

HAZOP Report

Giga Factory H2 Tanks and Boiler circuits

McPhy
FR-GFH2 Tanks and Boiler circuits

FR-GFH2 Tanks and Boiler circuits-AQB-HAZ-HAZOP Report-A

Publié par	Révisé par	Approuvé par
Vinay KURUP / Functional Safety Engineer	Alexandre SERPOLLIER / Industrial Risk Manager	Jean-Charles FAVERGER / Senior Engineering Manager Belfort

Révision	Commentaires	Ecrivain	Auditeur	Approbateur	Date
A	Première publication	VKU	ASE	JFA	24/04/2024

Disclaimer
Ce document ou dessin est la propriété de McPhy et ne peut, en aucun cas, être totalement ou partiellement, directement ou indirectement, transféré, reproduit, copié, divulgué ou utilisé, sans son accord écrit préalable, à d'autres fins et d'une manière que ce soit autres que celles pour lesquelles il est spécifiquement fourni ou en dehors de l'étendue du droit d'utilisation convenu



TABLE DES MATIERES

1	Introduction.....	4
2	Documents de référence.....	4
3	Acronymes.....	5
4	Sommaire Exécutif	5
5	Méthodologie HAZOP	6
5.1	Matrice des risques.....	6
5.1.1	Critères d'acceptation des risques.....	7
5.2	Fréquence	8
5.3	Sévérité	9
5.4	Sauvegarde RRF	9
5.5	Principales hypothèses et exclusions.....	10
5.5.1	Hypothèses	10
5.5.2	Exclusions.....	10
6	Portée de l'étude.....	11
6.1	Description du projet	11
6.2	Décomposition des noeuds	11
7	Équipe d'examen.....	11
8	Conclusions.....	12
8.1	Scénarios HAZOP.....	12
8.2	HAZOP Actions	12
8.3	Liste des mesures de protection sans SIF	12
8.4	Liste des SIF.....	12
9	Annexe A – Nœuds.....	13
10	Annexe B – P&ID annoté.....	14
11	Annexe C – Feuille de travail HAZOP	16
12	Annexe D – Liste des mesures de protection sans SIF	20
13	Annexe E – Liste des SIF	21
14	Annexe F – Liste des Actions.....	22

Liste des Figures

FIGURE 1 – MATRICE DE SECURITE POUR L'ENVIRONNEMENT ET LES ACTIFS.....	7
FIGURE 2 – MATRICE DE RISQUE POUR LES PERSONNES	7
FIGURE 3 – CATEGORIES DE FREQUENCES.....	8

Liste des Tableaux

TABLEAU 1 – DOCUMENTS DE REFERENCE	4
TABLEAU 2 – PARAMETRES ET ECARTS	6
TABLEAU 3 – FREQUENCE D'INITIATION DES EVENEMENTS.....	8
TABLEAU 4 – CATEGORIES DE SEVERITE.....	9
TABLEAU 5 – SAUVEGARDE RRF.....	9
TABLEAU 6 – LISTE DES HYPOTHESES	10
TABLEAU 7 – LISTE D'EXCLUSIONS	11
TABLEAU 8 – ÉQUIPE D'EXAMEN.....	11
TABLEAU 9 – DECOMPOSITION DES NŒUDS.....	13



1 Introduction

Ce document présente le rapport d'étude des dangers et de l'exploitabilité (HAZOP) réalisé pour le projet de chauffage H2 de la McPhy Gigafactory afin de gérer le risque du réseau de tuyauterie à partir d'un (1) réservoir H2 de 20 000 litres, au cours de l'exploitation et de la maintenance.

L'objectif est de procéder à une évaluation des risques de l'installation et d'évaluer les mesures de prévention et d'atténuation du système.

Les études ont été réalisées par une équipe de McPhy Belfort et Grenoble.

Les objectifs de cette HAZOP sont les suivants :

- Identifier les déviations du processus qui peuvent entraîner des risques liés à la sécurité, à l'environnement et aux propriétés
- Évaluer le risque
- Analyser les mesures de prévention et d'atténuation pour chaque scénario de risque
- Évaluer le risque résiduel et proposer, le cas échéant, des améliorations pour atteindre l'ALARP ou les régions acceptables

Le HAZOP a été réalisé sur la base du P&ID disponible au moment de l'HAZOP Annexe B – P&ID annoté

2 Documents de référence

#	RÉFÉRENCE	TITRE
[1]	DOC-D-0235	IEC 61511 – Guideline (McPhy internal guideline)
[2]		CCPS – Layer of protection analysis. Simplified Process Risk Assessment (2001)
[3]	IEC 61511-1 (2016)	Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector – Part 1: Framework, definitions, system, hardware, and application programming requirements
[4]	IEC 61511-2 (2016)	Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector – Part 2: Guidelines for the application of IEC 61511-1
[5]	IEC 61511-3 (2016)	Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector – Part 3: Guidance for the determination of the required safety integrity levels
[6]		OREDA – Offshore Reliability Data Handbook (2002)
[7]	SCH - PRINCIPE	Schema De Principe Chaufferie - Rev 6

Tableau 1 – Documents de référence



3 Acronymes

ALARP	As Low As Reasonably Practicable (en français, Aussi bas que raisonnablement possible)
BPCS	Basic Process Control System (en français, système de contrôle des processus de base)
CCPS	Center for Chemical Process Safety
DCS	Système à commande distribuée
HAZOP	HAZard OPerability (en français, risques et exploitabilité)
IEC	Commission Electrotechnique Internationale
P&ID	Piping & Instrumentation Diagram (en français, schéma de la tuyauterie et de l'instrumentation)
Pdes	Pression de conception
PFDavg	Average Probability of Failure on Demand (en français, probabilité moyenne de défaillance (dangereuse) sur sollicitation)
Pop	Pression de fonctionnement
PSV	Soupape de sécurité de pression
RRF	Risk Reduction Factor (en français, Facteur de réduction des risques)
SIF	Safety Instrumented Function (en français, système instrumenté de sécurité)
SIL	Safety Integrity Level
SIS	Safety Instrumented System (en français Système instrumenté de sécurité)
Tdes	Température de conception
Top	Température de fonctionnement

4 Sommaire Exécutif

Un HAZOP a été réalisé pour le projet de chauffage H2 de la Gigafactory de McPhy, incluant le réseau de tuyauterie d'un (1) 20 000 litres de H2 tank. Le HAZOP a permis d'identifier les risques et les mesures de prévention et d'atténuation associées. Une liste d'actions est toujours ouverte. Ces actions doivent être traitées de manière à pouvoir finaliser l'analyse de tous les scénarios et à atteindre un niveau de risque acceptable.

Le nombre de mesures de protection identifiées est le suivant:

- 1 PSV



- 2 Protections mécaniques
- 1 SIF

5 Méthodologie HAZOP

L'HAZOP a été réalisé à l'aide de PHA-Pro, conformément à la directive interne de McPhy (Réf. [1]) approuvée par la direction de McPhy.

La méthode commence par identifier les causes et les conséquences potentielles de l'écart de processus sur la base des mots guides énumérés dans Tableau 2 – Paramètres et écarts

Pour chaque scénario identifié, des couches de protection indépendantes (Ref. Tableau 5 – Sauvegarde RRF

qui préviennent ou atténuent le danger sont enregistrés. Le risque est ensuite calculé et analysé pour déterminer si une réduction supplémentaire du risque est nécessaire.

Les sections suivantes détaillent la façon dont le risque est évalué.

Paramètre	Mot-guide
Flow	More
	No or Less
	Reverse
	Misdirected
Temperature	High
	Low
Pressure	High
	Low or vacuum
Level	High
	Low or no
Composition	Change
Operation	Startup
	Maintenance
	Shutdown
Utilities	Loss

Tableau 2 – Paramètres et écarts

5.1 Matrice des risques

La matrice de risque suivante est utilisée. Les trois (3) couleurs correspondent à trois (3) façons de faire face au risque:

- La zone verte où le risque peut être accepté sans autre enquête

- La région jaune représente la zone ALARP où le risque doit être réduit à aussi bas que raisonnablement possible
- La région rouge indique que tout risque de chute dans cette région est inacceptable et doit être réduit au moins à la région ALARP ou aux régions acceptables

SEVERITY	CONSEQUENCES		LIKELIHOOD				
	Environment	Assets	1	2	3	4	5
			Very unlikely	Unlikely	Rare	Probable	Frequent
5	Catastrophic effect	Loss of facility	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
4	Major effect	Loss of unit Long term SD	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
3	Moderate effect	Loss of critical eqpt Middle term SD	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
2	Minor effect	Eqpt damage Short term SD	Green	Green	Green	Yellow	Yellow
1	Slight effect	Minor effect	Green	Green	Green	Green	Yellow

Figure 1 – Matrice de sécurité pour l'environnement et les actifs

SEVERITY	CONSEQUENCES		LIKELIHOOD				
	People	Very unlikely	1	2	3	4	5
			Unlikely	Rare	Probable	Frequent	
5	> 3 fatalities	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red
4	1 to 3 fatalities	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Red
3	Major injury	Green	Green	Yellow	Red	Red	Red
2	Minor injury	Green	Green	Green	Yellow	Red	Red
1	Slight injury	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow

Figure 2 – Matrice de risque pour les personnes

5.1.1 Critères d'acceptation des risques

Le risque est accepté si l'un des critères suivants est applicable :

- Le risque est dans la zone acceptable (vert),



- Le risque est situé en zone ALARP (jaune) et concerne uniquement l'environnement ou les actifs,
- Le risque se situe en zone ALARP (jaune) et concerne les personnes de sévérité S4 ou S5.

5.2 Fréquence

La matrice des risques est divisée en cinq (5) catégories de fréquence:

Likelihood	1	2	3	4	5
Définition	Very unlikely	Unlikely	Rare	Probable	Frequent
Concevoir	Risque déjà bien connu, couvert et pleinement pris en compte dans la conception	Risque bien connu et couvert, mais pas encore entièrement pris en compte dans la conception	Risque non prévu mais possible, non encore pris en compte dans la conception	Risque possible	Risque attendu
Fréquence	$F \leq 10^{-5}/\text{an}$	$10^{-5}/\text{an} < F \leq 10^{-4}/\text{an}$	$10^{-4}/\text{an} < F \leq 10^{-3}/\text{an}$	$10^{-3}/\text{an} < F \leq 10^{-2}/\text{an}$	$F > 10^{-2}/\text{an}$
Historique	Jamais entendu parler dans l'industrie	Cela s'est déjà produit dans l'industrie, mais de nombreuses mesures correctives ont été prises.	Cela s'est déjà produit dans l'industrie, mais des mesures correctives ont été prises.	S'est déjà produit sur une installation similaire	A déjà eu lieu plusieurs fois sur plusieurs installations

Figure 3 – Catégories de fréquences

Ensuite, la fréquence des événements est évaluée en fonction des fréquences des événements principaux pris en compte au cours de l'HAZOP comme suit:

Lancement de l'événement	Fréquence (par an)	Référence
La soupape de sécurité de pression s'ouvre de manière intempestive	10^{-4}	[2]
Défaillance de la boucle de l'instrument BPCS	10^{-1}	[2]
Panne de vanne mécanique	10^{-2}	[2]
Vannes de sectionnement (électrovannes) fermées	10^{-1}	[2]
Filtre bouché sur le tuyau d'hydrogène	10^{-2}	*
Erreur de l'opérateur lors d'une tâche non routinière suivant une procédure écrite	10^{-2}	[2]

Tableau 3 – Fréquence d'initiation des événements

* L'hydrogène est un gaz propre. Grâce à des procédures d'exploitation et de maintenance (purges), le colmatage des filtres sur le réseau hydrogène est évalué à 10^{-2} par an.



5.3 Sévérité

La sévérité est indiquée selon le tableau suivant:

Sévérité	Conséquences		
	Personnes	Environnement	Actifs
5	Plusieurs décès à l'intérieur des limites 1 décès à l'extérieur des limites	Effet catastrophique Externe massif, irréversible	Perte de l'installation Des dégâts importants Abandonner
4	1 à 3 décès à l'intérieur des limites Blessures graves à l'intérieur des limites Blessures à l'extérieur des limites	Effet majeur Massif externe, réversible Grand externe, irréversible	Perte de 1 unité Arrêt à long terme Dommages importants
3	Blessures graves Incapacités irréversibles	Effet modéré Grand extérieur, réversible Irréversible interne	Perte d'un équipement Arrêt à moyen terme Dommages localisés
2	Blessures Incapacités réversibles	Effet mineur Débit limité au-dessus de la valeur limite Réversible interne	Dommages internes à l'équipement Arrêt à court terme Entretien important
1	Légère perturbation	Léger effet	Effets mineurs Légers dommages Problème de maintenance

Tableau 4 – Catégories de sévérité

5.4 Sauvegarde RRF

Le tableau suivant présente les principales mesures de protection et le facteur de réduction des risques (RRF):

Sauvegarder	RRF	Référence
PSV	100	[2]
BPCS	10	[2]
Alarme et réponse de l'opérateur	10	[2]
Clapet anti-retour	10	[2]
SIF - SIL 1	10	[2]
SIF - SIL 2	100	[2]
SIF - SIL 3	1000	[2]

Tableau 5 – Sauvegarde RRF



5.5 Principales hypothèses et exclusions

5.5.1 Hypothèses

Pour mener à bien l'HAZOP, les principales hypothèses suivantes sont prises en compte.

Ref	Hypothèses
A1	Les conduites, l'équipement et le matériel sont spécifiés et conçus pour résister aux conditions normales de fonctionnement des contraintes, de la température, de la pression, de l'humidité et d'autres paramètres attendus pendant les opérations de démarrage, d'arrêt, normales, d'essai et de maintenance. Les conditions environnementales du lieu d'exploitation, de l'usine, des lieux d'assemblage, d'essais et de maintenance et pendant le transport entre ces sites sont également couvertes.
A2	Les opérateurs sont formés et connaissent l'installation. La fréquence des erreurs dues à l'opérateur est de 1/100 par an.
A3	L'entretien, l'inspection, la vérification et les tests sont bien menés dans la période spécifiée et de la manière attendue.
A4	Lorsqu'une vanne de régulation ou de marche/arrêt est identifiée comme cause du scénario, la défaillance de la boucle de régulation BPCS du capteur à l'actionneur est prise en compte, car le scénario peut être le résultat de la vanne elle-même, du capteur ou de l'automate.
A5	Les conséquences ont été examinées sans aucune garantie, mais en tenant compte de la conception elle-même
A6	Les mesures de protection de la catégorie NA sont mentionnées à titre indicatif, mais elles ne sont pas prises en compte pour diminuer le risque (c'est-à-dire qu'elles ne sont pas totalement efficaces ou qu'elles ne sont pas totalement indépendantes du scénario étudié)
BPCS comme couche de protection	
A7	Il est possible de considérer le BPCS comme une couche de protection si les entrées, les sorties sont indépendantes de la source d'origine de la demande du scénario de risque, à condition que la maintenance du BPCS soit effectuée par du personnel formé et qualifié.
A8	BPCS en tant qu'événement initiateur: PFD _{avg} = 10 ⁻¹ (Ref. [2]). En effet, la maintenance du BPCS est effectuée uniquement par du personnel/opérateurs formés et qualifiés. Compte tenu de cette considération, le BPCS ne peut pas être considéré comme une mesure de protection dans le scénario.
A9	On suppose que la fréquence d'ouverture intempestive de la vanne électrique sur les conduites de ventilation d'urgence est de 10 ⁻² comme une approche conservatrice, comme l'ouverture fallacieuse d'un PSV (la fréquence la plus élevée considérée dans la Réf. [2]).
A10	Les scénarios d'erreur humaine sur les vannes cadenassées et bouchées ne sont pas pris en compte dans le HAZOP.

Tableau 6 – Liste des hypothèses

5.5.2 Exclusions

Les événements suivants ne sont pas pris en compte dans le HAZOP. Ils font partie de l'analyse des risques/HAZID/vulnérabilité.

Ref	Exclusions
E1	Erreurs intentionnelles, erreurs ou sabotages.
E2	Met en péril simultanément



Ref	Exclusions
E3	Cyberattaques ou logiciels malveillants.
E4	Fuite du joint ou de la conduite sans cause identifiée
E5	Les dommages causés par la foudre et le tonnerre, les tremblements de terre, les incendies de proximité, les catastrophes naturelles ou technologiques et tout dommage causé par une source externe

Tableau 7 – Liste d'exclusions

6 Portée de l'étude

6.1 Description du projet

Le HAZOP est réalisé pour le projet de chauffage McPhy Gigafactory H2, y compris le réseau de tuyauterie à partir d'un (1) réservoir H2 de 20 000 litres.

6.2 Décomposition des noeuds

Pour réaliser la revue, les P&ID du processus ont été regroupés dans différents nœuds.

Annexe A – représente les noeuds étudiés, leurs principaux équipements, leurs paramètres de procédé, et la couleur du noeud utilisé pour baliser le P&ID (Ref. Annexe B – P&ID annoté annoté).

7 Équipe d'examen

L'équipe d'examen est composée de personnes de différents départements. Ils sont responsables et compétents dans leur domaine de compétence. Néanmoins, toutes les études de sécurité ont été menées par le département sécurité de McPhy.

Nom	Titre	Compagnie	Expertise	E-Mail	Présence
Alexandre Serpollier	Industrial Risks Manager	McPhy	Chairman	alexandre.serpollier@mphy.com	Temps plein
Vinay Kurup	Functional Safety Engineer	McPhy	Scribe	vinay.kurup@mphy.com	Temps plein
Jean-charles Faverger	Senior Engineering Manager	McPhy	Project Management	jean-charles.faverger@mphy.com	Temps plein
Christophe Deverre	Directeur d'Opérations	GSE	Project Management	cDeverre@gsegroupe.com	Temps plein
Thierry Müller	Directeur Utilités	GSE	Project Management	tmuller@gsegroupe.com	Temps plein
Mathieu Ratzmann	Ingénieur fluides – Responsable du bureau d'études	Stihle	Project Management	mathieu.ratzmann@stihle.fr	Temps plein

Tableau 8 – Équipe d'examen



8 Conclusions

8.1 Scénarios HAZOP

Les résultats de l'examen HAZOP sont consignés dans les feuilles de travail. Ils présentent tous les scénarios discutés et convenus entre les participants et enregistrés lors de l'examen, y compris les causes, les conséquences, les mesures de protection et le classement des risques.

8.2 HAZOP Actions

Au cours de l'examen HAZOP, des actions (Ref. Annexe F – Liste des Actions) ont été proposées et attribuées à la partie concernée pour les raisons suivantes:

- Lorsque le risque n'est pas réduit à un niveau acceptable
- Lorsque les mesures de protection mises en œuvre sont insuffisantes
- Lorsque des informations supplémentaires sont nécessaires pour compléter le scénario

8.3 Liste des mesures de protection sans SIF

Toutes les mesures de protection jugées suffisantes pour réduire le risque ont été consignées lors de l'examen HAZOP. Les mesures (Ref. Annexe D – Liste des mesures de protection sans SIF) de protection sont classées comme suit:

- 1 PSV
- 2 Protections mécaniques

8.4 Liste des SIF

Tous les SIF jugés suffisants pour réduire le risque ont été consignés lors de l'examen HAZOP. La liste (Ref. Annexe E – Liste des SIF) comprend 1 SIF.

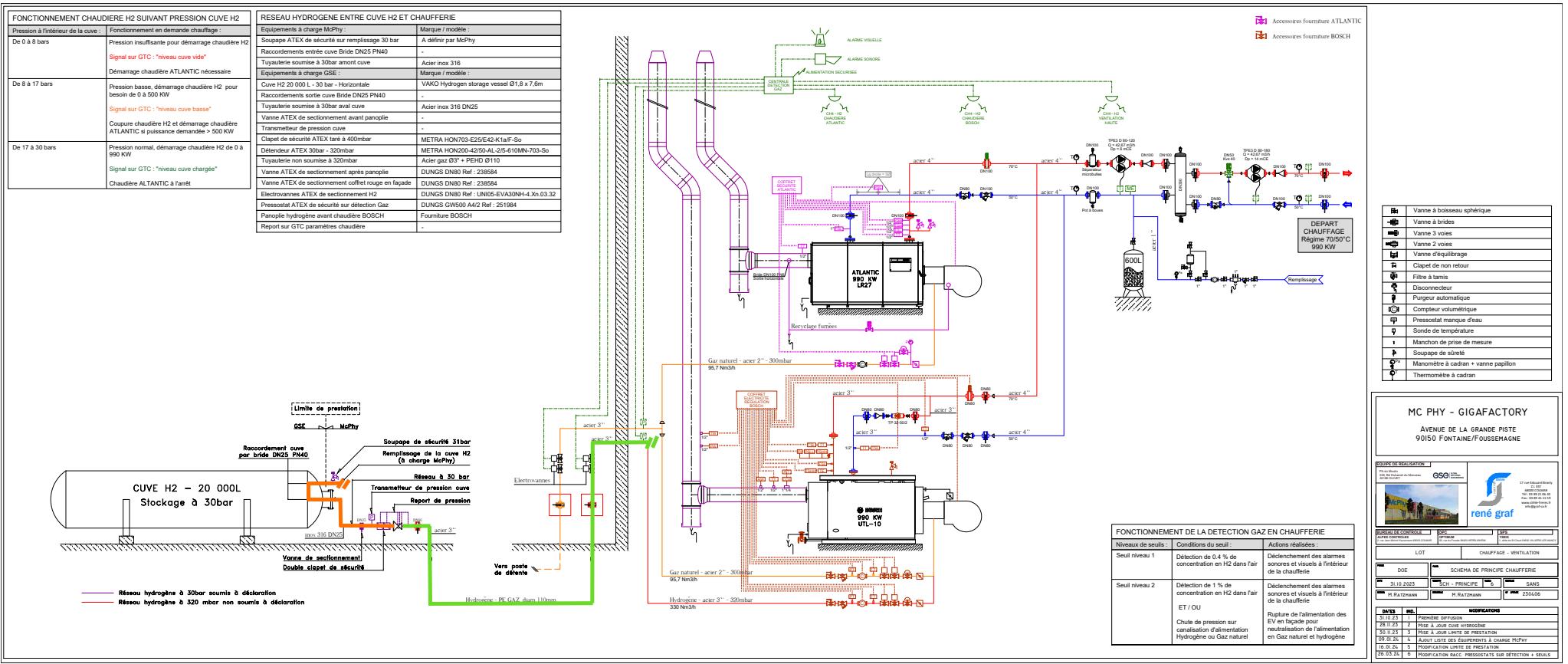
9 Annexe A – Nœuds

Noeud	Couleur du noeud	Intention de conception	Drawings / References	Titre du document	Équipement							Commentaire	
					Tag	Description	Pression (barg)		Température (°C)		Autre		
							Pop	Pdes	Top	Tdes			
1. Réseau H2 à 30 Bar	Orange	Stockage et distribution d'hydrogène à 30 bar	SCH-PRINCIPE	Schema De Principe Chaufferie	Tank H2	20,000L sockage	30 Bar	34 Bar pour la tuyauterie 40 Bar pour les clapets et le détendeur 50 Bar pour la vanne de sectionnement 68 Bar pour le transmetteur de pression	-17 °C/+50 °C	-40 °C/+50 °C	920Nm3/h		
2. Réseau H2 à 320 mbar	Vert	L'alimentation du chauffage à hydrogène en aval	SCH-PRINCIPE	Schema De Principe Chaufferie			320 mBar	8 Bar pour le PE 2 Bar pour le pressostat 5 Bar pour la manchette PE/Acier 40 Bar pour la section en acier 16 Bar pour les électro-vannes et les vannes manuelles DN80 4 Bar pour la chaudière	-15 °C/+40 °C pour le PE -40 °C/+50 °C pour la section en acier	-15 °C/+40 °C pour le PE -40 °C/+50 °C pour la section en acier	330Nm3/h		

Tableau 9 – Décomposition des nœuds



10 Annexe B – P&ID annoté



11 Annexe C – Feuille de travail HAZOP

Nœud : 1. Réseau H2 à 30 barg

Dessins / Références : SCH-PRINCIPE

Deviations	Causes	Consequences	Initial Risk						Conditions/paramètres de conception :												Actions					
			Fl	E n v i r o n m e n t	A s s e r o p e r a t e	R R p	R R e	R R a	Safeguards without SIF				Risk without SIF		Safety Instrumented Functions				Risk with SIF		Risk Reduct ion Factor Target	Actions				
			S p	S e	S a	Tag	Description		CAT	RR F	RR p	RR e	RR a	Tag	Description		CAT	RR F	RR p	RR e	RR a	RRF Max				
1. More flow	1. Capacité de production de l'ELY supérieur à 920Nm3/h	1.1.1.1. Augmentation de la vitesse d'écoulement dans les lignes. Sans conséquence sur la section 30 bar entre la cuve et la chaudière,																								
2. No or less flow	1. DN 25 Vanne manuelle laissée fermée. (Erreur de l'opérateur)	1.2.1.1. Aucun flux d'hydrogène vers le réchauffeur en aval. Perte de chauffage	1.0E-02		1		1								NA	1		1					NA	1		1
	2. Clapet anti-retour bloqué en position fermée	1.2.2.1. Aucun flux d'hydrogène vers le réchauffeur en aval. Perte de chauffage	1.0E-02		1			1							NA	1		1					NA	1		1
	3. Dépendant partiellement fermé (ouverture insuffisante pour réguler la pression)	1.2.3.1. Moins de flux d'hydrogène vers le réchauffeur en aval. Perte de chauffage	1.0E-02		1			1							NA	1		1					NA	1		1
3. Reverse flow	1. Pas de cause identifiée																									
4. Misdirected flow	1. Ouverture spurious du PSV	1.4.1.1. Perte d'hydrogène dans l'atmosphère	1.0E-04		1			1							NA	1		1					NA	1		1
5. High temperature	1. Température H2 en sortie de l'ELY supérieure à 50 °C à cause d'une défaillance de l'échangeur ou du contrôle de l'échangeur	1.5.1.1. Risque d'endommagement de la cuve.	1.0E-01	3	3	3	3	3							NA	1	3	3					NA	1	3	3
6. Low temperature	1. Pas de cause identifiée																						1. Réduire le risque de température trop importante avec un facteur de 1000 en sortie de l'ELY ou étudier précisément les conséquences d'une température de 70 °C au niveau de la cuve.	McPhy		

Nœud : 1. Réseau H2 à 30 barg

Dessins / Références : SCH-PRINCIPE

Deviations	Causes	Consequences	Initial Risk								Conditions/paramètres de conception :								Risk Reduction Factor Target	Actions		Remarks										
			F	I	E	P	A	R	R	R	Safeguards without SIF				Risk without SIF		Safety Instrumented Functions				Risk with SIF											
			P	e	n	e	r	o	n	m	s	S	S	a	Tag	Description	CAT	RR	RR	RR	RR	RR	RF Max									
7. High pressure	1. Régulation du banc de test non fonctionnelle	1.7.1.1. Endommagement de la cuve et du réseau 30 bar	1.0E-01	3	3	3	3	3	3	3						Soupage de sécurité à 34 bar	PSV	100	2	2	2			NA	1	2	2	10	2. Etudier la possibilité d'instrumenter en sécurité la mesure de pression en sortie de l'ELY	McPhy		
8. Low pressure or vacuum	1. Vidange du réservoir et de la tuyauterie provoquant une pression inférieure à la pression atmosphérique	1.8.1.1. Pas de conséquence pour les températures et pressions en jeu																														
9. High liquid level	1. Pas de cause identifiée																															
10. Low or no liquid level	1. Pas de cause identifiée																															
11. Change in composition	1. Mauvaise qualité de l'hydrogène	1.11.1.1. Hydrogène de mauvaise qualité envoyé au radiateur. Efficacité inférieure, dommages au chauffage à long terme.	1.0E-02		2			2									NA	1		2					NA	1		2	10			
		1.11.1.2. Accumulation d'eau dans le cuve	1.0E-02		2			2									NA	1		2					NA	1		2	10	3. Evaluer le besoin d'un drain.	McPhy	
12. Startup, maintenance and shutdown	1. Référence 1.2.1.1																															
13. Loss of utilities	1. Pas de cause identifiée																															
14. Other	1. Défaillance de la mesure de pression permettant de commander la chaudière	1.14.1.1. La chaudière ne pourra pas fonctionner sous H2	1.0E-01		1			2																								

Nœud : 2. Réseau H2 à 320 mbarg

Dessins / Références : SCH-PRINCIPE

Deviations	Causes	Consequences	Initial Risk								Conditions/paramètres de conception :										Risk Reduction Factor Target	Actions		Remarks			
			Fl	E	P	A	R	R	R	R	Safeguards without SIF				Risk without SIF		Safety Instrumented Functions										
			S	S	S	S	p	e	r	a	Tag	Description	CAT	RR F	RRp	RR e	RR a	Tag	Description	CAT	RR F	RR p	RR e	RR a	RRF Max		
1. More flow	1. Pas de cause identifiée																										
2. No or less flow	1. Vannes manuelles DN80 laissées fermées	2.2.1.1. Aucun flux d'hydrogène vers le réchauffeur en aval. Perte de chauffage	1.0E-02		1			1					NA	1			1				NA	1			1	1	
	2. Vannes de sectionnement (électrovannes) fermées	2.2.2.1. Aucun flux d'hydrogène vers le réchauffeur en aval. Perte de chauffage	1.0E-02		1			1					NA	1			1				NA	1			1	1	
3. Reverse flow	1. Pas de cause identifiée																										
4. Misdirected flow	1. Pas de cause identifiée																										
5. High temperature	1. Détentte de l'H2 de 30 barg à 320 mbarg créant une augmentation de température de 1°C	2.5.1.1. Sans conséquence sur les équipements																							4. Fournir la fiche de sélection du fabricant	GSE	
6. Low temperature	1. Température ambiante inférieur à - 16°C. Ce phénomène est exceptionnel	2.6.1.1. Sans conséquence envisagée à ce stade sur le PE																									
7. High pressure	1. Échec d'ouverture de la vanne de régulation de pression	2.7.1.1. Surpression des lignes et équipements en aval du détendeur. L'élément le plus faible en pression se trouvant dans la chaufferie, il peut y avoir un possible dégagement d'H2 dans cette zone. Cette fuite sera détectable grâce aux capteurs d'H2 fermant les électrovannes en façade.	1.0E-02	4	4	3	3	3			Clapet de sécurité se fermant automatiquement à 450 mbarg	Mechanical	10		2		2		Détection d'H2 et pressostat permettant l'isolement de la chaufferie de la source de surpression	SIS - SIL 1	10	2	2	1			
		2.7.1.2. Suite à l'isolation de la chaufferie,		3	3	2	2	2			Clapet de sécurité se fermant automatiquement à 450 mbarg	Mechanical	10	1		1				NA	1	1	1	1	5. Vérifier les conditions	McPhy	

Nœud : 2. Réseau H2 à 320 mbarg

Dessins / Références : SCH-PRINCIPE

Deviations	Causes	Consequences	Initial Risk								Conditions/paramètres de conception :										Risk Reduction Factor Target	Actions		Remarks								
			F	I	E	P	A	R	R	R	Safeguards without SIF				Risk without SIF		Safety Instrumented Functions															
			S	S	S	S	S	p	e	m	e	n	t	Tag	Description	CAT	RR F	RRp	RR e	RR a	Tag	Description	CAT	RR F	RR p	RR e	RR a	RRF Max				
		le suppression sera reportée sur la partie enterrée de la l'alimentation de la chaufferie	1.0E-02								automatiquement à 450 mbarg																d'accèsibilité de la zone à proximité de la cuve					
8. Low pressure or vacuum	1. Échec de fermeture de la vanne de régulation de pression	2.8.1.1. Aucune pression d'hydrogène vers le réchauffeur en aval. Perte de chauffage	1.0E-02		1			1						NA	1			1				NA	1			1	1					
9. High liquid level	1. Pas de cause identifiée																															
10. Low or no liquid level	1. Pas de cause identifiée																															
11. Change in composition	1. Référence 1.11.1.1																															
12. Startup, maintenance and shutdown	1. Référence 2.2.1.1																															
13. Loss of utilities	1. Perte d'électricité	2.13.1.1. Vannes en position de repli fermées. Perte de disponibilité	1.0E-01		1			2						NA	1			2				NA	1			2	10					
14. Other	1. Pas de cause identifiée																															

12 Annexe D – Liste des mesures de protection sans SIF

S No	Description de la sauvegarde	Catégorie de sauvegarde	Scénario(s) utilisé
1	Clapet de sécurité se fermant automatiquement à 450 mbarg	Mécanique	Consequences: 2.7.1.1, 2.7.1.2
2	Clapet de sécurité se fermant automatiquement à 450 mbarg	Mécanique	Consequences: 2.7.1.1, 2.7.1.2
3	Soupape de sécurité à 34 bar	PSV	Consequences: 1.7.1.1



13 Annexe E – Liste des SIF

S No	Description du SIF	Catégorie du SIF	Place(s) Used
1	Détection d'H2 et pressostat permettant l'isolement de la chaufferie de la source de surpression	SIS - SIL 1	Consequence Categories: 2.7.1.1.1



14 Annexe F – Liste des Actions

S No	Actions	Scénario(s) utilisé	Responsabilité
1	Reduire le risque de température trop importante avec un facteur de 1000 en sortie de l'ELY ou étudier précisément les conséquences d'une température de 70°C au niveau de la cuve.	Consequences: 1.5.1.1	McPhy
2	Etudier la possibilité d'instrumenté en sécurité la mesure de pression en sortie de l'ELY	Consequences: 1.7.1.1	McPhy
3	Evaluer le besoin d'un drain.	Consequences: 1.11.1.2	McPhy
4	Fournir la fiche de sélection du fabricant	Consequences: 2.5.1.1	GSE
5	Vérifier les conditions d'accèsibilité de la zone à proximité de la cuve	Consequences: 2.7.1.2	McPhy

