plan d'implantation des boîtiers humidimètre sur la platine ;
 - Une note de calculs électrique ;
 - Une analyse fonctionnelle et organique détaillée. Elle intégrera notamment un tableau récapitulatif des entrées/sorties, de leurs mnémoniques et des actions attendues ;
 - Le programme de l'automate ;
 - Les procédures de contrôles.

Les différents livrables sont soumis à l'acceptation de l'ASNR, à l'exception des notes concernant le dimensionnement des cols de cygne, la définition du balayage d'azote et le calcul des pertes de charge du circuit de soutirage.

7.3 Etude de la plateforme

La plateforme intègre également les racks de stockage et la plaque de répartition.

7.3.1 EXIGENCES PARTICULIERES POUR LA PLATEFORME

Le bâtiment 875 destiné à accueillir la fourniture étant en cours de construction, les études seront réalisées sur la base de la CAO 3D et des plans d'interfaces fournis par l'ASNR.

Les exigences particulières pour la conception de la plateforme sont les suivantes :

- La définition de la plateforme devra prendre en compte les fonctionnalités définies dans le paragraphe 6.5 ;
- La conception de la plateforme et de ses accès respectera les exigences de la norme NF EN 14122 ;
- Tous les éléments de la plateforme (marches comprises) sont manutentionnables au pont roulant ;
- Le plancher sera en caillebotis, à l'exception du plancher situé à 1 m autour de l'enceinte qui sera en tôle larmée peinte en noir mat ;
- La définition de racks de stockage permettant de stocker les différents composants de l'enceinte lors des phases de démontage ;
- La définition du chariot permettant de déplacer le système de déplacement des caméras ;
- La fixation de la plateforme est uniquement au sol : aucune fixation sur les murs du bâtiment.

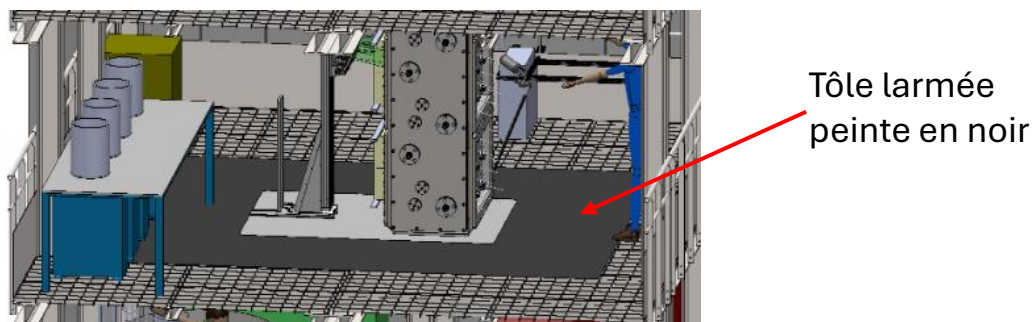


Figure 26 : Localisation de la zone en tôle larmée noire

Le Titulaire réalise le dimensionnement de la plateforme selon l'EUROCODE 3.

- Les descentes de charges doivent être compatibles avec la capacité de la dalle du bâtiment, dont le dimensionnement prévisionnel est de 8 t/m².
- Le dimensionnement du platelage, du garde-corps et des marches est réalisé suivant la NF EN 14122.
- Les calculs de la structure et des éléments de fixation (boulonneries, soudures) sont également demandés.
- Le poids propre, la charge d'exploitation et les charges des équipements doivent être considérés dans le cadre de ces calculs.
- Il n'y a pas de charges variables ni de variation de température. La tenue au séisme n'est pas demandée.
- Les calculs des ancrages au sol seront réalisés selon les codes de dimensionnements applicables recommandés par le Titulaire (par exemple ETAG n°001).

7.3.2 ETUDE ET CALCULS / LIVRABLES

L'étude, soumise à acceptation de l'ASNR, comprendra :

- Pour la plateforme :
 - Une note de calcul intégrant le dimensionnement de la plaque de répartition ;
 - Les plans d'ensemble

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo <i>Etude et réalisation de l'installation KoKoMo</i>	Page : 53/82
Indice : 1		

- Les plans de détail pour information ;
- Pour les racks de stockage :
 - Les plans d'ensemble et les plans de détail.
- Pour la plaque de répartition :
 - Le plan de détail.

7.4 Etude du calorifuge

L'étude comprendra :

- Les plans des calorifuges soumis à acceptation de l'ASNR ;
- Les notes de calcul permettant de définir l'épaisseur des calorifuges. La résistance thermique minimale est de $2 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ($\pm 10\%$). Ces notes sont fournies pour information.

8 POSTE 2 : FABRICATION ET RECETTE USINE

Ce poste traite de la fabrication de l'installation et des conditions de recette usine. Le Titulaire suit les plans de qualité établis à l'issue des études.

Un plan de prévention devra être établi par le Titulaire pour le personnel de l'ASNR.

En fin de fabrication et après validation, le Titulaire réalisera les plans TQC de l'installation.

8.1 Fabrication des composants mécaniques (hors plateforme)

Ce paragraphe concerne la fabrication de l'enceinte (parois refroidie comprises), des garnitures thermiques et des corps morts, des racks de stockage et de la plaque de répartition (chariot inclus).

La fourniture des verres est à la charge de l'ASNR, seul le montage est à la charge du Titulaire.

Le Titulaire fournit également des tapes en acier inoxydable, de la même épaisseur que les parois instrumentées (et non percées), permettant de remplacer les verres des parois latérales vitrées et de la paroi d'injection. En cas de problème sur les surfaces vitrées, ces composants de substitution pourront être installés.

La fourniture des joints et de la visserie est à la charge du Titulaire et fait partie intégrante de ce paragraphe.

8.1.1 APPROVISIONNEMENTS

Les composants du commerce sont fournis avec un certificat de conformité.

Les certificats matière type CCPU 3.1 selon NF EN 10204 seront fournis pour les produits métalliques constituant la fourniture.

8.1.2 MISE EN PROPRETÉ ET TRAITEMENT

Le Titulaire fait le choix du traitement à appliquer sur les vis pour limiter le risque de grippage.

Les éléments en acier inoxydable seront dégraissés, décapés, passivés.

Les éléments en acier sont peints (le même traitement que celui de la plateforme est à appliquer) à l'exception des anneaux de levage, filetage,...

Des PV de traitement de surface sont à fournir (décapage passivation, sablage, ...).

Les éléments seront exempts de graisses et de poussières.

Après réception finale, les assemblages seront protégés afin d'éviter toute pollution.

Cas particulier de la structure de l'enceinte : Une attention particulière est portée sur l'élimination

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	Page : 54/82
Indice : 1		

des traces d'acide du châssis, provenant de son décapage passivation, au niveau de zones difficilement accessibles.

Cas particulier des composants de l'enceinte : Un sablage est réalisé sur les surfaces intérieures de l'enceinte après décapage – passivation à l'exception des surfaces d'étanchéité.

8.1.3 SOUDURES

Les soudures sont réalisées par des soudeurs qualifiés. Les cahiers de soudage seront remis à l'ASNR avant le début des fabrications pour information.

Les soudures sont considérées comme résistantes.

Le niveau d'exigence à appliquer est B suivant la norme NF EN ISO 5817 (soudures de l'enceinte, des tuyauteries et des appareils de levage). Un niveau d'exigence C peut être appliqué pour le rack de stockage.

Cas particuliers des soudures de l'enceinte et des tuyauteries : Les soudures sont considérées comme étanches et résistantes et devront être continues et uniformes. Elles présentent un aspect lisse et régulier.

8.1.4 CONTRÔLE DES SOUDURES

Cas particuliers des soudures de l'enceinte : Les soudures seront contrôlées visuellement et par ressuage (contrôle à 100% des soudures) suivant la norme NF EN ISO 3452-1. Ce contrôle sera réalisé par un agent COFREND 2. L'ensemble des soudures fera l'objet d'un PV de contrôle (un PV par pièce).

Cas particuliers des soudures des appareils de levage : Les soudures doivent respecter la classe de conséquence CPB Classe C de la norme E52-109-2.

Pour les soudures des autres composants mécaniques : Les soudures seront contrôlées visuellement après soudage suivant la norme NF EN ISO 3452-1.

8.1.5 CONTRÔLES DIMENSIONNELS

Cas particulier de l'enceinte

Pour chaque équipement, l'ensemble des cotes fera l'objet d'un contrôle dimensionnel. Le PV associé à ce contrôle sera fourni. Un PV par pièce est attendu.

Une attention particulière sera portée sur les tolérances géométriques qui sont mentionnées dans les plans guides fournis par l'ASNR, principalement dans le plan [4] et le plan [8] .

Pour rappel les dimensions indiquées sur les plans correspondent aux dimensions minimales de l'enceinte elles devront être respectées. Toute modification doit être soumise à acceptation de l'ASNR.

Cas particulier des parois refroidies : Une attention particulière doit être portée à la planéité des plaques (cf. [14] ,[16]).

Cas particulier des outillages, des racks de stockage et de la plaque de répartition et du charriot

Ces composants ne font pas l'objet de contrôles dimensionnels. Les dimensions sont validées par montage à blanc.

La planéité de la plaque de répartition est vérifiée après montage. Ce contrôle fait l'objet d'un PV de contrôle dimensionnel.

8.1.6 CONTRÔLES VISUELS

Les contrôles visuels sont les suivants :

- État de propreté (absence de corps étranger, de souillure et de salissures).

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo	Page : 55/82
Indice : 1	Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	

- États de surface (absence de défauts de surface tels que traces de corrosion, d'impact et de rayures, d'amorçage d'arc, coup d'outil...).
- Respect des chanfreins et absence d'arêtes vives.
- Qualité des assemblages mécaniques et de la boulonnerie (freinage, couple et absence de déformation, choc, marque sur les filets...).

Chaque pièce fera l'objet d'un contrôle visuel et fera l'objet d'un PV de contrôle global.

Cas particuliers des composants de l'enceinte

Une attention particulière est portée sur les surfaces sablées. La valeur de rugosité des surfaces est demandée.

8.1.7 IDENTIFICATION DES PLAQUES CONSTITUTIVES DES ECHANGEURS

Les plaques de condensation ainsi que les plaques refroidies seront clairement identifiées par gravure.

8.1.8 ESSAIS SUR LES PLAQUE REFROIDIES (ECHANGEURS MATELASSES)

- Test d'étanchéité de l'échangeur de la paroi refroidie :
 - o Le test est à définir par le Titulaire ;
 - o Critère : 1.10^{-4} Pa.m³/s.
- Essai de circulation au débit maximum théorique et estimation des pertes de charge :
 - o Critère sur le débit : ADU par l'ASNR ;
 - o Critère sur les pertes de charge : ADU par l'ASNR.

Ces contrôles doivent être formalisés par un PV de contrôle.

8.1.9 ESSAIS REGLEMENTAIRES ET MARQUAGE

Ce paragraphe concerne uniquement les outillages de manutention.

Des essais réglementaires sont réalisés par le Titulaire en présence d'un organisme agréé, conformément à la réglementation en vigueur.

Les résultats de ces essais sont intégrés dans un rapport d'essais rédigé par l'organisme de contrôle. Ce rapport doit être vierge de toute remarque. L'organisme fournit les certificats de conformité.

Suite à ces essais, les outillages doivent être marqués conformément à la réglementation.

8.1.10 PESEES

Les différents composants de l'enceinte, l'enceinte montée, les racks de stockage et la plaque de répartition sont pesés. Ces pesées donnent lieu à l'établissement d'un PV de contrôle.

8.1.11 LIVRABLES

Les livrables attendus (liste non exhaustive) sont les suivants :

- Les CCPU matière ;
- Certificats de conformité pour les pièces du commerce ;
- Cahiers de soudage (pour information, à fournir avant réalisation) ;
- PV de traitement ;
- PV de contrôle des soudures (1 PV par pièce soudée) ;
- PV de contrôles dimensionnels (1 PV par pièce) ;
- PV de contrôle visuel (1 PV par ensemble de pièce) ;
- PV de pesées (1 PV pour l'ensemble des pièces) ;

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo <i>Etude et réalisation de l'installation KoKoMo</i>	Page : 56/82
Indice : 1		

- PV d'essais des parois refroidies (1 PV global pour les 4 plaques) ;
- Rapports d'essai des outillages de manutention ;
- Certificats de conformité réglementaires délivrés par un organisme agréé.

8.2 Fabrication de la plateforme, des lignes procédés et du calorifuge

Ce paragraphe concerne :

- La fabrication de la plateforme KoKoMo ;
- L'approvisionnement des actionneurs et de l'instrumentation du circuit procédé, la fabrication des lignes de procédé (à l'exception du circuit de régulation des parois refroidies), ainsi que la fabrication des panoplies et supports ;
- La fabrication du calorifuge.

8.2.1 APPROVISIONNEMENT

Les composants du commerce seront fournis avec un certificat de conformité et les fiches matériaux.

Les capteurs seront fournis avec PV d'étalonnage et un certificat de conformité.

Un certificat matière sera fourni pour les éléments de tuyauteries conformément aux exigences réglementaires et normatives.

Pour tout composant soumis à une réglementation particulière (ex. appareils sous pression type tuyauterie selon Art 4.3 et générateur de vapeur,...), constitution du « dossier réglementaire » (notice d'instruction, certificat de conformité,...) conformément aux directives réglementaires en vigueur et présentation aux autorités compétentes, si nécessaire, par le Titulaire.

Les profilés et autres produits métallurgiques de la plateforme seront approvisionnés selon les exigences de la norme NF EN 1090-2 pour une classe d'exécution EXC1.

8.2.2 FABRICATIONS ET CONTROLE

Cas particulier des lignes de tuyauteries en acier inoxydable

La fabrication et les contrôles associés seront réalisés conformément à la norme NF EN 13480.

Des contrôles dimensionnels, avec fourniture d'un PV sont demandés.

Les composants peuvent être regroupés et assemblés en usine pour faciliter le supportage et l'installation du matériel sur site. Dans ce cas le Titulaire devra prévoir les interfaces nécessaires aux opérations de manutention.

Cas particulier de la plateforme

La fabrication et le montage de la plateforme seront réalisés suivant la classe d'exécution EXC1 de la norme NF EN 1090-2 pour la structure métallique et suivant les normes en vigueur pour les autres composants.

Si le Titulaire choisi de vérifier les exigences de sécurité des marches et des gardes corps par des essais :

- Les charges et critères seront pris conformément à la norme NF EN ISO 14 122-3.
- Les essais sont à réaliser pour la recette usine de la plateforme.

Avant transport, les composants peuvent être préassemblés en usine. Dans ce cas, le Titulaire devra prévoir les interfaces nécessaires aux opérations de manutention.

Cas particulier du calorifuge

Les calorifuges sont fabriqués suivant les plans BPE réalisés par le Titulaire et acceptés par le SIPR.

8.2.3 TRAITEMENT DE SURFACE

Cas particulier de la plateforme

L'ensemble de la structure sera en acier peint ou galvanisé.

Les caillebotis seront en acier galvanisé ou en acier inoxydable.

Le traitement de surface et la peinture seront réalisés avant la recette usine.

Les surfaces métalliques peintes seront préparées par sablage fin, puis peintes avec une peinture époxy RAL 5024 satinée (« bleu pastel »), en appliquant trois couches successives : une couche primaire, une sous-couche et une couche de finition.

La tôle larmée située autour de l'enceinte sera préparée par sablage fin, puis peinte avec une peinture époxy noir mat RAL 9005, en appliquant trois couches successives : une couche primaire, une sous-couche et une couche de finition.

L'épaisseur minimale finale du revêtement devra être de 130 microns.

Lors de la recette sur site, l'état de surface sera contrôlé. Le Titulaire devra être en mesure de réaliser des retouches de peinture si nécessaire. De plus, deux bombes de peinture pour chaque RAL seront fournies.

Cas particulier des tuyauteries

Les tuyauteries en acier inoxydable seront dégraissées, décapées, passivées.

Des PV de traitement de surface sont à fournir.

8.2.4 ESSAIS REGLEMENTAIRES

Le cas échéant, les essais réglementaires des composants du procédé.

8.2.5 LIVRABLES

Les livrables associés sont les suivants :

Plateforme	Tuyauterie / réservoirs	Calorifuge
<ul style="list-style-type: none"> - Certificat de conformité des composants du commerce ; - Certificat de conformité CE le cas échéant, - CCPU matière - Cahier de soudage pour information ; - PV de contrôle des soudures (1 PV par pièce soudée) - PV de contrôle dimensionnel ; - PV de contrôle visuel global. 	<ul style="list-style-type: none"> - Certificat de conformité des composants du commerce ; - CCPU matière ; - Certificat d'étalonnage ; - Cahiers de soudage pour information - PV de contrôle des soudures visuel (1 PV par pièce soudée) ; - PV de contrôles dimensionnels (1 PV par pièce) ; - PV de contrôle visuel global. - Certificat de conformité délivrés par un organisme agréé. - Le cas échéant : Dossier(s) réglementaire(s) 	<ul style="list-style-type: none"> - Fiches matériaux ; - Certificat de conformité des composants du commerce

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo <i>Etude et réalisation de l'installation KoKoMo</i>	Page : 58/82
Indice : 1		

8.3 Montage

8.3.1 MONTAGE MECANIQUE

Les opérations de montage débutent après acceptation de la phase 1 de la recette usine (cf. §8.4.2). L'ensemble des outillages et moyens matériels nécessaires au montage sont à la charge du Titulaire. En outre, le Titulaire devra prévoir un équipement permettant de monter l'enceinte sur sa plaque de répartition.

Ces outillages et moyens matériels seront fournis à l'ASNR à l'issue du montage.

Les opérations concernent :

- L'assemblage des parois refroidies instrumentées ;
- Le montage des parois refroidies sur la porte refroidie et le couvercle ;
- Le montage des verres sur les modules suivant une procédure préalablement établie par le Titulaire et fournie à l'ASNR pour information ;
- Le montage de l'enceinte suivant les plans d'ensemble ;
- Le montage de l'enceinte sur la plaque de répartition ;
- Le montage du chariot de translation ;
- Le montage des panoplies procédé.

En amont des opérations de montage, le Titulaire fournit à l'ASNR la procédure de montage des verres ainsi que la liste des opérations de montage et contrôle (LOMC) pour validation (établissement d'une LOMC par paroi refroidie).

Les opérations de montage sont réalisées en usine dans une aire propre et spécialement dédiée. L'usage de gants en coton est fortement conseillé pour les composants de l'enceinte (surfaces sablées). Suivant les indications définies sur les plans et dans les notes de calcul, la boulonnerie sera serrée au contact ou au couple, avec ou sans frein-filet. Les serrages au couple seront réalisés avec une clé dynamométrique, précision classe B selon NF E 25-030-2, 2014. Un certificat d'étalonnage en cours de validité sera fourni ainsi qu'un PV de serrage. Uniquement l'instrumentation nécessaire à la recette usine est montée par le Titulaire. Les différents passages doivent être obturés (tapes, bouchons, etc. à la charge du Titulaire).

Les câbles d'instrumentation doivent être enroulés et sécurisés. Si nécessaire, le Titulaire doit prévoir la mise en place de repose-câbles. Le Titulaire prévoit l'ensemble des tapes et bouchons nécessaires à la réalisation d'un test d'étanchéité.

Contrôle des parois assemblées avant montage sur l'enceinte

Les contrôles suivants sont réalisés par le Titulaire :

- Contrôle du fonctionnement de l'instrumentation par mesure de résistance en ligne avant et après montage des deux plaques constitutives de la paroi :
 - Critère : fluxmètre $R > 1 \text{ k}\Omega$ / température $R > \text{quelques } \Omega$

NB : *Au préalable ce contrôle doit être réalisé par le fournisseur des bandes fluxmétriques afin de connaître les valeurs initiales.*

- Contrôle de la planéité des parois refroidies (du côté de la plaque de condensation) :
 - Critère : défaut de planéité inférieur à 1 mm après la pose de l'interface thermique.
- Test d'étanchéité de l'assemblage :
 - Critère : $1.10^{-4} \text{ Pa.m}^3/\text{s}$.

Les PV de contrôle associés doivent être fournis par le Titulaire (un PV par plaque) et renseignés dans la LOMC.

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo <i>Etude et réalisation de l'installation KoKoMo</i>	Page : 59/82
Indice : 1		

Contrôles de l'enceinte assemblée :

Les tolérances précisées dans [4] et [8] font l'objet d'un contrôle dimensionnel de la part du Titulaire, matérialisé par un PV de contrôle dimensionnel.

8.3.2 MONTAGE ELECTRIQUE

Le Titulaire procédera au montage et au câblage des armoires électriques et de la platine conformément aux règles de l'art, en respectant les exigences spécifiées dans les paragraphes §6.4 et §7.2.2, ainsi que les plans d'étude acceptés par l'ASNR.

Le Titulaire réalisera les contrôles suivants :

- Conformité des implantations matériel ;
- Conformité des identifications de câblage ;
- Continuité (fil à fil) ;
- Isolement (fil/masse) sous 500 V (électroniques non raccordées).

Il fournira les PV de contrôle associés.

8.4 Recette usine

La recette en usine a lieu dans les locaux du Titulaire, en présence des représentants désignés de l'ASNR.

Le Titulaire établit deux programmes d'essais en usine, soumis à l'acceptation de l'ASNR, portant respectivement sur la partie mécanique et sur la partie électricité.

L'ensemble des outillages et moyens matériels nécessaires à la recette est à la charge du Titulaire.

Les contrôles donnent lieu à l'élaboration de procès-verbaux (PV). Les résultats sont renseignés dans les programmes d'essais.

L'autorisation d'expédition sera délivrée à l'issue de la recette en usine, lorsque tous les points soumis à examen auront été reconnus satisfaisants.

Les conditions de livraison et de transport sont à la charge du Titulaire.

8.4.1 PARTIE ELECTRICITE

La recette usine comprendra les opérations suivantes :

- Contrôles électriques par échantillonnage post fabrication (cf. §8.3.2) ;
- Essais fonctionnels sous tension unitaires, puis globaux.

Les armoires puissance et contrôle commande pourront être utilisées pour la recette fonctionnelle de la panoplie d'injection de vapeur demandée dans le paragraphe ci-dessous.

8.4.2 PARTIE MECANIQUE

La recette usine relative à la partie mécanique se déroulera en deux temps : avant montage et après montage

8.4.2.1 Avant montage

La phase 1 de la recette en usine comprend les opérations suivantes :

- Examen du dossier constructeur préliminaire ;
- Contrôle des approvisionnements :
 - Vérification de la réception de toutes les pièces ;

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	Page : 60/82
Indice : 1		

- Vérification de la conformité des composants approvisionnés ainsi que de leurs documents techniques et réglementaires ;
- Vérification de la visserie et des moyens d'ancrage ;
- Contrôle de la réalisation :
 - Dimensionnel des éléments de structure, des composants du procédé (tuyauterie, racks, ...) et des composants de l'enceinte par échantillonnage ;
 - Contrôle des éléments préassemblés, le cas échéant ;
 - Contrôle des soudures ;
 - Contrôle visuel et contrôle du traitement.

Exigences particulières pour la plateforme : les essais en usine seront définis en accord avec les exigences de la norme NF EN ISO 14122, en fonction des modalités retenues par le fabricant pour la conception de l'équipement.

8.4.2.2 Après montage de l'enceinte

La phase 2 de la recette en usine comprend les opérations suivantes :

Essais de montage :

- Démontage et remontage de l'enceinte en présence de l'ASNR. Les outillages de manutention et les racks de stockage sont utilisés. Ces opérations permettent donc de valider leurs dimensions. Pendant ces opérations, des essais de translation et de blocage du chariot sont également réalisés ;
- Vérification des couples de serrage et des tolérances du plan [5] et [8] ;
- Essais de montage et de démontage du calorifuge de l'enceinte et des verres. En ce sens, une procédure de montage des calorifuges est transmise à l'ASNR pour information ;
- Le cas échéant (si concept retenu), montage d'un col de cygne ;
- Mise en place de comparateurs dans les zones de l'enceinte spécialement dédiées. L'approvisionnement et l'installation des comparateurs sont à la charge du Titulaire.

Essais de fonctionnement :

- Contrôle du fonctionnement de l'instrumentation des parois refroidies après le montage de l'enceinte par mesure de résistance en ligne :
 - Critère : fluxmètre $R > 1 \text{ k}\Omega$ / température $R > \text{quelques } \Omega$;
 - Fourniture d'un PV par paroi refroidie.
- Test de la panoplie d'injection de vapeur :
 - Vérification de l'obtention de la température maximale et de la stabilité de la température en sortie de la panoplie ;
 - Vérification de la stabilité du débit de vapeur à débit maximal ;
 - Critères : débit et température de vapeur constants à $\pm 1 \%$;
 - Durée de l'essai : à définir par le Titulaire. La durée doit être suffisante pour activer le système de remplissage automatique du générateur de vapeur.
- Test de récupération de l'eau condensée (vérification du bon dimensionnement des cols de cygne). La condensation est simulée par injection d'eau à l'intérieur de l'enceinte :
 - Mesure du débit d'eau injecté dans l'enceinte et du débit d'eau récupéré ;
 - Vérification de l'aspect sécurité du col de cygne par mise en pression de l'enceinte à 100 mbar après formation du bouchon hydraulique (lors du test d'étanchéité) ;
- Test d'étanchéité à 100 mbar. Le choix du test et du gaz est à la charge du Titulaire. Le Titulaire rédige en ce sens une procédure d'étanchéité soumise à acceptation de l'ASNR ;
- Test en pression à 150 mbar. Le choix du gaz est à la charge du Titulaire :
 - Suivi de la déformation de la structure.

NB : Les différents tests peuvent être regroupés.

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo <i>Etude et réalisation de l'installation KoKoMo</i>	Page : 61/82
Indice : 1		

8.4.3 LIVRABLES

Les livrables attendus sont les PV d'essais, les programmes d'essais renseignés, la procédure d'étanchéité, les plans de qualité renseignés.

9 POSTE 3 : INTEGRATION SUR SITE ET RECETTE SITE

Avant son intervention sur site, le Titulaire prend en compte les caractéristiques et dimensions de la halle expérimentale et effectue des relevés sur site si nécessaire. Le cas échéant, il adaptera les moyens matériels dont il a la charge.

Un Plan de Prévention sera établi sur la base de la procédure de montage, en amont du démarrage du chantier, afin d'identifier les risques et les dispositions (EPI individuels et collectifs) à prendre en compte pour assurer la sécurité des intervenants et de la coactivité.

Les zones de montage et le planning seront définis par l'ASNR en fonction de la disponibilité de la halle expérimentale et de la coactivité.

L'ensemble des outillages et moyens matériels nécessaires au montage, à la fixation, et à la réalisation des essais sur site sont à la charge du Titulaire.

9.1 Montage et installation mécanique

Le montage de la structure métallique et des ancrages sera conforme à la classe d'exécution EXC1 selon la norme EN 1090-2. Les autres composants seront montés selon les règles en vigueur. La mise à la terre de la charpente métallique et la réalisation des liaisons équipotentielles entre les éléments conducteurs de la structure seront réalisées dans le respect des normes en vigueur.

L'installation des racks de stockage et des outillages de montage est réalisée lors de ce chantier.

Le Titulaire procède ensuite au montage selon les règles de l'art :

- De la plaque de fond et de l'enceinte KoKoMo ;
- De l'ensemble des composants du circuit procédé (instrumentation comprise) ;
- Du système de déplacement des caméras sur le chariot prévu à cet usage.
- Au raccordement en air des vannes pneumatiques (cheminement des chemins de câbles à valider avec le chargé d'affaire ASNR directement sur site).

Les calorifuges sont montés après acceptation de la phase 1 (cf. §9.3) de la recette sur site.

En cas de soudures sur site, les mêmes exigences que celles définies en usine sont à appliquer.

9.2 Installation et raccordements des équipements électriques

9.2.1 POSE ET RACCORDEMENT

Ce paragraphe comprend l'installation sur site des armoires de puissance et de contrôle-commande et de la baie de mesures, la fourniture et la réalisation de tous les cheminements de câbles, ainsi que la fourniture et le raccordement de toutes les liaisons câblées selon les prescriptions du présent cahier des charges.

Chaque cheminement de câble devra faire l'objet d'une acceptation préalable sur site par le chargé d'affaire de l'ASNR. Les chemins de câbles type Cablofil et tous systèmes de cheminements non métalliques sont proscrits. Les continuités de liaisons mécaniques et électriques devront être assurées pour chaque tronçon de cheminement (cf. CEM §.7.3).

La liaison d'alimentation amont (de fourniture ASNR) sera déjà disponible en place.

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	Page : 62/82
Indice : 1		

Tous les autres cheminements sont à créer en respectant la séparation puissance/contrôle-commande.

Les armoires électriques devront être fixées à la structure ou éventuellement aux murs (à confirmer selon la configuration définitive du bâtiment).

Arrêt procédé

Ce circuit sera composé de plusieurs boutons poussoirs noirs à verrouillage munis de plastrons de protection contre les contacts intempestifs. Ces boutons poussoirs seront implantés respectivement sur :

- 2 des piliers de la plateforme au niveau 0 ;
- 2 des piliers de la plateforme au niveau +1 ;
- 1 des piliers de la plateforme au niveau +2 ;
- Le mur de la salle de commande ;
- La face avant de l'armoire de contrôle-commande.

Chaque bouton d'AP devra être clairement identifié (ARRÊT PROCÉDÉ) par une étiquette gravée de couleur rose, écriture noire et de dimensions H.150 x L.80 mm minimum englobant le bouton.

Baie de mesure et platine humidimètres

Tous les câbles de mesures seront connectés directement aux borniers des conditionneurs. Les blindages de ces câbles seront raccordés sur des mini-bornes de mise à la terre réparties au-dessus et en dessous des conditionneurs.

Les TC T seront raccordés avec du câble d'extension type T torsadé blindé muni d'une fiche mini-TC femelle côté capteur. Les autres capteurs seront raccordés directement avec du câble 1 à 2 paires torsadées blindées.

9.2.2 REGLES D'IDENTIFICATION

Sur l'installation, **3 catégories d'enveloppes + cheminements sont à considérer : puissance, contrôle-commande et mesures**. Elles devront être distinctes physiquement les unes des autres et identifiées par un marquage ou un code couleur inaltérable : P ou bleu pour la puissance, C ou gris pour le contrôle-commande et M ou jaune pour les mesures. Dans le cas où le nombre de liaisons de distribution et/ou de contrôle-commande serait très limité dans certains endroits, ces deux types pourront être regroupés dans un même cheminement à la condition d'être placés chacun de part et d'autre dudit cheminement qui comportera une identification double. Les cheminements de mesures ne seront en aucun cas mélangés avec de la distribution et très exceptionnellement avec du contrôle-commande (soumis à l'accord du chargé d'affaires de l'ASNR).

Les câbles seront identifiés par un code alphanumérique propre à chaque catégorie : Pxxx pour les câbles de distribution, Cxxx pour les câbles de contrôle-commande et Mxxx pour les câbles de mesures. « xxx » étant un numéro en rapport direct avec son tenant (par exemple : câble M103 pour le câble de mesure du thermocouple TE103).

Les enveloppes quant à elles seront identifiées par une étiquette autocollante type Gravopli noire écriture blanche comportant son appellation (« Contrôle-commande KoKoMo », par exemple) et une seconde étiquette comportant son identifiant (« TN X.1.1.3 », par exemple à préciser par l'ASNR).

9.2.3 RACCORDEMENT DES LIAISONS EQUIPOTENTIELLES

Les liaisons équipotentielles devront être réalisées dans les règles de l'art pour les cheminements de câbles et les composants principaux de l'installation avec de la câblette de cuivre nu ou du fil de cuivre isolé souple vert-jaune de section 16 mm² minimum.

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	Page : 63/82
Indice : 1		

9.2.4 REGLES DE COMPATIBILITE ELECTROMAGNETIQUE (CEM)

Les principes de protection contre les champs électromagnétiques seront à appliquer avec rigueur.

Les liaisons équipotentielles ne suffisent pas, d'autres actions seront notamment, et non exclusivement, mises en œuvre autant que faire se peut :

- Séparation physique de chaque catégorie de liaisons (distribution, contrôle-commande et mesures) par rapport aux autres ;
- Mise à la masse de tout équipement ou accessoire par décapage du support au niveau du point de fixation (exemple : rail de bornier de mesure / armoire) ;
- Utilisation de câbles torsadés blindés pour toutes les mesures ;
- Mise à la masse systématique de tous les blindages à chaque extrémité ;
- Les blindages des câbles des thermocouples ne pouvant être raccordés aux deux extrémités (connecteurs mini TC non blindés), toutes ces liaisons chemineront ensemble dans des chemins de câbles métalliques capotés ;
- Maintien de la continuité de liaison mécanique et électrique des chemins de câbles, notamment lors des changements de directions ou de niveaux ;
- Mise à la masse systématique de tous les chemins de câbles, enveloppes, portes et grilles de fond par de larges tresses de masse indépendamment des liaisons d'équipotentialité réglementairement obligatoires ;
- Suppression des boucles de câbles et limitation des surlongueurs.

9.2.5 CONTROLES REGLEMENTAIRES DE CONFORMITE ELECTRIQUE

En fin de chantier, préalablement à la visite initiale de vérification de conformité électrique par un organisme agréé, tous les plans et notes de calculs TQC devront être communiqués au chargé d'affaire de l'ASNR pour acceptation. Le Titulaire les transmettra par la suite au dit organisme pour information et avis. Cette visite initiale sera réalisée après la recette site et avant la mise en exploitation, sa charge en incombera au Titulaire. Toutes les mises en conformité éventuelles et les corrections documentaires associées seront à la charge du Titulaire, ainsi que la contre-visite réglementaire qui suivra éventuellement.

9.3 Recette sur site

Une recette sur site sera réalisée en présence des représentants de l'ASNR désignés.

La recette sur site se déroulera en deux temps : avant et après calorifugeage.

Le Titulaire établit deux programmes d'essais sur site, soumis à l'acceptation de l'ASNR, portant respectivement sur la partie mécanique et sur la partie électricité.

Les contrôles donneront lieu à l'élaboration de PV, et les essais donneront lieu à l'élaboration de comptes rendus.

Cette recette doit être réalisée dans le respect des règles de sécurité de l'installation.

À la fin de la recette, et une fois que tous les points soumis à examen ont été reconnus comme satisfaisants, un certificat de conformité global (à la présente spécification) doit être fourni par le Titulaire.

9.3.1 PHASE 1 : AVANT CALORIFUGEAGE

La recette sur site phase 1 comprendra les opérations suivantes :

Contrôle de la plateforme :

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo	Page : 64/82
Indice : 1	Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	

- Contrôle des dimensions de la plateforme, notamment les cotes fonctionnelles ;
- Etat de surface (contrôle visuel de l'état général, état de propreté, absence de traces de corrosion, peinture écaillée, chocs, absence d'angles vifs...) ;
- Contrôle des fixations sur le génie civil (contrôle de l'emplacement des ancrages, marquage après serrage au couple, état du béton...) ;
- Contrôle de la tenue des garde-corps (contrôle des fixations et de la solidité) ;
- Contrôle des soudures (s'il y en a sur site).

Ces contrôles sont matérialisés par des PV de contrôle.

Contrôle des différents composants mécaniques :

- Vérifier les supportages (a minima : limitation des ponts thermiques, intégration des contraintes de démontage, dilatation des lignes chaudes) ;
- Contrôle de déplacement du chariot de translation munis du système de déplacement des caméras ;
- Chaque composant du circuit procédé sera vérifié indépendamment, notamment les vannes (vérification du bon actionnement (ouverture/fermeture), du renvoi de position de fin de course, de l'étanchéité en position fermée...) ;
- Nouveau test d'étanchéité de l'enceinte tel que spécifié dans le §8.4.2.2 ;
- Test sous pression hydraulique des circuits de refroidissement connectés aux parois refroidies, effectué à 1,5 fois la pression de service pendant 30 minutes :
 - o Critère : absence de fuites ou de suintements.
- Essais de mise en service de l'ensemble des circuits dans les conditions normales de fonctionnement par l'exploitant en présence du Titulaire.
 - o Pour les circuits hydrauliques, lors de la mise en eau, un contrôle de l'étanchéité sera réalisé a minima au niveau de chaque joint et des soudures. Le critère requis est l'absence de goutte d'eau.
 - o Pour les circuits gaz, des tests aux milles bulles seront réalisés au niveau des raccords et brides.

NB : Pour les assemblages n'ayant pas pu être vérifiés en usine :

- *Vérification de la qualité de la réalisation par une inspection visuelle, a minima :*
 - o *Soudure : exemptes de défauts susceptibles de nuire à sa qualité (défauts de plans, manque de fusion, coup d'arc, fissures...) ;*
 - o *Usinage : qualité des surfaces (ébavurées, absence de rayures sur les portées de joints, filetages non endommagés...) ;*
- *Vérifier la conformité aux plans d'exécution (relevés dimensionnels, vérification de la position des composants à intégrer (conforme à la demande) ;*

Contrôle électrique :

- Après raccordement, hors tension : contrôle visuel des affectations de voies, des raccordements et de l'identification des bornes et des câbles pour toutes les liaisons de puissance, de contrôle-commande et de mesure ;
- Essais fonctionnels unitaires :
 - o Mise en service de la baie de mesures. Vérification fonctionnelle des voies de mesures. Une variation de mesure sera réalisée autant que faire se peut sur la totalité des voies de mesures ;
 - o Mise en service de l'armoire de contrôle-commande et paramétrage de l'automate. Vérification fonctionnelle de tous les capteurs et actionneurs des circuits de chaque procédé ;
 - o Mise en service, paramétrage et vérification fonctionnelle :
 - Du générateur de vapeur ;
 - Du groupe froid et vérification fonctionnelle.

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo	Page : 65/82
Indice : 1	Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	

- Des thermostats.
- Des pompes.
- Essais fonctionnels globaux sur un cycle type d'expérimentation. Les essais sur sites doivent être réalisés dans le respect des règles de sécurité de l'installation.

NB : Les opérations de mise en service et de paramétrage pourront être réalisées par les fabricants respectifs de ces équipements (EUROTHERM-WATLOW et GANTNER) qui assureront également la formation des utilisateurs de l'ASNR. Le Titulaire devra le préciser dans son offre.

9.3.2 PHASE 2 : APRES CALORIFUGEAGE

La recette sur site, phase 2, comprend la réalisation d'un essai type jusqu'à atteinte de l'équilibre, suivi d'un maintien pendant 4 heures. Les paramètres appliqués sont les suivants :

- Puissance de vapeur : 6 kW ;
- Température de vapeur : 140 °C ;
- Mode d'injection : haute ;
- Refroidissement de l'ensemble des parois refroidies : 20 °C avec un débit de circulation maximal.

Les critères de réussite sont les suivants :

- Atteinte d'un équilibre thermique pour lequel : $Q_{\text{vapeur, condensée}} = Q_{\text{vapeur, injectée}}$;
- Visualisation de l'intérieur de l'enceinte.

Le Titulaire met en place des comparateurs dans les zones de l'enceinte spécialement dédiées. L'approvisionnement et l'installation des comparateurs sont à la charge du Titulaire.

10 POSTE 4 : PRESTATIONS DE SERVICE COMPLEMENTAIRES

Afin de prendre en compte les modifications éventuelles nécessaires à la bonne réalisation du marché, l'ASNR pourra émettre des bons de commande pour des services supplémentaires. Ces prestations complémentaires, qui relèvent d'une adaptation aux besoins réels du projet, pourront également donner lieu, si nécessaire, à des contrôles techniques et à des mises à jour des plans afin d'assurer leur conformité avec les exigences contractuelles et les spécifications du marché.

Modalités d'exécution des Ordres de Service :

Le Chargé d'Affaires de l'ASNR fera réaliser ces travaux complémentaires en dépenses contrôlées sous la forme :

Demande d'intervention → Offre Titulaire → Ordre de Service.

L'ASNR transmet au Titulaire une demande d'intervention précisant l'ensemble des fournitures et des prestations à réaliser.

En retour, sous quinze (15) jours, le Titulaire fournit un devis et un planning de réalisation.

Les taux de Main d'œuvre seront ceux indiqués lors de l'établissement de sa proposition initiale.

Pour les pièces détachées et la sous-traitance, le Titulaire produira le devis de son Titulaire et pourra y appliquer le coefficient de peines et soins indiqué lors de l'établissement de sa proposition initiale.

Après acceptation par l'ASNR, l'Ordre de Service sera exécuté selon les modalités décrites dans celui-ci.

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo	Page : 66/82
Indice : 1	Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	

11 DESCRIPTION DES EQUIPEMENTS ET LIVRABLES ASSOCIES

11.1 A la charge de l'ASNR

L'ASNR fournit :

- La réalisation de l'IHM,
- Les plans et documents référencés dans le paragraphe §2.1 et §2.2,
- Le système PIV complet,
- Le système de mesure de concentration par prélèvement,
- Les verres,
- Les servitudes du bâtiment à proximité de la zone d'implantation.

11.2 A la charge du Titulaire

L'ensemble des prestations décrites dans le présent cahier des charges (§ 7 à 13).

Les éléments nécessaires à l'établissement du plan de prévention.

Les documents listés dans le présent cahier des charges et récapitulés dans les paragraphes ci-dessous et en annexe 4.

11.2.1 DOCUMENTS A REMETTRE PAR LE TITULAIRE AVANT FABRICATION OU INTERVENTION

NB : *l'ensemble des documents/plans fournis par le Titulaire porteront (outre l'éventuelle référence du Titulaire) une référence ASNR fournie en réunion d'enclenchement.*

Documents transmis lors de la réunion d'enclenchement :

- Plan de Management Qualité Particulier,
- Planning,
- Plan de Qualité.

Après examen du Plan de Qualité, l'ASNR précisera au Titulaire les opérations auxquelles il souhaite assister, en cours et en fin de fabrication. Ces opérations figurent en tant que point de notification.

Les opérations faisant l'objet d'un point de notification nécessitent l'information de l'ASNR. Une distinction est faite entre points de convocation, présence de l'ASNR à sa discrétion, et points d'arrêt, présence de l'ASNR obligatoire.

Documents soumis à l'ASNR pour acceptation avant tout commencement de fabrication :

Etude de l'enceinte, des parois refroidies et des outillages de manutention et de montage

- Plans d'ensemble,
- Plans de détail,
- Notes de calcul (a minima la note de calcul thermomécanique de l'enceinte) ;

Etude procédé

- Partie mécanique :
 - o Schéma procédé final,
 - o Nomenclature et plan d'instrumentation,
 - o Plan d'ensemble de l'implantation de l'installation,
 - o Plans isométriques,
 - o Cahier de supportage (définition des supports avec la fourniture),
 - o Note de fonctionnement.
- Partie électricité :
 - o Etudes préliminaires : Bilan de puissance et Architecture contrôle commande ;

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	Page : 67/82
Indice : 1		

- Trois dossiers de plans électriques (distribution, contrôle-commande et mesures) en version BPE,
- Plan d'implantation des boîtiers humidimètre sur la platine,
- Note de calculs électriques,
- Analyse fonctionnelle et organique détaillée,
- Programme de l'automate,
- Procédures de contrôles.

Etude de la plateforme

- Pour la plateforme :
 - Une note de calcul intégrant le dimensionnement de la plaque de répartition,
 - Les plans d'ensemble et les plans de détail.
- Pour les racks de stockage :
 - Les plans d'ensemble et les plans de détail.
- Pour la plaque de répartition :
 - Le plan de détail.

Etude du calorifuge

- Les plans des calorifuges.

Recettes

- Programmes d'essais mécanique et électrique pour les recettes usine et site.

Autres

- Liste d'interfaces, liste des qualifications (le cas échéant), liste des fournisseur et coordonnées.

Documents techniques à remettre en fin de réalisation ou d'intervention :

- La reprises des plans et des documents pour passage TQC s'il y a lieu.

11.2.2 DOSSIER CONSTRUCTEUR

Le Titulaire remettra en fin d'affaire un dossier constructeur, suivant les préconisations du guide PSN/SIPR/GUI-036, de l'ensemble des documents émis dans le cadre de ce marché.

Ce dossier sera remis en un exemplaire papier et en version informatique.

Les fichiers seront au format pdf pour les documents, au format Solidworks pour les plans mécaniques et au format AutoCad Electrical pour les schémas électriques.

Ce dossier devra être établi par le Titulaire tout au long de la réalisation. Le chargé d'affaire et le responsable qualité du ASNR pourront réaliser des inspections programmées du dossier en cours d'affaire.

Le contenu du dossier est rappelé en annexe 4 (liste non exhaustive).

Dossier réglementaire

Pour tout composant soumis à une réglementation particulière (ex. appareils sous pression), constitution du "**dossier réglementaire** suivant les directives réglementaires en vigueur et présentation aux autorités compétentes par le Titulaire.

12 RECEPTION

La réception fait l'objet d'un procès-verbal contradictoire signé par les deux parties suivant le modèle PSN-SIPR-FRM-012.

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo <i>Etude et réalisation de l'installation KoKoMo</i>	Page : 68/82
Indice : 1		

13 ORGANISATION

13.1 Organisation du suivi à l'ASNR

Un chargé d'affaires est désigné au responsable de l'affaire. À ce titre, dans le cadre du marché, il est l'interlocuteur principal de l'ASNR pour les interfaces contractuelles avec le Titulaire du marché. En son absence, cette responsabilité sera assurée par un suppléant désigné par l'ASNR.

Les interlocuteurs de l'ASNR pour cette affaire sont :

- Le chargé d'affaire : Jean-Christophe PRELE
- La chargée d'affaire suppléante : Claire HENRIROUX
- La chargée de missions QSE : Corinne DONQUE-GOMEZ
- Le chef de laboratoire : Eric MAGLICA
- Le correspondant achat : Fabrice MARTIAL

13.2 Organisation du Titulaire

L'organisation mise en place pour gérer les relations avec l'ASNR devra être précisée dans l'offre.

Le Titulaire devra désigner un chargé d'affaires qui sera l'interlocuteur unique de l'ASNR.

Le rôle du chargé d'affaires est de veiller à la bonne exécution du marché selon les termes du contrat. Il a le devoir de rendre compte au chargé d'affaire de l'ASNR de l'avancement de la prestation et des difficultés éventuelles rencontrées.

En cas de changement, temporaire (absence) ou définitif, de celui-ci au cours de l'exécution du marché, le Titulaire devra en informer aussitôt par écrit le chargé d'affaires de l'ASNR et le remplacer par une personne de même niveau de compétence et sans délai.

Confidentialité : le Titulaire est tenu de respecter le caractère secret et confidentiel des informations dont il aura connaissance durant l'exécution du marché. En tout état de cause il se référera aux conditions de l'article 10 du cahier des dispositions générales applicables aux marchés passés par l'ASNR.

L'organisation mise en place pour gérer les relations avec l'ASNR devra être précisée dans l'offre.

Il est donc demandé que le Titulaire explicite :

- Les modalités de pilotage d'affaire (lancement, suivi, jalons, recette usine...),
- Les interfaces (interlocuteurs technique et administratif),
- Le ou les lieux d'exécution des travaux.

Si cette consultation s'adresse à une société qui elle-même représente une société dont les activités sont réalisées dans un autre pays que la France, l'organisation du pilotage de l'affaire et les interfaces seront précisées.

Une réunion de chantier aura lieu chaque semaine entre le chargé d'affaires du Titulaire et le chargé d'affaires ASNR ou son suppléant.

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo <i>Etude et réalisation de l'installation KoKoMo</i>	Page : 69/82
Indice : 1		

14 CONDITIONS D'INTERVENTION SUR SITE

La sécurité est sous la responsabilité du Titulaire. Avant le commencement des travaux, le Titulaire du marché sera convoqué à une réunion d'information suivie d'une Inspection Commune Préalable à une Opération (ICPO) qui permettra d'établir par écrit le Plan de Prévention (PDP). A cette réunion seront présents a minima :

- Le responsable entreprise ou son délégataire
- L'Ingénieur Sécurité Environnement de l'ASNR (ISE)
- Le chargé d'affaires de l'ASNR

Et selon l'intervention/les travaux menés, le chef de chantier, le chargé d'affaire, le responsable sécurité-environnement de l'entreprise.

L'ISE y définira les mesures qui devront être prises en vue de prévenir les risques pouvant résulter de l'interférence entre les travaux liés à l'activité du Titulaire, les activités des divers Titulaires, et les risques liés aux installations et matériels de l'ASNR. Cette visite de sécurité / plan de prévention sera effectuée **au plus tard 1 semaine avant le début des travaux**. Les attestations ou habilitations nécessaires à l'intervention ainsi que l'analyse de risque ou mode opératoire décrivant les travaux doivent être fournis dans la mesure du possible en amont du PDP et au plus tard apportés le jour de la réunion du plan de prévention au chargé d'affaire de l'ASNR. Ces documents seront annexés au plan de prévention et archivés par le chargé d'affaire du service.

Le planning du Titulaire est intégré dans le planning général, en tenant compte de la co-activité et des contraintes exploitation. Le créneau d'intervention sur site est confirmé par l'ASNR.

Dans le cas où de nouvelles interférences ou de nouveaux risques apparaîtraient, une visite sera réalisée en présence de l'IS et du CA avec rédaction d'un avenant au plan de prévention avec toutes les entreprises concernées.

PERSONNEL INTERVENANT

Le personnel intervenant est **non exposé**.

Le personnel intervenant doit porter les protections individuelles (gants, chaussures de sécurité, etc.) en fonction des travaux (meulage, soudage, décapage, etc.) telles que définies lors du PDP.

Sanitaires mis à disposition par l'ASNR.

CONDITIONS D'ACCES

Horaires autorisés : 8h00 - 16h30

GESTION DES DECHETS

Déchets conventionnels

Pendant toute la durée des interventions, le chantier sera maintenu en parfait état de propreté. Le Titulaire devra assurer le tri de ses déchets conventionnels. Le correspondant déchet ASNR lui précisera le tri à réaliser et les zones de dépose de ses déchets.

L'évacuation des déchets conventionnels de type béton et gravats est à la charge du Titulaire du marché.

RISQUE ELECTRIQUE

L'ensemble du personnel intervenant doit être habilité par rapport à la réglementation française en vigueur et au niveau adapté au regard de l'intervention.

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	Page : 70/82
Indice : 1		

Les matériels électriques mis en œuvre doivent être contrôlés périodiquement conformément à la réglementation et maintenus en bon état.

Les gros équipements devront posséder un arrêt d'urgence.

Les petits matériels seront raccordés sur un coffret équipé d'un arrêt d'urgence.

Pour les travaux sur plate-forme métallique ou dans une enceinte métallique, chaque matériel sera raccordé à un transformateur d'isolement (à la charge du Titulaire) avec un seul appareil par transformateur.

Pour les travaux dans une enceinte métallique l'éclairage sera en basse tension (à la charge du Titulaire).

RISQUE DE MANUTENTION ET MANIPULATIONS

Les équipements de manutention fournis par le Titulaire devront avoir un contrôle réglementaire conformément à la périodicité.

- Port de gants adaptés aux risques, de chaussures de sécurité, du casque ;
- Respect des règles, des gestes et postures ;
- Baliser la zone de manutention ;
- Interdiction de circuler sous la charge.

L'utilisation des moyens de levage de l'ASNR peut être déléguée au Titulaire sous condition que le « conducteur » soit formé par un organisme agréé, habilité par son chef d'entreprise et autorisé par le chef d'installation ASNR.

Dans le cas où les opérations de chargement/déchargement ne seraient pas couvertes par un plan de prévention, un protocole de chargement/déchargement sera établi conjointement par le Titulaire du marché et l'ASNR.

RISQUE TRAVAILLEUR ISOLE

Maintenir deux personnes minimums en permanence sur le chantier, afin de permettre de lancer une alerte en cas d'accident ou d'incident

RISQUE INCENDIE

Un permis de feu sera nécessaire pour les opérations de découpe, meulage, et tous travaux par point chaud. Le permis feu décrira les consignes et moyens de protection particuliers à respecter.

Un extincteur (à la charge du Titulaire) sera en permanence à proximité de la zone de travail en adéquation avec le risque.

RISQUE MECANIQUE

Le Titulaire devra fournir à son personnel les équipements de protection adaptés et conformes à la réglementation, (port de lunettes, gants et chaussures de sécurité, etc.).

TRAVAIL EN HAUTEUR

L'ensemble des matériels pour les travaux en hauteur : échafaudages roulants ou fixes, nacelles, harnais de sécurité et stop chute, etc. sont à la charge du Titulaire.

Le Titulaire prendra en charge les contrôles réglementaires (vérification à la mise en service, contrôles journaliers, vérifications trimestrielles, etc...).

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	Page : 71/82
Indice : 1		

Le personnel intervenant sur les nacelles, devra être formé, habilité par son chef d'entreprise.

BRUIT

Port de casque antibruit ou de bouchons d'oreilles lors des opérations générant des nuisances sonores (découpes,...) ou de travaux dans des locaux bruyants.

RISQUE CHIMIQUE

Les produits cancérigènes et mutagènes pour la reproduction sont interdits.

Les fiches de données sécurité des produits chimiques utilisés lors de l'intervention devront être jointes à l'offre et seront annexées au plan de prévention. Lors des travaux, tous les produits chimiques devront être étiquetés et entreposés sur des bacs de rétention à charge du Titulaire. Lors des opérations de manipulation et de mise en œuvre des produits, les intervenants devront porter des équipements de protection adaptés conformément aux fiches de données et de sécurité :

- Port des équipements de protection des voies respiratoires ;
- Port de tenues, gants et chaussures de sécurité adaptés aux risques ;
- Port de lunettes de protection ;
- Balisage de la zone de manutention avec extincteur à proximité...

RISQUE ANOXIE

Port des oxygénomètres mis à disposition par le Titulaire, pour toute intervention dans des zones confinées, enceintes, caniveaux, sous-sols...

15 ANNEXE(S)

15.1 Annexe 1 : Informations complémentaires sur les parois refroidies

15.1.1 DESCRIPTION DU FLUXMETRE

Le plan des bandes fluxmétriques et leur implantation sont donnés par la Figure 27.

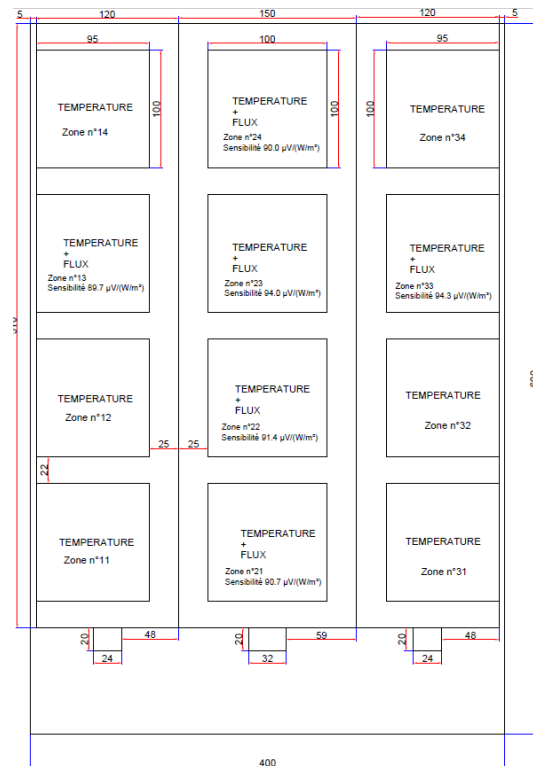


Figure 27 : Bandes fluxmétriques

Les caractéristiques attendues sont les suivantes :

- Surface cuivrée avec face supérieure renforcée (cuivre 0,3mm).
- Epaisseur d'environ 0,6mm.
- Fils PTFE 1m.
- Collage sur la paroi de condensation.
- Enduit par vernis acrylique.
- Pour les 2 bandes extérieures :
 - o Dimensions de 120 x 510 mm + zone de connexion 24 x 20 mm.
 - o Un capteur et son symétrique par rapport à l'axe vertical.
 - o 4 zones 95 x 100 mm avec mesure de température dont une zone fluxmétrique active.
 - o Zone de connexion dimensions 24 x 20 mm centrée sur le côté 120 mm.
 - o Mesure de température $T_{référence} + \Delta T$.
 - o 9 câbles au total (1 commun pour les circuits ΔT).
- Pour la bande intérieure :
 - o Dimensions 150x510mm + zone de connexion 32x20mm
 - o 4 zones fluxmétriques actives 100x100mm avec mesure de température.
 - o Zone de connexion dimensions 32x20mm centrée sur le côté 150mm.
 - o Mesure de température $T_{référence} + \Delta T$

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	Page : 73/82
Indice : 1		

- 12 câbles au total (dont 1 commun pour les circuits ΔT et 1 commun pour les zones fluxmétriques)

Sensibilité des zones fluxmétriques

La sensibilité doit être supérieure ou égale à $40 \mu V/(W/m^2)$.

La calibration est effectuée après collage des capteurs sur la pièce refroidie. Une calibration à $\pm 3\%$ est attendue.

Mesures de température

La température T_{zone} du centre de chaque zone $95 \times 100 \text{ mm}$ / $100 \times 100 \text{ mm}$ est mesurée par un circuit ΔT par rapport à la patte de connexion ($20 \times 32 \text{ mm}$ ou $20 \times 47 \text{ mm}$) et par un thermocouple type T standard situé sur la patte de connexion.

15.1.2 FONCTIONNALITES ATTENDUES POUR L'INTERFACE THERMIQUE

L'interface thermique recouvre uniquement les zones de mesures hors zone de connexion.

Le matériau sélectionné est le suivant :

- Référence : T008MC ;
- Type : feuille d'interface thermique ;
- Société : COMPELMA ;
- Epaisseur : 5 mm.

15.1.3 ECHANGEUR FROID

Dans le cadre de sa qualification, l'ASNR a approvisionné une paroi refroidie à enveloppe matelassée.

Il s'agit d'une paroi à simple relief (pillow plate single embossed, cf.[14])



Figure 28 : Paroi matelassé simple relief

15.1.4 BRIDE CASSE FLUX

Les fonctionnalités attendues sont les suivantes :

- Être compatible avec les conditions de fonctionnement.
- Compatibilité avec les critères d'étanchéité et les tolérances géométriques souhaitées.
- Ne pas créer de chemin préférentiel au niveau de la bride. Ainsi la résistance thermique de la bride doit être supérieure à la résistance thermique de l'ensemble afin d'orienter le flux vers les fluxmètres.
 - Résistance thermique supérieure à $3.10^{-3} \text{ m}^2.K/W$.

L'épaisseur de la bride dépend de 2 critères :

- La compression souhaitée de l'interface thermique (si matériau compressible) permettant de suivre les déformations de la plaque ;
- La résistance thermique ciblée.

L'ASNR s'est orienté sur du DELTHERM 68890. L'épaisseur de la bride est de 4 mm. Pendant le montage, l'interface thermique de 5 mm est comprimée de 20%.

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo	Page : 74/82
Indice : 1	Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	

15.2 Annexe 2 : Déroulement d'un essai type

1- Conditionnement de l'enceinte

- 1.1- Remplissage des cols de cygne avec l'eau du réseau :
 - Condition(s) initiale(s) :
 - Installation à l'arrêt.
 - Séquence :
 - Fermeture des vannes de récupération d'eau VA 514, VA 524, VA 534, VA 544, VA 554 ;
 - Ouverture du remplissage d'eau : vanne VA 160 asservie au capteur de niveau NI 838 de l'enceinte ;
 - Arrêt du remplissage automatique sur consigne de niveau par fermeture de la vanne VA 160 (lorsque le niveau est compris entre le niveau haut des goulottes de récupération et le niveau du tuyau de soutirage d'azote) ;
 - Ouverture des vannes des cols de cygne VA 514, VA 524, VA 534, VA 544, VA 554 ;
 - Condition(s) finale(s) : les capteurs NI 515, NI 525, NI 535 et NI 555 permettent de constater la présence du bouchon hydraulique.
- 1.2- Balayage en azote :
 - Condition(s) initiale(s) : les bouchons hydrauliques sont formés
 - Séquence :
 - Ouverture de la vanne d'arrêt VA 201 et régulation du débit à l'aide de la vanne VR 203 asservie au débitmètre DE 202.
 - Fermeture de la VA 201 après temporisation (pilotée par IHM).
 - Condition(s) finale(s) : contrôle du taux d'oxygène résiduel par prélèvement.

2- Préparation des parois refroidies : cette étape peut être réalisée en parallèle de l'étape 1.2.

- 2.1- Remplissage des 4 réservoirs d'alimentation en eau RE 420, RE 440, RE 460 et RE 480
 - Condition(s) initiale(s) : circulation à l'arrêt.
 - Séquence :
 - Ouverture des vannes d'arrêt VA 418, VA 438, VA 458, et VA 478 ;
 - Fermeture automatique des vannes sur consigne de niveau haut NI416, NI436, NI456, NI476
 - Condition(s) finale(s) : réservoirs remplis.
- 2.2- Régulation de la température des 4 réservoirs :
 - Condition(s) initiale(s) : étape 2.1.
 - Séquence :
 - Mise en service de groupe froid 400
 - Mise en service des thermostats TR 410, TR 430, TR 450, TR 470 et du groupe froid 400
 - Pilotage par consigne de température via les TC 415, TC 435, TC 455, TC 475.
 - Condition(s) finale(s) : températures à l'intérieur des réservoirs stabilisées.
- 2.3- Régulation de la température des parois refroidies
 - Condition(s) initiale(s) : Etape 2.2.
 - Séquence : mise en service de la circulation vers les parois refroidies (pompes + variateurs PO 421, PO 441, PO 461, PO 481 asservies aux mesures de débit DE 422, DE 442, DE 462, DE 482).
 - Pilotage par consigne de débit.
 - Condition(s) finale(s) : homogénéité de la température sur les parois

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo	Page : 75/82
Indice : 1	Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	

- Températures entrée et sorties des parois refroidies stabilisées (TF 424 / 425, TF 444 / 445, TF 464/465, TF 484/485)
- Températures des fluxmètres (TC 845 à 853, TC 860 à 868, TC 875 à 883, TC 890 à 898) stabilisées.

3- Préchauffe des lignes de sécurité (ligne de décharge GV + Ligne de sécurité)

- Condition(s) initiale(s) : S.O
- Séquence : mise en service des éléments chauffants des tuyauteries (CH 190 et CH 701).
- Pilotage par consigne en température de chaque branche.
- Condition(s) finale(s) : atteinte de la température de consigne.

4. Séquence expérimentale :

Préalables :

- Le circuit de soutirage d'azote est un circuit ouvert. Son maintien opérationnel est assuré par le maintien du niveau d'eau dans le réservoir de récupération d'azote en dessous de la consigne de niveau (pilotage par pompe de relevage PO 606 asservie à la mesure de niveau NI 604) ;
- Acquisition des mesures expérimentales.

4.1 Préchauffe des lignes du circuits d'injections de vapeur. Peut être réalisée en parallèle des précédentes étapes.

- Condition(s) initiale(s) : S.O
- Séquence : mise en service des éléments chauffants des tuyauteries (CH 180, CH 181, CH 182, CH 183, CH 184, CH 185, CH 191 et CH 192).
- Pilotage par consigne en température de chaque branche.
- Condition(s) finale(s) : atteinte de la température de consigne

4.2 Injection de vapeur et récupération d'eau condensée

- Condition(s) initiale(s):
 - Bouchons hydrauliques formés et vannes de récupération d'eau condensée ouverte,
 - Lignes de sécurité chauffées.
 - 1 vanne d'injection ouverte (VA 110, VA112, ou VA 114) : un niveau d'injection à la fois.
- Séquence :
 - Mise en service du GV 100 ;
 - Récupération d'eau condensée dans les réservoirs de récupération de l'eau condensée RE 510, RE 520, RE 530, RE 540, RE 550 et RE 560 ;
 - Suivi des volumes d'eau condensée par les balances BA 511, BA 521, BA 531, BA 541, BA 551, BA 561 ;
 - Gestion automatique des volumes des réservoirs RE 510, RE 520, RE 530, RE 540, RE 550 et RE 560 par les vannes associées pilotées par consigne des balances ;
- Pilotage par consignes de température (TF 123 ou TF 133 ou TF 143) et de débit (DE 111).
- Atteinte de l'équilibre lorsque :
 - Débit de soutirage DE 603 mesuré proche de 0 et stabilisé ;
 - Pression intérieure PR 837 de l'enceinte stabilisée

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	Page : 76/82
Indice : 1		

- Débit de condensation proche du débit d'injection et stabilisé ;

4.3 Le cas échéant : injection d'hélium dans le flux de vapeur

- Condition(s) initiale(s) : flux de vapeur stabilisé
- Séquence :
 - Préchauffe des éléments chauffants de la branche (CH 311, CH 312 et CH 313) ;
 - Ouverture vannes VA 302 et VR 304 après atteinte de la consigne en température de la branche :
- Pilotage par consigne de débit DE 303 et de température TE 307.
- Conditions(s) finale(s) : atteinte du volume d'hélium injecté après temporisation.

5. Arrêt de l'essai et mise en rempli de l'installation.

- 5.1. Arrêt de l'injection de vapeur, de l'injection hélium et de la chauffe de toute les tuyauteries (circuits de sécurité inclus) par opérations inverse des étapes de mise en service,
- 5.2. Arrêt des thermorégulateurs et du groupe froid par opérations inverse des étapes de mise en service,
- 5.3. Arrêt de la circulation dans les parois refroidies par opérations inverse des étapes de mise en service,
- 5.4. Vidanges manuelles des réservoirs d'alimentation en eau par ouverture des vannes VA 419, VA 439, VA 459, VA 479.
- 5.5. Vidange forcée des réservoirs balances par ouverture des vannes VA 512, VA 522, VA 532, VA 542 VA 552, VA 562.
- 5.6. Vidange manuelle des cols de cygne par ouverture des vannes VA 513, VA 523, VA 533, VA 543, VA 553.
- 5.7. Vidange forcée du réservoir d'azote (PO 606).
- 5.8. Vidange si nécessaire du réservoir de récupération RE 500 (alarme sur la mesure de niveau NI 501) par ouverture de la vanne VA 502.

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo <i>Etude et réalisation de l'installation KoKoMo</i>	Page : 77/82
Indice : 1		

15.3 Annexe 3 : Exigences sur l'étude thermomécanique

15.3.1 EXIGENCES SUR L'ETUDE THERMIQUE

L'objectif de ce calcul est de définir les températures des parois de l'enceinte à prendre en considération pour l'étude de la tenue thermomécanique de l'enceinte, et de définir le ou les cas de calcul les plus pénalisants.

Scénario pour le calcul thermique

Le calcul sera réalisé en transitoire jusqu'à l'établissement du régime permanent. Le temps d'obtention du régime permanent est une des données attendues, en plus de la carte des températures des parois.

A l'instant $t = 0s$, les températures de la structure et du gaz sont à température ambiante (20°C).

Par la suite, la vapeur sera injectée à l'intérieur de l'enceinte à une température de 140°C jusqu'à obtention du régime permanent.

15.3.1.1 Méthode de calcul

- Modèle local pour faire une analyse de sensibilité sur le comportement des contraintes dans le temps afin de déterminer les durées de calcul et déterminer la nécessité de faire une analyse temporelle pour l'analyse des contraintes.
- Modèle global.

15.3.1.2 Code ou règle de calcul

- Code et règle en vigueur. A définir par le Titulaire : note de méthodologie et d'hypothèses.

15.3.1.3 Situation de calcul

Différents phénomènes peuvent se produire dans l'enceinte (mélange homogène ou stratifié) et l'installation doit être modulable afin d'intégrer au fur et à mesure de son utilisation des améliorations (principalement remplacement des hublots simples vitrage par des hublots multi-vitrages ou par des hublots chauffants).

Le Titulaire devra ainsi définir les scénarii les plus pénalisants et identifier les cas dimensionnants pour l'enceinte. En ce sens avant le début de l'étude, une note de méthodologie et d'hypothèse définissant la méthode et les cas de calculs sera réalisée en amont du lancement des calculs. Cette note de méthodologie sera soumise à l'acceptation de l'ASNR.

En première approche, le Titulaire prendra en compte les situations suivantes. Elles seront validées ou réorientées dans la note de méthodologie et d'hypothèses, notamment la répartition des gaz, la présence ou non d'un calorifuge externe et l'activation ou non des parois refroidies.

Pour chaque cas de calcul les paramètres suivants devront être calculés :

- Températures des parois de l'enceinte ;
- Temps d'établissement du régime permanent ;
- Déperditions thermiques globales.

En première approche, 8 configurations de calcul sont considérées et sont récapitulées Tableau 2.

Modèle	Sollicitation	Répartition des gaz	Chauffe des verres	Présence d'un calorifuge extérieur	Activation des parois refroidies et température des parois	Fond d'eau
1	1 ^{er} calcul – Mélange homogène avec parois refroidies désactivées et hublots non chauffants	Mélange homogène	Sans	Avec	Sans	Sans
2	2 ^{ème} Calcul – Mélange stratifié avec parois refroidies désactivées et hublots non chauffants	½ azote en partie basse ½ vapeur en partie haute	Sans	Avec	Sans	Sans
3	3 ^{ème} calcul – Mélange homogène parois refroidies activées et hublots non chauffants	Mélange homogène	Sans	Avec	Les deux : T = 20°C	Sans
4	4 ^{ème} Calcul – Mélange stratifié avec parois refroidies activées et hublots non chauffants	½ azote en partie basse ½ vapeur en partie haute	Sans	Avec	Les deux : T = 20°C	Sans
5	5 ^{ème} Calcul – Mélange homogène sans parois refroidies activées et hublots chauffants (*)	Mélange homogène	Avec les 6 vitres (paroi latérale + porte d'injection) à 100°C	Avec	Sans	Sans
6	6 ^{ème} Calcul – Mélange stratifié sans parois refroidies activées et hublots chauffants (*)	½ azote en partie basse ½ vapeur en partie haute	Avec 4 vitres à 100°C (verres centraux + verres du haut)	Avec	Sans	Sans
7	7 ^{ème} Calcul – Mélange homogène avec parois refroidies activées et hublots chauffants (*)	Mélange homogène	Avec les 6 vitres (paroi latérale + porte d'injection) à 100°C	Avec	Les deux : T = 20°C	Sans
8	8 ^{ème} Calcul – Mélange stratifié avec parois refroidies activées et hublots chauffants (*)	½ azote en partie basse ½ vapeur en partie haute	Avec 4 vitres à 100°C (verres centraux + verres du haut)	Avec	Les deux : T = 20°C	Sans

Tableau 2 : Cas de calculs thermiques

(*) La chauffe des hublots est décalée dans le temps avec l'injection de vapeur.

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo	Page : 79/82
Indice : 1	Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	

15.3.2 EXIGENCES SUR L'ETUDE THERMOMECHANIQUE

L'objectif de ce calcul est de vérifier la tenue mécanique de la structure de l'enceinte KoKoMo.

Les éléments étudiés seront les suivants :

- Structure mécanosoudée ;
- Parois amovibles / Portes / Couvercle / plaque de fond ;
- Brides ;
- Boulonnerie (vis, écrous, rondelles) ;
- Joints (étanchéité) ;
- Ancrage et fixation des parois refroidies et des garnitures thermiques sur les portes.

En outre, les différentes brides devront être dimensionnées et les couples de serrage définis avec une incertitude de $\pm 10\%$.

Ne sont pas pris en compte dans la présente étude :

- Les éléments du commerce ne seront pas vérifiés.
- La tenue au séisme ne sera pas prise en compte dans les calculs ;
- Justification de la tenue thermomécanique des verres ;
- La tenue à la fatigue ;
- Le fluage ne sera pas étudié.

15.3.2.1 Matériaux

L'enceinte KoKoMo est constituée des matériaux suivants :

- Enceinte, brides couvercle et porte : Acier inoxydable 316L ou 304L (au choix) ;
- Boulonnerie et rondelles : à définir par le Titulaire
- Joints (hors joints des verres) :
 - o Type : à définir par le Titulaire ;
 - o Epaisseur = à définir par le Titulaire ;
 - o Pression assise = à définir par le Titulaire ;
 - o Shore = à définir par le Titulaire
- Verres en borosilicate trempé (données à demander à l'ASNR).

15.3.2.2 Méthode de calcul

- Calcul par éléments finis ;
- Vérification selon les formules analytiques du CODAP ou autre (choix à justifier par le Titulaire).

15.3.2.3 Code ou règle de calcul

Les calculs seront réalisés selon le CODAP ou autre (choix à justifier par le Titulaire).

15.3.2.4 Situation de calcul

Le Titulaire prendra en compte les situations suivantes :

- Poids propre ;
- A l'exception des verres : masses majorées de 20% ;
- Pour la paroi refroidie : Intégration en lieu et place des parois refroidies d'une épaisseur de 100 mm ;
- Pour les verres, deux configurations peuvent être intégrées avec respectivement une masse de 30 kg et 100 kg. Le Titulaire devra choisir le chargement le plus pénalisant entre ces deux masses ;
- Dilatations thermiques différentielles ;
- Pression de calcul ;
- Températures de calcul (gaz, vapeur et eau) ;

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	Page : 80/82
Indice : 1		

- Efforts extérieurs sur les piquages ;
- Valeurs de f et z issues du CODAP.

Différents cas de calcul seront proposés et réalisés par le Titulaire avec les modèles de chargement thermique étudiés dans le cadre du poste 1.

15.4 Annexe 4 : Contenu du dossier constructeur (liste non exhaustive)

Documents contractuels (correspond au chapitre 1 du guide PSN-SIPR-GUI-036)

Spécification d'équipement, Offre, Commande (avenants le cas échéant), compte-rendu de réunion d'enclenchement, planning.

Le cas échéant le dossier de modifications

Documents liés au management de la qualité (correspond au chapitre 2 du guide PSN-SIPR-GUI-036)

Plan de Management Qualité Particulier (PMQP), plans de Qualité (général et particuliers), documents de suivi d'affaire (feuilles de réponse, rapports d'inspections, feuilles de remarques, comptes rendus de réunion hors ceux d'enclenchement et de revue conception, courriers/courriels...)

Documents de conception (correspond au chapitre 3 du guide PSN-SIPR-GUI-036)

Plans et schémas (BPE et TQC), liste d'interface, liste des qualifications (le cas échéant), nomenclature, architecture contrôle commande, bilan de puissance, plan d'instrumentations, analyse fonctionnelle, schéma procédé, note de fonctionnement, mise à jour du planning, plans de supportage, les notes de calculs ... listés au §7 (§ 7.1.3, §7.2.3, §7.3.2, §7.4).

Documents d'achat/approvisionnement et sous-traitance (correspond au chapitre 4 du guide PSN-SIPR-GUI-036)

- Liste des sous-traitants avec leurs coordonnées ;
- Certificat de conformité des composants du commerce ;
- CCPU matière ;
- PV d'étalonnage ;
- Fiche matériaux
- Matériel mis à disposition ou cédé par l'ASNR ou son client (PV de cession).

Dossier de soudage (correspond au chapitre 5 du guide PSN-SIPR-GUI-036)

Pour les composants soudés :

- Cahiers de soudage (Nomenclature et plan de repérage des soudures, Descriptif de Modes Opératoires de Soudage, Qualification des Modes Opératoires de Soudage, qualifications des soudeurs).
- CCPU métal d'apport
- Dossier de réparations éventuelles ;
- PV de contrôle des soudures : 1 PV par pièce soudée.

Documents de réalisation usine (correspond au chapitre 6 du guide PSN-SIPR-GUI-036)

Nota : Toutes les procédures relatives au soudage figurent dans la rubrique 5 "dossier de soudage".

Le Titulaire doit fournir les références des dispositifs de mesure et des clefs dynamométriques utilisés avec certificats d'étalonnage valides. En fin de fabrication, le Titulaire fournit à l'ASNR les plans annotés.

Pour la fabrication de l'enceinte :

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo <i>Etude et réalisation de l'installation KoKoMo</i>	Page : 81/82
Indice : 1		

- PV de traitement de surface global ;
- PV de contrôles dimensionnels : 1 PV par pièce ;
- PV de contrôle visuel global ;
- PV de pesées (1 PV pour l'ensemble des pièces) ;

Pour la fabrication des lignes procédé :

Pour les composants en acier inoxydable :

- PV de traitement de surface par décapage passivation ;
- PV de contrôles dimensionnels ;
- PV de contrôle visuel global ;
- Le cas échéant : Dossier(s) réglementaire(s) et PV d'épreuve hydraulique.

Pour la fabrication de la plateforme :

- PV de contrôle dimensionnels ;
- PV d'état de surface (visuel de l'état général, propreté, ...) ;

Pour les autres composants mécaniques (racks de stockage, outillages de manutention et plaque de répartition avec charriot de translation)

- PV de traitement de surface par pièce ;
- PV de contrôles de planéité de la plaque de répartition
- PV de pesées (1 PV pour l'ensemble des pièces, regroupé avec le PV de pesage de l'enceinte) ;
- PV de contrôle visuel global ;
- Pour les outillages de manutention :
 - Rapports d'essai et Certificats de conformité délivrés par un organisme agréé.

Fabrication des parois refroidies :

- Idem enceinte ;
- PV de test d'étanchéité de l'échangeur ;
- PV d'essai de circulation

Pour le montage de l'enceinte :

- Procédure de montage des verres ;
- PV de serrage de la clé dynamométrique pour le serrage au couple.

Pour l'assemblage des parois refroidies

- Liste des opérations de montage et contrôle (LOMC) : 1 LOMC par paroi ;
- PV de résistance en ligne de l'instrumentation fluxmétrique avant et après montage des deux plaques constitutives de la paroi (1 PV par paroi) ;
- PV de contrôle de planéité des parois refroidies (1 PV par paroi) ;
- PV de test d'étanchéité (1 PV par paroi) ;

Après montage sur l'enceinte :

- PV de contrôle des tolérances spécifiée sur le plan [8] : 1 PV par paroi.

Contrôle électrique :

- PV de contrôle pour la conformité des implantations matériel ;
- PV de contrôle pour la conformité des identifications de câblage ;
- PV de contrôle pour la continuité (fil à fil)
- PV de contrôle pour l'isolement (fil/masse) sous 500 V (électroniques non raccordées).

Pour les essais de recette usine :

- Programme d'essais usine partie mécanique renseigné,
- Programme d'essais usine partie électrique renseigné,
- Procès-verbaux

Référence : KOK.2E.0000.SE.24013-001	Projet PASTIS – Installation KoKoMo Etude et réalisation de l'installation KoKoMo	Page : 82/82
Indice : 1		

- *PV de résistance en ligne de l'instrumentation fluxmétrique après montage sur l'enceinte (à regrouper avec les PV précédents).*

Documents de livraison (correspond au chapitre 7 du guide PSN-SIPR-GUI-036)

- Identification, Manutention, Conditionnement
- Bordereaux de livraison

Documents de réalisation site (correspond au chapitre 8 du guide PSN-SIPR-GUI-036)

Nota : Toutes les procédures relatives au soudage figurent dans la rubrique 5 "dossier de soudage".

Cette rubrique comporte aussi tous les documents liés à l'intervention sur site (Plan de prévention)

- Programme d'essais site partie mécanique renseigné ;
- Programme d'essais site partie électrique renseigné ;
- Procès-verbaux ;
- Références des dispositifs de surveillance et de mesure utilisés avec certificats d'étalonnage valides.

Contrôle de la plateforme

- PV de contrôle dimensionnels ;
- PV d'état de surface (visuel de l'état général, propreté, ...) ;
- PV de contrôle des fixations sur le génie civil ;
- PV de contrôle de la tenue des garde-corps (contrôle des fixations et de la solidité).

Contrôle des différents composants mécaniques

- PV de test d'étanchéité de l'enceinte ;
- PV de test d'étanchéité des circuits (1 PV par circuit).
- *PV de test sous pression hydraulique des circuits de refroidissement connectés aux parois refroidies.*

Contrôle électrique

- Compte-rendu d'essais fonctionnels unitaires ;
- Compte-rendu d'essais fonctionnels globaux sur un cycle type d'expérimentation.

Réalisation d'un essai type

- *Rapport d'essais type.*

Documents d'enregistrements relatifs à la maîtrise du produit-non conforme et à l'amélioration continue (correspond au chapitre 9 du guide PSN-SIPR-GUI-036)

Le cas échéant

- Fiches de non-conformité et de réclamation client, demande de dérogation, action corrective, actions préventive, enquête de satisfaction

Documents de réception (correspond au chapitre 10 du guide PSN-SIPR-GUI-036)

- Certificat de conformité du Titulaire
- Procès-verbaux de réception

Dossier réglementaire

Pour tout composant soumis à une réglementation particulière (ex. appareils sous pression), constitution du "**dossier réglementaire** suivant les directives réglementaires en vigueur et présentation aux autorités compétentes par le Titulaire.

Par exemple, le générateur de vapeur est fourni avec son attestation de conformité et sa notice d'instruction.