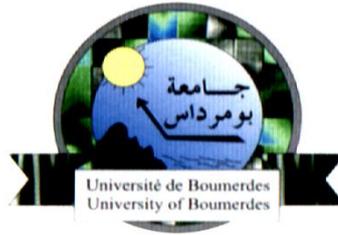


REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES



Faculté de Technologie
Département Génie Mécanique

Mémoire de Master

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER** en :

Filière : Génie Mécanique
Spécialité: Energétique

THEME

***ANALYSE ENERGETIQUE ET ELABORATION D'UN
PROGRAMME DE PROCESSUS DE PRODUCTION DE
L'HYDROGENE A CYCLE COMBINE A CAP-DJINET***

Présenté par :

DERICHE Rayane

AICI Assia

Promotrice : Mme.

BAHLOUL

Promotion 2021- 2022

Résumé:

Ce travail est consacré à l'élaboration d'un programme du processus de la production de l'Hydrogène au sein de la centrale thermique à cycle combiné afin d'examine la production et l'utilisation d'hydrogène pour le refroidissement des alternateurs d'une centrale électrique.

Ainsi nous avons contribué à une analyse énergétique du système de la production de l'hydrogène par électrolyseur de l'eau en prenant l'exemple du système de production dans la centrale électrique de **CAP-DJINET** dont le calcul de capacité de la station hydrogène et le débit d'eau de refroidissement en considérons le cas de fonctionnement le plus défavorable.

MOTS CLES: production, Hydrogène, analyse énergétique, capacité, débit refroidissement, alternateur

ABSTARCT:

This work is devoted to the development of a program of the process of the production of Hydrogen within the thermal power station with combined cycle in order to examine the production and the use of hydrogen for the cooling of the alternators of a power station. Thus we have contributed to an energy analysis of the hydrogen production system by water electrolyzed by taking the example of the production system in the **CAP-DJINET** power plant, including the calculation of the capacity of the hydrogen station and the cooling water flow rate consider the worst case.

KEYS WORDS: production, Hydrogen, energy analysis, capacity, cooling flow, alternator

ملخص :

هذا العمل مخصص لتطوير برنامج لعملية إنتاج الهيدروجين داخل محطة الطاقة الحرارية بدورة مركبة لفحص إنتاج واستخدام الهيدروجين لتبريد مولدات محطة توليد الكهرباء. وهكذا فقد ساهمنا في تحليل الطاقة لنظام إنتاج الهيدروجين بواسطة المحلل الكهربائي للماء من خلال أخذ مثال نظام الإنتاج في محطة توليد الكهرباء **CAP-DJINET**، بما في ذلك حساب قدرة محطة الهيدروجين ومعدل تدفق مياه التبريد يعتبر الأسوأ قضية.

الكلمات الرئيسية: الإنتاج ، الهيدروجين ، تحليل الطاقة ، السعة ، تدفق التبريد ، المولد



REMARCIEMENTS

J'exprime mes sincères remerciements au bon pour m'avoir donné la force pour arriver à ce niveau d'études

Je tiens à exprimer un vif remerciement à promotrice Mme BAHLOUL HASSIBA, nous avoir proposé ce sujet, leur précieux conseils tout au long de notre travail, son aide et sa confiance

La réalisation de ce mémoire de MASTER a été effectuée au sein de département de Génie Mécanique de l'université de technologie M'hemed Bougera Boumerdes.

Mes remerciements vont aux membres de jury qui ont pris soin d'examiner la travail dans ce mémoire

Comme nous remercions vivement l'équipe technique de la centrale électrique de CAP-DJINET qui nous a aidés notamment Mr MASSIH EDDINE FARID et les techniciens Mr MERDAOUI KARIM et Mr KHEDIM SAMIR.

Enfin nous tenons également a remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin a la réalisation de ce travail.

GRADUATION
2022





JE Dédie ce travail à la personne la plus chère dans ma vie qui a consacré sa vie pour qu'il assure mon avenir pour son sacrifice et pour l'aide qu'il m'a réservé.

Pour m'a appris à prendre la responsabilité que dieu vous garde et vous protège Mon très chère père.

A la personne la plus proche à mon cœur qui a consacré sa vie afin que je puisse devenir qui je suis et pour le soutien qui m'a donné et pour leur prières au long de mes études pour l'amour qui m'a donné Ma très chère Mère.

A mes frères MOHAMMED AMINE et RACHID et ANIS qui m'ont suivre encouragé toujours à suivre le chemin de réussite.

Sans oublier la femme de mon frère MANEL et mon petit prince CHIHAB.

A tous mes amies et mes proches MAROUA et WARDA et AMINA qui m'aiment et que j'aime.

A mon Binome et sœur ASSIA

DERICHE RAYANE.



Avec l'aide de Dieu le tout puissant qui m'a éclairé les chemins de savoir, j'ai pu réaliser ce modeste travail que je dédie à Mes très chers parents, avec tout mon amour, ma tendresse et mon estime, je n'arriverai jamais à leurs rendre ce qu'ils ont fait pour moi. Que Dieu vous protège.

A mes sœurs, pour tout l'amour qu'ils m'apportent et leur soutien.

A mes proches amies MERIEM et ASMAA et ma cousine FAIZA qui sont toujours là pour moi.

A celui qui est proche de mon âme et de mon soutien, qui m'a toujours soutenu FERHAT.

A mon Binome et sœur RAYANE.

AICI ASSIA

CHAPITRE 1 : Généralités sur la nouvelle centrale CAP-DJINET

1	INTRODUCTION :	1
2	HISTORIQUE DU CYCLE COMBINE :	2
3	LA CENTRALE A CYCLE COMBINE DE LA PRODUCTION DE L'ELECTRICITE :...	3
4	ELEMENTS DE BASE DE CYCLE COMBINE :	5
4.1	Turbine à gaz :	5
4.2	Chaudière de récupération (HRSG) :	6
4.3	Turbine à vapeur :	8
4.4	Générateur :	8
5	LES FONCTIONNEMENTS D'ELEMENTS DE BASE DE CYCLE COMBINE :.....	9
5.1	Fonctionnement de la turbine à gaz en mode cycle combiné :	9
5.2	Fonctionnement de la chaudière de récupération (générateur de vapeur)(HRSG) :	10
5.3	Fonctionnement de la turbine à vapeur en mode cycle combiné :	10
6	LE FONCTIONNEMENT DES AUTRES COMPOSANTES MECANIQUES DU CYCLE COMBINE :	11
6.1	Fonctionnement des vannes de by-pass HP, IP et LP	11
6.2	Fonctionnement du système air comprimé-compresseur	11
6.3	Fonctionnement des pompes d'alimentation en eau de la chaudière	11
6.4	Fonctionnement des pompes d'extraction de condensat.....	11
6.5	Fonctionnement du condenseur.....	12

6.6	Fonctionnement de Gland Stream Condenseur	12
6.7	Fonctionnement d'éjection d'air à jet de vapeur	12
6.8	Fonctionnement de la chaudière auxiliaire	12
6.9	Fonctionnement des pompes de circulation d'eau (CW)	12
6.10	Fonctionnement des pompes d'alimentation pour installation de dessalement.....	13
6.11	Fonctionnement des pompes d'eau de refroidissement déminéralisée	13
6.12	Fonctionnement des échangeurs de chaleur (type à plaques)	13
6.13	Fonctionnement des réservoirs de stockage de mazout	13
6.14	La fonction du réservoir de stockage d'eau déminée	13
6.15	Fonctionnement des réservoirs de stockage d'eau dessalée	13
7	SALLE DE COMMANDE :.....	14
8	PRINCIPE DE PRODUCTION ELECTRICITE AU NIVEAU DE LA CENTRALE A CYCLE COMBINE :	15
9	CONCLUSION :.....	15

CHAPITRE 2: La production et le stockage de l'hydrogène

1	GENERALITES SUR L'HYDROGENE:.....	16
1.1	Introduction:.....	16
1.2	Caractéristiques principales :.....	17
1.2.1	Caractéristiques physiques :	17
1.2.2	Caractéristiques chimiques :.....	18
2	PRODUCTION DE L'HYDROGENE :	19
2.1	Production de l'hydrogène par électrolyse de l'eau :.....	19

2.1.1	Aspects théoriques de l'électrolyse de l'eau :	20
2.1.2	Conséquences pratiques	27
2.2	Matériaux	28
2.2.1	Matériaux de structure	28
2.2.2	Cathodes	28
2.2.3	Anodes	29
2.2.4	Diaphragmes	30
2.3	Conception des appareils industriels	31
2.3.1	Structures mono-polaire et bipolaire	31
2.3.2	Contrôle des températures et des concentrations	32
2.3.3	Équilibrage des débits et courants dérivés	32
2.3.4	Appareils fonctionnant à pression atmosphérique	33
2.3.5	Appareils fonctionnant sous pression	34
2.3.6	Évolution de la technologie	35
3	STOCKAGE DE L'HYDROGENE :	36
3.1	Installation du poste de remplissage de bouteilles	36
3.1.1	Directives générales pour l'installation du poste de remplissage de bouteilles	36
3.1.2	Directives d'installation mécanique du poste de remplissage de bouteilles :	37
3.1.3	Directives d'installation électrique du poste de remplissage de bouteilles :	38
3.2	Installation de la pompe à vide :	38
3.2.1	Directives supplémentaires pour l'installation de la pompe à vide :	38
3.3	Utilisation:	39
3.3.1	Transport des bouteilles :	39
3.4	Instructions générales pour le raccordement des bouteilles au poste de remplissage de bouteille:	39
3.4.1	Inspection :	39
3.4.2	Raccordement au poste de remplissage de bouteilles :	40
3.5	Étapes de base du fonctionnement :	40
3.5.1	Purge à l'azote des bouteilles:	41

3.5.1.1	Purge à l'azote de bouteilles contenant de l'air :.....	42
3.5.1.2	Purge à l'azote de bouteilles contenant de l'hydrogène.....	43
3.5.1.3	Purge à l'azote de bouteilles raccordées au poste de remplissage de bouteilles	43
3.5.2	Mise sous vide des bouteilles	45
3.5.3	Préparation du collecteur du poste de remplissage de bouteilles pour utilisation : 45	
3.5.3.1	Purge à l'azote du collecteur du poste de remplissage de bouteilles	45
3.5.3.2	Purge à l'hydrogène du collecteur du poste de remplissage de bouteilles ...	47
3.5.3.3	Pressurisation initiale et vérification des fuites du poste de remplissage de bouteilles	48
3.5.4	Remplissage des bouteilles avec de l'hydrogène	48
3.5.5	Débranchement des bouteilles après remplissage d'hydrogène	50
4	CONCLUSION :.....	50

CHAPITRE 3: Etude technique de la station de l'H2

1	INTRODUCTION :.....	51
2	PRESENTATION DU SYSTEME L'UNITE:.....	51
3	PRINCIPAUX COMPOSANTS :.....	52
3.1	Châssis mobile de procédé :	52
3.2	Sécheur Deoxo.....	55
3.3	Mesure de pureté en ligne (OLP) avec logique de purge :	57
3.4	SYSTÈME DE REFROIDISSEMENT :.....	57
3.4.1	Refroidisseurs pour le refroidissement des gaz	57
3.4.2	Refroidisseurs pour le refroidissement de l'électrolyte et du compresseur :	58
3.5	Réservoir tampon :	58
3.6	Compresseur :	59

3.7	Poste de remplissage des bouteilles d'hydrogène :	60
3.8	Pompe à vide :	60
3.9	MCC :	61
3.10	Armoire électrique de l'EPS :	61
3.11	Tableau de commande (CP :	62
3.12	Tableau principal (MP) et tableau de commande du compresseur.....	63
4	UTILISATION DE L'INSTALLATION COMPLETE :	64
4.1	Interfaces de commande	64
4.1.1	Interface du centre de commande du moteur	64
4.1.2	Interface du tableau principal :	65
4.1.3	Interface du tableau de commande du compresseur	67
4.1.4	Interface du tableau de commande	68
5	PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT DE L'UNITE.....	69
5.1	Fonctionnement du centre de commande du moteur (MCC)	70
5.1.1	Généralités.....	70
5.2	Fonctionnement des utilitaires	70
5.2.1	Généralités.....	70
5.3	Fonctionnement de la partie des procédés	71
5.3.1	Généralités.....	71
5.3.2	Purge à l'azote du compresseur 1 équipé d'un réservoir tampon	71
5.3.3	Purge à l'azote du compresseur 2 équipé d'un réservoir tampon	74
5.3.4	Purge à l'hydrogène	76
5.3.5	Dépressurisation	77
5.4	Principe de fonctionnement de base du HySTAT :	77
5.4.1	Conditions de démarrage du HySTAT :	78
5.4.1.1	Généralités :	78

5.4.1.2	Conditions de démarrage de base :	78
5.4.1.3	Conditions de démarrage de base de la production d'hydrogène commune :...	78
5.4.1.4	Conditions de démarrage de la purge à l'azote :	78
5.4.1.5	Conditions de démarrage de production et de purge à l'hydrogène :	78
5.4.2	Phases de fonctionnement du HySTAT	79
5.4.2.1	Généralités :	79
5.4.2.2	Purge à l'azote	80
5.4.2.3	Purge à l'hydrogène	81
5.4.2.4	Production d'hydrogène	81
5.4.2.5	Statut de purge	82
5.4.2.6	Dépressurisation	82
5.4.3	Contrôle des niveaux, contrôle de la pression et contrôle du courant	83
5.4.3.1	Contrôle des niveaux	83
5.4.3.2	Contrôle de la pression et contrôle du courant	83
5.4.4	Démarrage du HySTAT	83
5.4.4.1	Contrôle du système avant démarrage	83
5.4.4.2	Purge à l'azote	83
5.4.4.3	Purge à l'hydrogène	85
5.4.5	Arrêt du HySTAT	85
5.5	Fonctionnement du sécheur Deoxo	85
5.5.1	Phases opérationnelles du sécheur Deoxo	85
5.5.2	Purge à l'azote du sécheur Deoxo	87
5.5.3	Purge à l'hydrogène du sécheur Deoxo	87
5.5.4	Dépressurisation du sécheur Deoxo	88
5.5.5	Mise en production du sécheur Deoxo	88
6	GENERATEUR	88
6.1	DESCRIPTION GÉNÉRALE :	88
6.2	PLAQUE SIGNALÉTIQUE :	89
6.3	LIMITES D'OPERATION :	89
6.4	COMPOSANTS :	90

6.5	Paliers :	91
6.6	Joint d'étanchéité de l'arbre :	92
6.7	Mise à la terre du rotor :	93
6.8	RESISTANCES THERMOMETRIQUES (RTD) :	94
6.9	Système de détecteur de niveau de liquide :	95
6.10	Théorie de base :	96
6.11	Système d'excitation :	98
6.12	Limiteur de surexcitation :	99
7	BALAYAGE DU SYSTEME D'ANALYSE DE GAZ	100
7.1	Balayage des analyseurs de gaz	100
7.2	Balayage du système d'analyse de gaz au CO ₂	100
7.3	Remettre les robinetteries multivoies du poste de H ₂ comme suit :	101
7.3.1	Tuyauterie entre les détendeurs de CO ₂ et le poste H ₂ remplie d'air?	101
7.3.2	Réfrigération - Refroidisseur à hydrogène :	103
8	FONCTIONNEMENT AUX CONDITIONS NORMALES DE CHARGE LIMITEES : ..	105
8.1	Pour le chargement du générateur, les conditions suivantes sont requises :	105
8.2	RESTRICTIONS DE CHARGE :	105
8.2.1	Fonctionnement avec les refroidisseurs d'hydrogène hors service	105
8.2.2	Déviations de la pression d'hydrogène nominale	105
8.3	COURBE DE CAPACITÉ DU GÉNÉRATEUR	106
8.4	Capacité de surcharge du générateur :	106
8.5	CONTROLE DES PARAMETRES	106
8.5.1	Les paramètres suivants du générateur sont contrôlés :	106

8.6	SYSTEMES DE REGULATION DE L'ALTERNATEUR.....	107
8.6.1	Régulation de $\cos \varphi$ /puissance réactive :	107

CONCLUSION :	107
--------------	-------	-----

CHAPITRE 4: Programmation et processus de production de l'hydrogène

1	INTRODUCTION	108
2	CONDITIONS DE DÉMARRAGE	108
2.1	Conditions de démarrage de base de la production d'hydrogène commune :.....	112
2.2	Conditions de démarrage du compresseur 1	113
2.3	Conditions de démarrage du compresseur 2	115
2.4	Conditions de démarrage de la purge à l'azote.....	116
2.5	Conditions de démarrage du sécheur d'hydrogène Deoxo	118
2.6	Conditions de démarrage du sécheur déshydrateur d'oxygène	120
2.7	Conditions de démarrage de production d'hydrogène.....	124
2.8	Conditions de démarrage de la pile de cellules 1	125
2.9	Conditions de démarrage de la pile de cellules 2.....	127
2.10	Conditions de démarrage de la pile de cellules 3.....	128
2.11	Conditions de démarrage de la pile de cellules 4.....	130
3	EXAMEN DES CONDITIONS DE DEMARRAGE	131
4	TERMINAL DE VISUALISATION DE L'IHM.....	132
4.1	Généralités	132
4.2	Utilisation du terminal de visualisation	133

4.3	En-têtes d'écrans.....	134
4.3.1	En-tête d'écran pour GGS1	134
4.3.2	En-tête d'écran pour HPS.....	136
4.3.3	En-tête d'écran pour Info et outils de débogage	137
4.3.4	Écrans de l'électrolyseur	138
4.3.4.1	Écran GGS1	138
4.3.4.2	Écran Power	140
4.3.4.3	Écran Activation/Désactivation des piles de cellules	141
4.3.4.4	Écran Détails des piles de cellules.....	141
4.3.4.5	Écran des compteurs de production.....	142
4.3.4.6	Écran Actions de l'électrolyseur	142
4.3.4.7	Écrans des conditions de démarrage de l'électrolyseur	143
4.4	Écrans Utilitaires.....	144
4.4.1	Écran Refroidissement en boucle fermée.....	144
4.4.2	Écran CT.....	145
4.4.3	Écran Calcul de remplissage.....	146
4.5	Écrans du sécheur Deoxo	146
4.5.1	Écran HPS	146
4.5.2	Écran Purge à l'azote du HPS	148
4.5.3	Écran Horloge et langue.....	149
4.5.4	Écran de synthèse des conditions de démarrage	150
4.5.5	Écrans des conditions de démarrage de base.....	151
4.5.6	Écrans Conditions de démarrage de base retardées.....	152
4.5.7	Écran Événements	153
5	ALARMES CRITIQUES	153
6	ÉCRAN SYNTHÈSE DES ALARMES ANALOGIQUES	155
6.1	Écran Alarmes analogiques de base	156
7	LES PROGRAMME	157
7.1	Vu general de block.....	157

7.2	Communication profibus	157
7.3	Configuration	158
7.4	Bloc de traitements de minuterie	158
7.5	Bloc de appeler des entrées indirectes et des vérifications préalables	158
7.6	Bloc de gestion du temps système et scantime gandling :.....	159
7.7	Bloc de contrôler la ventilation salle de processus vers l'extereur :.....	160
8	CONCLUSION :.....	160

CHAPITRE 5: Anlyse énergétique de la station du production de L'H2

1	INTRODUCTION	162
2	DIMENSIONNEMENT DE CAPACITE DE LA STATION DE PRODUCTION ET STOCKAGE DE L' H ₂ NECESSAIRE POUR LEREFROIDISSEMENT DES ALTERNATEURS DE LA CENTRALE A CYCLE COMBINE TV -TG	162
2.1	Alternateur type sgen5-2000H	162
2.2	Critères de conception pour la station d'hydrogène :	163
3	CALCUL DE LA CAPACITE DE LA STATION H ₂ :.....	163
3.1	Equations utilisées :.....	163
3.2	Discussion de résultats :.....	167
4	CALCULE DE DEBIT D'EAU POUR LE REFROIDISSEMENT DE L'ALTERNATEUR 167	
4.1	Critères de conception :.....	168
4.2	Calcul de débit d'eau :	168
4.3	Donnée d'entrée :.....	168

4.4 Discussion de résultats :..... 168

5 CONCLUSION:..... 169

LISTES DES FIGURES

Figure I.1: la centrale électrique à cycle combiné de CAP-DJINET.....	1
Figure I.2 : Vue de la centrale Thermique de CAP-DJINET.....	2
.FigureI.3 : Station thermique de la nouvelle centrale de CAP-DJINET [2].....	3
IFigureI.4: Vue en section d'un cycle combiné [2].....	4
Figure I.5 : Cycle de fonctionnement de la nouvelle centrale (cycle combiné) de CAP-DJINET [2].....	5
Figure I.6 : Eléments de base de cycle combiné	5
Figure I.7 : Composants de la turbine à gaz [2].	6
Figure I.8 : Composants de la chaudière de récupération (HRSG) [3].	7
Figure I.9 : Vue en coupe d'une turbine à vapeur [2].....	8
Figure I.10 Schéma de turbine à gaz en mode cycle combiné [2].	10
Figure I.11: Refroidissement par film [3].	14
Figure 12 : Salle de commande de la centrale à cycle combiné.....	14
Figure I.13 principe de fonctionnement d'un cycle combiné.....	15
Figure II.1 : Réaction électrochimique	20
Figure II.2. Influence de la pression sur les caractéristiques de fonctionnement de l'électrolyseur	22
Figure II.3. Exemple de décomposition d'une courbe caractéristique tension-densité de courant pour une cellule d'électrolyse de l'eau.....	22
Figure II.4. Courbe de ΔH ; ΔS ; ΔG en fonction de la température	25
Figure II.5. Tension thermo neutre U_{th} et la tension minimale réversible U_R en fonction la température.....	27
Figure II.6. Évolution des performances, en fonction du temps, d'un électrolyseur industriel avec activation nickel-soufre	29
Figure II.7. Concentration d'équilibre du silicate dans la solution de potasse (en g de Si par litre) en fonction de la température d'après [12]	31
Figure II.8. Électrolyseur à électrodes bipolaires .Figure II 9. Électrolyseur à électrodes	32
Figure II.10. Vue éclatée d'une cellule d'électrolyse.....	34
Figure II.11: Panneaux d'identification des dangers	36
Figure II.12: Panneaux d'identification des actions interdites	36
Figure II.13: Panneaux d'identification des équipements de sécurité obligatoires.....	36
Figure II.14: Exemple de chariot à bouteilles avec une chaîne	39
Figure III.1:Châssis mobile de procédé HySTAT	52
Figure III.2:La pile de cellules.....	52
Figure III.3.Séparateur az-liquide	53
Figure III.4.Rinceur.....	53
Figure III.5. Filtre à coalescence	53
Figure III.6. Échangeur thermique de l'électrolyte.....	54

Figure III.7. Panneau HTO	54
Figure III.8. Panneau de conductivité	54
Figure III.9. Réservoir avec coupure d'air	55
Figure III.10. Sécheur Deoxo	56
Figure III.11. Panneau Mesure de pureté en ligne	57
Figure III.12. Refroidisseur de refroidissement des gaz	58
Figure III.13. Refroidisseur de refroidissement de l'électrolyte et du compresseur	58
Figure III.14. Réservoir tampon	59
Figure III.15. Compresseur à piston double effet	59
Figure III.16. Poste de remplissage des bouteilles	60
Figure III.17. Pompe à vide	60
Figure III.18. Le centre de commande du moteur (MCC)	61
Figure III.19. Armoire électrique de l'EPS	61
Figure III.20. Tableau de commande (CP)	62
Figure III.21. tableau principal (MP) et tableau de commande du compresseur	63
Figure III.22. Interface du centre de commande du moteur : voyants et commutateurs ...	64
Figure III.23. Interface du tableau principal	65
Figure III.24. Interface du tableau de commande du compresseur	67
Figure III.25. Interface du tableau de commande	68
Figure III.26. IHM du tableau principal : utilitaires	71
Figure III.27. IHM du tableau principal : partie des procédés	71
Figure III.28. IHM du tableau principal : Partie des procédés - Confirmation de la purge N2 du compresseur 1	74
Figure III.29. IHM du tableau principal : Partie des procédés - Confirmation de la purge N2 du compresseur 2	76
Figure III.30. IHM du tableau principal : partie des procédés	76
Figure III 31. Schéma de procédé des phases opérationnelles de l'unité	80
Figure III.32. Panneau de l'azote : sécheur Deoxo (à gauche) et HySTAT (à droite)	84
Figure III.33. Les composant de générateur	90
Figure III.34. Arbre des bagues collectrices Figure III 35. configuration générale du système	91
Figure III.36. Stator slot résistance température detector (similar désign)	94
Figure III.37. Capteur de vibrations	95
Figure III.38. Rack de détecteurs de liquide (conception similaire)	95
Figure III.39. Température circuit magnétique du stator	96
Figure III.40. Schema de Principe du control et la regulation des equipments d'excitation	100
.Figure IV.1. Diagramme d'examen des conditions de démarrage	132
Figure IV.2. Écran principal	133
Figure IV.3. En-tête d'écran GGS1	134
Figure IV.4. En-tête d'écran UTIL	135
Figure IV.5. En-tête d'écran HPS	136

Figure IV.6. En-tête d'écran Info et débogage	137
Figure IV.7. Écran GGS1	138
Figure IV.8. Écran des tendances du procédé.....	139
Figure IV .9. Écran Power (PA1)	140
Figure IV.10. Écran Activation/Désactivation des piles de cellules	141
Figure IV.11. Écran Détails des piles de cellules	141
Figure IV.12 Écran des compteurs de production.....	142
Figure IV.13. Écran Actions de l'électrolyseur	142
Figure IV.14. Écrans Conditions de démarrage de l'électrolyseur	143
Figure IV.15. Écran Refroidissement en boucle fermée.....	144
Figure IV.16. Écran ROS (système à osmose inverse).....	145
Figure IV.17. Écran Calcul de remplissage.....	146
Figure IV18. Écran HPS	146
Figure IV.19. Écran Purge à l'azote du HPS.....	148
Figure IV.20. Écran Synthèse des infos.....	148
Figure IV.21. Écran Horloge et langue	149
Figure IV.22. Écran de synthèse des conditions de démarrage.....	150
Figure IV.23. Écran Conditions de démarrage de base	151
Figure IV.24.Écrans Conditions de démarrage de base retardées	152
Figure IV.25. Écran Événements.....	153
Figure IV.26. Écran Synthèse des alarmes analogiques	155
Figure IV.27. Écran Alarmes analogiques de base.....	156
Figure V.1. courbe de capacité de la station selon les deux cas pour différents heurs de fonctionnement.....	165
Figure V.2 courbe de capacité de la station selon les 3 cas pour différents heurs de fonctionnement.....	166

LISTES DES TABLEAUX

Tableau I.1 : Caractéristiques techniques de générateur.....	9
Tableau II.1.Paramètres thermodynamique standard	24
Tableau II.2 Valeurs de ΔH ; ΔS ; ΔG en fonction de la température.....	25
Tableau II.3. Tension thermomètre et tension réversible en fonction de la température.....	26
Tableau II.4: Directives de base pour la purge à l'azote de bouteilles contenant de l'air	42
Tableau II.5 : Directives de base pour à l'azote de bouteilles contenant de l'hydrogène.....	43
Tableau V.1:Capacité de la station selon les deux cas pour différents heurs de fonctionnement .	164
Tableau V 2: Capacité de la station selon le 3éme cas pour différents heurs de fonctionnement :	
.....	166

LISTE DES SYMBOLES

R : constante molaire des gaz en $(\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$ T : température thermodynamique en (K)

E : la tension de cellule en (V)

F : constante de Faraday en $(\text{C} \cdot \text{mol}^{-1})$

ΔH : Enthalpie totale de la réaction en (KJ/Kg)

E_0 : tension de décomposition réversible dans les conditions normales en (V)

E_{th} : la tension de cellule réelle en (V)

E_{rev} : la tension de décomposition réversible en (V)

η_a : surtensions anodique (V)

η_c : surtensions cathodique (V)

R : résistance globale en $(\Omega \cdot \text{cm}^2)$

J : densité de courant en (A/cm^2)

V : Volume générateur en (Nm^3)

n : nombre de générateurs

P : Pression requise d'hydrogène en (bar)

A : Pertes totales d'hydrogène par générateur en $(\text{Nm}^3 / \text{jour})$

B : Nécessité d'un remplissage d'un seul générateur en (Nm^3)

V_1 : Hydrogène requis pour l'élimination du gaz inerte en (Nm^3)

V_2 : Hydrogène nécessaire pour remplir le générateur à la pression requise en (Nm^3)

p_1 : Pression du gaz comprimé dans la bouteille en (bar)

v_1 : Volume d'eau interne du cylindre en (m^3)

p_2 : Pression atmosphérique en (bar)

v_2 : Volume de gaz à la pression p_2 en (m^3)

Q : Charge de chaleur en (kW)

m : Débit de l'eau de refroidissement en (m^3/h)

T_s : température de sortie d'eau de refroidissement en ($^{\circ}C$)

T_e : température d'admission d'eau de refroidissement en ($^{\circ}C$)

C_p : capacité thermique massique en (kJ/kg°)

Introduction générale

La production d'électricité est assurée par les centrales nucléaires en grande majorité, ainsi que par les énergies fossiles (charbon, gaz, fioul) et, de plus en plus, par les énergies renouvelables (solaire, éolien, bioénergies)

Pour ceci nous nous sommes intéressé à l'étude d'une station de production de l'Hydrogène au sein de la centrale thermique de CAP Djinet

Dans ce modeste travail, nous avons concentré sur le système de refroidissement de l'alternateur par gaz d'hydrogène, qui présent un système critique pour le fonctionnement de la centrale. L'hydrogène est utilisé comme moyen de refroidissement par rapport à l'air améliore considérablement les performances de refroidissement. Grâce aux technologies de matériaux avancées et aux avantages de transfert de chaleur qui en résultent, les composants du générateur sont conçus pour atteindre des performances optimales tout en assurant un fonctionnement sûr et une fiabilité.

Notre travail s'articule sur quatre chapitres :

- Dans le premier chapitre on s'intéresse à donner une présentation générale de la nouvelle centrale thermique à cycle combiné ainsi que la station de production de l'H₂ qui fait lieu de notre travail.
- Dans le deuxième chapitre sera consacré aux systèmes de production de l'H₂
- Le troisième chapitre est a une étude technologique du système du production et stockage de l'H₂
- Le quatrième chapitre est destiné à l'élaboration d'un programme du processus de production de l'Hydrogène
- Le cinquième chapitre est consacré à l'analyse et l'amélioration énergétique du processus de production et le stockage de l'Hydrogène

On termine en fin par une conclusion générale.

Chapitre 1 :

Généralités sur la nouvelle centrale de CAP- DJINET.

1 Introduction :

De nos jours, la demande en électricité a connu un développement assez conséquent et particulièrement en périodes estivales, atteignant des pics de consommation importants. Cette forte augmentation de la demande est une conséquence directe du changement des habitudes du consommateur et l'amélioration de sa qualité de vie, ainsi que la pulsion donnée au secteur économique et industriel.

Conscient de cet enjeu et de l'importance de l'accès à l'électricité pour les citoyens, le secteur s'est fixé comme priorité de développer tous les axes permettant de garantir la couverture à long terme, des besoins en électricité et en gaz du pays, notamment par la diversification des sources d'énergie, le développement du parc de production électrique et des infrastructures de transport et de distribution de l'électricité et du gaz.

Jusqu'à-là, l'entreprise SONELGAZ détenait le monopole sur la production, le transport, la distribution de l'électricité ainsi que le transport et la distribution du gaz. SONELGAZ en tant qu'entreprise publique au terme du monopole conféré par l'état, assumait seule la mission de service public dans le domaine de la distribution de la distribution de l'électricité et du gaz.

CAP-DJINET est l'une des centrales à cycle combiné vise à la production de l'électricité en Algérie, c'est une société de production, qui contient diverses stations, équipements et ses auxiliaires. Dans ce chapitre nous ferons connaître tous les détails appartenant à cette centrale.



Figure I.1. La centrale électrique à cycle combiné de CAP-DJINET.



Figure I.2 . Vue de la centrale Thermique de CAP-DJINET.

2 Historique du cycle combiné :

Les cycles combinés avec récupération de la chaleur, qui emploient la chaleur des gaz d'échappement de la turbine à gaz, ont été rendus faisables par augmentation du transfert thermique latéral par l'utilisation des tubes aillés. Les chaudières à tubes aillés ont été mises en service en 1959. Depuis 1960, le type de récupérateur de chaleur du cycle combiné est devenu dominant. Son application initiale était dans des applications de puissance et de chaleur là où son rapport de puissance à la chaleur était favorable dans beaucoup de processus chimiques et pétrochimiques.

Un nombre réduit de récupérateur de chaleur des cycles combiné ont été installés dans les centrales de production d'électricité dans les années 1960. Quand les turbines à gaz dont la capacité est plus de 50 MW ont été introduites dans les années 70 les expériences des récupérateurs de chaleur des cycles combinés ont rapidement augmenté dans les applications des compagnies d'électricité. Les années 80 et le début des années 90 ont apporté un grand nombre de systèmes utilisant le gaz naturel comme combustible (installations de production de puissance et de production de puissance et chaleur (cogénération)).

Les installations de puissance seule utilisent l'extraction minimale de vapeur pour le chauffage d'eau d'alimentation. Les systèmes de cogénération utilisent la vapeur

d'échappement des turbines à vapeur dans d'autres processus. Quelques cycles combinés par cogénération exportent la vapeur directement du HRSG [1].

3 La centrale à cycle combiné de la production de l'électricité :

- **Situation :**

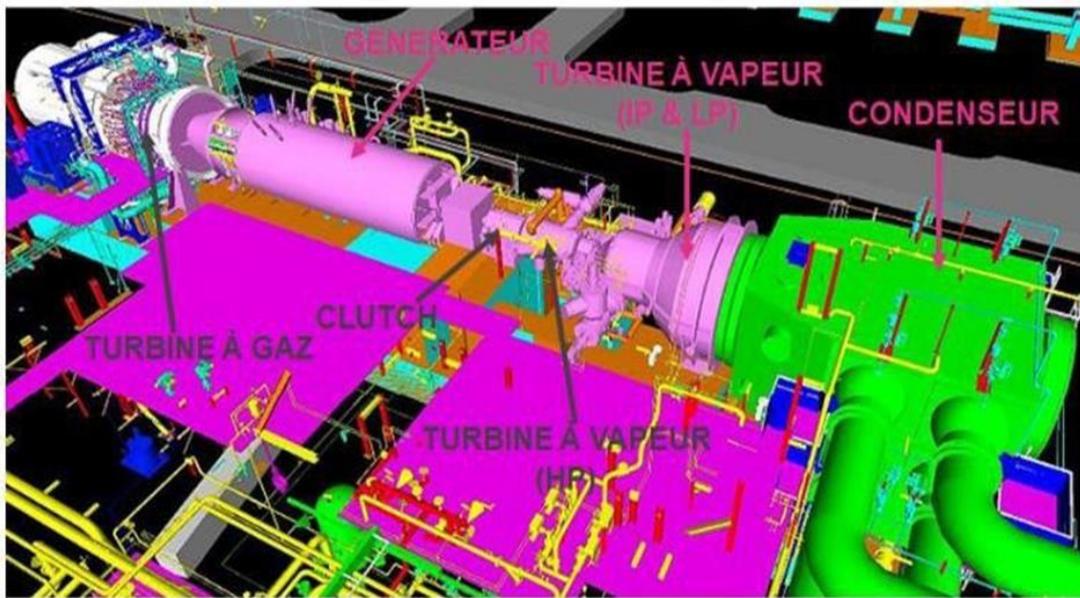
La centrale à cycle combiné de CAP-DJINET est une entreprise destinée à la production de l'énergie électrique, elle est située au bord de la mer, à l'est d'Alger, près de la ville de CAP-DJINET, dans la wilaya de BOUMERDES. C'est la surface la plus idéale grâce à son large espace et à sa proximité de l'eau de mer et pour ses conditions du Sous-sol favorables, qui ne nécessitent pas de fondations profondes. En plus de sa situation à proximité des consommateurs importants, elle est située notamment dans la zone industrielle Rouïba- Reghaia.

- **Caractéristiques :**

La centrale de CAP-DJINET se compose principalement de trois (3) modules de centrale électrique à cycle combiné à arbre-simple, ainsi que les systèmes qui supportent l'équilibre de la centrale. Chaque module a une turbine à gaz (modèle : SIEMENS SG5-4000F), une chaudière de récupération (HRSG) associée, une turbine à vapeur (Modèle : SIEMENS SST5- 3000 H-IL) et un générateur commun refroidi par hydrogène (Modèle : SIEMENS SGEN5-2000 H) situé sur le même arbre entre la turbine à gaz (GT) et la turbine à vapeur (ST). Les turbines à gaz sont conçues pour brûler le gaz naturel comme le combustible de base et le carburant diesel comme le combustible de secours [2].



Figurel. 3 .Station thermique de la nouvelle centrale de CAP-DJINET [2]



Figurel. 4. Vue en section d'un cycle combiné [2].

Les principaux composants mécaniques du cycle combiné de la nouvelle centrale de CAP-DJINET sont (figure I.5) :

- Turbine à gaz
- Générateur de vapeur à récupération de chaleur (HRSG)
- Turbine à vapeur
- Vannes de by-pass HP, IP et LP
- Système d'air comprimé–Pompes d'eau d'alimentation de la chaudière (BFP)
- Pompes d'extraction de condensat (CEP)
- Condenseur
- Gland Stream Condenser(GSC)
- Éjecteur d'air à jet de vapeur
- Chaudière auxiliaire
- Pompes de circulation d'eau
- Pompes d'alimentation usine de dessalement
- Pompes d'eau de refroidissement déminéralisée
- Échangeur de chaleur CCW (Type de plaque)
- Station d'alimentation en gaz naturel–Réservoirs de stockage de mazout
- Réservoir de stockage d'eau DM
- Réservoir de stockage d'eau dessalée

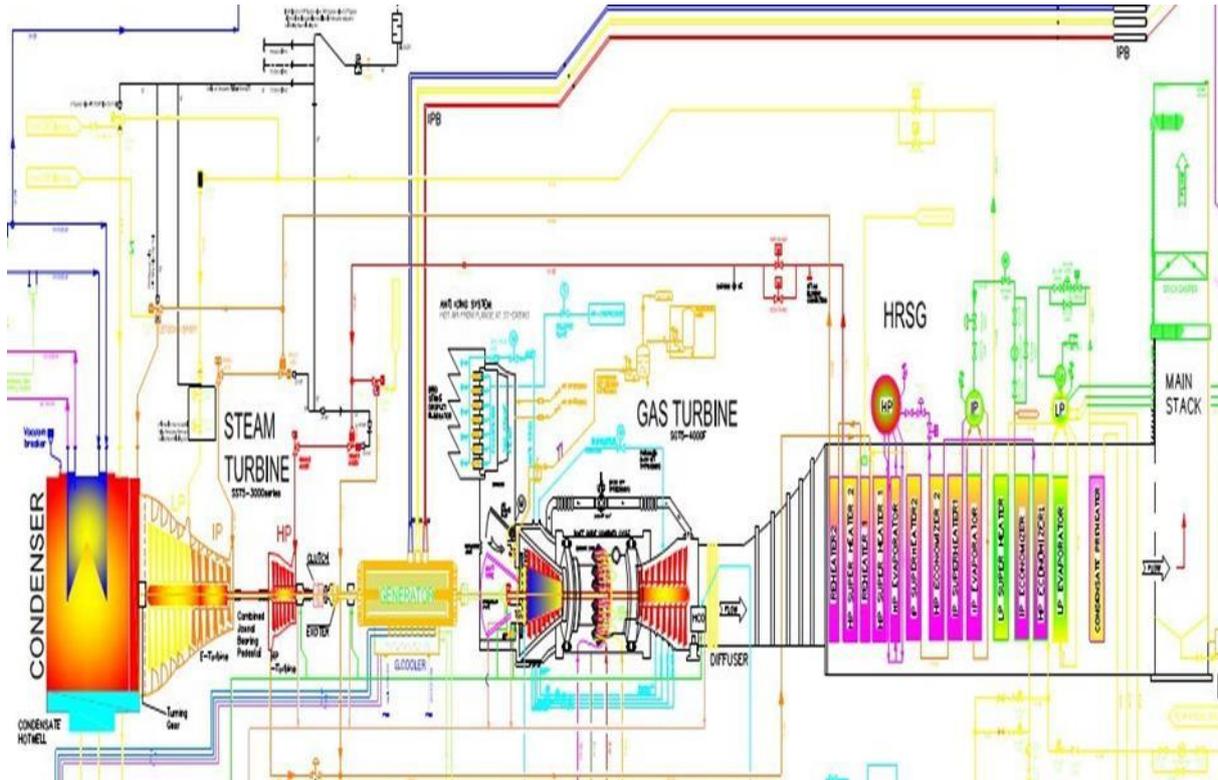


Figure I.5 Cycle de fonctionnement de la nouvelle centrale (cycle combiné) de CAP-DJINET [2]

4 Éléments de base de cycle combiné :

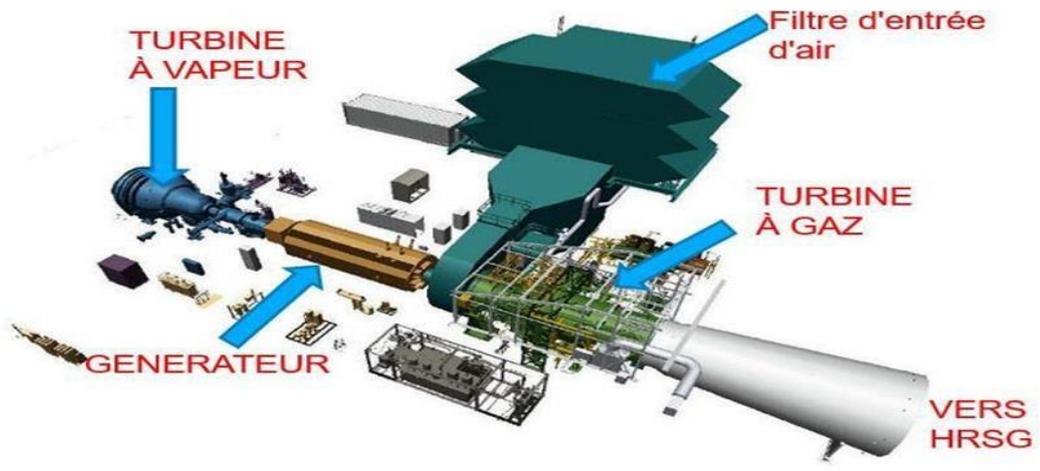


Figure I.6.Éléments de base de cycle combiné

4.1 Turbine à gaz :

Une turbine à gaz typique se compose d'un système d'air d'admission, d'un compresseur, d'un système de combustion, d'une turbine, d'un système d'échappement et d'un générateur comme il est illustré dans le schéma ci-dessous :

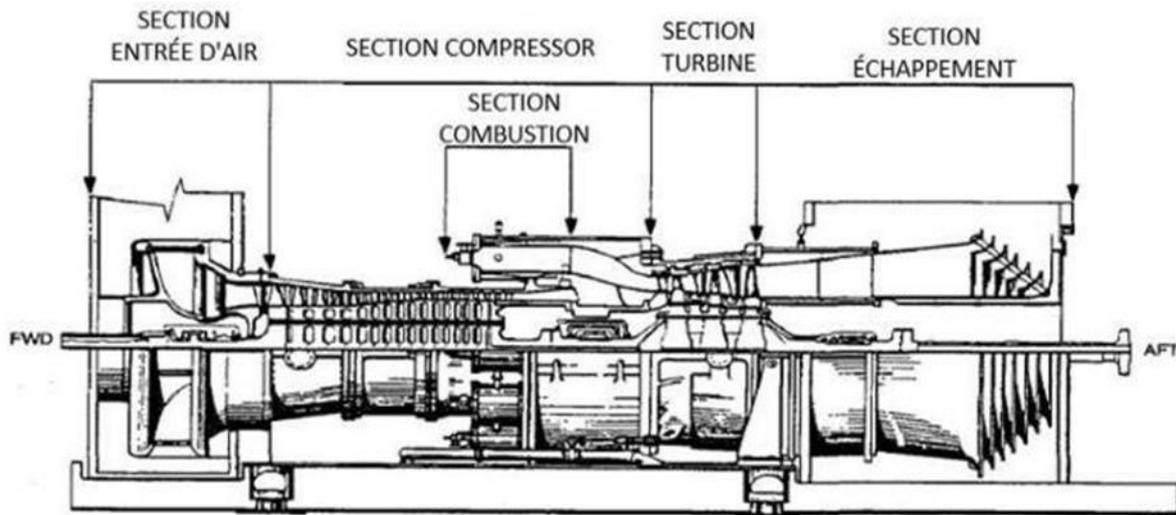


Figure I.7. Composants de la turbine à gaz [2].

4.2 Chaudière de récupération (HRSG) :

- Ballon vapeur pour chaque niveau de pression (HP, IP et BP)

Le ballon vapeur est conçu pour séparer le mélange de vapeur et d'eau pour fournir de la vapeur saturée à la surchauffeur et pour absorber les à-coups de l'évaporateur pendant les transitoires de démarrage et de fonctionnement.

- Sections économiseur pour chaque niveau de pression (HP, IP et BP)

La fonction principale de la section économiseur du HSRG est de préchauffer l'eau de condensation (pour économiseur LP) ou bien l'eau d'alimentation (pour économiseur IP et économiseur HP)

- Sections évaporateur pour chaque niveau de pression (LP, IP et HP)

L'eau de condensation traversant la section économiseur entre dans le ballon vapeur et est répartie sur toute la longueur du ballon par un collecteur de distribution où il se mélange à l'eau saturée revenant de la section évaporateur. L'eau saturée est extraite du fond du ballon vapeur LP et traverse la section de l'évaporateur par le processus de circulation naturelle.

- L'eau saturée entre dans le collecteur situé au fond de l'évaporateur et s'écoule vers le haut par évaporation dans les tubes de l'évaporateur. La section évaporateur fonctionne essentiellement à température constante.
- Sections surchauffeur pour chaque niveau de pression (LP, IP et HP)

- La vapeur saturée est extraite du ballon vapeur vers le collecteur d'entrée de la surchauffeur, puis s'écoule à travers la structure grillagée des tubes à ailettes vers le collecteur de sortie. Le débit de vapeur est à courant du débit des gaz d'échappement. La section surchauffeur élève la température de la vapeur depuis la température de Saturation jusqu'à une température de surchauffe conforme aux exigences de la turbine à vapeur basse pression.

- Section réchauffeur (pour la section IP)

La fonction principale de la section réchauffeur est de chauffer la vapeur de réchauffage à froid (CRH) jusqu'à la température de vapeur de réchauffage à chaud (HRH).

- Dégazeur intégral ballon LP

Le dégazeur a pour fonction d'éliminer les gaz non condensables comme l'O₂ et le CO₂ des condensats lors du remplissage initial de la chaudière et du démarrage de l'installation. Il fait partie intégrante du ballon basse pression (LP). Le ballon LP agit comme un réservoir de stockage pour le dégazeur.

- Cheminée HSRG avec silencieux

La cheminée du HSRG et son silencieux sont fournis pour acheminer les gaz d'échappement de la turbine à gaz depuis la sortie du HSRG vers l'atmosphère. Des ports d'échantillonnage sont fournis dans la cheminée pour les contrôles d'émission. Les gaz d'échappement chauds de la turbine à gaz font du bruit. De ce fait, un silencieux est fourni afin de réduire le bruit en sortie de cheminée.

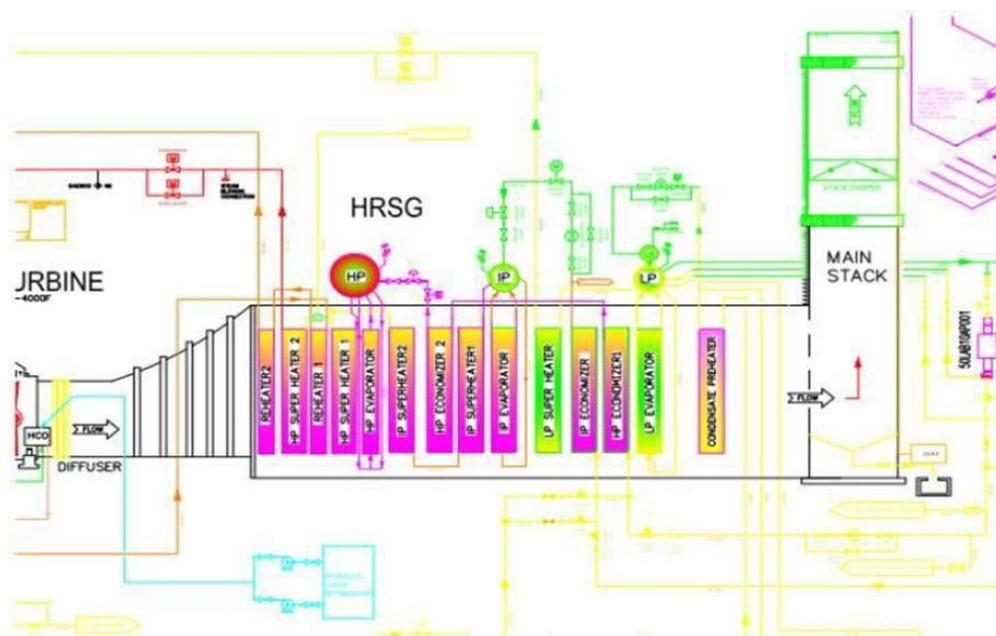


Figure I.8. Composants de la chaudière de récupération (HRSG) [3].

4.3 Turbine à vapeur :

Chaque module de la centrale à cycle combiné (CCPP) est fourni avec une turbine à vapeur (modèle Siemens SST5-3000) ainsi que tous les accessoires nécessaires. La turbine à vapeur se compose d'un cylindre HP et d'un cylindre IP/LP à écoulement direct. La vapeur d'échappement sortant de la turbine à vapeur sera condensée dans le condenseur refroidi à eau. La turbine HP est de construction à simple flux et à double paroi avec un porte-lame fixe et un carter externe.

Elle est munie d'une vanne d'arrêt et de contrôle de vapeur principale, soudée, soutenue par des supports supplémentaires. Le carter extérieure est de type cylindrique. Le carter extérieur IP/LP est divisé en deux sections, la section du carter d'entrée moulé et la section du carter d'échappement soudé. Les deux sections sont divisées horizontalement. Les demi-carter sont boulonnés ensemble par des boulons d'assemblage. Les sections d'entrée et d'échappement sont également boulonnées ensemble.

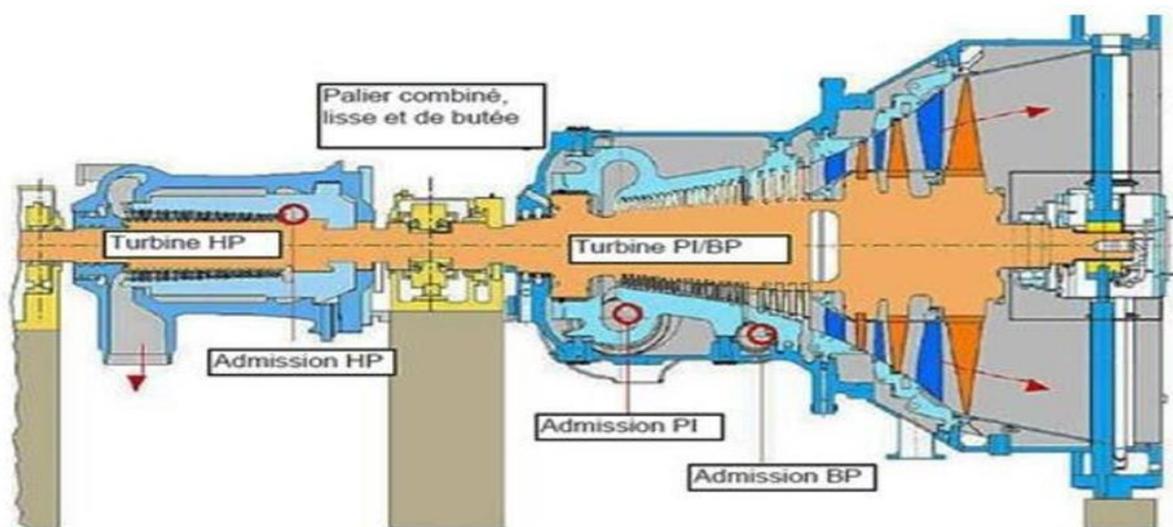


Figure I.9. Vue en coupe d'une turbine à vapeur [2].

4.4 Générateur :

Le générateur est l'équipement électrique le plus important de toute la centrale électrique. Il est capable d'évacuer le courant de la sortie de la turbine à gaz (turbine à gaz + turbine à vapeur) à laquelle il est connecté sans dépasser la limite de température admissible stipulée par la norme pertinente sur l'ensemble de la plage de température ambiante du site.

Ce générateur à arbre unique a été utilisé pour ce projet. Celui-ci est directement couplé à la turbine à gaz à une extrémité et couplé à la turbine à vapeur à l'autre extrémité grâce à un dispositif de serrage.

Tableau I 1 : Caractéristiques techniques de générateur

Tension nominale/tension maxi	400 kV/420 Kv
Courant de la barre omnibus	5000 A
Niveau de défaut	40 kA pendant 1 s
Puissance apparente	431 MVA à 35 °C
Courant d'induit nominal	11 310 A
Tension d'induit nominale	22,00 kV \pm 5 %
Vitesse	3 000 tr/min
Facteur de puissance	0,9 (inductif)
Excitation	Excitation statique
Type de refroidissement	Refroidi à l'hydrogène

5 Les fonctionnements d'Eléments de base de cycle combiné :

5.1 Fonctionnement de la turbine à gaz en mode cycle combiné :

Quand la turbine à gaz est mise en marche, l'air ambiant est aspiré à travers le système d'air d'admission où il est filtré et puis dirigé vers l'entrée du compresseur. L'air est comprimé par le compresseur et dirigé vers le système de combustion. À l'intérieur du système de combustion, l'air est mélangé au carburant (gaz naturel ou mazout ou les deux ou un autre carburant) et le mélange est allumé. Les gaz de combustion chauffés et comprimés circulent ensuite vers la turbine. Les gaz de combustible se dilatent au fur et à mesure qu'ils circulent à travers la turbine, induisant sa rotation. La turbine rotative actionne le compresseur et les équipements accessoires avec un excès d'énergie disponible pour produire une puissance d'arbre qui actionne le générateur électrique. Les gaz sortant de la turbine s'échappent dans l'atmosphère et sont dirigés vers l'équipement de récupération de chaleur à travers un système d'échappement [2].

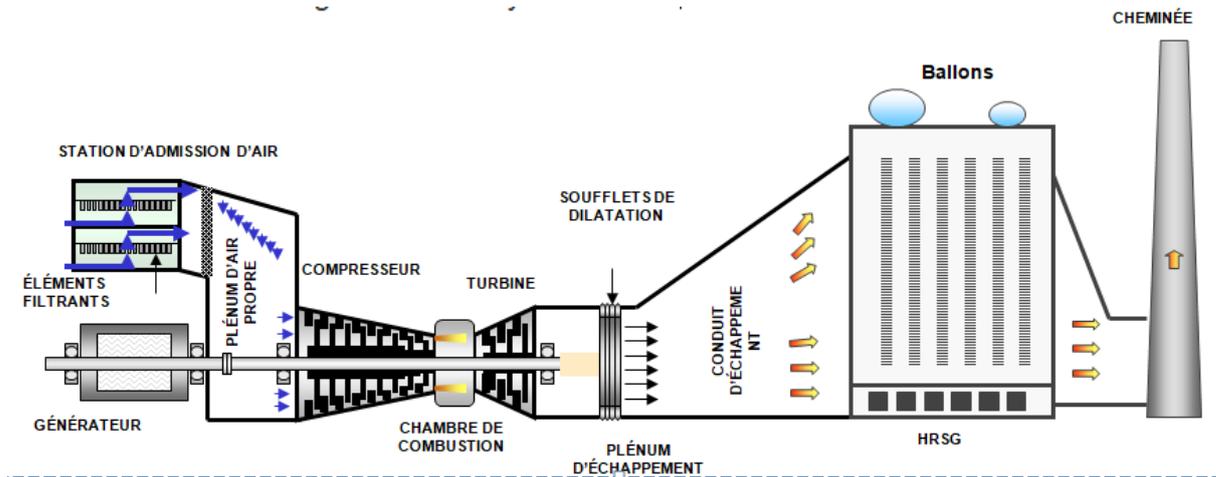


Figure I.10 Schéma de turbine à gaz en mode cycle combiné [2].

5.2 Fonctionnement de la chaudière de récupération (générateur de vapeur)(HRSG) :

La chambre de combustion annulaire est située entre le compresseur et la turbine ; C'est une (HRSG) à débit horizontal sans postcombustion qui produira la vapeur échauffée à trois niveaux de pression.

Le condensat est fourni à l'économiseur à basse pression (BP) par les pompes d'extraction du condensat. Le désaérateur est intégré au ballon de la section à basse pression (BP).

La fonction principale du générateur de vapeur à récupération de chaleur (HRSG) est de générer la quantité et la qualité nécessaires de vapeur en utilisant la chaleur rejetée par les gaz d'échappement du turbogénérateur à gaz (GTG) qui est en suite transportée à la turbine à vapeur pour générer de l'électricité.

Chaque module de la centrale à cycle combiné (CCPP) est fourni avec un générateur de vapeur à récupération de chaleur (HSRG) ainsi que tous les accessoires nécessaires.

5.3 Fonctionnement de la turbine à vapeur en mode cycle combiné :

La turbine à vapeur est un des matériels stratégiques des installations de production d'énergie électrique. Les cycles des turbines à vapeur utilisent un fluide compressible, qui change d'état au cours du cycle. Le changement d'état de la vapeur génère des variations importantes de l'enthalpie qui permet de transformer de grandes quantités de chaleur en travail. Dans une turbine la vapeur est d'étendue de façon continue dans un système de roues à aubes. Cette propriété permet de fonctionner avec des débits importants et de pousser la détente sans l'effet de troncature, comme dans les machines alternatives.

6 Le fonctionnement des autres composantes mécaniques du cycle combiné :

6.1 Fonctionnement des vannes de by-pass HP, IP et LP

La fonction de la vanne de by-pass est de dévier la vapeur vers la conduite de réchauffage à froid (CRH) ou à chaud (HRH) et de maintenir le HRSG en fonctionnement pendant le démarrage ou l'arrêt de la turbine à vapeur, ou pendant d'autres états particuliers.

Le système de by-pass se compose d'une vanne d'arrêt de vapeur, d'une vanne de conditionnement de vapeur et d'une vanne de régulation de température pour chaque niveau.

6.2 Fonctionnement du système air comprimé-compresseur

Les compresseurs d'air sont de type à vis sans fin, sans huile, à entraînement par moteur, avec filtre d'aspiration, refroidisseurs d'air et instruments nécessaires. Les compresseurs sont de construction robuste et conçus pour un fonctionnement continu et intermittent à pleine ou faible capacité.

6.3 Fonctionnement des pompes d'alimentation en eau de la chaudière

La fonction des pompes d'alimentation en eau de la chaudière est de fournir de l'eau du ballon LP, à la section économiseur haute pression (HP) du générateur de vapeur à récupération de chaleur et, par un étage intermédiaire, à la section économiseur pression intermédiaire (IP) du générateur de vapeur à récupération de chaleur (HRSG). Les pompes d'alimentation en eau de la chaudière fournissent également de l'eau de pulvérisation désurchauffeur pour le système de by-pass HP et de l'eau de pulvérisation désurchauffeur pour la surchauffeur HP.

6.4 Fonctionnement des pompes d'extraction de condensat

La fonction des pompes d'extraction de condensat est d'effectuer ce qui suit :

- Maintenir le niveau du puits du condenseur à son niveau normal en extrayant les condensats du puits du condenseur et fournir de l'eau de condensation au dégazeur en passant par l'économiseur LP.
- Fournir de l'eau pulvérisée désurchauffeur pour le système de by-pass IP et LP, la station auxiliaire de réduction de pression de vapeur et de désurchauffeur (PRDS) et d'autres auxiliaires.

- De la turbine à vapeur, et fournir aussi de l'eau d'étanchéité aux vannes pour empêcher l'entrée d'air dans le système.

6.5 Fonctionnement du condenseur

Le condenseur axial refroidi à l'eau remplit la fonction de condenser la vapeur d'échappement de la turbine à vapeur et / ou du système de by-pass de vapeur haute pression (HP), pression intermédiaire (IP) et basse pression (LP).

Le condenseur reçoit la vapeur d'échappement de la turbine dans le sens horizontal. Il est équipé d'une soupape de dépression, de transmetteurs de pression, de transmetteurs de température et de transmetteurs de niveau pour la protection du condenseur et de la turbine.

6.6 Fonctionnement de Gland Stream Condenseur

Le Gland Stream Condenseur a pour fonction de condenser la vapeur évacuée par les joints d'étanchéité de l'arbre et de récupérer le condensat. Le ' Gland Steam Condenseur ' est refroidi avec les condensats provenant des pompes d'extraction de condensat.

6.7 Fonctionnement d'éjection d'air à jet de vapeur

- Éjecteur d'air à jet de vapeur (HOGGING)

La fonction de l'éjecteur est d'évacuer l'air et les autres gaz non condensables dans le condenseur lors de la mise en marche.

- Éjecteur d'air à jet de vapeur (HOGGING)

La fonction de l'éjecteur d'air à jet de vapeur est d'évacuer l'air et les autres gaz non condensables dans le condenseur en fonctionnement normal. La source de vapeur motrice pour l'éjecteur d'air à jet de vapeur doit provenir du collecteur auxiliaire.

6.8 Fonctionnement de la chaudière auxiliaire

La fonction de la chaudière auxiliaire est de fournir les besoins en vapeur auxiliaire lors du démarrage et le fonctionnement à faible charge de l'installation. La chaudière auxiliaire doit fournir de la vapeur pour l'étanchéité à la turbine du presse-étoupe ainsi que pour l'usine de dessalement.

6.9 Fonctionnement des pompes de circulation d'eau (CW)

La principale fonction des pompes de circulation d'eau est d'alimenter en eau froide le condenseur à eau de mer pour absorber la chaleur du cycle. Chaque ligne de refoulement des pompes de circulation d'eau est équipée d'une vanne papillon motorisée. Deux (2 x

50%) pompes de circulation d'eau sont prévues pour chaque module de la centrale à cycle combiné (CCPP).

6.10 Fonctionnement des pompes d'alimentation pour installation de dessalement

La fonction principale des pompes d'alimentation est de fournir de l'eau pour l'usine de dessalement.

6.11 Fonctionnement des pompes d'eau de refroidissement déminéralisée

La fonction principale des pompes à eau de refroidissement déminéralisée (DMCW) est de faire circuler l'eau de refroidissement pour des équipements et composants de la turbine à gaz, de la turbine à vapeur, du cycle eau / vapeur et du générateur.

6.12 Fonctionnement des échangeurs de chaleur (type à plaques)

La fonction de l'échangeur de chaleur à plaques pour l'eau de refroidissement en circuit fermé est de transférer la chaleur absorbée par le circuit d'eau de refroidissement fermé au système de refroidissement auxiliaire à l'eau de mer.

6.13 Fonctionnement des réservoirs de stockage de mazout

La fonction du réservoir de stockage de mazout est de stocker du mazout pour (Turbine à gaz / GT). Le mazout est utilisé comme carburant alternatif pour les turbines à gaz.

6.14 La fonction du réservoir de stockage d'eau déminée

Le Fonctionnement des réservoirs de stockage d'eau déminéralisée est de stocker l'eau déminéralisée pour eau d'appoint du cycle de puissance, eau d'appoint du cycle de puissance, eau d'appoint de la chaudière auxiliaire, eau d'appoint pour la génération d'hydrogène et le lavage du compresseur GT.

6.15 Fonctionnement des réservoirs de stockage d'eau dessalée

La principale fonction du réservoir de stockage d'eau dessalée est de stocker l'eau dessalée pour l'approvisionnement en eau de l'usine d'eau DM, du système d'eau de service et du système d'eau d'incendie Dans la nouvelle centrale de CAP-DJINET est utilisée selon le système de refroidissement par film [3]. Et cette technique est représentée sur la figure I.11

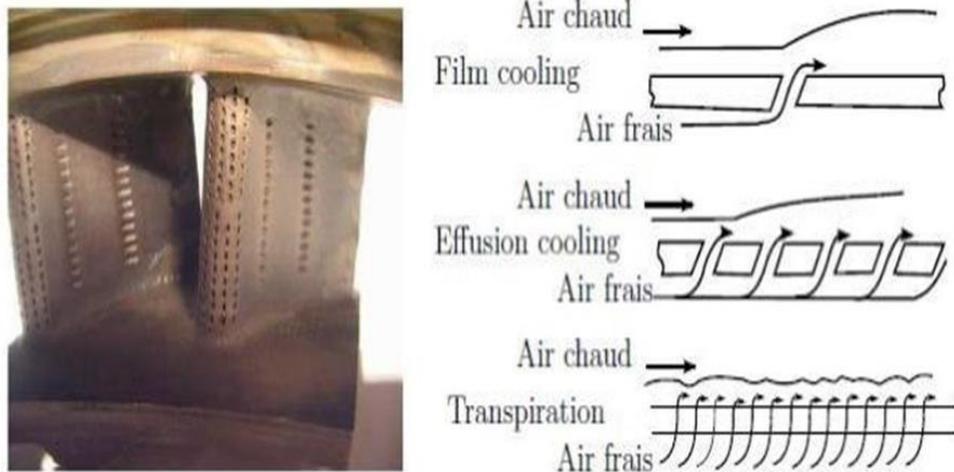


Figure I.11. Refroidissement par film [3].

7 Salle de commande :

Chaque paire de tranches est contrôlée et réglée depuis la salle de commande.

La salle de commande comprend pour chaque tranche :

- deux (02) pupitres de conduites.
- deux (02) tableaux verticaux où sont rassemblés les organes de commande et les appareils d'enregistrement de la plus grande partie des paramètres.

Un (01) tableau synoptique schématisant les auxiliaires électriques

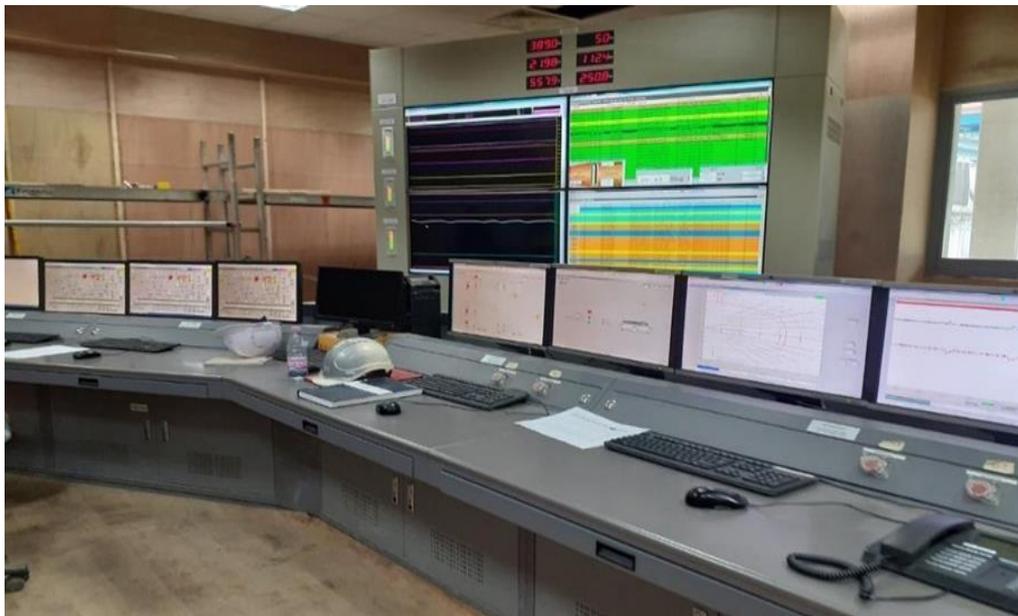


Figure 12. Salle de commande de la centrale à cycle combiné.

8 Principe de production d'électricité au niveau de la centrale à cycle combiné :

Une centrale à cycle combiné à gaz naturel est composée d'une turbine à combustion (TAC) et d'une turbine à vapeur (TAV). Dans un premier temps, le gaz naturel fait fonctionner la TAC. Ensuite, les gaz chauds d'échappement de la TAC sont utilisés pour produire de la vapeur, dirigée vers une deuxième turbine, la TAV. TAC et TAV entraînent alors un ou deux alternateurs. La même quantité de combustible sert ainsi à une double production d'électricité : celle de la TAC et celle de la TAV, améliorant d'autant le rendement de la centrale.

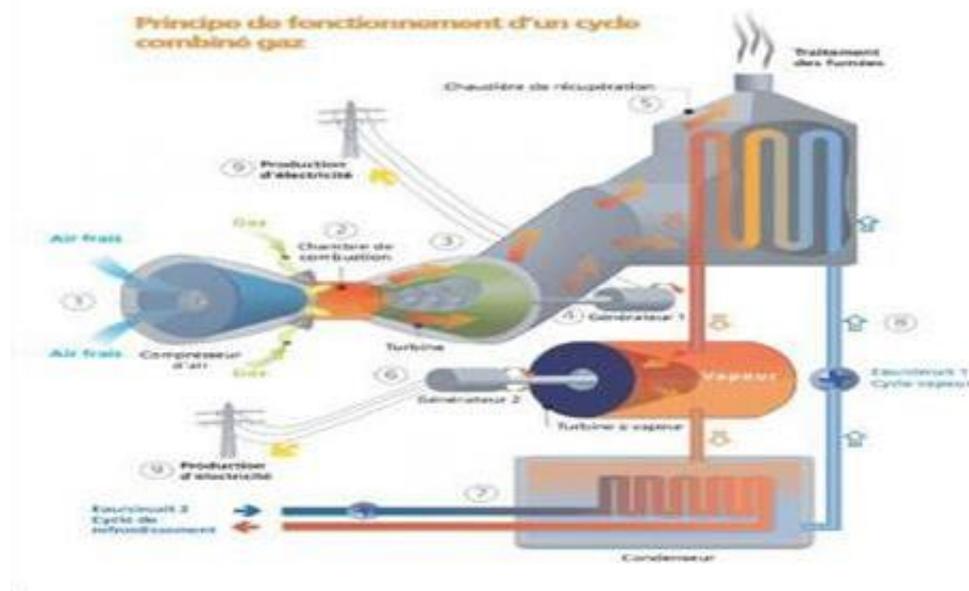


Figure I.13. Principe de fonctionnement d'un cycle combiné

9 Conclusion :

Une présentation détaillée de la centrale à cycle combiné de CAP-DJINET et ses différents équipements en expliquant son principe de fonctionnement permet une bonne compréhension des phénomènes qui passent lors de la production de l'électricité. La continuité de production de l'énergie électrique, est nécessaire afin de satisfaire les besoins des clients, aussi il faut assurer la sécurité des personnes, préserver leurs environnement et optimiser la durée de vie des équipements de la centrale.

Chapitre II:

La production et le stockage de l'hydrogène

1 Généralités sur l'hydrogène:

1.1 Introduction:

L'hydrogène est l'élément le plus abondant de l'univers, mais ne représente que 0.9 % en poids de la croûte terrestre. Le nom « HYDROGENE » provient de l'inventeur Antoine Laurent Lavoisier qui lui donna ce nom en 1783, signifiant en Grec « HYDRO » : eau ; et « GENE » : producteur, créateur. Mais ses propriétés furent précisées plus avant par Cavendish en 1766.

C'est un gaz incolore, sans odeur, sans saveur et non toxique; il est très répandu sur la terre sous forme de combinaisons chimiques, les principales étant : l'eau dont il représente 11% de poids et les hydrocarbures. On le trouve à l'état naturel gazeux dans certains gaz de pétrole et dans les gaz dégagés par les volcans. Il est le plus léger de tous les gaz connus : quinze fois plus léger que l'air et seize fois plus léger que l'oxygène. C'est un gaz très inflammable, et très difficile à liquéfier, sa température de liquéfaction est de (-252.8 °C) ; C'est un assez bon conducteur de la chaleur et de l'électricité.

La molécule d'hydrogène est très stable thermiquement ce qui explique sa faible réactivité à basse température. Il est donc nécessaire d'amorcer les réactions à chaud où utiliser un catalyseur qui favorise sa dissociation.

L'électrolyse de l'eau est un procédé électrolytique qui décompose l'eau en oxygène et La cellule électrolytique est constituée de deux électrodes habituellement en métal inerte (dans la zone de potentiel et de pH considérée) comme le platine-immérgées dans un électrolyte et connectées aux pôles opposés de la source de courant continu, l'hydrogène est un métal : lorsqu'il est sous forme solide (très hautes pressions et très basses température), il cristallise avec une liaison métallique. Dans le tableau périodique des éléments, il est d'ailleurs dans la colonne des métaux alcalins. N'étant pas présent à l'état solide sur terre, il n'est toutefois pas considéré comme un métal en chimie. De façon simpliste sa nature métallique est due à son électron périphérique sur son unique et dernière couche saturée à deux électrons [4].

1.2 Caractéristiques principales :

L'hydrogène est l'élément chimique le plus simple; son isotope le plus commun est constitué seulement d'un proton et d'un électron. La masse de l'électron étant négligeable devant celles des protons et des neutrons; ce sont ces derniers qui déterminent la masse des atomes (alors leur poids) [4].

1.2.1 Caractéristiques physiques :

Sur terre et hormis les composés avec d'autres atomes, il se présente le plus souvent sous la forme d'un gaz : le dihydrogène, sous des très faibles pressions comme celles qui existent dans l'espace. L'hydrogène a tendance à exister sous forme d'atomes individuels, simplement parce qu'il est alors improbable qu'ils entrent en collision pour se combiner. Les principales caractéristiques physiques de l'hydrogène sont résumées ci-dessous :

- Formule chimique : H_2 .
- Numéro atomique : 1.
- Poids moléculaire : 2.
- Nombre d'atomes : 2.
- Etat à 15 °C : Gazeux.
- Densité / air : 0.0695.
- Poids du litre de gaz à (0 °C) (g) : 0.08987.
- Poids du litre de gaz à (15 °C) (g) : 0.08616.
- Température d'ébullition T_e (°C) : -252.8.
- Température de fusion T_f (°C) : -259.2.
- Température critique T_c (°C) : -239.9.
- Pression critique P_c (atm) : 12.98.
- Poids du litre de liquide à T_e (kg) : 0.078.
- Volume de gaz par kg de liquide (m^3) : 11.743.
- Volume de gaz par litre de liquide (m^3) : 0.8315.
- Chaleur latente de vaporisation à T_e (cal/g) : 109.
- Chaleur latente de fusion à T_f (cal/g) : 15.
- Chaleur spécifique à $P=ct$ (C_p) (cal/g) : 3.41.
- Chaleur spécifique à $V=ct$ (C_v) (cal/g) : 2.42.
- Rapport des chaleurs spécifiques (γ) : 1.41.
- Coefficient de dilatation du gaz à $V=ct$: $3662 \cdot 10^{-6}$

- Magnétisme :Diamagnétique.
- Densité liquide à Te (kg /Nm³) :70.79.
- Densité gazeuse à Te (kg/Nm³) :1.34.
- Densité gazeuse à 273 k (kg/Nm³) :0.08988.
- Pouvoir calorifique inférieur (PCI) (MJ/kg) :120.
- Pouvoir calorifique supérieur (PCS) (MJ/kg) : 142.
- Energie d'évaporation (kJ/kg) :445.
- Energie de liquéfaction (kJ/kg) :14112.

Quand Cela n'est pas spécifié; les caractéristiques ci-dessus correspondent à la pression absolue de 760 mm Hg (une atmosphère).

1.2.2 Caractéristiques chimiques :

L'hydrogène ne réagit à froid que sur un petit nombre de corps (par exemple : le fluor) ; mais les réactions sont de plus en plus nombreuses au fur et à mesure que la température augmente, d'autre part, l'hydrogène libéré par réaction possède à l'état naissant une activité supérieure à l'hydrogène gazeux libre. Enfin l'hydrogène atomique obtenu par décharge électrique est également plus actif que l'hydrogène moléculaire.

- Inflammabilité :

L'hydrogène brûle dans l'air et dans l'oxygène en formant de la vapeur d'eau. Le mélange d'hydrogène et d'air brûle en produisant une flamme rougeâtre et peu lumineuse. Alors que le mélange d'hydrogène et d'oxygène brûle avec une flamme bleuâtre, peu visible, le peu de visibilité de ces flammes les rend d'autant plus dangereuses; car en plein jour elles risquent de passer inaperçus et de provoquer des accidents.

- Inflammabilité dans l'air :

- La température minimale d'auto-inflammation à 1 atm est de 570 °C.
- Limites d'inflammabilité à 20°C et 1 atm :

Inferieure 4%.

Supérieure 74.5%.

- Inflammabilité dans l'oxygène :

- La température minimale d'auto-inflammation à 1 atm est de 560°C.
- Limites d'inflammabilité à 20°C et 1 atm:

Inferieure 4%

Supérieure 94%

L'élévation de température due à la combustion, transforme rapidement celle-ci en déflagration ou en explosion selon les proportions. Les mélanges de 18 à 59 % d'hydrogène avec l'air et de 15 à 90 % avec l'oxygène sont détonants; ils sont déflagrants au-dessous et au-dessus de ces teneurs. La flamme oxygène –hydrogène est très chaude, dans les proportions idéales de deux volumes d'hydrogène pour un volume d'oxygène, la température de la flamme est de 3000°C. En pratique on utilise dans les chalumeaux oxyhydriques un mélange à quatre volumes d'hydrogène

2 Production de l'hydrogène :

Dans toute production d'hydrogène, trois aspects doivent être pris en considération, à savoir :

- La matière première : l'extraction de l'hydrogène se fait, en général, à partir de l'eau, des hydrocarbures (tel que le méthane, le méthanol, etc.) ou les deux à la fois.
- L'énergie nécessaire pour la production : cette énergie peut aussi bien être conventionnelle, nucléaire ou renouvelable (solaire, éolienne, géothermale, etc.).
- Le procédé de production : plusieurs procédés existent faisant appel à l'énergie quantique telle que la photolyse, à l'énergie électrique pour l'électrolyse ou à l'énergie thermique telle procédé thermo-chimique. Pour la plupart des procédés, il existe plusieurs types et le nombre est relativement important.

2.1 Production de l'hydrogène par électrolyse de l'eau :

L'électrolyse de l'eau est un procédé électrolytique qui décompose l'eau en oxygène et hydrogène gazeux avec l'aide d'un courant électrique.

La cellule électrolytique est constituée de deux électrodes habituellement en métal inerte (dans la zone de potentiel et de pH considérée) comme le platine-immersées dans un électrolyte et connectées aux pôles opposés de la source de courant continu.

Désormais, l'électrolyse est associée à une future utilisation des énergies renouvelables. Cela pourrait être intéressant au vu de la non-simultanéité de la production par ces procédés avec les besoins des industriels et des individus. Une autre possibilité réside dans l'utilisation de l'électricité produite par des centrales nucléaires, et plus particulièrement lors des heures creuses. L'hydrogène permettrait ainsi le stockage de l'électricité sous forme chimique, et une réutilisation ultérieure lorsque les besoins se font sentir. En outre, le rendement de l'électrolyse est en pratique de l'ordre de 65%, bien que,

théoriquement, il est possible d'atteindre 80 ou 85%. Enfin, étant donné le prix élevé de l'électricité, le coût de l'électrolyse est bien supérieur à celui du reformage. Ainsi, afin d'augmenter la rentabilité du processus, il faudrait une électricité à plus faible coût [4].

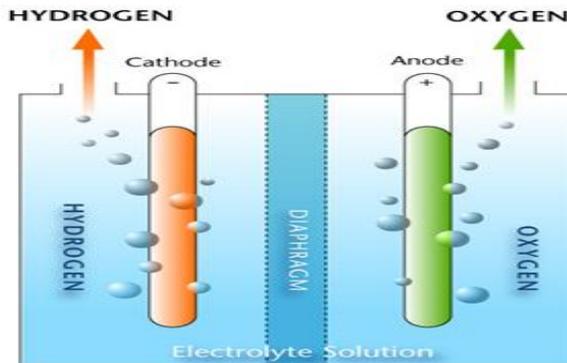


Figure II 1. Réaction électrochimique

2.1.1 Aspects théoriques de l'électrolyse de l'eau :

➤ Thermodynamique:

En solution acide, on admet généralement que la décomposition de l'eau s'effectue suivant les réactions:

à la cathode :



à l'anode:

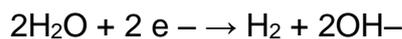


Puis:



En solution alcaline, par contre, les ions OH^- prédominent et le phénomène est habituellement exprimé par :

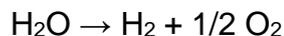
à la cathode :



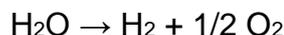
à l'anode :



Dans les deux cas, la réaction globale s'écrit :



Dans les deux cas, la réaction globale s'écrit :



Avec $\Delta H = 285 \text{ kJ/mol}$ de H_2O : enthalpie de dissociation de l'eau.

Par ailleurs, l'équation de Nernst exprime la tension de décomposition réversible sous la forme :

$$E_{rev} = E_0 + \frac{RT}{2F} \ln \frac{P_{H_2} P_{O_2}^{1/2}}{a_{H_2O}} \dots\dots\dots (II.1)$$

Avec :

R constante molaire des gaz (= 8,314 4 J • mol⁻¹ • K⁻¹),

T (K) température thermodynamique,

F constante de Faraday (= 96 487 C • mol⁻¹),

E_0 (V) tension de décomposition réversible dans les conditions normales (0°C, pression atmosphérique)

Pression de service de l'électrolyseur : $P_{H_2} = P_{O_2} = P$ (Pa)

Activité de la solution : a_{H_2O}

D'où : $E = E_{rev} + \eta_a + \eta_c + RJ \dots\dots\dots (II.2)$

Cette tension de décomposition réversible s'établit à 1,229 V dans les conditions normales. À température ambiante (2°C), on a (1):

$$E_{rev} = 1,233 + 0,0435 \lg P$$

Un accroissement de pression augmente la tension de décomposition réversible, mais, en pratique, le fonctionnement irréversible des électrolyseurs industriels a pour effet de réduire la tension de cellule effective à densité de courant et température constantes lorsque la pression augmente.

La tension thermo-neutre correspond au fonctionnement isotherme de l'électrolyseur. Elle s'exprime par :

$$E_{rev} = E_0 + \frac{3RT}{4F} \ln p - \frac{RT}{2F} \ln a_{H_2O} \dots\dots\dots (II.3)$$

Cette tension ne dépend que faiblement de la température. Un accroissement de température entraîne par contre une diminution de la tension de décomposition réversible. Cette diminution se répercute aux bornes de l'électrolyseur où l'on peut, en général, constater un gain de 2 à 5 mV/°C.

➤ Cinétique

La tension de cellule réelle d'un électrolyseur s'exprime en fonction de quatre termes :

Avec :

$$E_{th} = \frac{\Delta H}{2F} = 1,48V \text{ (à 289k)} \dots\dots\dots (II.4)$$

η_a (V) surtension anodique,

η_c (V) surtension cathodique,

R ($\Omega \cdot \text{cm}^2$) résistance globale (chute ohmique du diaphragme, épaisseur des compartiments, effet d'écran des bulles),

J (A/cm^2) densité de courant

La figure 2 présente un exemple de répartition de la tension en fonction de la densité de

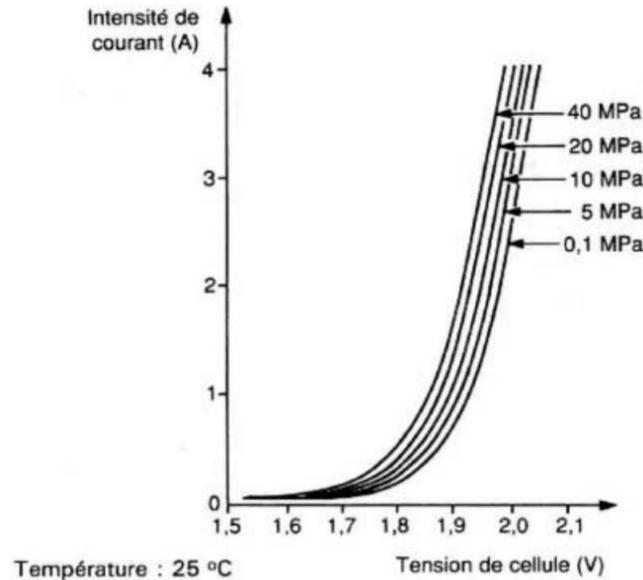


Figure II 2. Influence de la pression sur les caractéristiques de fonctionnement de l'électrolyseur

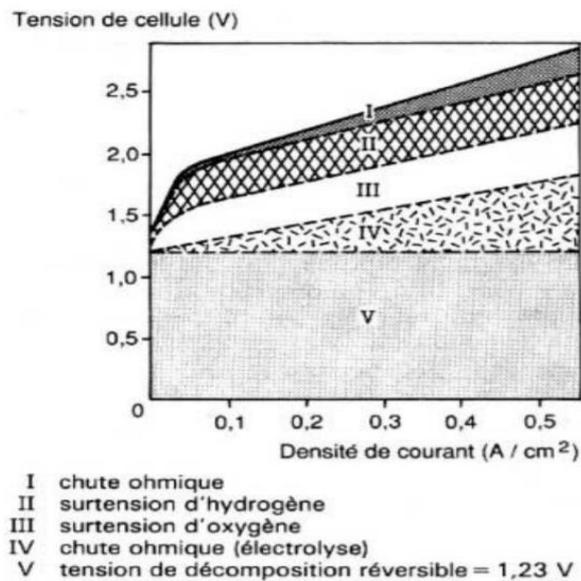
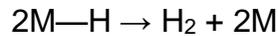
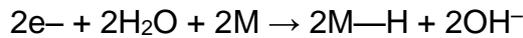


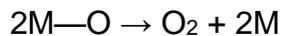
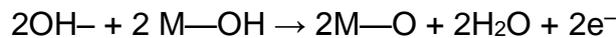
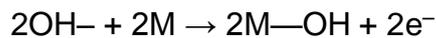
Figure II 3. Exemple de décomposition d'une courbe caractéristique tension-densité de courant pour une cellule d'électrolyse de l'eau

Les dégagements d'hydrogène et d'oxygène aux électrodes se trouvent plus ou moins facilités par l'action catalytique de la surface de l'électrode. Dans un électrolyseur comportant une solution alcaline, la réaction cathodique sur support métallique s'effectue suivant un processus à deux étapes de la forme :



Où M désigne un atome métallique de la surface.

Différentes hypothèses ont été émises concernant le processus de réaction anodique. La plus probable serait :



La turbulence engendrée par les bulles qui se dégagent et la concentration élevée de l'électrolyte évitent la polarisation de concentration. Les surtensions suivent la loi de Tafel et la tension de cellule s'exprime en fonction de la densité de courant par :

$$E = a + b \lg J + cJ$$

L'emploi de la méthode de l'interrupteur permet de déterminer les coefficients a, b et c pour une cellule d'électrolyse définie (géométrie, électrolyte, écoulements, matériaux, température, pression) par une régression linéaire portant sur la variable J.

Les surtensions anodique et cathodique d'électrodes activées (η_a et η_c) obéissent à une loi dutype :

$$\eta = A + B \lg J$$

Par exemple:

$$\eta_a = 0,242 + 0,064 2 \lg J$$

$$\eta_c = 0,080 + 0,061 3 \lg J$$

Avec η_a et η_c exprimés en V,

J exprimée en kA/m².

L'énergie Totale nécessaire pour effectuer cette réaction est égale à la variation d'enthalpie ΔH qui est équivalente à la somme de la variation d'énergie libre ΔG et le produit de la variation de l'entropie ΔS par la température de l'eau T :

$$\Delta H = \Delta G + T\Delta S \dots\dots\dots (II.5)$$

Avec : ΔH représente l'enthalpie de la réaction

ΔG représente l'enthalpie libre de la réaction

ΔS représente l'entropie de la réaction

Ou le terme $T \times \Delta S$ représente l'énergie thermique qui est dans ce cas là, assuré par la source géothermale, et ΔG représente l'apport en énergie électrique.

$$\Delta H_{TP} = \Delta G_{TP} + T \Delta S_{TP} \dots\dots\dots (II.6)$$

$$T_{ref} = 298,15 \text{ K} ; P_{ref} = 0.1 \text{ MP}$$

Les variations d'enthalpie et d'entropie de l'équation et le potentiel de Nernst sont calculées par la relation suivant :

$$\Delta H(T) = \Delta H^{\circ}_{298,15^{\circ}K} + \int_{298,15^{\circ}K}^T \Delta C_P dT$$

$$\Delta S(T) = S^{\circ}_{298,15^{\circ}K} + \int_{298,15^{\circ}K}^T \frac{\Delta C_P}{T} dT$$

$$E(T) = -\frac{\Delta G(T)}{nF}$$

Le potentiel de Nernst a la température T , est considéré sous la pression standard pour les réactants et les produits. Le tableau suivant (n°2-1) donne les paramètres thermodynamiques standard pour $T=298,15 \text{ }^{\circ}K$ et $P=101,325 \text{ K Pas}$.

Tableau II 1. Paramètres thermodynamiques standard

Composant	ΔG° (KJ/mol)	ΔH° (KJ/mol)	S° (KJ/mol.K)	L_v° (KJ/mol)	Chaleur spécifique (Cp)(J/r
H ₂	0	0		-	27,28+0,00326T+5000/T ²
O ₂	0	0		-	29,96+0,00418T-16700/T ²
H ₂ O	237,2	285,8		40,7	75,44
H ₂ O	-	-	-	-	30,00+0,01071T+3300/T

Les paramètres thermodynamiques pour la plage de température de 298,15 °K au 373°K sont calculé selon les équations (voir **Tableau suivant (2-2)**), et sont représenté dans la figure **Fig (2-4)**.

Tableau II 2 Valeurs de ΔH ; ΔS ; ΔG en fonction de la température

Température °C	ΔH (KJ/M	ΔS (J/mole,	ΔG (KJ/M	$T*\Delta S$ (kJ/mole, °K	Le rapport $\frac{\Delta G}{\Delta H}$ (%)	Le rapport $\frac{T*\Delta S}{\Delta H}$ (%)
25	285,800	212,775	222,361	63,439	77,80%	22,20%
30	284,777	209,570	221,245	63,531	77,69%	22,31%
35	283,842	206,410	220,237	63,605	77,59%	22,41%
40	282,900	203,310	219,233	63,667	77,50%	22,50%
45	281,960	200,265	218,246	63,714	77,40%	22,60%
50	281,023	197,275	217,274	63,749	77,32%	22,68%
60	279,133	191,465	215,347	63,787	77,15%	22,85%
70	277,245	185,850	213,470	63,774	77,00%	23,00%
80	275,358	180,440	211,636	63,722	76,86%	23,14%
90	273,459	175,185	209,840	63,618	76,74%	23,26%
100	271,560	170,090	208,091	63,469	76,63%	23,37%

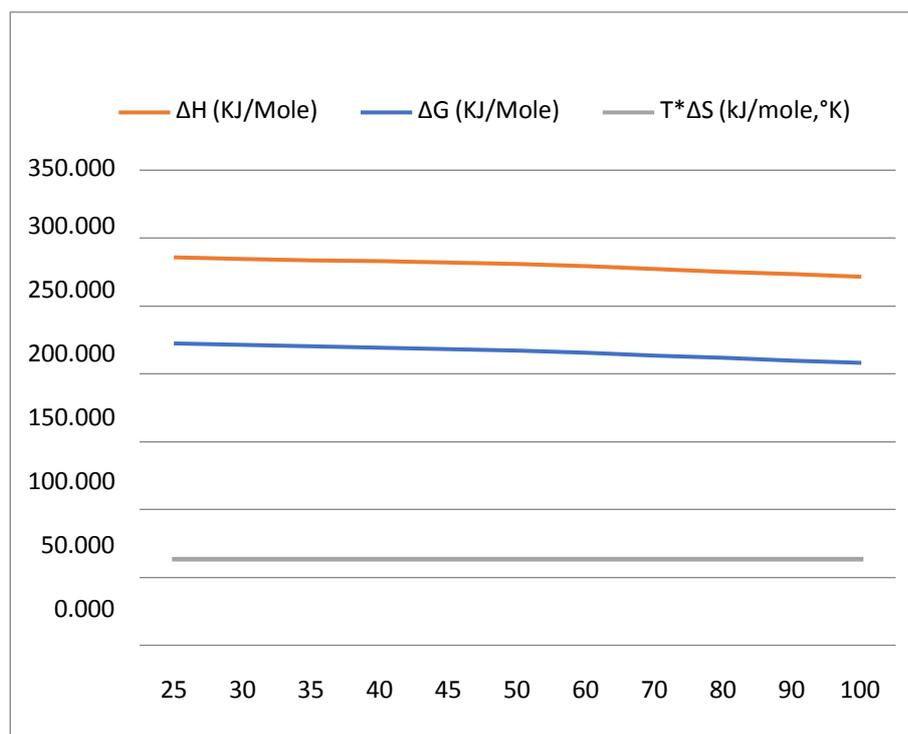


Figure II 4. Courbe de ΔH ; ΔS ; ΔG en fonction de la température

Dans les conditions réversibles, il existe une relation d'équivalence entre l'énergie électrique W absorbée par la cellule d'électrolyse et la variation d'énergie libre ΔG .

L'énergie électrique W est liée à la tension minimale réversible d'électrolyse U_R par la relation :

$$W = n \cdot F \cdot U_R \dots\dots\dots(II.7)$$

n : nombre d'électrons mis en jeu (= 2)

F : constante de Faraday (= 96487 C/ mole = 26.8 Ah/mole).

L'équivalence avec l'enthalpie libre ΔG permet d'écrire :

$$\Delta G = n \cdot F \dots\dots\dots(II.8)$$

Ce qui donne l'expression de la tension minimale réversible exprimée comme suit :

$$U_R = \Delta G / n \cdot F$$

La tension thermomètre (E_{th}) correspond au fonctionnement isotherme de l'électrolyseur.

Cette tension ne dépend que faiblement de la température. Elle est donnée par la formule suivante :

$$E_{th} = \Delta H^\circ / n_f \dots\dots\dots(II.9)$$

Tableau II 3. Tension thermomètre et tension réversible en fonction de la température.

Température°C	U_R (v)	U_{th} (v)
25	-1,152	-1,481
30	-1,147	1,476
35	-1,141	-1,471
40	-1,136	-1,466
45	-1,131	-1,461
50	-1,126	-1,456
60	-1,116	-1,446
70	-1,106	-1,437
80	-1,097	-1,427
90	-1,087	-1,417
100	-1,078	-1,407

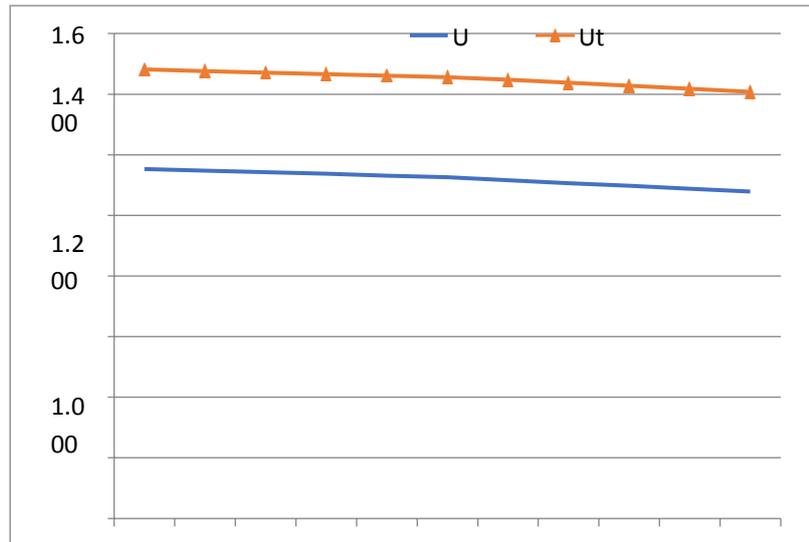


Figure II 5. Tension thermo neutre U_{th} et la tension minimale réversible U_R en fonction la température

2.1.2 Conséquences pratiques

Sept facteurs doivent être optimisés afin d'obtenir la tension de cellule la plus basse possible pour une densité de courant donnée :

Le choix judicieux du matériau constituant les électrodes, permettant de réduire les pertes par surtension (activité électro-catalytique) tout en offrant une résistance suffisante à la corrosion. La température maximale de fonctionnement résultant d'un compromis entre la réduction des surtensions et la tenue à la corrosion des matériaux employés.

La concentration de l'électrolyte, définie par l'optimum de conductivité à la température considérée. La circulation rapide de l'électrolyte permettant d'éviter les écarts de concentration entre les compartiments anodique et cathodique, d'une part ; de favoriser l'évacuation de la chaleur dégagée par effet Joule en réduisant l'écart de température entre l'entrée et la sortie de la cellule d'électrolyse, d'autre part ; certaines formes géométriques d'électrodes facilitant mieux que d'autres l'élimination rapide hors du champ électrique des bulles formées.

-L'emploi d'électrodes divisées (métaux frittés) réduisant les surtensions par un accroissement local de la surface active.

-Le diaphragme : il doit introduire le moins possible de chute ohmique, d'où le choix d'une faible épaisseur, d'une porosité élevée, d'un faible diamètre moyen des pores (< 1 μm).

2.2 Matériaux

2.2.1 Matériaux de structure

Les premiers appareils industriels travaillaient en milieu acide (acide sulfurique) et utilisaient le plomb comme matériau conducteur pour les électrodes et les tuyauteries. Or les problèmes de corrosion des électrodes ont rapidement conduit tous les constructeurs à employer des solutions alcalines.

Les aciers austénitiques à 18 % de chrome et 10 % de nickel conviennent pour des températures de fonctionnement inférieures à 90°C. Entre 90 et 120°C, l'emploi du Monel Alloy 400 ou d'aciers austénitiques à 25 % de chrome et 20 % de nickel devient nécessaire. Au-delà de 120°C, le Nickel 200 ou 201 demeure la seule alternative.

Les étanchéités et l'isolement des cellules les unes des autres nécessitent l'emploi de matériaux isolants compatibles avec le milieu basique. Les matériaux en usage sont le poly-sulfone jusqu'à 120°C et les résines fluorées (PTFE, FEP, PFA) aux températures supérieures. Certains joints à base d'amiante et d'élastomères sont employés afin d'introduire un peu d'élasticité [5].

2.2.2 Cathodes

La protection cathodique et le milieu basique limitent les problèmes de corrosion de la cathode. Ainsi, le fer (acier doux) se trouve dans une de ses zones de passivité et peut être employé jusqu'à 100°C.

La recherche d'une surtension cathodique plus faible conduit à activer la cathode par formation d'un dépôt de surface à action catalytique :

-Le nickel-soufre continue à être employé sur certains appareils industriels (Norsk-Hydro) (figure 4) ; il s'obtient par dépôt électrolytique dans des bains comportant par exemple des sulfates de nickel et d'ammonium, du citrate de sodium, du citrate de sodium ou du sulfate de nickel et de la thio-urée (Norsk-Hydro). D'autres compositions de bains ont été proposées (cette activation ne supporte pas une température de fonctionnement supérieure à 80-90°C) [6].

-Le nickel de Raney, obtenu par attaque d'une solution basique d'un alliage nickel-aluminium, n'est pas exploité actuellement [il semblerait que l'apport d'un additif (titane, molybdène) à l'état de traces augmenterait la durée de vie pour un usage de cathode.

-L'alliage nickel-zinc est employé par Bamag : il peut être obtenu par dépôt électrolytique dans un bain de sulfates de nickel et de zinc, de chlorure d'ammonium, d'acétate de

sodium et d'acide borique (d'autres compositions de bain ont été proposées [7]. Ces alliages binaires ou ternaires de nickel ;

-Divers alliages à base de fer, de cobalt, de tungstène, de molybdène, de sélénium, de tellure, d'arsenic, d'antimoine et de vanadium sont cités comme un moyen d'activation des cathodes. L'emploi de sels insolubles de molybdates de nickel a fait l'objet d'un développement récent par les Ateliers et Chantiers de Bretagne. Un revêtement d'alliage nickel-molybdène- vanadium a également été proposé [8].

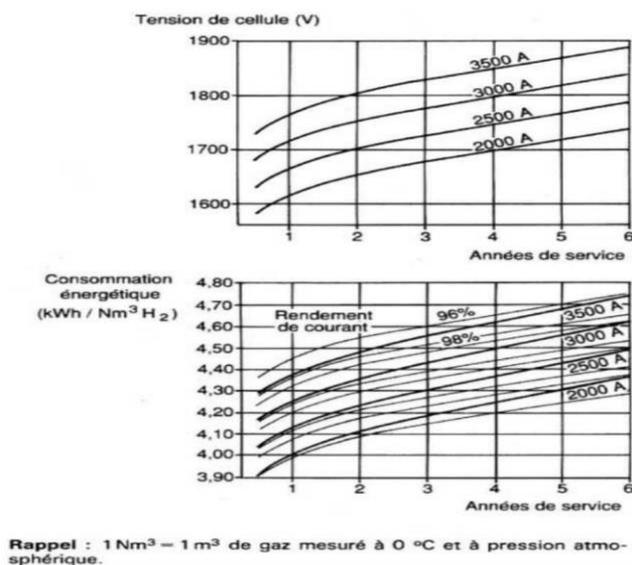


Figure II 6. Évolution des performances, en fonction du temps, d'un électrolyseur industriel avec activation nickel-soufre

2.2.3 Anodes

Les anodes sont constituées d'acier nickelé pour une température de fonctionnement inférieure à 90°C, et de nickel massif au-delà.

- Le dépôt catalytique des anodes reste l'objet de nombreuses recherches et la stabilité dans le temps demeure encore aujourd'hui un point délicat :
- -Le dépôt galvanique de nickel-soufre en bain de sulfate de nickel et de thiosulfate de sodium est employé par Norsk-Hydro jusqu'à 80°C [9].

Les oxydes mixtes semi-conducteurs font l'objet d'un développement récent pour les températures supérieures à 100°C ; une activation anodique à base de pérovskite $LaxSr_{1-x}CoO_3$ fixée à l'électrode par un liant à base de résine fluorée a été proposée.

-Des revêtements de nickel ou de nickel-fer ont été étudiés [10].

2.2.4 Diaphragmes

Membrane poreuse disposée entre l'anode et la cathode, le diaphragme sépare les bulles d'hydrogène des bulles d'oxygène en permettant le passage des ions. Le diamètre moyen des pores demeure de préférence inférieur à 1 μm . Il est nécessairement constitué d'un matériau hydrophile.

Un matériau conducteur (nickel fritté, toile métallique) peut être utilisé sous réserve que la chute ohmique inhérente au passage du courant entre ses deux faces demeure inférieure à 1,23 V de façon à éviter une électrolyse secondaire sur chaque face. On peut utiliser une feuille de nickel de faible épaisseur (0,1 mm) munie de trous carrés (2 000 trous/m²). Ces diaphragmes doivent être isolés des électrodes par des entretoises (grillages isolants par exemple) afin d'éviter les courts-circuits internes créés par des déformations sous l'effet de variations de pression instantanées.

Afin d'éviter ces problèmes d'isolation, on emploie de préférence des matériaux isolants. Le matériau le plus utilisé est l'amiante blanc (variété chrysotile) sous forme de carton (Lurgi) ou de toile (SRTI, Bamag) dont la température maximale d'emploi fut longtemps limitée à 90°C.

L'analyse des solutions de potasse permet de détecter des traces de silicate.

Il se produit dans la solution de potasse un équilibre chimique entre les ions silicates et le chrysotile, ce qui a pour effet de limiter la corrosion de ce dernier [11]. Il est donc recommandé, pour les électrolyseurs opérant à température inférieure à 90°C, d'éviter le renouvellement de l'électrolyte et, pour un fonctionnement à température supérieure, d'introduire le silicate nécessaire à l'équilibre dès le remplissage. La concentration d'équilibre en fonction de la température est donnée sur la figure 7.

La structure des toiles d'amiante est variable ; on recherche un tissu très serré qui conserve une faible épaisseur, par exemple des toiles renforcées par des fils de nickel. Le diaphragme d'amiante convient aujourd'hui aux conditions opératoires d'exploitation. La recherche de meilleures performances par un accroissement de la température de fonctionnement d'une part, les problèmes posés par l'apparition de cancers liés à l'emploi de l'amiante d'autre part, laissent penser qu'un matériau de substitution devra être mis en œuvre dans le futur. La zircone, dont les tests de corrosion en autoclave ont donné satisfaction jusqu'à 200 °C, pourrait sans doute convenir si le coût des tissus baissait.

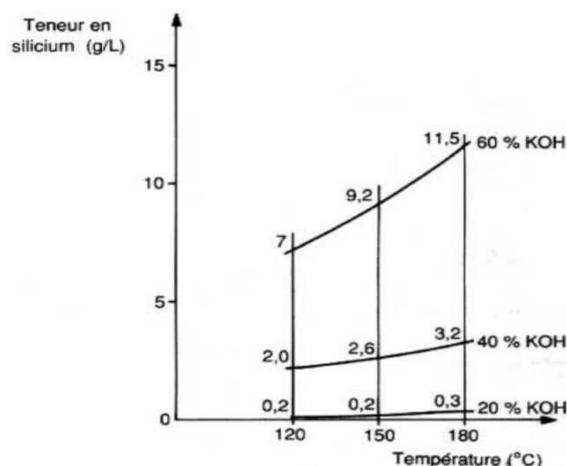


Figure II 7. Concentration d'équilibre du silicate dans la solution de potasse (en g de Si par litre) en fonction de la température d'après [12]

2.3 Conception des appareils industriels

2.3.1 Structures mono-polaire et bipolaire

Les premiers appareils d'électrolyse disposaient d'électrodes mono-polaires (figure 6) : chaque anode est connectée au pôle plus, chaque cathode au pôle moins. Cette disposition conduit à utiliser des transfo-redresseurs fonctionnant sous basse tension et forte intensité, de coût onéreux et engendrant des chutes ohmiques de contact importantes. Une première amélioration consiste à mettre en série des cuves d'électrolyse, mais la liaison de cuve à cuve nécessite toujours des conducteurs de forte section.

Le perfectionnement ultime est obtenu grâce aux électrodes bipolaires (figure 5) : une cellule d'électrolyse est définie par deux électrodes se faisant face et constituant les fonds. Chaque électrode est cathode sur une face et anode sur l'autre face. Les liaisons externes de cuve à cuve sont supprimées, la conduction s'opère à l'intérieur de l'électrode au travers de son épaisseur : la chute ohmique devient minimale.

Cette conception se retrouve aujourd'hui sur tous les appareils industriels, à l'exception de ceux de Noranda (Canada) qui semble attaché à la structure mono polaire héritée de Cominco. Cette conception introduit cependant une difficulté : l'électrode présente une face en milieu oxydant (l'anode) et une face en milieu réducteur (la cathode). En milieu basique, le choix du matériau d'électrode devient alors fort limité. Jusqu'à 90°C, l'acier doux muni d'un nickelage soigné du côté anodique convient parfaitement ; au-delà, les nickelages ne présentent pas une durée de vie suffisante, il devient nécessaire de faire appel au nickel massif.

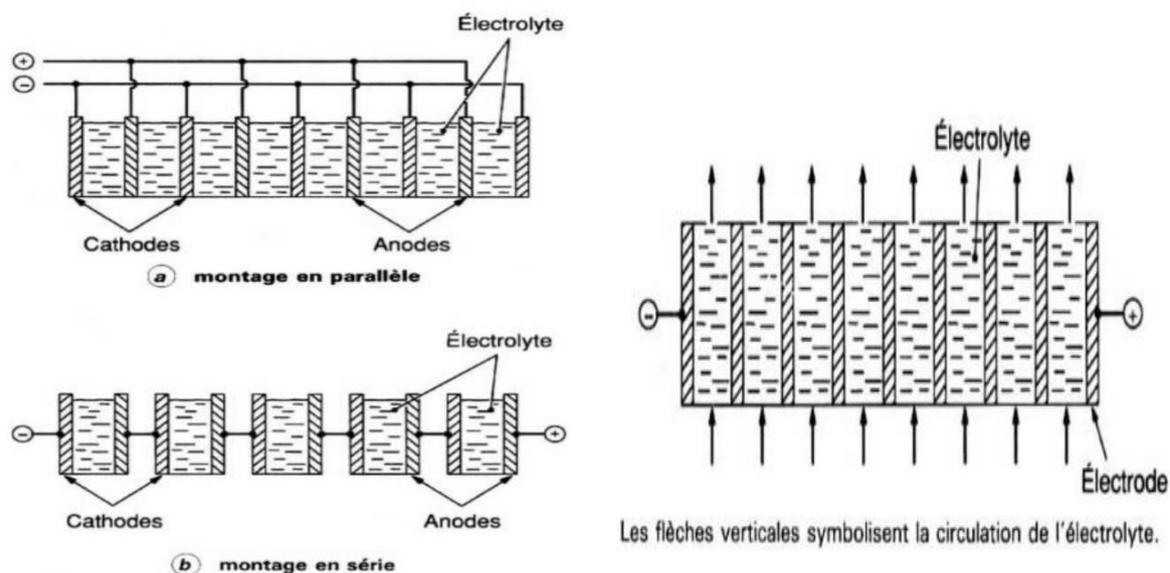


Figure II 8. Électrolyseur à électrodes bipolaires .**Figure II 9.** Électrolyseur à électrodes mono-polaires

2.3.2 Contrôle des températures et des concentrations

Un électrolyseur industriel fonctionne en général sous une tension comprise entre 1,8 et 2,2 V, située au-dessus de la tension thermomètre. La consommation énergétique est comprise entre 4,5 et 5 kWh/Nm³ d'hydrogène. Le rendement énergétique est donc toujours inférieur à 1 et il convient d'éliminer en permanence la chaleur dégagée liée aux irréversibilités. De plus, les réactions qui s'opèrent aux électrodes engendrent des déséquilibres de concentration qu'il convient de compenser.

La circulation de l'électrolyte dans tous les compartiments anodiques et cathodiques assure le refroidissement des cellules et le maintien des concentrations ioniques. L'écart de température entre l'entrée et la sortie des cellules d'électrolyse est généralement compris entre 5 et 15°C. Dans ces conditions, l'écart de concentrations ioniques entre l'anolyte et le catholyte demeure limité.

2.3.3 Équilibrage des débits et courants dérivés

Afin de maintenir un écart de température constant entrée-sortie entre toutes les cellules, il est indispensable d'assurer une répartition équilibrée du débit d'électrolyte entre plusieurs dizaines de cellules. Le dispositif employé est un ajutage disposé à l'entrée des cellules sur l'écoulement monophasique d'électrolyte. Cette restriction imposée à l'écoulement introduit localement une perte de charge comprise entre 0,05 et 0,1 MPa, qui

compense les fluctuations des pertes de charge en aval, liées à l'écoulement diphasique.

L'ajutage de sortie résulte d'un compromis défini par l'expérimentation. Il doit être de dimension plus importante que celui d'entrée : au débit d'électrolyte s'ajoute le débit de bulles d'hydrogène (ou d'oxygène). Cet écoulement diphasique est instable (tout particulièrement en électrolyse sous pression) : à débit volumique constant, la variation du taux de vide dans le capillaire de sortie de chaque cellule modifie instantanément et très sensiblement la perte de charge locale. À chaque instant, cette proportion gaz-liquide fluctue entre les différents canaux de sortie : des écarts de pression différentielle se manifestent entre tous les compartiments de l'empilement de cellules. S'ils ne sont pas maîtrisés, ils génèrent des mélanges anolyte-catholyte au travers du diaphragme aux conséquences parfois néfastes.

Lorsque le paquet de cellules est connecté en série, la différence de potentiel entre la première et la dernière cellule atteint parfois 600 V. Les canaux d'entrée et de sortie constituent des sources de courants dérivés entre les cellules. Le courant qui pénètre dans l'électrolyseur diminue progressivement d'une cellule à la suivante du fait de ce transformation externe jusqu'au milieu de l'empilement, puis se remet à croître jusqu'à sa valeur initiale en atteignant l'extrémité opposée. Ces courants dérivés sont une source de perte d'efficacité pour l'électrolyseur (rendement faradique) : les cellules ne produisent pas la même quantité d'hydrogène. On limite les courants dérivés en réduisant les diamètres des canaux d'entrée- sortie et en accroissant leur longueur. Cette condition est commune à l'équilibrage des débits pour le capillaire d'entrée. Au niveau du canal de sortie, par contre, elle s'oppose aux conditions d'un bon écoulement diphasique. Toutefois, la conductivité moyenne de l'électrolyte se trouve localement réduite par la présence des bulles. Le rendement faradique se situe entre 95 et 98 % grâce à un compromis optimal entre la section et la longueur des canaux.

2.3.4 Appareils fonctionnant à pression atmosphérique

La majorité des appareils industriels (Demag, Bamag, Oerlikon, CJB, Norsk-Hydro, Noranda, De Nora) opèrent sous une pression voisine de la pression atmosphérique.

Chaque cellule comporte plusieurs cadres empilés (figure 8). L'ensemble des cellules est maintenu par des tirants externes pourvus de rondelles élastiques destinées à compenser les écarts de dilatation entre les tirants à température fixe et l'empilement de cellules à température variable.

Après sortie de leurs dégazeurs respectifs, l'anolyte et le catholyte sont refroidis et remélangés avant réintroduction dans le collecteur d'entrée des cellules d'électrolyse (figure 9). À la sortie de son séparateur, l'hydrogène est refroidi afin d'atteindre le point de rosée souhaité, subit une dévésiculeur et passe sur un catalyseur de type Déoxo qui élimine les traces d'oxygène présentes par combustion. Une très grande pureté (> 99,99 % en volume) est alors atteinte.

2.3.5 Appareils fonctionnant sous pression

Sur ces appareils, l'étanchéité de l'empilement vis-à-vis de l'atmosphère devient critique et plusieurs solutions sont envisageables.

On utilise l'empilement réalisé dans les appareils précédents mais chaque cellule est constituée d'une couronne circulaire dimensionnée pour maintenir la pression retenue. Cette conception a été développée dans le seul électrolyseur industriel commercialisé actuellement: l'appareil Lurgi (figure 10). Afin de conserver l'étanchéité de l'empilement de cellules d'électrolyse, une température constante est nécessaire : les serpentins de refroidissement d'électrolyte disposés dans les séparateurs d'hydrogène et d'oxygène permettent de réchauffer l'électrolyte par de la vapeur lors de l'interruption de l'électrolyse, mais la circulation doit être permanente.

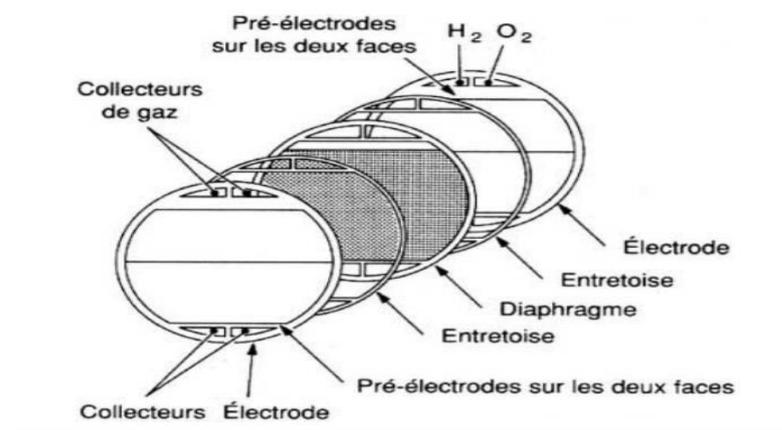


Figure II 10. Vue éclatée d'une cellule d'électrolyse

On sépare les fonctions de maintien de la pression et d'étanchéité interne des cellules. L'empilement est alors disposé dans une enceinte de pressurisation et trois pressions doivent être maintenues très voisines : anolyte, catholyte, fluide de confinement. Le choix de ce fluide de confinement influe sur le système d'asservissement:

Un gaz inerte (l'azote en général) est compressible et nécessite un réglage fin de la pression

Un liquide permet le contact direct avec l'hydrogène, l'oxygène ou l'électrolyte au moyen d'une colonne de liquide définissant précisément les pressions différentielles entre anolyte, catholyte et fluide de confinement. Ce peut être l'eau désionisée d'alimentation (appareil CJB) ou une huile isolante inerte compatible et non miscible avec l'électrolyte.

Lorsque l'empilement de cellules est constitué de couronnes circulaires maintenant la pression, les collecteurs d'entrée-sortie sont composés de manchons vissés sur les électrodes ou les diaphragmes. Les circuits d'anolyte et de catholyte peuvent alors être totalement séparés, la compensation des écarts de concentration s'effectue partiellement par diffusion au travers du diaphragme (SRTI) au détriment de la tension de cellule.

L'électrolyseur Lurgi présente par contre un seul collecteur d'entrée et un trou percé en partie basse des cellules permet de répartir l'électrolyte en anolyte et catholyte, tout en permettant un rééquilibrage rapide des pressions différentielles à l'intérieur des cellules.

L'équilibrage des pressions d'anolyte et de catholyte dans les collecteurs de sortie s'effectue au moyen de tubes en U, situés le long d'une génératrice inférieure des séparateurs d'hydrogène et d'oxygène, qui assurent le transfert de liquide nécessaire.

2.3.6 Évolution de la technologie

- L'électrolyse de l'eau en milieu alcalin profite d'une longue expérience. Son développement futur s'appuiera essentiellement sur la mise au point et le développement de nouveaux matériaux permettant un fonctionnement à plus haute température autorisant une densité de courant plus importante sous une tension de cellule sensiblement constante.

- L'électrolyse en milieu acide connaît une nouvelle jeunesse avec les travaux de la General Electric Company sur les piles à combustibles. La principale caractéristique réside dans l'emploi d'une membrane cationique de type Nafion (polymère perfluoré d'acide sulfonique) et de catalyseurs à base de métaux précieux en cathode (noir de platine) et en anode. Actuellement, l'application industrielle porte sur la production de faibles quantités d'hydrogène très pur pour les laboratoires [13].

- L'électrolyse de la vapeur d'eau pourrait modifier totalement la technique : la tension de décomposition réversible chute de 1,23 V (à 25 °C) à 0,95 V (à 1 000°C). Le support constituant le diaphragme serait alors constitué d'un oxyde électrolyte solide (zircone

stabilisée à l'oxyde d'yttrium par exemple), la cathode d'un dépôt de nickel fixé sur ce support et l'anode d'un dépôt d'oxyde mixte (oxyde d'indium stabilisé par de l'oxyde d'étain) [14].

3 Stockage de l'hydrogène :

3.1 Installation du poste de remplissage de bouteilles

3.1.1 Directives générales pour l'installation du poste de remplissage de bouteilles

Une signalisation des dangers, actions interdites et équipements de protection requis doit être placée à toutes les entrées menant au poste de remplissage de bouteilles. La signalisation d'identification des dangers doit comprendre (sans s'y limiter) :



Inflammable



Gaz sous pression

Figure II 11. Panneaux d'identification des dangers

La signalisation d'identification des actions interdites doit comprendre (sans s'y limiter) :



Flammes nues interdites



Interdiction de fumer



Téléphones portables interdits

Figure II 12. Panneaux d'identification des actions interdites

La signalisation d'identification des équipements de protection requis doit comprendre (sans s'y limiter) :



Lunettes de sécurité



Protection auditive



Chaussures de sécurité

Figure II 13. Panneaux d'identification des équipements de sécurité obligatoires

Le lieu d'installation du poste de remplissage de bouteilles doit être choisi sur la base des critères suivants:

- L'accès au lieu peut être interdit aux personnes non autorisées.
- Ne placez pas le poste de remplissage de bouteilles à un endroit difficile d'accès ou sur une voie d'évacuation.
- L'endroit doit être aéré de manière naturelle ou mécanique.
- L'endroit ne doit pas être utilisé à d'autres fins (p. ex. stockage de pièces de rechange, palettes, etc.).
- Après l'installation du poste de remplissage de bouteilles, l'endroit doit entrer dans la classification des zones dangereuses ATEX Zone 2, groupe de gaz IIC, classe de température T1.
- Si nécessaire, prévoyez une barrière pour protéger le poste de remplissage de II est recommandé de protéger le poste de remplissage de bouteilles contre l'exposition à des éléments météorologiques, tels que la pluie, la neige et la lumière directe du soleil.
- Assurez une base adéquate (p. ex. dalle de béton) à la fixation mécanique du poste de remplissage de bouteilles [15].
- bouteilles contre les collisions avec des véhicules, tels que des voitures ou des camions.

3.1.2 Directives d'installation mécanique du poste de remplissage de bouteilles :

1. Placez le poste de remplissage de bouteilles au lieu désigné et fixez-le à l'aide de boulons ou d'autres moyens mécaniques pour éviter qu'il ne se renverse.

2. Installez la conduite de mise à l'air libre de l'hydrogène du poste de remplissage de bouteilles conformément au PID. Gardez les directives suivantes à l'esprit :

3. Faites dépasser la conduite de mise à l'air libre d'au moins 1 mètre au-dessus des structures environnantes (ou de la distance conforme aux réglementations et normes locales).

4. Placez la sortie de la conduite de mise à l'air libre de l'hydrogène à distance de toute source d'inflammation et dans une position où le vent et les courants d'air rabattants n'amèneront pas le gaz qui s'échappe dans une entrée de ventilation, une zone de travail

ou tout autre endroit où cela représenterait un danger.

5. -Raccordez la conduite d'entrée de H₂ du poste de remplissage de bouteilles aux équipements du processus en amont conformément au PID.

6. Utilisez de l'acier inoxydable 316 L pour tous les tuyaux/toutes les conduites d'hydrogène.

7. Tous les tuyaux et conduites d'hydrogène doivent avoir un code couleur clair et/ou doivent être étiquetés (selon les réglementations locales).

8. Les conduites doivent être montées de manière à ne subir aucune contrainte mécanique au niveau des raccordements.

9. Prévoyez la conduite d'alimentation en azote du poste de remplissage de bouteilles conformément au PID.

10. Il est extrêmement important de ne pas s'écarter du PID !

11. Pour éviter toute confusion, nous souhaitons établir de manière explicite qu'il est interdit de laisser la conduite d'alimentation en azote raccordée en permanence au poste de remplissage de bouteilles. La conduite d'alimentation en azote est un raccordement temporaire uniquement destiné aux purges et elle doit être débranchée à la fin de chaque purge.

3.1.3 Directives d'installation électrique du poste de remplissage de bouteilles :

L'installation électrique se limite à l'interconnexion des instruments du poste de remplissage de bouteilles (si d'application) ainsi qu'à la mise à la terre et la connexion du poste de remplissage des bouteilles pour éviter toute accumulation d'électricité statique.

3.2 Installation de la pompe à vide :

3.2.1 Directives supplémentaires pour l'installation de la pompe à vide :

Toujours au P&ID concernant l'installation de la pompe à vide. La pompe à vide doit être installée dans un lieu à usage général. Par conséquent, la pompe à vide ne doit pas être installée à proximité immédiate du poste de remplissage de bouteilles. Elle n'est pas prévue pour être raccordée en permanence au poste de remplissage de bouteilles et ne

doit donc pas l'être. Puis l'installez la pompe à vide afin que son évacuation se trouve dans une zone bien aérée (naturellement ou mécaniquement)[16].

3.3 Utilisation:

3.3.1 Transport des bouteilles :

Les directives de sécurité essentielles suivantes doivent être respectées lors du transport de bouteilles :

1. Les robinets de la bouteille doivent être fermés.
2. Les régulateurs doivent être retirés de la bouteille.
3. Les bouchons du robinet doivent être en place (si d'application).
4. Les bouteilles individuelles doivent être fixées dans un chariot à bouteilles à l'aide d'une chaîne. Voir exemple image 14.
5. Ne portez pas et ne faites pas rouler les bouteilles horizontalement.

Il est interdit de fumer pendant le transport de bouteilles.



Figure II 14: Exemple de chariot à bouteilles avec une chaîne

3.4 Instructions générales pour le raccordement des bouteilles au poste de remplissage de bouteille:

3.4.1 Inspection :

Les bouteilles doivent toujours être inspectées selon la liste suivante avant d'être raccordées au poste de remplissage de bouteilles. Les bouteilles qui ne respectent pas ces exigences doivent être mises de côté pour une inspection supplémentaire ou doivent être écartées :

- La bouteille ne présente aucun signe de dégât, de corrosion, de brûlure ou d'autres défauts mécaniques.
- La date du prochain test de pression hydrostatique de la bouteille n'a pas été dépassée.

Si une bouteille doit être remplie d'hydrogène, les inspections supplémentaires suivantes sont requises. Les bouteilles qui ne respectent pas ces exigences doivent être mises de côté pour subir une purge à l'azote et une mise sous vide :

Présence d'un marquage/étiquetage :

La bouteille porte clairement une étiquette stipulant « Bouteille purgée au N₂ et mise sous vide».

oû:

La bouteille porte clairement une étiquette stipulant « Bouteille sous pression avec H₂ ». Les bouteilles portant une étiquette indiquant « Bouteille sous pression avec H₂ » doivent être examinées pour détecter la pression résiduelle. Une pression résiduelle d'au moins 5 bars est recommandée. Les bouteilles sans pression résiduelle doivent être purgées au N₂ et mises sous vide avant toute utilisation ultérieure. Ces bouteilles doivent être fournies avec leurs robinets complètement fermés.

3.4.2 Raccordement au poste de remplissage de bouteilles :

Seules des bouteilles contenant les mêmes contenus seront raccordées ensemble au poste de remplissage de bouteilles. Ne mélangez jamais des bouteilles contenant de l'air et des bouteilles contenant de l'hydrogène. Vérifiez les étiquettes des bouteilles avant de les raccorder au poste de remplissage de bouteilles. Placez la bouteille à l'endroit indiqué sur le poste de remplissage de bouteilles.

-Attachez solidement la bouteille à l'aide de la chaîne ou de la bande prévue à cet effet pour l'empêcher de tomber ou de se renverser.

- Assurez-vous que le robinet de la bouteille est fermé.
- Assurez-vous que les vannes de raccordement du poste de remplissage de bouteilles sont fermées.
- Raccordez les bouteilles au poste de remplissage de bouteilles à l'aide des tuyaux et connecteurs flexibles prévus à cet effet.
- Vérifiez bien que le raccordement de chaque bouteille au poste de remplissage de b.

3.5 Étapes de base du fonctionnement :

Le fonctionnement du poste de remplissage de bouteilles comporte six (6) activités distinctes :

- 1 purge à l'azote des bouteilles

- 2 Mise sous vide des (uniquement après purge à l'azote).
- 3 Raccordement des bouteilles à remplir
- 4 Préparation du collecteur du poste de remplissage de bouteille pour utilisation
- 5 Remplissage des bouteilles avec de l'hydrogène
- 6 Déconnexion des bouteilles à la fin du remplissage de l'hydrogène

Chacune de ces six activités sera abordée dans les sections ultérieures.

3.5.1 Purge à l'azote des bouteilles:

La purge à l'azote des bouteilles est uniquement requise dans les cas suivants:

- Avant la première utilisation
 - Après l'entretien de la bouteille
- } La bouteille contient de l'air
- Avant l'entretien de la bouteille
- } Supposition de présence d'hydrogène dans la bouteille
- Si la bouteille contient des contenus Inconnus
- } Réalisez une évaluation des risques et suivez ses règles et réglementations avant de tenter de purger la bouteille ou de continuer à l'utiliser

Pour éviter toute confusion, chaque situation sera clairement définie.

➤ Avant la première utilisation:

Avant la première utilisation, une bouteille peut contenir de l'air. Le but d'une purge à l'azote d'une bouteille est d'éliminer l'air à l'intérieur et de le remplacer par un gaz inerte, comme l'azote. Une fois la purge réalisée, la bouteille ne contient plus assez d'oxygène pour pouvoir former un mélange inflammable/explosif lorsqu'elle est remplie d'hydrogène.

➤ Après l'entretien de la bouteille

L'entretien de bouteilles de gaz comprimé comprend généralement un test de pression hydrostatique. Après avoir éliminé l'eau de la bouteille, la bouteille contient de l'air. Le but d'une purge à l'azote d'une bouteille est d'éliminer l'air à l'intérieur et de le remplacer par un gaz inerte, comme l'azote. Une fois la purge réalisée, la bouteille ne contient plus assez d'oxygène pour pouvoir former un mélange inflammable/explosif lorsqu'elle est remplie d'hydrogène.

➤ **Avant l'entretien de la bouteille:**

Lorsqu'une bouteille a été utilisée, elle contient de l'hydrogène. Pour pouvoir réaliser un entretien de la bouteille en toute sécurité, l'hydrogène doit être éliminé de la bouteille et remplacé par un gaz inerte comme l'azote.

➤ **Si la bouteille contient des contenus inconnus:**

Dans plusieurs cas, le contenu de la bouteille peut être inconnu. Par exemple bouteilles sans pression résiduelle, bouteilles retournées avec vanne ouverte, etc. Réalisez une évaluation des risques et suivez ses règles et réglementations avant de tenter de purger la bouteille ou de continuer à l'utiliser.

3.5.1.1 Purge à l'azote de bouteilles contenant de l'air :

L'azote utilisé pour les purges doit présenter une pureté d'au moins 99,8 % (degré de pureté de 2,8). En outre, l'azote ne doit contenir ni huile ni particules.

Les bouteilles peuvent être purgées en mettant la bouteille sous pression à plusieurs reprises en la remplissant d'azote, ce qui permet à l'azote et à l'air de se mélanger, et en relâchant ensuite la pression. Les bouteilles peuvent être purgées séparément ou elles peuvent être purgées en étant raccordées au poste de remplissage de bouteilles. Utilisez le tableau 1 pour les indications. Une bouteille est considérée comme correctement purgée si l'impureté de l'oxygène est $< 0,5$

Tableau II 4: Directives de base pour la purge à l'azote de bouteilles contenant de l'air

Étape	Action	Pression	Impureté estimée de l'O ₂
1.	Ouvrez la bouteille à l'atmosphère et laissez-la se vider jusqu'à :	0,0 bar	21,0 %
2.	Remplissez la bouteille d'azote jusqu'à :	4,0 bar	5,25 %
3.	Ouvrez la bouteille à l'atmosphère et laissez-la se vider jusqu'à :	0,5 bar	5,25 %
4.	Remplissez la bouteille d'azote jusqu'à :	4,0 bar	1,97 %
5.	Ouvrez la bouteille à l'atmosphère et laissez-la se vider jusqu'à :	0,5 bar	1,97 %
6.	Remplissez la bouteille d'azote jusqu'à :	4,0 bar	0,74 %
7.	Ouvrez la bouteille à l'atmosphère et laissez-la se vider jusqu'à :	0,5 bar	0,74 %
8.	Remplissez la bouteille d'azote jusqu'à :	4,0 bar	0,28 %
9.	Ouvrez la bouteille à l'atmosphère et laissez-la se vider jusqu'à :	0,5 bar	0,28%

3.5.1.2 Purge à l'azote de bouteilles contenant de l'hydrogène

L'azote utilisé pour les purges doit présenter une pureté d'au moins 99,8 % (degré de pureté de 2,8).

En outre, l'azote ne doit contenir ni huile ni particules. Les étapes de la purge sont globalement les mêmes que celles décrites dans la section 3.6.1.1, mais des étapes supplémentaires sont requises dans la mesure où 100 % d'hydrogène doivent être dilués au lieu de 21 % d'oxygène.

Utilisez ce tableau 2 pour les indications. Une bouteille est considérée comme correctement purgée si l'impureté de l'hydrogène est $< 0,5\%$

Tableau II 5 : Directives de base pour à l'azote de bouteilles contenant de l'hydrogène

Étape#	Action	Pression	Impureté estimée de l'H ₂
1.	Ouvrez la bouteille à l'atmosphère et laissez-la se vider jusqu'à :	0,5 bar	100,0 %
2.	Remplissez la bouteille d'azote jusqu'à :	4,0 bar	37,50 %
3.	Ouvrez la bouteille à l'atmosphère et laissez-la se vider jusqu'à :	0,5 bar	37,50 %
4.	Remplissez la bouteille d'azote jusqu'à :	4,0 bar	14,06 %
5.	Ouvrez la bouteille à l'atmosphère et laissez-la se vider jusqu'à :	0,5 bar	4,06 %
6.	Remplissez la bouteille d'azote jusqu'à :	4,0 bar	5,27 %
7.	Ouvrez la bouteille à l'atmosphère et laissez-la se vider jusqu'à :	0,5 bar	5,27 %
8.	Remplissez la bouteille d'azote jusqu'à :	4,0 bar	1,98 %
9.	Ouvrez la bouteille à l'atmosphère et laissez-la se vider jusqu'à :	0,5 bar	1,98%
10.	Remplissez la bouteille d'azote jusqu'à :	4,0 bar	0,74%
11.	Ouvrez la bouteille à l'atmosphère et laissez-la se vider jusqu'à :	0,5 bar	0,74%
12.	Remplissez la bouteille d'azote jusqu'à :	4,0 bar	0,28%
13.	Ouvrez la bouteille à l'atmosphère et laissez-la se vider jusqu'à :	0,5 bar	0,28%

3.5.1.3 Purge à l'azote de bouteilles raccordées au poste de remplissage de bouteilles

➤ Préparation

- Isolez le poste de remplissage de bouteilles des équipements en amont en fermant HV BF_H et BVCP_H-Out 2.
- Isolez les bouteilles du poste de remplissage de bouteilles en fermant toutes les

vannes nécessaires sur la bouteille (HVx B_H) et le poste de remplissage des bouteilles (HVx BF_H).

- Assurez-vous que la conduite temporaire d'azote est débranchée et que HV BF_H-N et HV BF_H-Nb sont fermés.
- Évacuez toute pression résiduelle du poste de remplissage de bouteilles en ouvrant HV BF_H-A et HV2BF_H-A.
- Ouvrez une à une les vannes menant aux bouteilles (n'ouvrez pas les bouteilles en même temps) et évacuez toute pression résiduelle jusqu'à:
 - 0 bar si les bouteilles contiennent de l'air.
 - Environ 0,5 bar si les bouteilles contiennent de l'hydrogène
- Fermez le robinet de la bouteille dès que la pression résiduelle atteint le niveau mentionné ci-dessus.
- Assurez-vous que la pression de l'alimentation en azote du poste de remplissage de bouteilles se situe entre 6 et 10 bars.
- Fermez les vannes d'aération du poste de remplissage de bouteilles en fermant HV BF_H-A et HV2BF_H-A.
- Raccordez la conduite d'alimentation temporaire en azote entre BV N-BF_H et HV BF_H-N.

Toutes les bouteilles requises peuvent à présent être ouvertes (HVx B_H) pour être raccordées au poste de remplissage de bouteilles.

➤ **Purge des bouteilles**

- Pour les purges, suivez les recommandations décrites dans les sections 3.6.1.1. ou 3.6.1.2 :
 - Vous pouvez vider à l'atmosphère en évacuant la pression résiduelle requise pour le poste de remplissage de bouteilles pendant que les bouteilles sont interconnectées en ouvrant HV BF_H-A et HV2 BF_H-A.
 - Le remplissage des bouteilles en azote peut être réalisé via la conduite d'alimentation (temporaire) en azote en ouvrant BV N-BF_H, HV BF_H-N et HV BF_H-Nb.
 - Purgez les bouteilles jusqu'à ce que la concentration en O₂ (référez-vous à la section 3.6.1.1) ou en H₂ (référez-vous à la section 3.6.1.2) requise soit atteinte.

➤ **Clôture**

- Isolez les bouteilles du poste de remplissage de bouteilles en fermant toutes les

vannes requises sur la bouteille (HVx B_H) et le poste de remplissage de bouteilles (HVx BF_H).

- Marquez clairement les bouteilles purgées à l'aide d'une étiquette stipulant « Bouteille purgée au N₂ ».
- Fermez l'alimentation en azote du poste de remplissage de bouteilles en fermant BV N-BF_H, HVBF_H-N et HV BF_H-Nb.
- Retirez la conduite d'alimentation temporaire en azote entre BV N-BF_H et HV BF_H-N.

3.5.2 Mise sous vide des bouteilles

La mise sous vide d'une bouteille est uniquement nécessaire après la purge à l'azote de cette bouteille. Le but de la mise sous vide est de s'assurer que la bouteille puisse être remplie d'hydrogène ayant la pureté requise. Cette tâche est réalisée en minimisant le contenu résiduel d'azote ou d'autres gaz dans la bouteille.

- Assurez-vous que la bouteille à raccorder porte l'étiquette « Bouteille purgée au N₂ ».
- Raccordez la bouteille à la pompe à vide. Gardez le robinet de la bouteille fermé.
- Assurez-vous que l'évacuation de la pompe à vide est située dans une zone bien aérée (mécaniquement ou naturellement).
- Allumez la pompe à vide.
- Ouvrez le robinet de la bouteille.
- Assurez-vous que la pompe à vide met la bouteille sous vide.
- La pression de la bouteille peut être consultée sur le manomètre du support de la pompe à vide.
- Fermez le robinet de la bouteille.
- Arrêtez la pompe à vide.

Marquez clairement la bouteille mise sous vide à l'aide d'une étiquette stipulant « Bouteille purgée au N₂ et mise sous vide ».

3.5.3 Préparation du collecteur du poste de remplissage de bouteilles pour utilisation :

3.5.3.1 Purge à l'azote du collecteur du poste de remplissage de bouteilles

La purge à l'azote peut être éludée si le collecteur du poste de remplissage de bouteilles est pressurisé avec de l'hydrogène > 0,5 bar.

- Le collecteur du poste de remplissage de bouteilles doit être purgé à l'azote :
 - Avant la première utilisation
 - Avant/après l'entretien
 - Si la pression à l'intérieur du collecteur du poste de remplissage de bouteilles est inférieure à 0,5 bar
- Isolez le poste de remplissage de bouteilles des équipements en amont en fermant HV BF_H et BVCP_H-Out 2.

Isolez les bouteilles du poste de remplissage de bouteilles en fermant tous les robinets requis sur les bouteilles (HVx B_H).

- Ouvrez les vannes menant aux bouteilles (HVx BF_H) sur le poste de remplissage de bouteilles afin que les tuyaux flexibles de raccordement aux bouteilles puissent également être purgés à l'azote.
- Assurez-vous que la conduite temporaire d'azote est débranchée et que HV BF_H-N et HV BF_H-Nb sont fermés.
- Évacuez toute pression résiduelle du poste de remplissage de bouteilles en ouvrant HV BF_H-A et HV2BF_H-A.
- Assurez-vous que la pression de l'alimentation en azote du poste de remplissage de bouteilles se situe entre 6 et 10 bars.
- Raccordez la conduite d'alimentation temporaire en azote entre BV N-BF_H et HV BF_H-N.
- Commencez par rincer le collecteur du poste de remplissage de bouteilles avec de l'azote en ouvrant BV N-BF_H, HV BF_H-N et HV BF_H-Nb.
- Rincez le collecteur du poste de remplissage de bouteilles avec de l'azote pendant 180 secondes (3 minutes).
- Il est recommandé de vérifier que le collecteur du poste de remplissage de bouteilles ne présente aucune fuite pendant la purge à l'azote.
- Fermez les vannes d'aération du poste de remplissage de bouteilles en fermant HV BF_H-A et HV2BF_H-A.
- Fermez l'alimentation en azote du poste de remplissage de bouteilles en fermant BV N-BF_H, HVBF_H-N et HV BF_H-Nb.
- Retirez la conduite d'alimentation temporaire en azote entre BV N-BF_H et HV BF_H-N.

3.5.3.2 Purge à l'hydrogène du collecteur du poste de remplissage de bouteilles

La purge à l'hydrogène peut être éludée si le collecteur du poste de remplissage de bouteilles est pressurisé avec de l'hydrogène > 0,5 bar.

- Le collecteur du poste de remplissage de bouteilles doit être purgé à l'hydrogène après une purge à l'azote réalisée sur le poste de remplissage de bouteilles lui-même.
- Isolez le poste de remplissage de bouteilles des équipements en amont en fermant HV BF_H et BVCP_H-Out 2.

Isolez les bouteilles du poste de remplissage de bouteilles en fermant tous les robinets requis sur les bouteilles (HVx B_H).

- Ouvrez les vannes menant aux bouteilles (HVx BF_H) sur le poste de remplissage de bouteilles afin que les tuyaux flexibles de raccordement aux bouteilles puissent également être purgés à l'hydrogène.
- Assurez-vous que la conduite temporaire d'azote est débranchée et que HV BF_H-N et HV BF_H-Nb sont fermés.
- Assurez-vous que la ou les vannes à l'atmosphère du poste de remplissage de bouteilles sont fermées.
- Raccordez une bouteille au collecteur du poste de remplissage de bouteilles qui est totalement pressurisé (> 75 % de pression nominale) avec de l'hydrogène de pureté requise.
- Ouvrez la vanne vers cette bouteille lentement afin que le collecteur du poste de remplissage de bouteilles soit pressurisé avec de l'hydrogène.
- Il est recommandé de vérifier que le poste de remplissage de bouteilles ne présente aucune fuite à l'aide d'un liquide de détection des fuites à cette étape.
- Réalisez la purge à l'hydrogène du poste de remplissage de bouteilles comme suit :
 - Notez la pression à l'intérieur du poste de remplissage de bouteilles.
 - Ouvrez lentement la ou les vannes à l'atmosphère sur le poste de remplissage des bouteilles.
 - Purgez la station de remplissage jusqu'à ce que la pression soit réduite de 10 bars par rapport à la pression de base.
 - Fermez la ou les vannes à l'atmosphère sur le poste de remplissage de bouteilles.

3.5.3.3 Pressurisation initiale et vérification des fuites du poste de remplissage de bouteilles

Pour éviter toute infiltration d'air dans le collecteur du poste de remplissage de bouteilles, en particulier lors du raccordement des bouteilles mises sous vide, il est fortement recommandé de toujours laisser au moins une bouteille pressurisée avec la pureté correcte d'hydrogène raccordée au collecteur du poste de remplissage de bouteille. Il s'agit également d'une bonne occasion pour détecter d'éventuelles fuites.

- Assurez-vous que le collecteur du poste de remplissage de bouteilles est à une pression positive. Si pas, le collecteur ne doit être purgé à l'azote et ensuite à l'hydrogène.
- Isolez le poste de remplissage de bouteilles des équipements en amont en fermant HV BF_H et BVCP_H-Out 2.
- Isolez les bouteilles du poste de remplissage de bouteilles en fermant tous les robinets requis sur les bouteilles (HVx B_H).
- Ouvrez les vannes menant aux bouteilles (HVx BF_H) sur le poste de remplissage de bouteilles (mesure requise pour détecter des fuites).

Assurez-vous que la conduite temporaire d'azote est débranchée et que HV BF_H-N et HV BF_H-Nb sont fermés.

- Assurez-vous que la ou les vannes à l'atmosphère du poste de remplissage de bouteilles sont fermées.
- Raccordez une bouteille au collecteur du poste de remplissage de bouteilles qui est totalement pressurisé (> 75 % de pression nominale) avec de l'hydrogène de pureté requise.
- Marquez clairement ou étiquetez cette bouteille afin qu'elle soit facile à reconnaître
- Ouvrez les vannes vers cette bouteille lentement afin que le collecteur du poste de remplissage de bouteilles soit pressurisé avec de l'hydrogène pour empêcher toute infiltration d'air.
- Le poste de remplissage de bouteilles doit être vérifié pour détecter des fuites à l'aide d'un liquide de détection des fuites à cette étape. (Faites surtout attention aux fuites au niveau des points de raccordement des tuyaux flexibles vers les bouteilles de H₂).

3.5.4 Remplissage des bouteilles avec de l'hydrogène

- Assurez-vous que le collecteur du poste de remplissage de bouteilles est pressurisé > 75 % de pression nominale via le raccordement de l'une des bouteilles pressurisées. Cette mesure permet d'empêcher l'infiltration d'air, en particulier lors du remplissage des

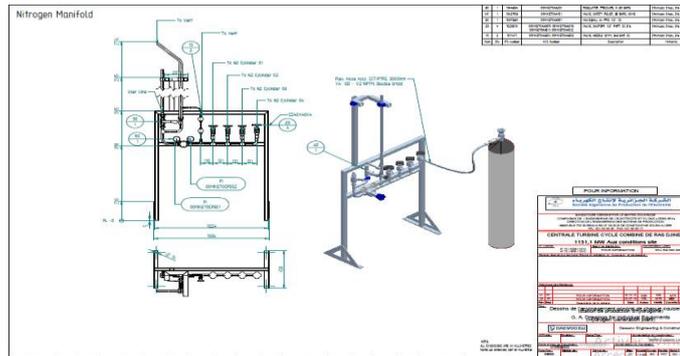
bouteilles mises sous vide. La bouteille doit être clairement marquée ou étiquetée afin qu'elle soit facile à reconnaître.

- Assurez-vous que tous les robinets des bouteilles sont fermés, à l'exception de la bouteille mentionnée ci-dessus.
- Assurez-vous que la ou les vannes à l'atmosphère du poste de remplissage de bouteilles sont fermées.
- Assurez-vous que toutes les vannes du poste de remplissage vers les bouteilles raccordées (HVx BF_H) sont ouvertes.
- Raccordez le poste de remplissage de bouteilles aux équipements en amont en ouvrant les vannes d'entrée HV BF_H et BV CP_H-Out.

Ouvrez tous les robinets des bouteilles raccordées (HVx B_H).

- Allumez les équipements de génération d'hydrogène en amont.
- Commencez à remplir les bouteilles d'hydrogène.
- Détectez des fuites éventuelles sur les robinets des bouteilles et les raccordements pendant le remplissage à l'aide d'un liquide de détection des fuites. Arrêtez le processus de remplissage si vous détectez des fuites.
- Poursuivez le remplissage des bouteilles jusqu'à ce que le compresseur en amont s'arrête automatiquement (p. ex. lorsque sa pression paramétrée est atteinte).
- Fermez tous les robinets des bouteilles raccordées (HVx B_H).
- Fermez toutes les vannes du poste de remplissage vers les bouteilles raccordées (HVx BF_H).
- Retirez toute étiquette ou marque sur les bouteilles indiquant « Bouteille purgée au N2 et mise sous vide ».

Marquez clairement la bouteille remplie à l'aide d'une étiquette stipulant « Bouteille pressurisée avec du H₂ ».



3.5.5 Débranchement des bouteilles après remplissage d'hydrogène

- Vérifiez bien qu'aucune bouteille ne porte plus une étiquette ou une marque indiquant « Bouteille purgée au N₂ et mise sous vide ».
- Vérifiez bien que toutes les bouteilles sont clairement marquées d'une étiquette stipulant « Bouteille pressurisée avec du H₂ ».

Vérifiez bien que toutes les vannes du poste de remplissage vers les bouteilles raccordées sont fermées.

- Vérifiez bien que tous les robinets des bouteilles raccordées sont fermés.
- Retirez le raccordement via les tuyaux flexibles et les connecteurs des bouteilles vers le poste de remplissage de bouteilles.
- Retirez la chaîne prévue ou la bande d'une bouteille pour qu'elle puisse être retirée du poste de remplissage de bouteilles. Réalisez cette opération sur une bouteille à la fois pour éviter que les bouteilles ne tombent ou ne se renversent [17].

4 Conclusion :

Une description détaillée du processus de la production de l'hydrogène ainsi la méthode de stockage présenté dans ce chapitre montre la complexité de fonctionnement de ce système dans la station qui repose sur les aspects théoriques de l'électrolyse de l'eau et tout en utilisant les caractéristiques physicochimiques ainsi que hydrauliques. cette complexité dérive de la complexité de la conception des appareils industriels utilisés.

Chapitre 3 :

Etude technique de la station de l'H₂

1 Introduction :

La station de production de l'hydrogène de la centrale de CAP DJINET est fournie par Hydrogeniques, c'est un système à hydrogène tout en un comprenant 2 lignes à 100 % composées chacune de :

- Un électrolyseur d'eau HySTAT 15 d'une capacité de maximale de 15 Nm³/h.
- D'hydrogène, d'une pureté jusqu'à 99,998 % et d'une pression de 10-20 bar

Un petit réservoir tampon intermédiaire.

Un compresseur installé sur châssis mobile pour augmenter la pression jusqu'à 160 bar.

L'hydrogène est alimenté au départ du compresseur dans une station de remplissage où jusqu'à trois racks de 16 bouteilles de 50 l de H2 peuvent être remplies simultanément.

L'ensemble HySTAT/compresseur est configuré par défaut pour être démarré manuellement par l'opérateur chaque fois que le remplissage des bouteilles de H2 est jugé nécessaire.

2 Présentation du système L'unité:

Comprend plusieurs sous-systèmes :

Partie des procédés : cette partie produit, pressurise et fournit l'hydrogène. Cette partie comprend le châssis mobile de procédé, le réservoir tampon, le compresseur, le poste de remplissage des bouteilles d'hydrogène et de la pompe à vide.

Partie d'alimentation en eau déminéralisée : cette partie fournit l'eau déminéralisée nécessaire à la partie des procédés. Elle comprend le panneau de mesure de la conductivité.

Partie d'alimentation en eau de refroidissement : cette partie refroidit les équipements de la partie des procédés. Elle comprend les refroidisseurs.

Partie d'alimentation électrique et du système de commande : cette partie alimente et commande l'ensemble des équipements de l'installation complète. Elle comprend le centre de commande du moteur (Motor Control Center - MCC), le tableau principal (Master Panel MP), le tableau de commande (Control Panel - CP), le tableau de commande du compresseur, l'armoire électrique et les détecteurs d'hydrogène [18].

Des schémas d'agencement général d'usine H₂.

3 Principaux composants :

3.1 Châssis mobile de procédé :

Cet équipement est destiné à une installation à l'intérieur. La partie Procédé assurant la production d'H₂ est classée uniquement pour les zones II. La partie Procédé se présente sous forme de châssis entièrement assemblé prêt à être utilisé et facile à installer et comprend les équipements référencés ci-dessous :

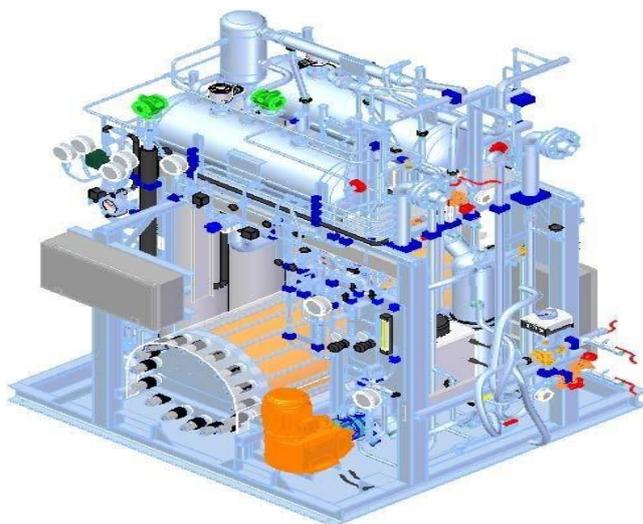


Figure III 1. Châssis mobile de procédé HySTAT

➤ La pile de cellules

La pile de cellules par électrolyse sous pression est le composant principal du générateur d'hydrogène HySTAT. La pile de cellules se compose de cellules d'électrolyse circulaires, contenant chacune deux électrodes et une membrane d'échange ionique inorganique alcaline.

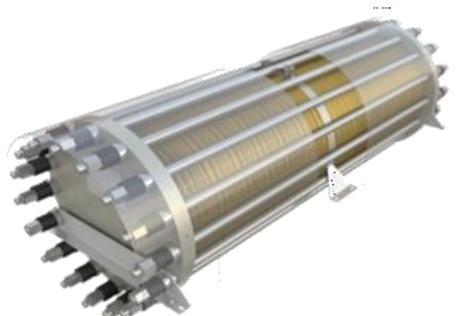


Figure III 2. La pile de cellules

➤ **Séparateurs gaz-liquide**

Les gaz produits dans la pile de cellules sont dirigés vers les séparateurs de gaz qui sont deux récipients sous pression en acier inoxydable conçus pour séparer l'H₂ et l'O₂ de la solution d'électrolyte .

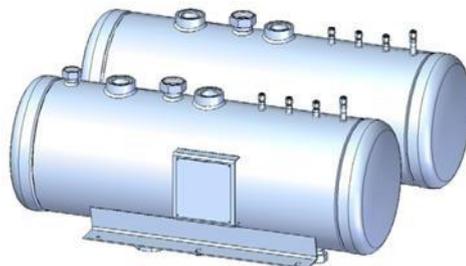


Figure III 3.Séparateur az-liquide

➤ **Unité de rinçage des gaz :**

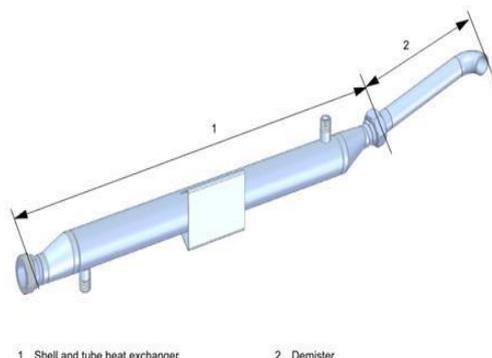
L'unité de rinçage lave les gaz restant dans le KOH



Figure III .4.Rinceur

➤ **Filtre à coalescence avec échangeur thermique de refroidissement du gaz :**

Afin de réduire la teneur en eau dans le gaz d'H₂ et d'O₂, le gaz passe dans un filtre à coalescence, où il est refroidi pour réduire le point de rosée par condensation. La condensation, sous forme d'eau, retournera dans le séparateur de gaz. En sortie du système, le gaz aura une pureté d'au moins 99,5%



1 Shell and tube heat exchanger

2 Demister

Figure III 5. Filtre à coalescence

➤ **Échangeurs thermiques pour électrolyte**

L'électrolyte est refroidi pour maintenir le procédé à une température optimale (environ 75°C).



Figure III 6. Échangeur thermique de l'électrolyte

➤ **Panneau d'analyse d'hydrogène dans l'oxygène (HTO)**

Dans ce panneau, un capteur mesure le taux d'hydrogène dans l'oxygène. Une alarme est générée si la concentration maximale admissible d'hydrogène est détectée.

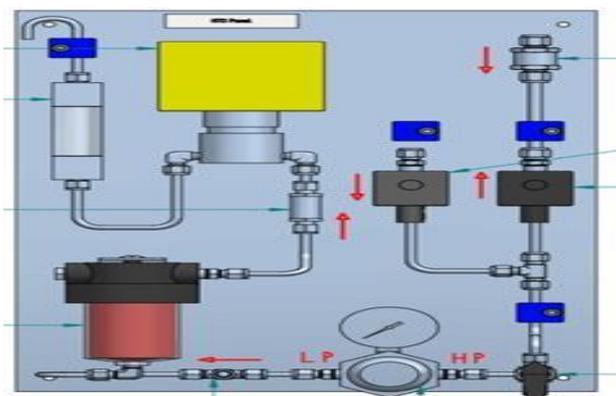


Figure III 7. Panneau HTO

➤ **Régulateur de contre-pression :**

Le régulateur de contre-pression garantit les performances de l'unité en maintenant le générateur et le sécheur deoxo à une pression stable. Des variations dans la conduite utilisateur n'influeront pas sur la pression dans la partie Procédé.

➤ **Panneau de conductivité :**

Ce panneau veille à ce que la pureté de l'eau entrant dans le système soit acceptable ($5,0 \mu\text{S}/\text{cm}$ ($20 \text{ }^\circ\text{C}$) max). La qualité de l'eau est essentielle à la longévité du système.

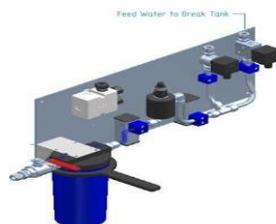


Figure III.8. Panneau de conductivité

➤ **Purge de N₂ automatique :**

Un système de conduites et d'électrovannes permet la purge d'azote à partir du tableau de commande sans intervention manuelle. Ceci permet à la séquence de purge du N₂ dans le HySTAT et le sécheur DEOXO de s'effectuer automatiquement. La purge de l'azote est nécessaire avant de démarrer l'unité lorsque la pression interne est inférieure à 15kPa. L'API du système active dans l'ordre les différentes valves du système, assurant l'évacuation de tout l'air avant la production d'hydrogène.

- Instruments, détecteurs, capteurs, commutateurs, tuyauterie, valves et évents (H₂ et O₂).
- Réservoir tampon d'eau déminéralisée.
- Le réservoir tampon d'eau déminéralisée est conçu pour fournir de l'eau déminéralisée pendant une heure et demie de fonctionnement à la capacité nominale de production conformément à la norme du fabricant.
- Le réservoir tampon d'eau déminéralisée est raccordé à l'atmosphère.
- Le volume est limité pour réduire la contamination atmosphérique en CO₂ dans l'eau déminéralisée.

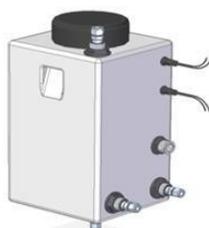


Figure III.9. Réservoir avec coupure d'air

➤ **Cuvette d'égouttage :**

Cuvette d'égouttage permettant de récupérer la solution de KOH en cas de fuite du système, intégrant un détecteur de fuite déclenchant une alarme. La cuvette d'égouttage est placée sous le châssis mobile de procédé.

➤ **Dispositif de communication pour la commande et la surveillance à distance :**

3.2 Sécheur Deoxo

Le sécheur Deoxo, intégré dans le châssis mobile de procédé HySTAT, est conçu pour améliorer la pureté de l'hydrogène à un niveau minimum de 99,998 % par absorption (tamis moléculaire) et régénération. Cette pureté est atteinte en 2 étapes

➤ **Étape 1 :** Deoxo

La teneur en O₂ dans le flux d'H₂ gazeux est réduite par réaction catalytique. L'O₂ résiduel dans l'H₂ est inférieur à 2 ppm.

➤ **Étape 2** : séchage

Cette étape élimine l'humidité dans 2 tours de séchage. Une tour fonctionnera pendant que l'autre sera en mode veille/régénération. L'hydrogène produit aura un point de rosée atmosphérique inférieur à -75°C. Le point de rosée à la pression de remplissage (160 barg) sera inférieur à -36°C.

Le sécheur Deoxo est intégré dans le châssis mobile de procédé. Le sécheur Deoxo est contrôlé par l'API central dans le tableau de commande et comprend :

- Récipient Deoxo avec catalyseur pour éliminer l'H₂ dans l'O₂ (chauffé et isolé)
- Échangeur de chaleur
- Séparateurs d'humidité
- Système de pot de vidange pour l'évacuation de l'eau
- Instruments
- Deux tours de séchage remplies avec un tamis moléculaire (chauffé et isolé) (régénérées à intervalle, remplissage d'adsorption)
- Raccordements au circuit de refroidissement des gaz
- Raccordement aux événements de la partie Procédé (H₂ et O₂)



Figure III.10. Sécheur Deoxo

3.3 Mesure de pureté en ligne (OLP) avec logique de purge :

L'H₂ produit est surveillé en continu et en temps réel sur le plan de la teneur en eau (point de rosée) et de la teneur en oxygène. La logique de purge évacuera automatiquement l'H₂ dans l'atmosphère si sa qualité n'est pas conforme aux spécifications tout en générant une alarme. Une fois que la qualité répond de nouveau aux spécifications, la valve à l'atmosphère se ferme et la valve de la conduite utilisateurs'ouvre.

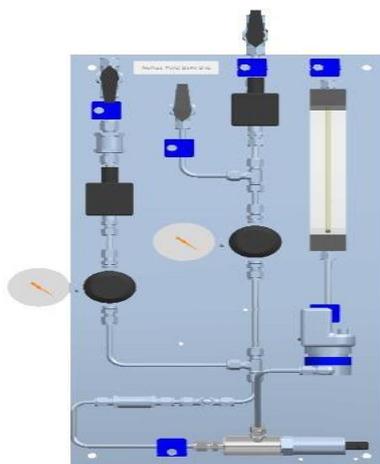


Figure III.11. Panneau Mesure de pureté en ligne

3.4 SYSTÈME DE REFROIDISSEMENT :

Le système de refroidissement comprend deux parties. Ces deux boucles de refroidissement sont expliquées ci-dessous.

3.4.1 Refroidisseurs pour le refroidissement des gaz

Le refroidisseur fournit de l'eau de refroidissement basse température via un circuit fermé aux échangeurs de chaleur à une température de 15°C pour le refroidissement des gaz, indépendamment de la température ambiante.

L'hydrogène et l'oxygène gazeux produits par le HySTAT sont refroidis pour condenser la vapeur d'eau dégagée lors de l'électrolyse. Celle-ci est alors filtrée et éliminée du flux de gaz.

Les refroidisseurs sont refroidis par air, installés à l'extérieur sous abri et chaque refroidisseur comprend une pompe et un vase d'expansion.



Figure III.12. Refroidisseur de refroidissement des gaz

3.4.2 Refroidisseurs pour le refroidissement de l'électrolyte et du compresseur :

Le refroidisseur fournit de l'eau de refroidissement via un circuit fermé aux échangeurs de chaleur à une température de 30°C pour le refroidissement de l'électrolyte et du compresseur, indépendamment de la température ambiante.

Les performances de la pile de cellules dépendent de la température de l'électrolyte. Cette dernière doit par conséquent être contrôlée et maintenue à environ 72 °C. Le compresseur a également besoin d'eau de refroidissement pour un fonctionnement normal.

Les refroidisseurs sont refroidis par air, installés à l'extérieur sous abri et chaque refroidisseur comprend une pompe et un vase d'expansion.



Figure III .13. Refroidisseur de refroidissement de l'électrolyte et du compresseur

3.5 Réservoir tampon :

Un petit réservoir tampon est prévu entre le châssis mobile de procédé et le compresseur. Ce réservoir tampon sert de tampon pour l'hydrogène à basse pression et assure un fonctionnement harmonieux du compresseur et du châssis mobile de procédé.

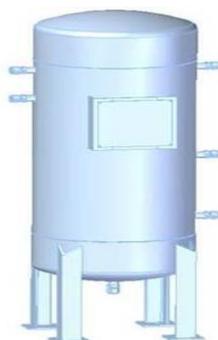


Figure III .14. Réservoir tampon

3.6 Compresseur :



Figure III.15. Compresseur à piston double effet

Le compresseur à actionnement hydraulique est conçu pour l'hydrogène gazeux. Chaque compresseur comprend une transmission hydrostatique et un cylindre de compression. La transmission hydrostatique est équipée d'une pompe hydraulique entraînée par un moteur électrique et d'un groupe d'inversion. Le cylindre de compression est divisé en trois parties. La section du milieu est le cylindre à huile, les deux sections extérieures sont les cylindres à gaz. Tous les cylindres sont divisés en deux chambres par les pistons. L'huile hydraulique est délivrée sous pression dans une des chambres du cylindre à huile. Les pistons sont tous raccordés ensemble par une bielle. Les pistons compriment le gaz quand ils vont et viennent en étant poussés par la pression d'huile. Le nombre d'étapes varie de une à cinq selon les conditions de fonctionnement et le modèle. Les pistons à gaz ont des joints auto-lubrifiants. Par conséquent, le compresseur n'est pas lubrifié et il n'y a aucune injection d'huile dans les cylindres à gaz. Les cylindres à gaz et à huile sont séparés par une chambre à la pression atmosphérique, dotée de joints appropriés pour garantir qu'il n'y ait aucun transfert d'huile.

Le groupe d'inversion inverse les mouvements des pistons quand ils ont atteint la fin de leur course. Un capteur de position lit en permanence la position de la bielle et transmet les données à une carte électronique. Le meilleur temps d'inversion est calculé pour correspondre aux variations des conditions de fonctionnement. Une électrovanne sur le cylindre à huile reçoit le signal et commande les vannes à huile. Le compresseur fonctionne automatiquement pendant le remplissage, mais doit être démarré manuellement sur l'IHM chaque fois qu'il a été arrêté

3.7 Poste de remplissage des bouteilles d'hydrogène :

Afin de remplir les racks de bouteille pour le transport de l'hydrogène produit vers le site requis, il existe un poste de remplissage des bouteilles/racks. Le système est composé de conduites, valves, raccords en acier inoxydable SS316L et est équipé de 3 points de remplissage adaptés au remplissage simultané.

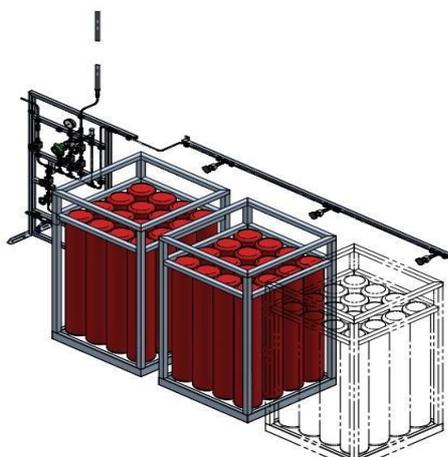


Figure III.16. Poste de remplissage des bouteilles

3.8 Pompe à vide :



Figure III.17. Pompe à vide

Le but de la pompe à vide est de s'assurer que la bouteille puisse être remplie d'hydrogène ayant la pureté requise. Cette tâche est réalisée en minimisant le contenu résiduel d'azote ou d'autres gaz dans la bouteille.

3.9 MCC :



Figure III.18. Le centre de commande du moteur (MCC)

Le MCC comporte deux lignes d'alimentation entrantes raccordées par une travée de couplage. En fonctionnement normal, les disjoncteurs des deux circuits d'alimentation sont fermés et le disjoncteur de la travée de couplage est en position ouverte. Lorsque la tension de l'une des deux lignes d'alimentation entrantes chute en dessous de 50 % de la tension nominale, le disjoncteur de la travée de couplage se ferme alors que celui de la ligne d'alimentation défaillante est ouvert.

3.10 Armoire électrique de l'EPS :



Figure III .19. Armoire électrique de l'EPS

L'EPS (alimentation électrique de l'électrolyseur) convertit la tension d'alimentation CA triphasée en tension CC contrôlée pour les piles de cellules.

En contrôlant la tension CC, le courant des piles de cellules (production d'hydrogène) est ajusté aux besoins. Le temps de réponse bref du contrôle permet une adaptation en temps réel du volume de gaz généré à la demande.

La porte avant de l'armoire EPS comporte un voltmètre et un ampèremètre permettant une référence immédiate à l'activité du HySTAT.

3.11 Tableau de commande (CP :



Figure III.20. Tableau de commande (CP)

Le tableau de commande (CP) renferme tout l'équipement de contrôle du HySTAT et de ses options. L'API (automate programmable industriel) contrôle le HySTAT. L'IHM (interface homme-machine) surveille les alarmes et enregistre toutes les données.

La porte avant du tableau de commande comporte tous les composants de l'IHM : le terminal de visualisation, l'interrupteur à clé, l'avertisseur sonore et le bouton poussoir d'arrêt d'urgence.

L'API de sécurité comporte un programme de sécurité qui surveille en permanence les systèmes de sécurité et engage les actions appropriées si certaines entrées sont déclenchées.

3.12 Tableau principal (MP) et tableau de commande du compresseur



Figure III.21. Tableau principal (MP) et tableau de commande du compresseur

Le tableau principal (MP) et le tableau de commande du compresseur contient tous les équipements de commande du compresseur et de ses options. L'API (automate programmable industriel) commande le compresseur. L'IHM (interface homme-machine) surveille les alarmes et enregistre toutes les données.

La porte avant du tableau de commande comporte tous les composants de l'IHM : le terminal de visualisation, les interrupteurs à clé, l'avertisseur sonore et le bouton poussoir d'arrêt d'urgence.

Pour l'assistance et le dépannage à distance, le tableau principal est équipé d'un routeur/modem permettant aux ingénieurs service de Hydrogenics Europe NV de se connecter à distance à l'installation. Pour pouvoir utiliser cette fonctionnalité, une ligne de téléphone analogique, une ligne Ethernet (ADSL ou LAN) ou une antenne et une carte SIM (3G) sont nécessaires sur le site du client. Le modem permet également d'exécuter le

visualiseur à distance et l'enregistreur de données (tous deux en option) à partir d'un PC distant n'appartenant pas au réseau local [19].

4 Utilisation de l'installation complète :

4.1 Interfaces de commande

L'unité complète comprend différentes interfaces :

Interface du centre de commande du moteur

Interface du tableau principal

Interface du tableau de commande du compresseur

Interface du tableau de commande

Ces différentes interfaces sont prévues sur les diverses armoires. Les interfaces de ces armoires sont expliquées dans les chapitres suivants :

4.1.1 Interface du centre de commande du moteur



Figure III.22. Interface du centre de commande du moteur : voyants et commutateurs

- 1 Mesure de puissance sur la ligne d'alimentation A
- 2 Commutateur de l'état de fonctionnement (local ou à distance) du disjoncteur de la ligne d'alimentation A

3 Commutateur de changement d'état (ouvert - veille - fermé) du disjoncteur de la ligne d'alimentation B

4 Voyants d'état (ouvert=vert; fermé=rouge, erreur=orange) du disjoncteur de la ligne d'alimentation A

5 Disjoncteur (marche - arrêt) d'alimentation de l'équipement

L'interface du centre de commande du moteur comprend :

- Mesure de puissance sur la ligne d'alimentation A, travée de couplage gauche et droite, ligne d'alimentation B

Voyants d'état (ouvert=vert; fermé=rouge, erreur=orange) des disjoncteurs des lignes d'alimentation A et B et de la travée de couplage

- Commutateur de l'état de fonctionnement (local ou à distance) des disjoncteurs des lignes d'alimentation A et B et de la travée de couplage

- Commutateur de changement d'état (ouvert - veille - fermé) des disjoncteurs des lignes d'alimentation A et B et de la travée de couplage

- Disjoncteur (marche - arrêt) d'alimentation de l'équipement (par exemple armoire électrique, tableau de commande, compresseur, etc)

4.1.2 Interface du tableau principal :



Figure III.23. Interface du tableau principal

- 1 IHM.
- 2 Avertisseur sonore d'alarme
- 3 Bouton poussoir d'arrêt d'urgence
- 4 Interrupteur à clé du compresseur 50
- 5 Bouton de réinitialisation
- 6 Interrupteur à clé d'activation/désactivation de l'unité
- 7 Interrupteur à clé du compresseur 60

L'interface du tableau principal comprend :

- L'IHM: le terminal d'affichage est un écran tactile et donc les boutons changent en fonction de l'écran.

L'interrupteur à clé d'activation/désactivation de l'unité : l'interrupteur à clé a deux positions possibles : 0 et I. L'interrupteur sert à activer l'unité en tournant la clé de la position 0 (ARRÊT) à la position I (DÉMARRAGE). Tourner la clé en sens inverse (de I vers 0) permet d'interrompre la phase.

- L'interrupteur à clé des compresseurs 1 et 2 : l'interrupteur à clé a deux positions possibles : 0 et I. L'interrupteur sert à activer le compresseur en tournant la clé de la position 0 (désactivé) à la position I (activé). Tourner la clé en sens inverse (de I vers 0) permet de désactiver le compresseur.
- Bouton(s) poussoir(s) d'arrêt d'urgence : ce ou ces boutons permettent à l'opérateur d'arrêter immédiatement l'installation en cas d'urgence. Cependant, l'arrêt d'urgence doit être réinitialisé manuellement sur la porte (voir ci-dessous « Le bouton poussoir »). Le système revient en veille et peut ensuite être redémarré.
- Bouton de réinitialisation : en cas de panne ou d'erreur majeure, le système de sécurité devra être réinitialisé. Le bouton de réinitialisation est éclairé en bleu.
- Avertisseur sonore d'alarme : il attire l'attention de l'opérateur en cas d'alarme ou d'arrêt du système. L'avertisseur sonore peut être annulé en appuyant sur le bouton « Buzzer » de l'IHM (de couleur verte).

4.1.3 Interface du tableau de commande du compresseur

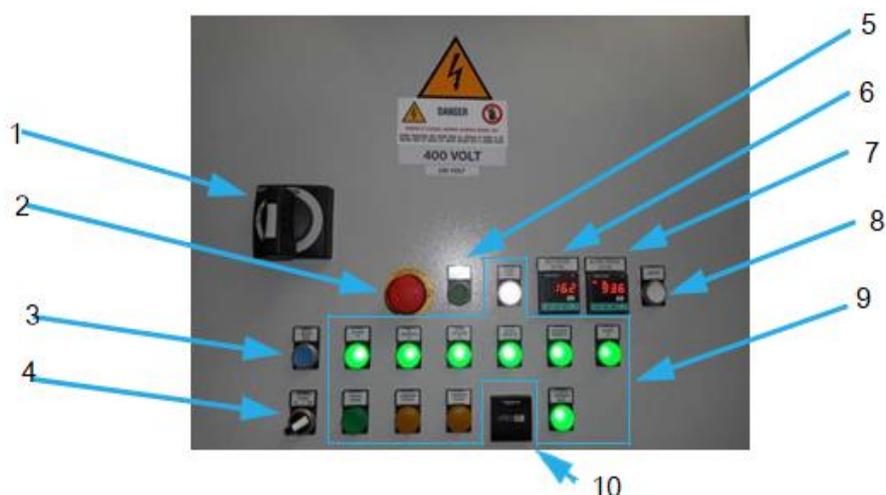


Figure III 24. Interface du tableau de commande du compresseur

- 1 Interrupteur principal
- 2 Bouton poussoir d'arrêt d'urgence
- 3 Bouton de réinitialisation des dispositifs de sécurité
- 4 Interrupteur à clé de commande du compresseur
- 5 Bouton de réinitialisation du système
- 6 Indicateur de pression d'entrée
- 7 Indicateur de pression de sortie
- 8 Bouton de test des voyants
- 9 Voyants d'état du compresseur
- 10 Compteur horaire du compresseur

L'interface du tableau de commande du compresseur comprend :

- L'interrupteur principal : il sert à mettre en marche ou arrêter l'unité du compresseur.
- Bouton(s) poussoir(s) d'arrêt d'urgence : ce ou ces boutons permettent à l'opérateur d'arrêter immédiatement l'installation en cas d'urgence. Cependant, l'arrêt d'urgence doit être réinitialisé manuellement sur la porte (voir ci-dessous « Le bouton poussoir»). Le système revient en veille et peut ensuite être redémarré.

- Le bouton de réinitialisation des dispositifs de sécurité : en cas de panne ou d'erreur majeure, le système de sécurité devra être réinitialisé.
 - L'interrupteur à clé de commande du compresseur : il a trois positions possibles : local, 0 et distant. L'interrupteur sert à commander le compresseur en local ou à distance. La position 0 peut servir à arrêter le compresseur à tout moment pendant qu'il fonctionne.
 - Le bouton de réinitialisation du système : le système du compresseur peut être réinitialisé à son état initial.
 - Indicateurs de pression d'entrée et de sortie : ils affichent la pression actuelle en bar à l'entrée et à la sortie du compresseur.
 - Bouton de test des voyants : il peut servir à tester les voyants lumineux.
 - Les voyants lumineux d'état du compresseur : l'état des composants du compresseur est indiqué par ces voyants, à savoir : système prêt, niveau d'huile OK, température d'huile OK, circulation de glycol OK, pression d'entrée minimale OK, pression de sortie maximale OK, sécurités OK, demande de pression, moteur du compresseur en marche, compresseur en fonctionnement et moteur du compresseur non surchargé.
- Compteur horaire du compresseur : le total des heures de fonctionnement du compresseur est affiché.

4.1.4 Interface du tableau de commande

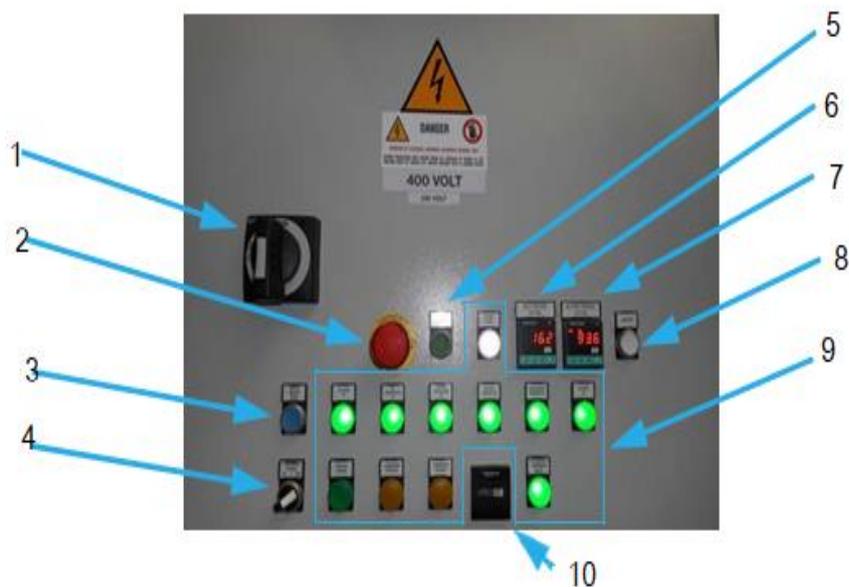


Figure III 25. Interface du tableau de commande

1 IHM

2 Avertisseur de sonore d'alarme

3 Bouton de réinitialisation

4 Interrupteur à clé

5 Bouton poussoir d'arrêt d'urgence

L'interface du tableau de commande comprend :

- L'IHM: le terminal d'affichage est un écran tactile et donc les boutons changent en fonction de l'écran.
- Avertisseur sonore d'alarme : il attire l'attention de l'opérateur en cas d'alarme ou d'arrêt du système. L'avertisseur sonore peut être annulé en appuyant sur le bouton « Buzzer » de l'IHM (de couleur verte).
- Bouton de réinitialisation : en cas de panne ou d'erreur majeure, le système de sécurité devra être réinitialisé. Le bouton de réinitialisation est éclairé en bleu.
- L'interrupteur à clé : il a deux positions possibles : 0 et I. L'interrupteur sert à activer une phase en tournant la clé de la position 0 (ARRÊT) à la position I (DÉMARRAGE). Tourner la clé en sens inverse (de I vers 0) permet d'interrompre la phase.

Bouton(s) poussoir(s) d'arrêt d'urgence : ce ou ces boutons permettent à l'opérateur d'arrêter immédiatement la partie des procédés en cas d'urgence. Cependant, l'arrêt d'urgence doit être réinitialisé manuellement sur la porte de l'EPS (voir ci-dessous « Le bouton poussoir »). Le système revient en veille et peut ensuite être redémarré[20].

5 Principes de fonctionnement de l'unité

L'objectif principal de l'unité est le remplissage des bouteilles d'hydrogène à une certaine pression. L'unité complète est commandée par le tableau principal. Ce tableau principal commande les équipements suivants :

1. Le centre de commande du moteur (MCC)
2. Utilitaires (refroidisseur, etc.)
3. Partie des procédés :
 - 3.1. HySTAT
 - 3.2. Compresseur
 - 3.3. Poste de remplissage des bouteilles

L'ordre de la liste ci-dessus précise quel équipement doit être activé et en mode de veille pour que l'équipement suivant puisse être activé. Par exemple, si le compresseur doit être

activé, le MCC d'abord, puis les utilitaires et ensuite le HySTAT doivent être activés et en mode veille.

Le fonctionnement de cet équipement est expliqué dans les cinq paragraphes suivants.

5.1 Fonctionnement du centre de commande du moteur (MCC)

5.1.1 Généralités

Le centre de commande du moteur peut être commandé par le tableau principal ou localement. Le MCC s'affiche sur un écran de l'IHM.

Le MCC comporte deux lignes d'alimentation entrantes :

- ligne d'alimentation A
- ligne d'alimentation B

Entre ces deux lignes d'alimentation, il y a une travée de couplage. Outre les lignes d'alimentation entrantes, il y a aussi des lignes d'alimentation sortantes.

Les lignes d'alimentation entrantes et la travée de couplage peuvent être ouvertes/fermées sur l'IHM.

Le centre de commande du moteur a des lignes d'alimentation sortantes qui alimentent les équipements suivants :

- Tableau de commande principal
- Tableau de commande de l'électrolyseur 50
- Tableau de commande de l'électrolyseur 60
- Armoire électrique 50
- Armoire électrique 60
- Tableau de commande du compresseur 50
- Tableau de commande du compresseur 60

5.2 Fonctionnement des utilitaires

5.2.1 Généralités

Le refroidisseur qui refroidit l'électrolyte du HySTAT et le compresseur est commandé par le tableau principal. Les utilitaires s'affichent sur un écran de l'IHM.

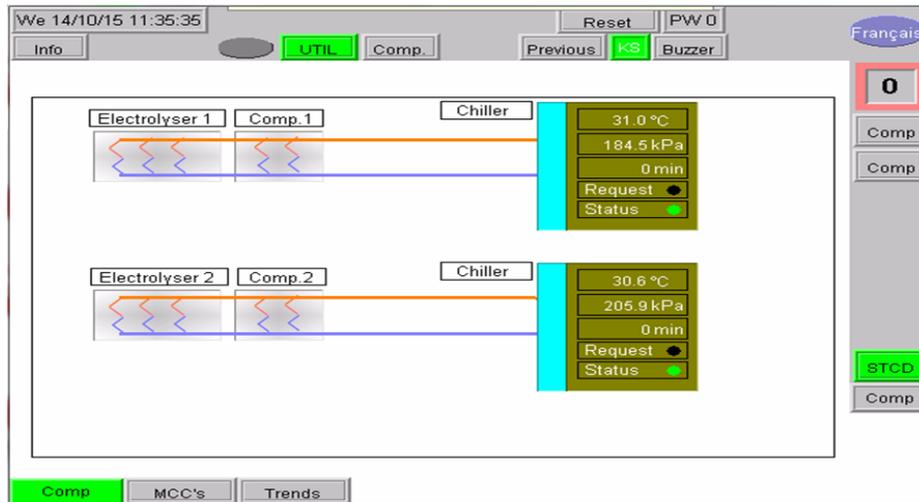


Figure III 26. IHM du tableau principal : utilitaires

5.3 Fonctionnement de la partie des procédés

5.3.1 Généralités

La partie des procédés comprend deux électrolyseurs HySTAT, deux compresseurs et un poste de remplissage des bouteilles. La partie des procédés s'affiche sur un écran de l'IHM du tableau principal.

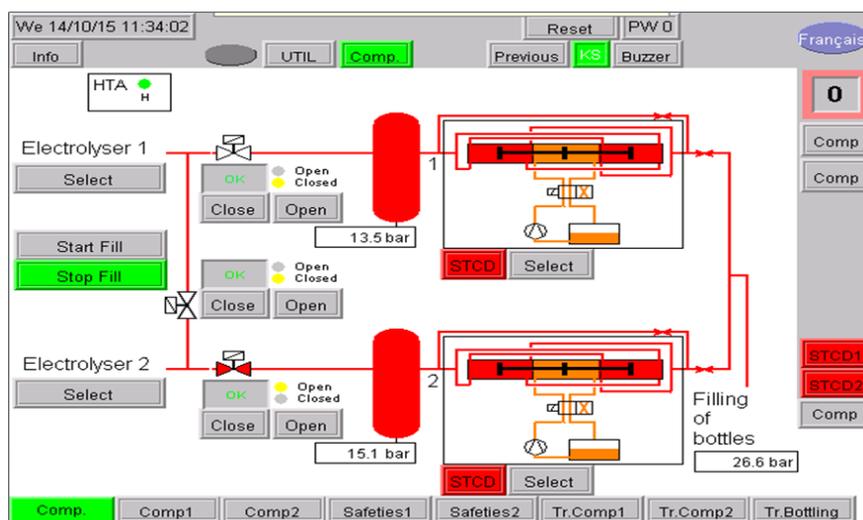


Figure III 27. IHM du tableau principal : partie des procédés

5.3.2 Purge à l'azote du compresseur 1 équipé d'un réservoir tampon

1. Vérifiez que le statut du HySTAT indique « En attente de production H₂ » et que l'interrupteur à clé du HySTAT est en position « 0 ».
2. Assurez-vous que l'interrupteur à clé d'activation/désactivation présent sur le tableau de commande principal est en position « 0 ».

3. Vérifiez que l'interrupteur à clé de contrôle du compresseur 1 situé sur le tableau de commande du compresseur est en position « 0 ».
4. Vérifiez que la vanne magnétique MV1 H-B (00MKG50AA041) est fermée. Cette vanne peut être fermée en appuyant sur le bouton « Close » figurant sur la vanne dans l'écran HMI du compresseur. Fermez également le clapet à bille BV B_H-H2_1 (00MKG50AA011) à l'entrée du réservoir tampon ainsi que le clapet à bille BV CP_H-Out 2 (00MKG50AA014) situé à la sortie du compresseur.
5. Assurez-vous que la pression du réservoir tampon est proche de 0 bar. Celle-ci est mentionnée sur l'écran de l'IHM du compresseur et sur l'indicateur de pression PI B_H (00MKG50CP514). Si la pression du réservoir tampon est trop élevée, elle peut être diminuée en ouvrant la vanne manuelle HV B_H-A (00MKG50AA513). Si la pression est proche de 0 bar, fermez la vanne manuelle HV B_H-A (00MKG50AA513).
6. Assurez-vous que la pression à la sortie du compresseur est proche de 0 bar. Pour ce faire, observez les indicateurs de pression PI CP_H-U (00MKG50CP515) et PI CP_H-out. Si la pression est trop élevée, elle peut être diminuée en ouvrant les clapets à bille BV CP_H-A (00MKG50AA507) et BV2 CP_H-A (00MKG50AA522) ainsi que les vannes manuelles HV CP_H-A (00MKG50AA508) et HV2 CP_H-A (00MKG50AA523). Refermez ces vannes après vérification de la pression.
7. Raccordez un tuyau flexible entre les vannes HV CP_N2 (00MKG50AA037) et HV B_H-N2 (00MKG50AA013).
8. Ouvrez l'alimentation en azote. Contrôlez la pression de l'azote sur la jauge PI CS_N-OUT (00MKG70CP501) montée sur le tableau de l'azote. Cette pression doit se situer entre 4 et 10 barg. Si ce n'est pas le cas, ajustez la pression de l'azote jusqu'à ce qu'elle atteigne cette valeur.
9. Ouvrez les vannes manuelles HV CP_N2 (00MKG50AA037) et HV B_H-N2 (00MKG50AA013).
10. Vérifiez que la pression du réservoir tampon est comprise entre 4 et 10 bar. Celle-ci est mentionnée sur l'écran de l'IHM du compresseur et sur l'indicateur de pression PI B_H (00MKG50CP514). Une fois que la pression finale atteint au moins 4 bar, fermez les vannes HV CP-N2 (00MKG50AA037) et HV B_H-N2 (00MKG50AA013). Répétez le cycle des étapes 5-9-10 deux fois de suite, afin d'exécuter au total 3 cycles de pression.

11. Ouvrez les vannes HV B_H-N2 (00MKG50AA013), HV2 CP_H-A (00MKG50AA523) et BV2 CP_H-A (00MKG50AA522) de manière à ce que le gaz contenu dans le compresseur puisse s'échapper par la conduite d'évacuation d'hydrogène.
12. Activez le compresseur 1 en tournant l'interrupteur à clé du compresseur 1 sur le tableau de commande principal de « 0 » à « 1 ».
13. Tournez l'interrupteur à clé de commande du compresseur 1 situé sur le tableau de commande du compresseur de la position « 0 » à « local ».
14. Laissez le compresseur fonctionner pendant au moins une minute.
15. Fermez les vannes manuelles HV2 CP_H-A (00MKG50AA523) et BV2 CP_H-A (00MKG50AA522).
16. Tournez l'interrupteur à clé de commande du compresseur situé sur le tableau de commande du compresseur de la position « local » à « 0 ».
17. La purge à l'azote du compresseur équipé d'un réservoir tampon est terminée.
18. Confirmez que la purge à l'azote est terminée sur le compresseur 1, dans l'écran de l'IHM du tableau principal.
19. Fermez les vannes manuelles HV CP_N2 (00MKG50AA037) et HV B_H-N2 (00MKG50AA013). Vérifiez que le réservoir tampon et les conduites du compresseur restent pressurisés.
20. Débranchez le tuyau flexible entre les vannes HV CP_N2 (00MKG50AA037) et HV B_H-N2 (00MKG50AA013).
21. Ouvrez le clapet à bille BV B_H-H2_1 (00MKG50AA011) à l'entrée du réservoir tampon ainsi que le clapet à bille BV CP_H-Out 2 (00MKG50AA014) situé à la sortie du compresseur.

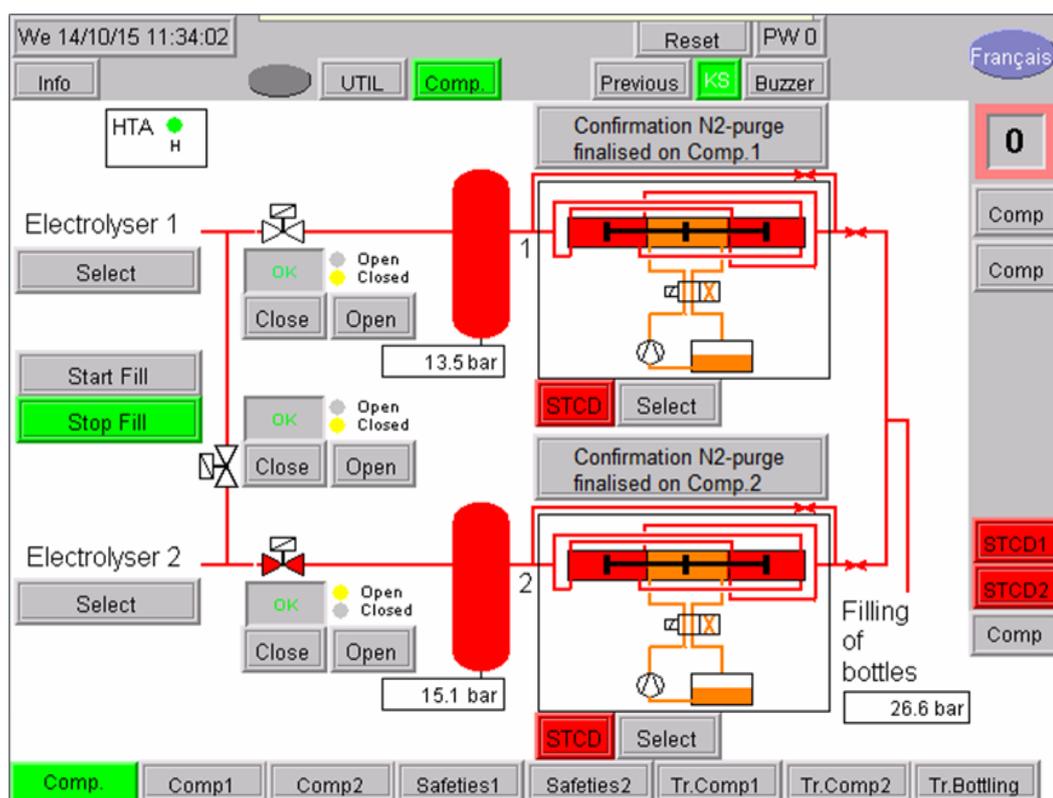


Figure III.28. IHM du tableau principal : Partie des procédés - Confirmation de la purge N2 du compresseur 1

5.3.3 Purge à l'azote du compresseur 2 équipé d'un réservoir tampon

1. Vérifiez que le statut du HySTAT indique « En attente de production H2 » et que l'interrupteur à clé du HySTAT est en position « 0 ».
2. Assurez-vous que l'interrupteur à clé d'activation/désactivation présent sur le tableau de commande principal est en position « 0 ».
3. Vérifiez que l'interrupteur à clé de contrôle du compresseur 2 situé sur le tableau de commande du compresseur est en position « 0 ».
4. Vérifiez que la vanne magnétique MV2 H-B est fermée. Cette vanne peut être fermée en appuyant sur le bouton « Close » figurant sur la vanne dans l'écran HMI du compresseur. Fermez également le clapet à bille BV B_H-H2_1 (00MKG50AA011) à l'entrée du réservoir tampon ainsi que le clapet à bille BV CP_H-Out 2 (00MKG50AA014) situé à la sortie du compresseur.
5. Assurez-vous que la pression du réservoir tampon est proche de 0 bar. Celle-ci est mentionnée sur l'écran de l'IHM du compresseur et sur l'indicateur de pression PI B_H (00MKG50CP514). Si la pression du réservoir tampon est trop élevée, elle peut être diminuée en ouvrant la vanne manuelle HV B_H-A (00MKG50AA513). Si la pression est proche de 0 bar, fermez la vanne manuelle HV B_H-A (00MKG50AA513).

6. Assurez-vous que la pression à la sortie du compresseur est proche de 0 bar. Pour ce faire, observez les indicateurs de pression PI CP_H-U (00MKG50CP515) et PI CP_H-out. Si la pression est trop élevée, elle peut être diminuée en ouvrant le clapet à bille BV CP_H-A (00MKG50AA507) et la vanne manuelle HV CP_H-A (00MKG50AA508). Laissez ces vannes ouvertes.
7. Raccordez un tuyau flexible entre les vannes HV CP_N2 (00MKG50AA037) et HV B_H-N2 (00MKG50AA013).
8. Ouvrez l'alimentation en azote. Contrôlez la pression de l'azote sur la jauge PI CS_N-OUT (00MKG70CP501) montée sur le tableau de l'azote. Cette pression doit se situer entre 4 et 10 barg. Si ce n'est pas le cas, ajustez la pression de l'azote jusqu'à ce qu'elle atteigne cette valeur.
9. Ouvrez les vannes manuelles HV CP_N2 (00MKG50AA037) et HV B_H-N2 (00MKG50AA013).
10. Vérifiez que la pression du réservoir tampon est comprise entre 4 et 10 bar. Celle-ci est mentionnée sur l'écran de l'IHM du compresseur et sur l'indicateur de pression PI B_H (00MKG50CP514). Une fois que la pression finale atteint au moins 4 bar, fermez les vannes HV CP-N2 (00MKG50AA037) et HV B_H-N2 (00MKG50AA013). Répétez le cycle des étapes 5-9-10 deux fois de suite, afin d'exécuter au total 3 cycles de pression.
11. Ouvrez les vannes HV B_H-N2 (00MKG50AA013), BV B_H-N2, HV2CP_H-A (00MKG50AA523) et BV2 CP_H-A (00MKG50AA522) de manière à ce que le gaz contenu dans le compresseur puisse s'échapper par la conduite d'évacuation d'hydrogène.
12. Activez le compresseur 2 en tournant l'interrupteur à clé du compresseur 2 sur le tableau de commande principal de « 0 » à « 1 ».
13. Tournez l'interrupteur à clé de commande du compresseur 2 situé sur le tableau de commande du compresseur de la position « 0 » à « local ».
14. Laissez le compresseur fonctionner pendant au moins une minute.
15. Fermez les vannes manuelles HV2 CP_H-A (00MKG50AA523) et BV2 CP_H-A (00MKG50AA522).
16. Tournez l'interrupteur à clé de commande du compresseur situé sur le tableau de commande du compresseur de la position « local » à « 0 ».
17. La purge à l'azote du compresseur équipé d'un réservoir tampon est terminée.
18. Confirmez que la purge à l'azote est terminée sur le compresseur 2, dans l'écran de l'IHM du tableau principal.

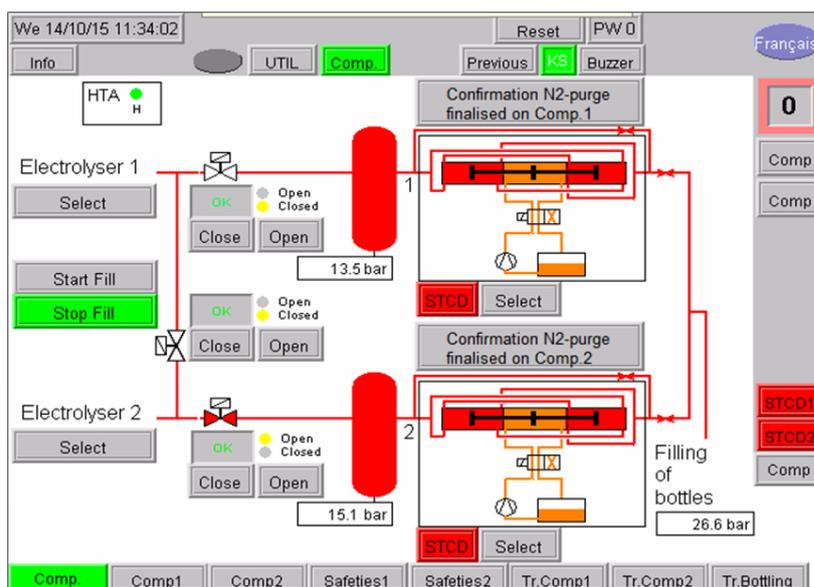


Figure III.29. IHM du tableau principal : Partie des procédés - Confirmation de la purge N2 du compresseur 2

19. Fermez les vannes manuelles HV CP_N2 (00MKG50AA037) et HV B_H-N2 (00MKG50AA013).
20. Débranchez le tuyau flexible entre les vannes HV CP_N2 (00MKG50AA037) et HV B_H-N2 (00MKG50AA013).
21. Ouvrez le clapet à bille BV B_H-H2_1 (00MKG50AA011) à l'entrée du réservoir tampon ainsi que le clapet à bille BV CP_H-Out 2 (00MKG50AA014) situé à la sortie du compresseur.

5.3.4 Purge à l'hydrogène

1. Faites une sélection dans l'IHM du tableau principal

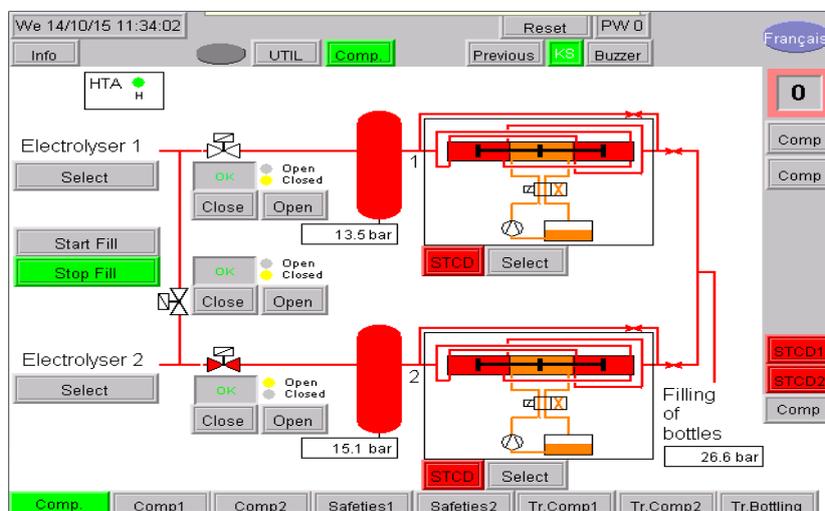


Figure III.30. IHM du tableau principal : partie des procédés

1. Par exemple : sélectionnez Électrolyseur 1 et Compresseur 1. Fermez les vannes MV2 H-B (00MKG60AA041) et MV3 H-B (00MKG50AA042), puis ouvrez la vanne MV1 H-B (00MKG50AA041).
2. Vérifiez que le HySTAT a le statut « En attente de production H₂ », que toutes les conditions de démarrage sont sur « Vrai » et que la pile de cellules 1 est sur « Production activée ».
3. Assurez-vous que l'interrupteur à clé d'activation/désactivation présent sur le tableau de commande principal est en position « 1 ».
4. Vérifiez que l'interrupteur à clé de contrôle du compresseur 1 situé sur le tableau de commande du compresseur est en position « 1 ».
5. Tournez l'interrupteur à clé de commande du compresseur 1 situé sur le tableau de commande du compresseur de la position « 0 » à « distant ».
6. Branchez les bouteilles à remplir.
7. Commencez le remplissage en appuyant sur « Start Fill » dans l'IHM du tableau principal.
8. Remplissez les bouteilles jusqu'à ce que la pression finale soit atteinte ou appuyez sur « Stop Fill » dans l'IHM du tableau principal. L'ensemble du système est désormais entièrement purgé à l'hydrogène.

5.3.5 Dépressurisation

La dépressurisation réduit la pression dans le réservoir tampon, le compresseur et/ou le poste de remplissage des bouteilles. Elle ne peut se faire que manuellement.

5.4 Principe de fonctionnement de base du HySTAT :

Le fonctionnement du HySTAT s'appuie sur trois principes opérationnels :

Conditions de démarrage

Phases de fonctionnement

Contrôle des niveaux

Ces trois principes de fonctionnement sont expliqués dans les trois paragraphes suivants :

5.4.1 Conditions de démarrage du HySTAT :

5.4.1.1 Généralités :

Les conditions de démarrage sont des paramètres système qui doivent respecter certaines limites pour que le HySTAT puisse démarrer (ou passer à la phase opérationnelle suivante).

Si une condition de démarrage n'est pas remplie lorsque l'unité est en marche, elle devient une condition d'arrêt et le système de contrôle engage l'action appropriée

5.4.1.2 Conditions de démarrage de base :

Lors du premier démarrage du HySTAT, l'API effectue un ensemble de contrôles d'autodiagnostic, comprenant la position du bouton-poussoir d'arrêt d'urgence, l'état des fusibles et l'état de l'alimentation électrique. Ces conditions de démarrage sont les conditions de base du démarrage de la purge d'azote.

5.4.1.3 Conditions de démarrage de base de la production d'hydrogène commune :

Lors du premier démarrage du HySTAT, l'API effectue un ensemble de contrôles d'auto-diagnostic, comprenant l'état du refroidisseur, du circuit de refroidissement en boucle fermée et de la ventilation. Ces conditions de démarrage sont les conditions de base du démarrage de la production d'hydrogène.

5.4.1.4 Conditions de démarrage de la purge à l'azote :

Outre les conditions de démarrage de base, pour que le système effectue une purge à l'azote, les conditions de démarrage de la purge à l'azote doivent être remplies. Elles impliquent principalement des contrôles des niveaux d'électrolyte dans les séparateurs gaz-liquide.

5.4.1.5 Conditions de démarrage de production et de purge à l'hydrogène :

Outre les conditions de démarrage de base et les conditions de démarrage de base de la production d'hydrogène commune, pour que le système effectue une purge ou une production d'hydrogène, les conditions de démarrage de purge et de production d'hydrogène doivent être remplies. La purge à l'hydrogène est effectuée après la purge à l'azote et avant la production d'hydrogène. Comme de l'hydrogène doit être produit pour pouvoir effectuer une purge à l'hydrogène, les conditions de démarrage de la purge à l'hydrogène sont identiques aux conditions de démarrage de la production d'hydrogène.

Les conditions de démarrage de la purge et production d'hydrogène impliquent des conditions de démarrage de chaque pile de cellules, des contrôles détaillés des systèmes de refroidissement et de ventilation, des contrôles de différents contacteurs débitmétriques et de niveau et tous les contrôles nécessaires pour fournir le niveau de sécurité nécessaire à la production d'hydrogène.

5.4.2 Phases de fonctionnement du HySTAT

5.4.2.1 Généralités :

Les trois phases opérationnelles du HySTAT sont la purge à l'azote, la purge à l'hydrogène et la production d'hydrogène. Les phases de purge à l'azote et l'hydrogène sont toutes deux des phases de préparation, la production d'hydrogène est le mode de production standard du HySTAT. La purge à l'azote et à l'hydrogène est nécessaire pour pouvoir démarrer la production d'hydrogène en toute sécurité et avec la bonne qualité de gaz dans la conduite utilisateur.

Le schéma de procédé ci-dessous est une représentation graphique des phases opérationnelles du HySTAT et de la séquence selon laquelle elles peuvent se produire. Chacune des phases peut être activée uniquement quand ses conditions de démarrage sont remplies (voir plus loin). Après une session de production, le HySTAT se met en position d'attente, à partir de laquelle une session de production peut être lancée via un signal de démarrage ou bien la phase de dépressurisation peut être lancée.

Une session de production est interrompue par un signal d'arrêt, qui provient de l'utilisateur, localement ou à distance, ou automatiquement : pression dans la conduite utilisateur, défaut ou conditions de démarrage non remplies.

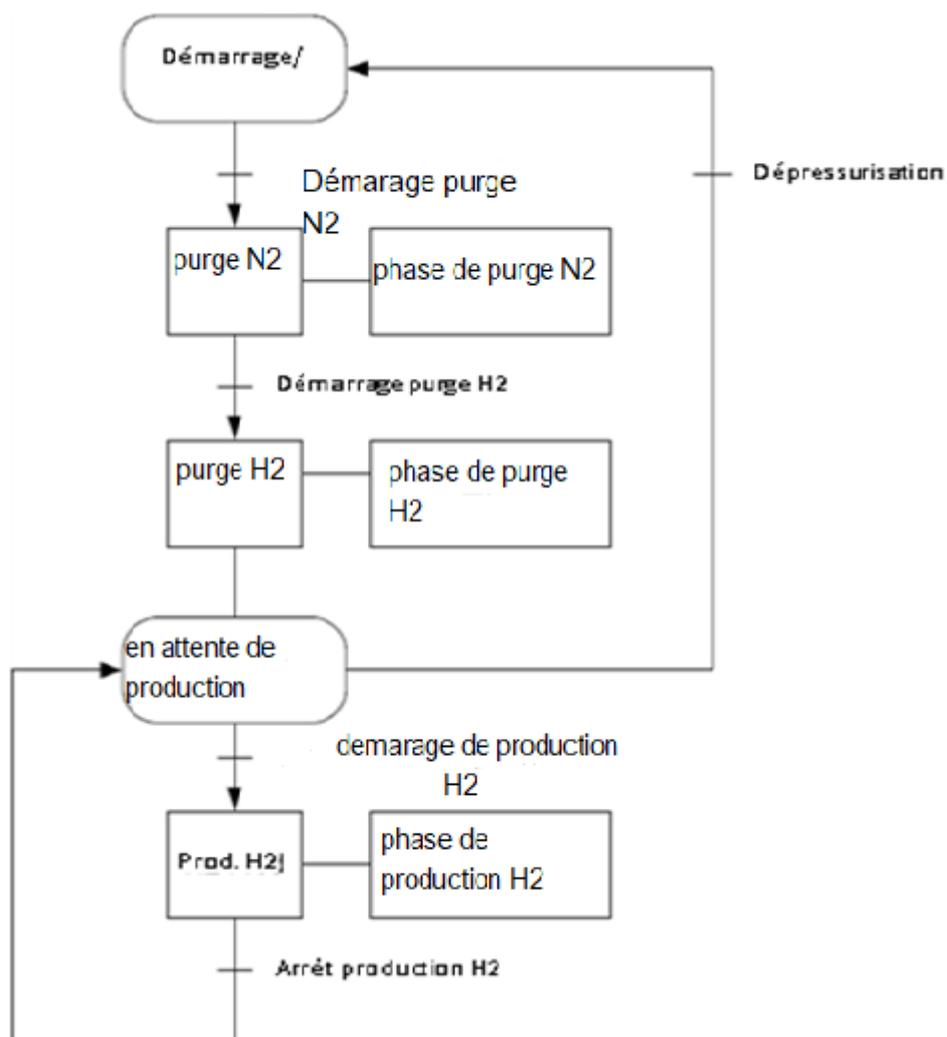


Figure III.31. Schéma de procédé des phases opérationnelles de l'unité

5.4.2.2 Purge à l'azote

La phase de purge à l'azote est nécessaire pour éviter la présence de mélanges explosifs dans les séparateurs gaz-liquide ou autres parties de traitement du gaz comme le rinceur, le filtre coalescent et tous les tubes d'interconnexion. Durant la phase de purge d'azote, tous les gaz existant dans le HySTAT sont remplacés par de l'azote inerte. La purge à l'azote est un processus semi-automatique contrôlé par l'API, qui peut être démarré quand toutes les conditions de démarrage de la purge à l'azote sont remplies.

La purge à l'azote doit être effectuée : A au premier démarrage ;

- avant la maintenance ;
- après maintenance ou réparation (quand les pièces internes de l'électrolyseur ont été exposées à l'air) ;

quand l'électrolyseur a été dépressurisé pendant une longue période (quand de l'air peut

avoir pénétré dans le système).

La première étape de la purge à l'azote est un cycle de dépressurisation. Dès que la pression du système est assez basse (environ 1 bar) pour permettre l'injection d'azote, la véritable purge à l'azote commence. Le cycle de dépressurisation est sauté quand le HySTAT est à la pression atmosphérique.

Le résultat de la phase de purge à l'azote est vérifié par le système de contrôle. Le résultat est « OK » ou « PAS OK ».

5.4.2.3 Purge à l'hydrogène

Le but du cycle de purge à l'hydrogène est de supprimer l'azote du système d'hydrogène gazeux et de le remplacer par de l'hydrogène. La purge à l'hydrogène est contrôlée par l'API et ne peut être activée qu'après une purge à l'azote réussie. Elle ne peut être démarrée que quand les conditions de démarrage de la production d'hydrogène et les conditions de démarrage d'au moins une pile de cellules sont remplies.

A part certains paramètres opérationnels, la purge à l'hydrogène est fonctionnellement identique à la production d'hydrogène, cependant l'hydrogène produit est rejeté dans l'atmosphère au lieu de la conduite utilisateur.

La purge est réussie quand la quantité d'hydrogène nécessaire est produite. La purge à l'hydrogène est arrêtée quand l'une des conditions de démarrage de la production d'hydrogène n'est plus remplie ou quand l'opérateur interrompt la phase. Si cela se produit avant que la quantité nécessaire ait été produite, la purge à l'hydrogène est considérée comme ayant échoué et doit être relancée.

5.4.2.4 Production d'hydrogène

La production d'hydrogène est contrôlée par l'API. Pour démarrer la production d'hydrogène, les conditions de démarrage de la production d'hydrogène et les conditions de démarrage d'au moins une pile de cellules doivent être remplies.

La pression de service et dans une certaine mesure le taux de production peuvent être définis sur le terminal de visualisation de l'IHM.

5.4.2.5 Statut de purge

Le « statut de purge » est implémenté pour minimiser le nombre de démarrages/arrêts. Ce mode de purge maintient le niveau réel au minimum à travers la pile de cellules. Si la consommation est inférieure au niveau de production « purge », la pression du système augmente jusqu'à atteindre la pression à laquelle l'électrovanne de rejet dans l'atmosphère est ouverte ((MV1 H-A) (00MKG50AA516)). Ce point est aussi nommé « point de purge ».

Le point de purge dépend du point de réglage de la pression et de l'alarme de haute pression. Cela signifie également que si l'un des deux est modifié, le point de purge l'est aussi.

La différence entre consommation et production déterminera la fréquence de purge (ouverture de MV H- A (00MKG50AA516)).

5.4.2.6 Dépressurisation

La dépressurisation réduit la pression à l'intérieur du HySTAT à un niveau sécuritaire. Elle s'effectue automatiquement.

Il existe deux moyens de dépressuriser l'unité :

- Dépressurisation en veille : automatiquement, en appuyant sur le bouton du terminal de visualisation de l'IHM, ou lorsque l'alimentation 24 V chute sous un seuil minimum. La pression est réduite à environ 0,15 bar. Un gaz de purge inerte est ensuite nécessaire avant de redémarrer la production d'hydrogène.
- Dépressurisation d'urgence : automatiquement, après une panne du générateur. La pression est réduite à environ 0,50 bar.

Les alarmes suivantes entraînent la dépressurisation d'urgence :

HTA : Détection d'hydrogène dans l'atmosphère

OTA : Détection d'oxygène (à un niveau élevé) dans l'atmosphère

EMS : Bouton d'arrêt d'urgence actionné A Alarme fumée ou incendie

LTH L, LTO L : Niveau bas d'électrolyte dans les séparateurs de gaz

LS cuvette d'égouttage : Détection de fuite dans la cuvette d'égouttage

LS H H, LS H L, LS H LL : Niveau d'électrolyte commutateurs du séparateur de gaz hydrogène.

LS O H, LS O L, LS O LL : Niveau d'électrolyte commutateurs du séparateur de gaz oxygène

UPS : Basse tension UPS

5.4.3 Contrôle des niveaux, contrôle de la pression et contrôle du courant

L'ensemble du fonctionnement de l'électrolyseur dépend de trois systèmes de contrôle : contrôle des niveaux, contrôle de la pression et contrôle du courant.

5.4.3.1 Contrôle des niveaux

Le système de contrôle du HySTAT repose sur le maintien dans les limites des niveaux d'électrolyte dans les séparateurs de gaz : les vannes vers la conduite utilisateur ou la conduite de mise à l'air libre sont commandées de manière à maintenir les niveaux d'électrolyte. Un déséquilibre trop important du niveau d'électrolyte dans les séparateurs de gaz provoque immédiatement l'échec d'une ou plusieurs conditions de démarrage et l'arrêt de l'unité.

5.4.3.2 Contrôle de la pression et contrôle du courant

La pression dans le système est la base du système de contrôle du courant : si le courant augmente dans la pile de cellules, davantage de gaz est produit et la pression augmente dans le système. Dès que la pression atteint son point de réglage haut, le courant diminue à nouveau. Ainsi, une pression constante de l'hydrogène dans la conduite utilisateur est maintenue.

5.4.4 Démarrage du HySTAT

5.4.4.1 Contrôle du système avant démarrage

Avant de démarrer le HySTAT, contrôlez les positions de toutes les vannes.

5.4.4.2 Purge à l'azote

Pour obtenir des instructions spécifiques sur la purge à l'azote du sécheur Deoxo, reportez-vous à la section le concernant.

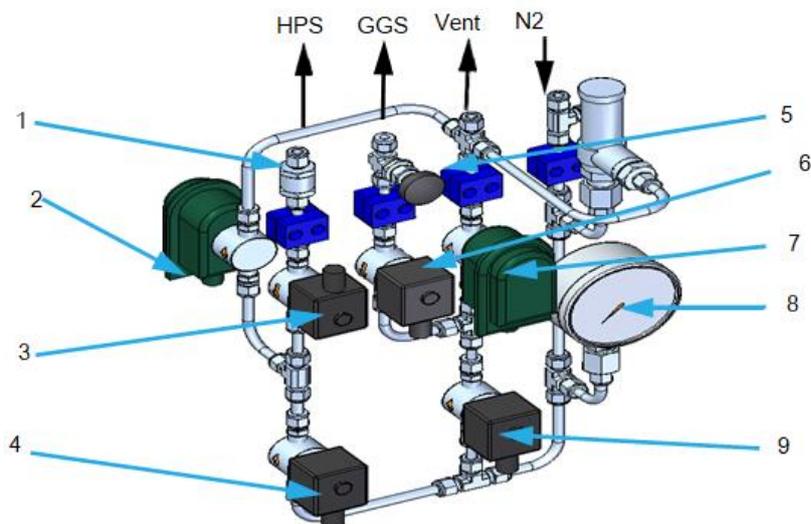


Figure III.32. Panneau de l'azote : sécheur Deoxo (à gauche) et HySTAT (à droite)

1. NRV1 N (00MKG50AA009)
2. MV N_D3 (azote vers vent.)(00MKG50AA065)
3. MV N_D2 (azote vers sécheur Deoxo)(00MKG50AA064)
4. MV N_D1 (alimentation en azote)(00MKG50AA063)
5. HV N (00MKG50AA030)
6. MV N2 (azote vers HySTAT) (00MKG50AA049)
7. MV N3 (azote vers vent.) (00MKG50AA050)

1.Vérifiez que le HySTAT a le statut « En attente de purge N₂ » et que toutes les conditions de démarrage de purge à l'azote (N₂) sont sur « Vrai ».

2.Ouvrez l'alimentation en azote. Contrôlez la pression de l'azote sur la jauge PI N (00MKG50CP506) montée sur le panneau de l'azote. Cette pression doit être comprise entre 4 et 10 barg. Si ce n'est pas le cas, ajustez la pression de l'azote jusqu'à ce qu'elle atteigne cette valeur.

3.Ouvrez la vanne manuelle (00MKG50AA030).

4.Tournez l'interrupteur à clé de 0 sur 1.

5.Le statut du générateur passe sur « Purge N₂ ». Un compteur indique le temps restant avant l'ouverture de la vanne MV H-A et l'autre indique le temps restant autorisé. Les valeurs des compteurs s'affichent sur le terminal de visualisation de l'IHM.

6.Lorsque la purge à l'azote est terminée, le statut du générateur devient « En attente de purge H₂ ».

7.Ramenez l'interrupteur à clé en position 0. La purge à l'azote est terminée.

8. Fermez la vanne manuelle HV N (00MKG50AA030).

5.4.4.3 Purge à l'hydrogène

1. Vérifiez que le HySTAT a le statut « En attente de purge H₂ » et que toutes les conditions de démarrage sont sur « Vrai ».

2. Activez la pile de cellules via le terminal de visualisation de l'IHM.

3. Tournez l'interrupteur à clé de 0 sur 1.

4. Le statut du générateur passe sur « Purge H₂ ». Un compteur indique le nombre de litres restant à produire.

5. Lorsque la purge à l'hydrogène est terminée, le statut du générateur devient « En attente de production H₂ ».

6. Ramenez l'interrupteur à clé en position 0. La purge à l'hydrogène est terminée.

IV.5.4.4. Production d'hydrogène

1. Vérifiez que le HySTAT a le statut « En attente de production H₂ » et que toutes les conditions de démarrage sont sur « Vrai ».

2. Activez la pile de cellules (selon la production requise) sur le terminal de visualisation de l'IHM.

3. Tournez l'interrupteur à clé de 0 sur 1. La production d'hydrogène (et d'oxygène) démarre

5.4.5 Arrêt du HySTAT

Tournez l'interrupteur à clé de 1 sur 0. En mode de production d'hydrogène, le statut du générateur revient sur « En attente de production H₂ ».

5.5 Fonctionnement du sécheur Deoxo

5.5.1 Phases opérationnelles du sécheur Deoxo

Le niveau séchage du sécheur Deoxo fonctionne selon différentes phases. Le tableau ci-dessous présente une synthèse de ces phases.

	Sécheur B	Sécheur A
Phase A	CHAUD	SEC
Phase B	FROID	SEC
Phase C	PRESSURISATION	SEC
Phase D	SEC	CHAUD
Phase E	SEC	FROID
Phase F	SEC	PRESSURISATION

Pendant qu'un lit du sécheur fonctionne (phase de séchage), l'autre est en régénération. Pendant la régénération, le lit est d'abord dépressurisé à environ 50 kPa. Ensuite le lit est chauffé (phase de chauffage), ensuite il refroidit (phase de refroidissement) et pour finir, il est pressurisé. Pendant les phases de chauffage et de refroidissement, un flux de gaz de régénération, du gaz sec venant du lit actif, s'écoule à travers le lit en cours de régénération. Le gaz sec transporte l'humidité qui est libérée par le tamis moléculaire pendant la phase de chauffage vers la conduite de mise à l'air libre, ce qui sèche le lit. Après pressurisation, le lit est mis en attente de reprise (veille)

Le volume d'hydrogène passé à travers le lit détermine quelles vannes sont ouvertes et fermées (on parle plus loin de « séquence des vannes ») Les valeurs habituelles de durée des phases (à pleine capacité) sont :

Phase de séchage : > 12 heures

Phase de chauffage : ~ 5 heures

Phase de refroidissement : > 6,5 heures

Phase de pressurisation : ~ 0,5 heure

Veille : ~ 0,5 heure

5.5.2 Purge à l'azote du sécheur Deoxo

1. Assurez-vous que la purge à l'azote du sécheur est effectuée après la purge à l'azote de l'électrolyseur.
2. Tournez l'interrupteur à clé en position 0.
3. Isolez le sécheur Deoxo de l'électrolyseur et de la conduite utilisateur en fermant les vannes BV H (00MKG50AA007) et BV H-U (00MKG50AA008).
4. Ouvrez l'alimentation en azote. Contrôlez la pression de l'azote sur la jauge PI N (00MKG50CP506). La pression doit se situer entre 4 et 10 barg.
5. Démarrez la purge à l'azote depuis le terminal de visualisation de l'IHM, un compteur indique le temps restant.
6. Les lits A et B du sécheur sont purgés parallèlement.
7. Le terminal de visualisation de l'IHM affiche un message quand la purge à l'azote est terminée.
8. La purge à l'azote du sécheur Deoxo est terminée. Le HySTAT est prêt pour la purge à l'hydrogène.
9. Ouvrez les vannes BV H (00MKG50AA007) et BV H-U (00MKG50AA008)

5.5.3 Purge à l'hydrogène du sécheur Deoxo

1. Assurez-vous que la purge à l'hydrogène du sécheur est effectuée après la purge à l'hydrogène de l'électrolyseur.
2. Tournez l'interrupteur à clé en position 1.
3. Démarrez la purge à l'hydrogène depuis le terminal de visualisation de l'IHM, un compteur indique le temps restant.

Le compteur de temps de la purge décroît uniquement si le contacteur débitmétrique du débitmètre de régénération est activé (c'est-à-dire si le débit est égal ou supérieur à celui qui est requis).

1. Les lits A et B du sécheur sont purgés en série.
2. Le terminal de visualisation de l'IHM affiche un message quand la purge à l'azote est terminée.
3. La purge à l'hydrogène du sécheur Deoxo est terminée. Le HySTAT est prêt pour la production d'hydrogène.

5.5.4 Dépressurisation du sécheur Deoxo

1. Tournez l'interrupteur à clé en position 0.
2. Isolez le sécheur Deoxo de l'électrolyseur et de la conduite utilisateur en fermant les vannes BV H (00MKG50AA007) et BV H-U (00MKG50AA008).
3. Démarrez la dépressurisation sur le terminal de visualisation de l'IHM.
4. Les lits A et B du sécheur sont dépressurisés parallèlement.
5. Si la pression n'est pas atmosphérique à la fin de cette séquence, répétez-la.
6. Ouvrez les vannes BV H (00MKG50AA007) et BV H-U (00MKG50AA008).

Le débit et la pression de la régénération devront être réajustés à l'aide de la vanne RHV RG_H 00MKG50AA034) une fois que le sécheur est à nouveau en production (phase de régénération). Le débit correct doit être indiqué sur l'indicateur de débit lors du premier démarrage de l'unité.

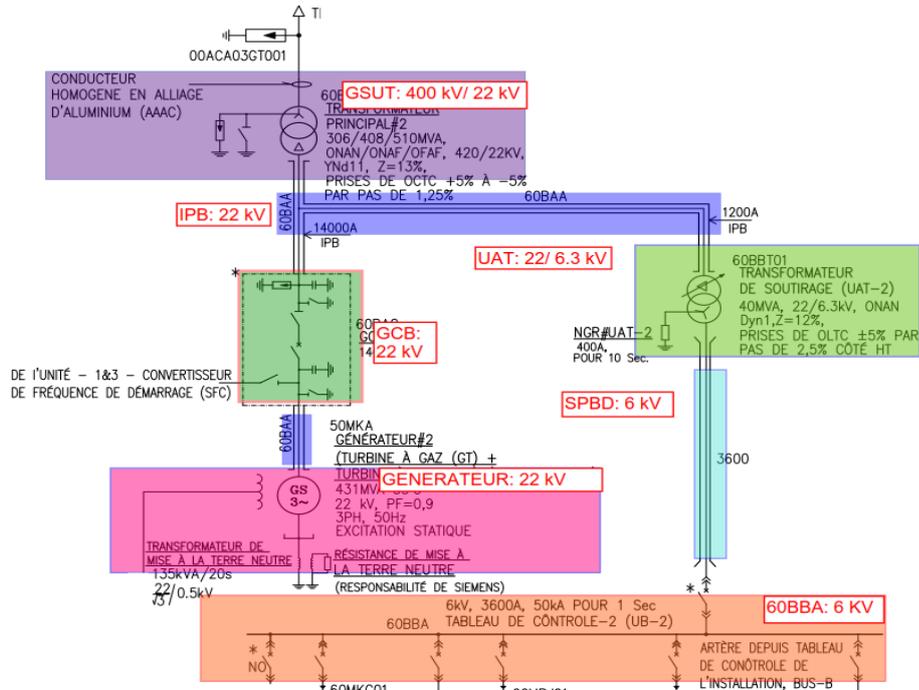
5.5.5 Mise en production du sécheur Deoxo

1. Démarrez la production d'hydrogène selon la description ci-dessus. Notez que les conditions de démarrage du sécheur doivent être remplies.
2. Ajustez le débit avec la vanne manuelle RHV RG_H (00MKG50AA034) comme indiqué. (Le débit correct doit être indiqué sur l'indicateur de débit lors du premier démarrage de l'unité).
3. Fermez la vanne manuelle HV H-D (00MKG50AA503), puis ouvrez-la de 3 à 4 tours complets [21].

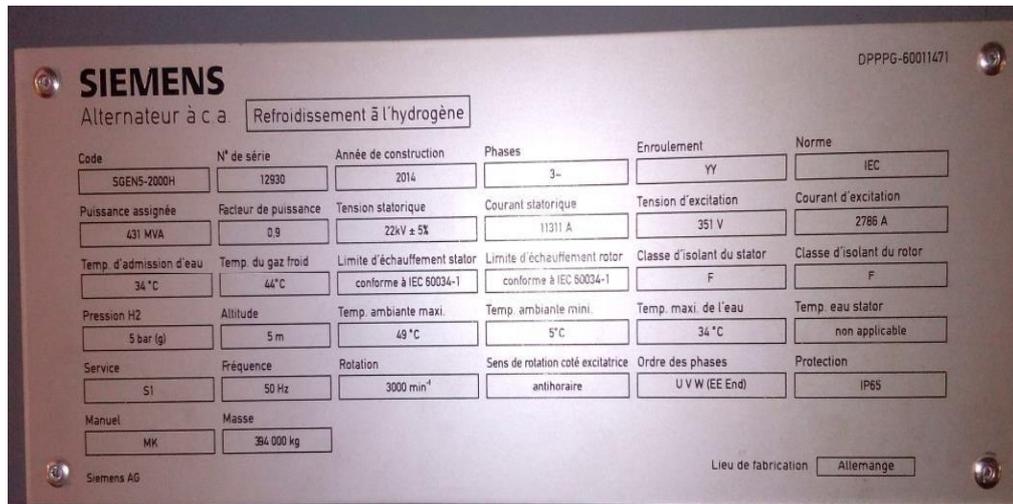
6 GENERATEUR

6.1 DESCRIPTION GÉNÉRALE :

Les générateurs dans CECC de RAS DJINET sont des générateurs à mono-arbre avec un arbre de turbine à gaz directement couplé à l'arbre du générateur et l'arbre de la turbine à vapeur est couplé à un système d'embrayage. Le générateur et le système d'excitation convertissent l'énergie mécanique fournie par la turbine à gaz et la turbine à vapeur en énergie électrique et la délivre dans le transformateur de l'unité à travers le disjoncteur du générateur. Le transformateur de l'unité augmente la tension générée à 400 kV et transmet l'électricité au réseau à travers la sous-station isolée au gaz 400KV.



6.2 PLAQUE SIGNALETIQUE :



6.3 LIMITES D'OPERATION :

Description	Nominale	Min	
Fréquence(Hz)	50	47.5Hz	52Hz
U/f			105%
H2 Pression (bar)	5.0	4.7	5.3
H2 Pureté		95%	99.9%

6.4 COMPOSANTS :

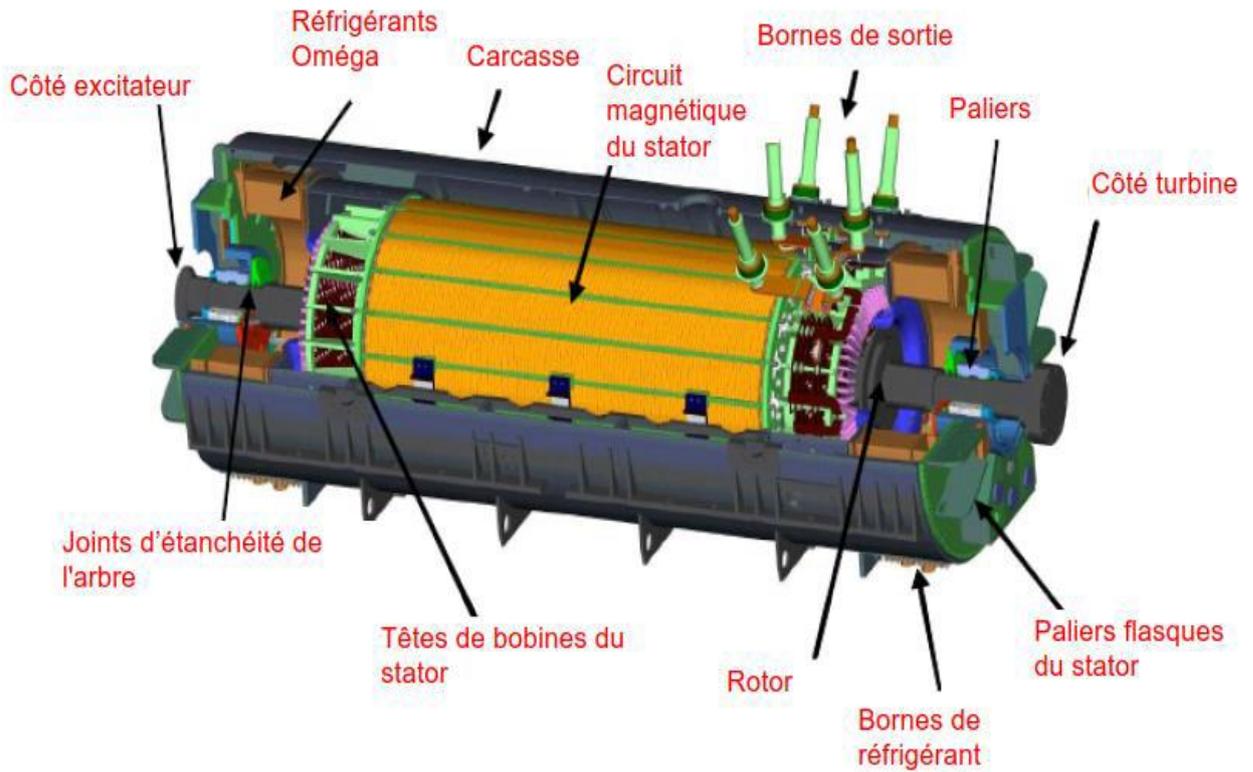
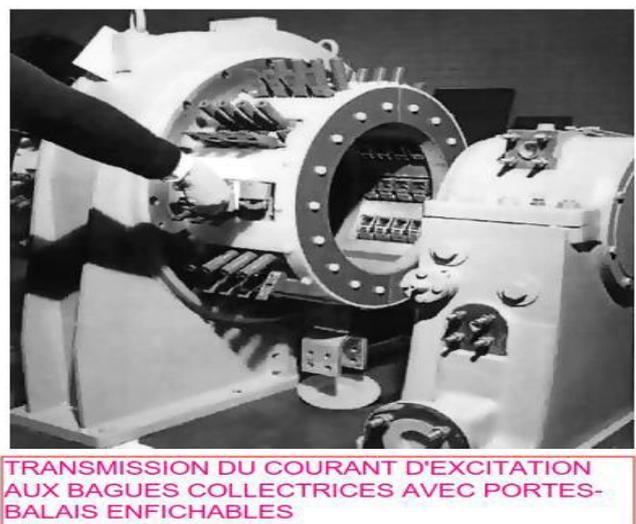
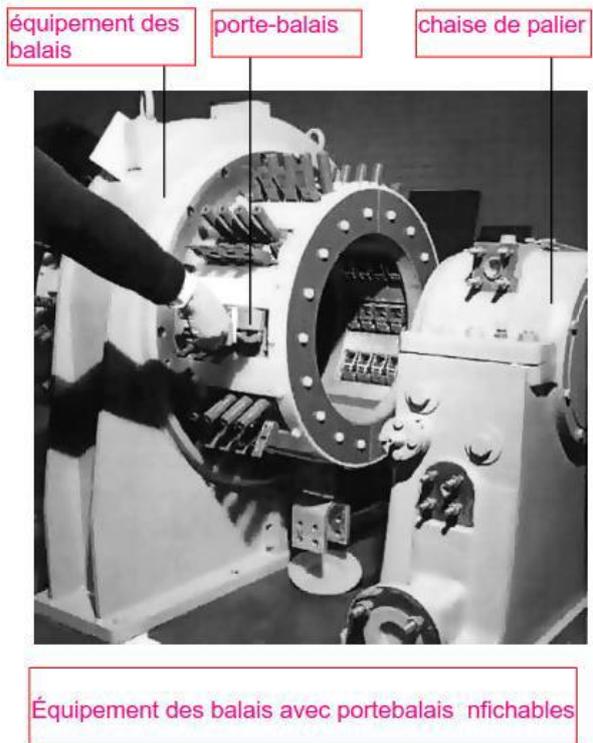


Figure III.33. Les composent de générateur



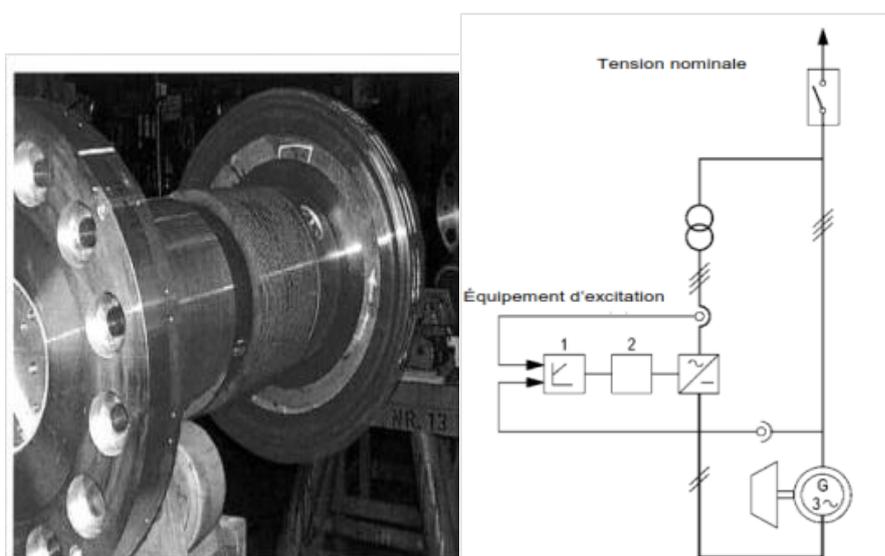
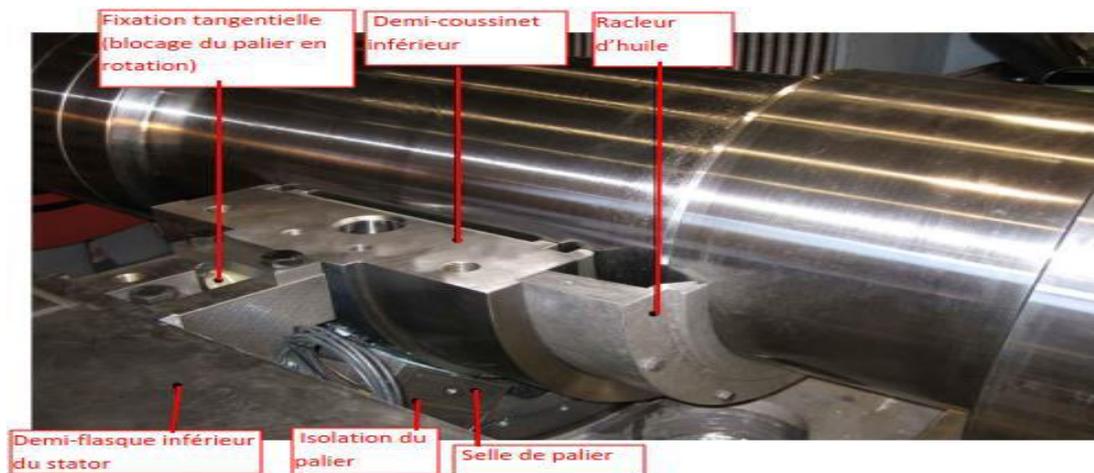


Figure III 34.Arbre des bagues collectrices **Figure III 35.**configuration générale du système d'excitation

Avec conducteurs d'excitation et contacts
Enfichables multi contact

6.5 Paliers :

L'arbre du rotor est logé dans deux paliers lisses constitués d'un demi-coussinet supérieur et d'un demi-coussinet inférieur à revêtement antifriction. Les paliers sont logés dans les flasques du stator. L'huile nécessaire à la lubrification et au refroidissement des paliers provient du système d'alimentation de la turbine et parvient dans l'interstice de lubrification par des passages d'huile pratiqués dans le flasque, le siège de palier et le palier. Le demi-coussinet inférieur, dont la partie extérieure sphérique assure l'autorégulation, est logé dans le siège. Le siège est isolé électriquement du flasque de palier du stator pour éviter le passage de courants d'arbre, ce qui isole par là-même le palier de la terre. Le goujon d'arrêt (dispositif anti-rotation) assure le blocage du palier en rotation. L'huile de lubrification traverse les faces de joint pour pénétrer dans la partie inférieure du palier et sous l'arbre. Elle s'écoule latéralement et est guidée par les racleurs d'huile vers le compartiment du palier d'où elle est réacheminée vers le réservoir d'huile de la turbine. La température des paliers est contrôlée par des thermocouples disposés dans les demi-coussinets inférieurs de façon que les points de mesure se trouvent juste sous la garniture du métal antifriction. Des possibilités de montage de capteurs de vibrations sont prévues sur chaque palier pour contrôler les vibrations des paliers. Les paliers de l'alternateur, tout comme le palier de l'excitatrice ou de l'arbre des bagues collectrices, sont raccordés au système d'huile de lubrification du groupe turboalternateur.

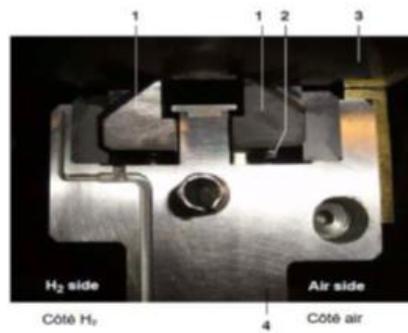


6.6 Joints d'étanchéité de l'arbre :

L'étanchéité de la carcasse au niveau des traversées de l'arbre est assurée par un joint radial. Le joint d'étanchéité de l'arbre est logé dans une boîte spéciale boulonnée au flasque de palier. La connexion boulonnée est isolée afin de prévenir les fuites de courant de l'arbre. Le joint comprend deux anneaux en carbone segmentés montés avec un faible jeu autour de la portée de l'arbre. Les segments sont maintenus par des ressorts de façon à assurer un bon contact avec le film d'huile d'étanchéité injecté dans le jeu par des orifices prévus dans la boîte étanche. Les segments sont maintenus par des ressorts qui assurent une pression positive sur les segments tant que le système d'alimentation en huile d'étanchéité n'est pas activé. En fonctionnement, la pression de l'huile d'étanchéité dépasse celle du ressort, conditionnant ainsi la performance des segments. L'étanchéité est obtenue en maintenant la pression de l'huile dans le jeu à un niveau supérieur à la pression de l'hydrogène dans la carcasse. L'huile s'écoulant de part et d'autre des joints côté hydrogène et côté air retourne dans le circuit d'huile d'étanchéité par des canaux prévus dans les flasques des paliers. L'huile est alors régénérée par traitement sous vide, refroidie et filtrée avant d'être renvoyée aux joints. Le faible jeu entre le joint et l'arbre peut également provoquer un échauffement par friction des anneaux du joint. Pour contrecarrer ce phénomène, la majeure partie de l'huile d'étanchéité injectée est en fait utilisée pour le refroidissement du joint. Elle quitte ensuite l'alternateur.



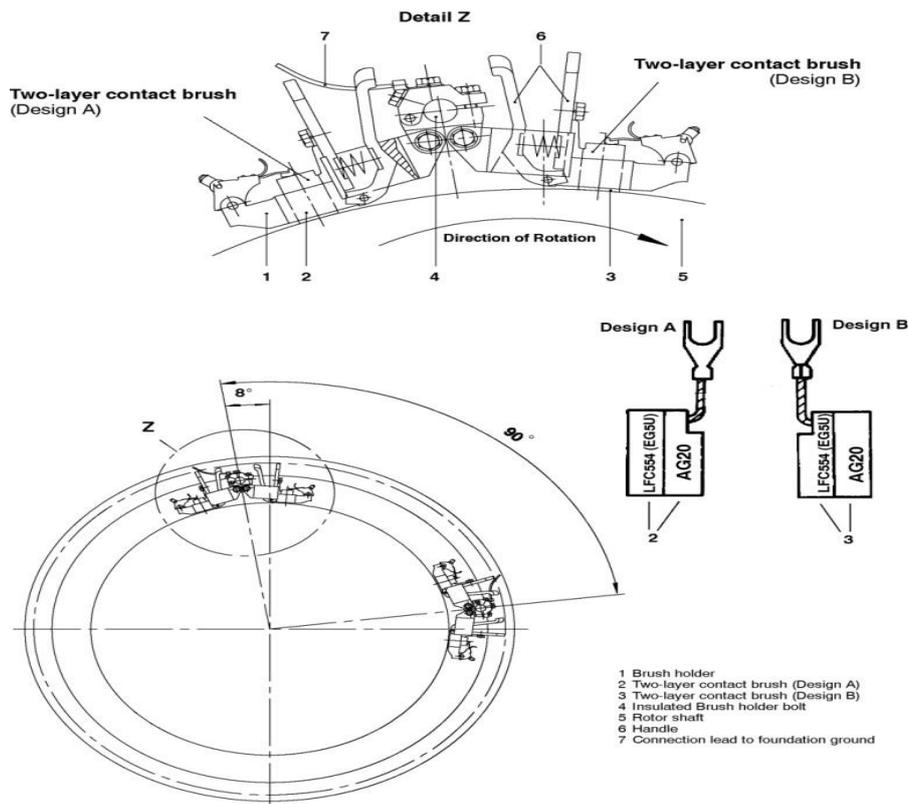
1 Segment d'anneau d'étanchéité d'arbre côté hydrogène
2 Segment d'anneau d'étanchéité d'arbre côté air



1. Segment en carbone
2. Ressort
3. Arbre
4. Boîte étanche

6.7 Mise à la terre du rotor :

Les brosses de mise à la terre sont montées pour éliminer les charges statiques de l'arbre. Les porte-balais sont disposés avec un angle de décalage de 90° ce qui permet d'assurer qu'au moins un balai se trouve en contact avec l'arbre en rotation. Il est possible d'enlever les porte-balais l'un après l'autre pour remplacer les charbons pendant l'exploitation.



6.8 RESISTANCES THERMOMETRIQUES (RTD) :

Les résistances thermométriques sont utilisées pour mesurer différentes températures de l'alternateur, telles que la température des enroulements du stator, du gaz froid ou du gaz chaud. Les RTD de type duplex (12-stator, 6- réfrigérants à l'hydrogène) et type simplex (12-stator) sont utilisés pour mesurer la température circuit magnétique du stator.

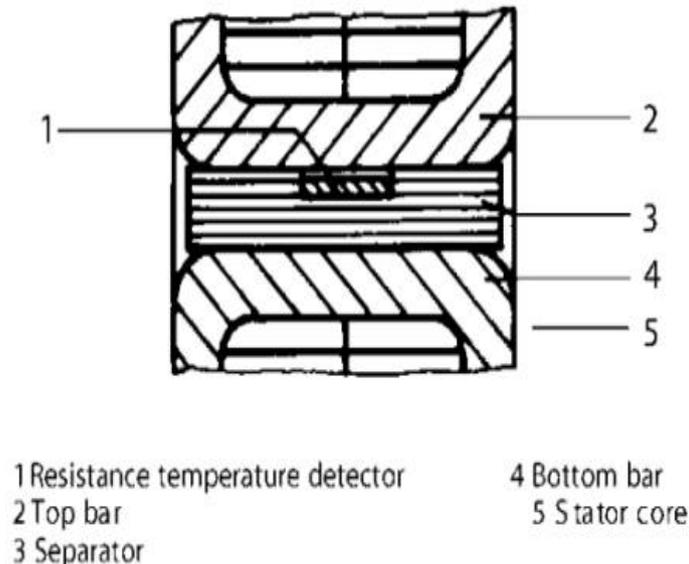


Figure III.36. Statore slot résistance température detector (similar désign)

Les détecteurs de température situés à l'intérieur du générateur (RTD pour le refroidisseur à hydrogène) sont montés dans des tubes de protection étanches aux gaz soudés au châssis du stator.

- **Thermocouples** : Les thermocouples (6) sont utilisés pour effectuer des mesures de température des roulements d'alternateur.
- **Capteur de vibrations des paliers** : Le capteur de vibrations destiné à mesurer les vibrations absolues des paliers fonctionne suivant le principe piézoélectrique. Les capteurs de ce type ne contiennent aucune pièce mobile. Ils sont donc très robustes et fiables en fonctionnement, et ne nécessitent aucun entretien. Le capteur est relié à un amplificateur de charge via un câble de type faible bruit (ex : câble coaxial). Le signal amplifié est transmis à un système de surveillance qui génère une alarme ou un déclenchement si les seuils fixés sont franchis.

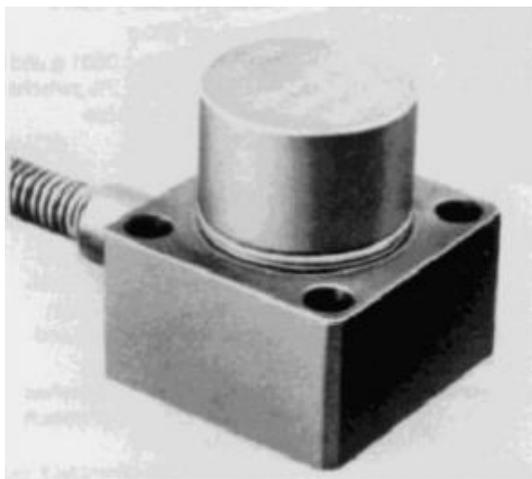


Figure III 37. Capteur de vibrations

6.9 Système de détecteur de niveau de liquide :

Le détecteur de niveau indique le niveau de liquide à l'intérieur de l'alternateur. Tout liquide (eau de refroidissement du réfrigérant à l'hydrogène) entrant à l'intérieur de l'enveloppe de l'alternateur est détecté par des capteurs de niveau montés dans des tubes protecteurs étanches au gaz et connectés aux tuyaux des points de niveau bas de l'alternateur.

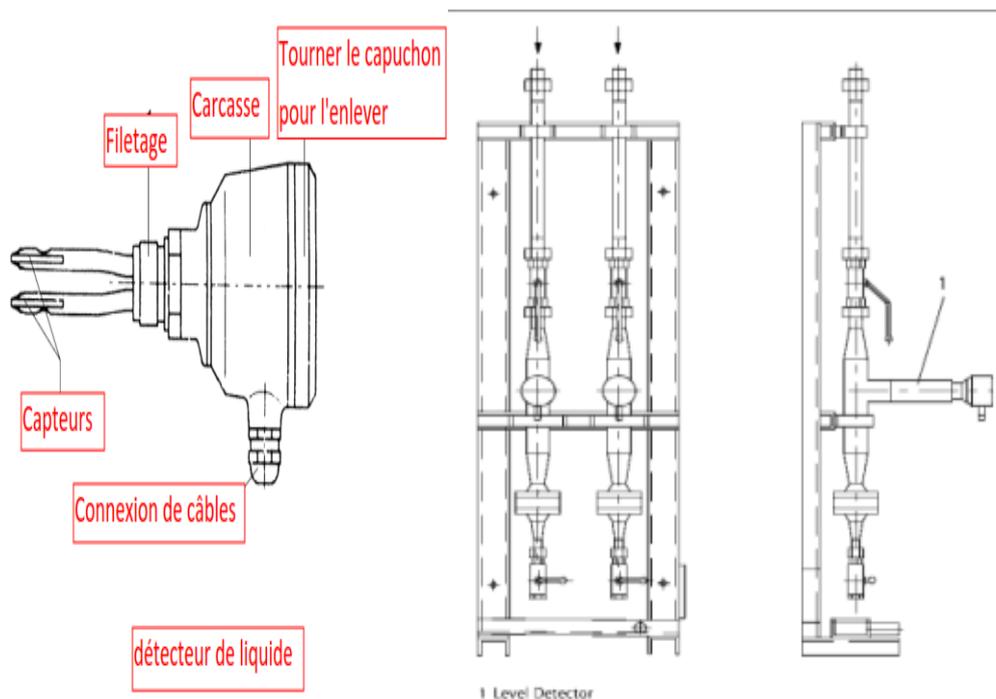


Figure III 38. Rack de détecteurs de liquide (conception similaire)

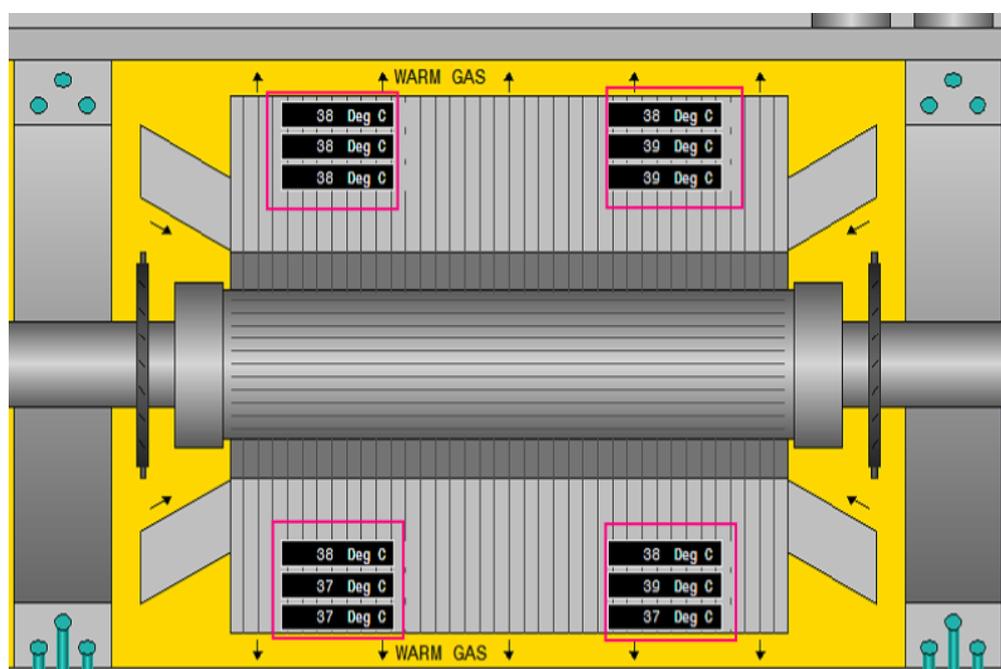
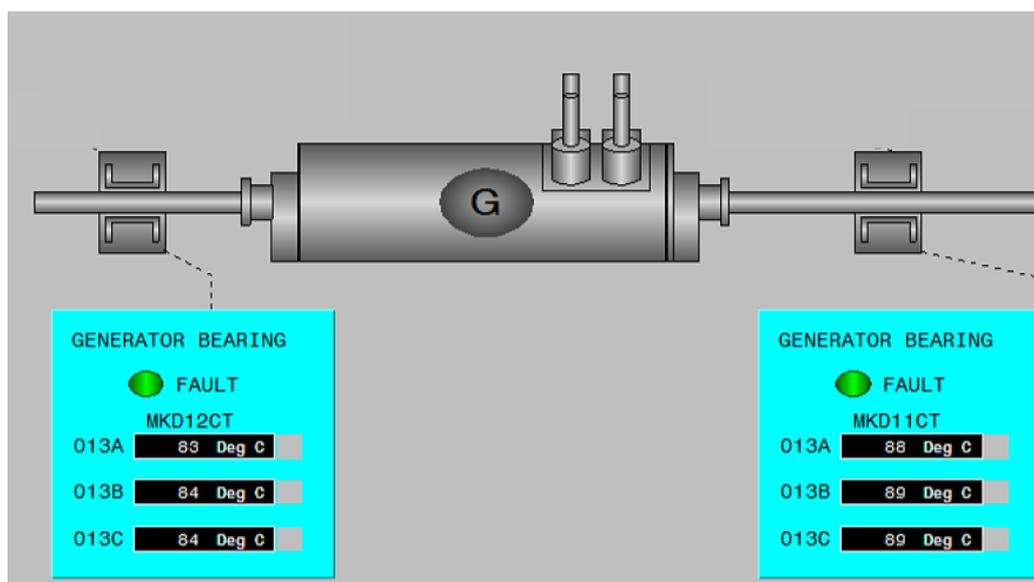


Figure III.39. Température circuit magnétique du stator

6.10 Théorie de base :

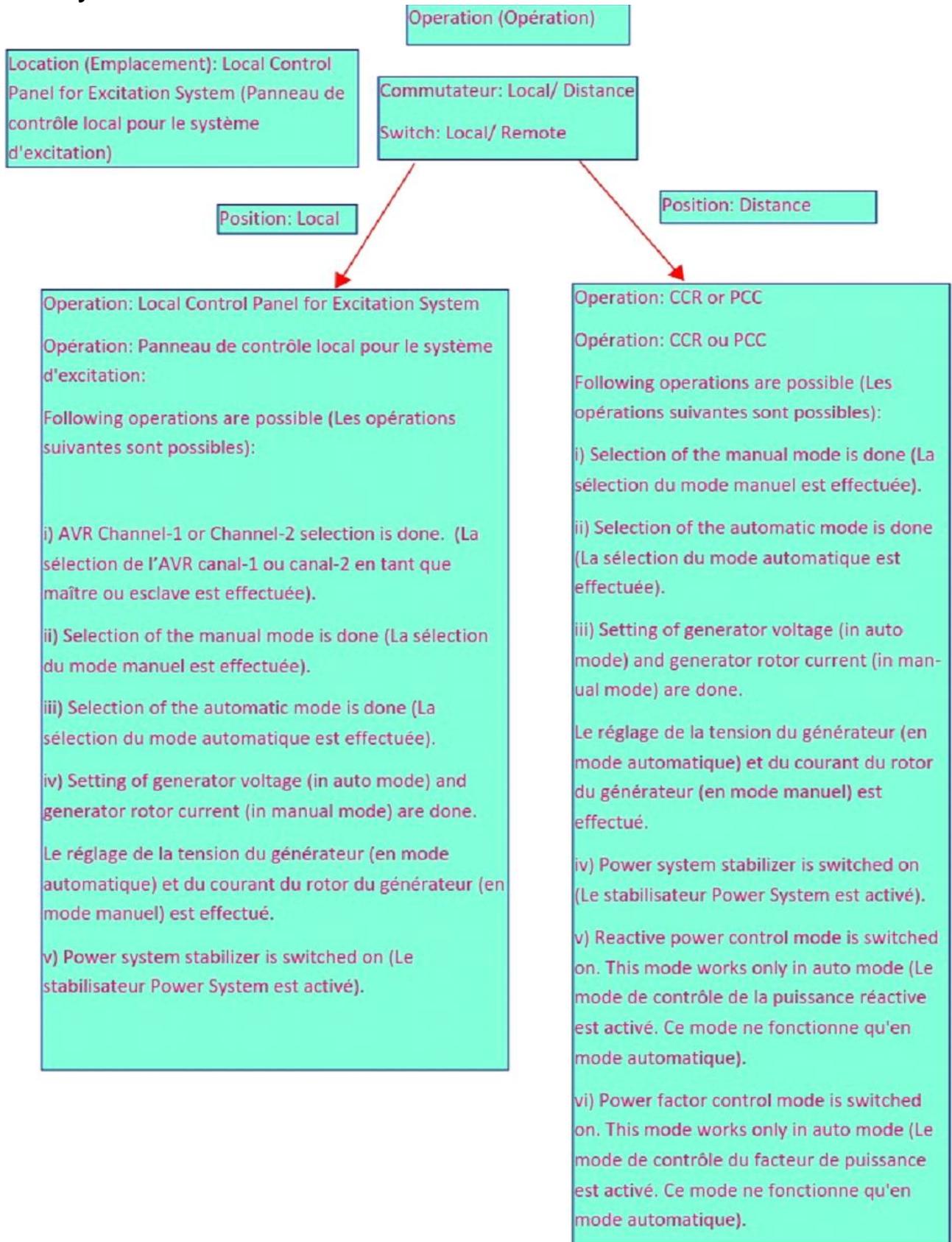
Le générateur est l'équipement électrique le plus important et le plus coûteux d'une centrale électrique. Il convertit l'énergie mécanique (sortie de turbine) en énergie électrique (sortie aux bornes du générateur). Il existe deux parties dans tous les générateurs industriels: Le stator et le rotor. Le moteur principal (turbine) initie un mouvement de rotation du rotor. Le stator comprend une armature fixe (noyau + enroulement) et une carcasse. Le rotor comprend un noyau et un enroulement qui sont

montés sur l'arbre du rotor. Un courant continu (CC) est fourni à l'enroulement du rotor à partir du système d'excitation, à travers le collecteur tournant et les balais de carbone, qui crée un champ magnétique dans le rotor (champ magnétique tournant). Dû au champ magnétique tournant ci-dessus, une tension alternative (CA) est induite dans enroulement de l'armature du stator.

Les tensions triphasées sont induites dans les enroulements de l'armature du stator, car ils sont physiquement placés sur trois emplacements séparés par 120 degrés électrique.

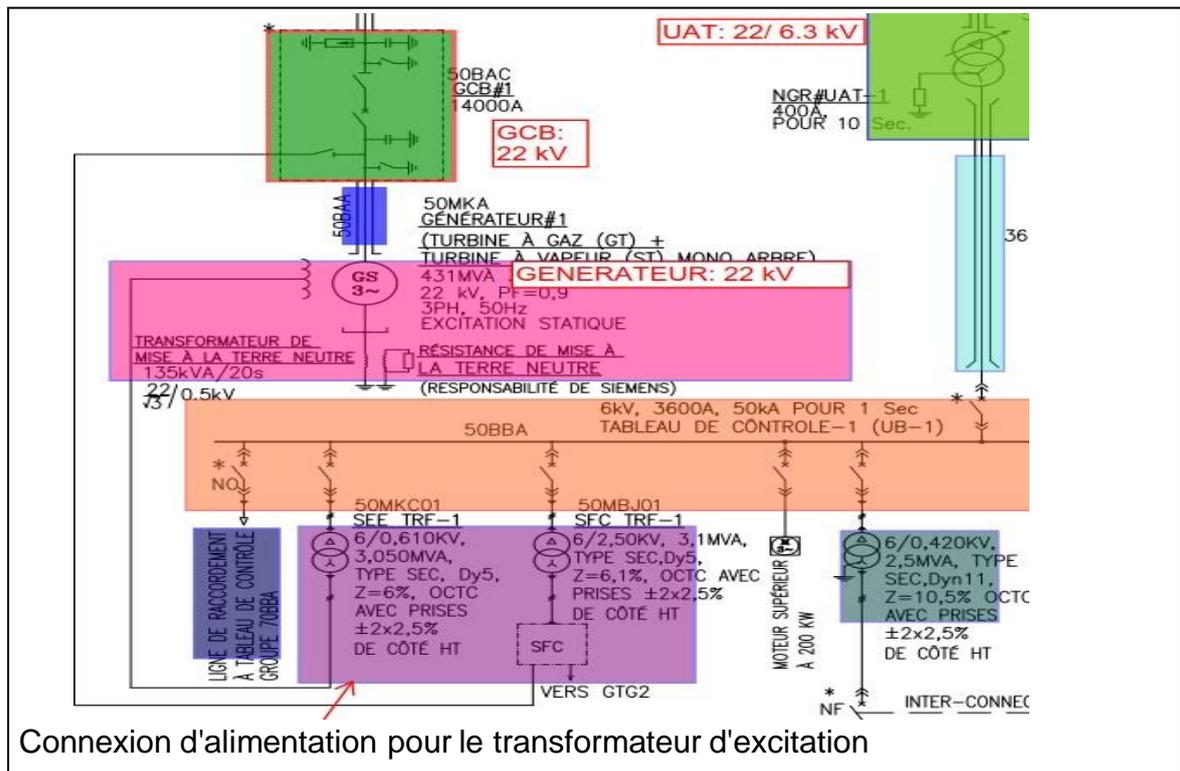
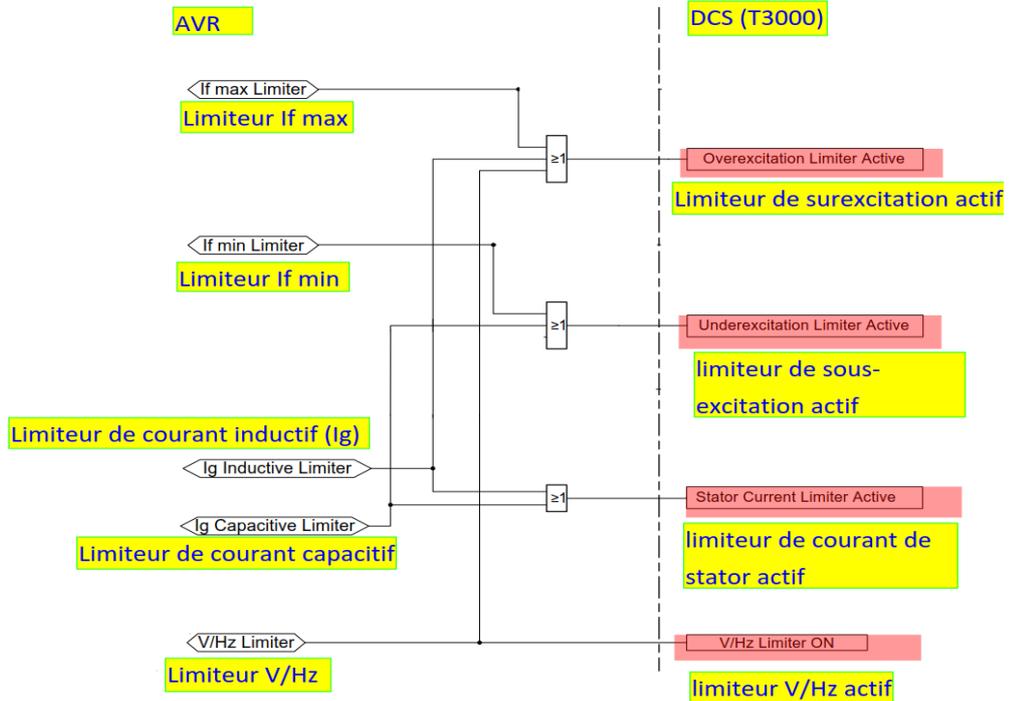
Lors du démarrage et de tout type d'oscillation de vitesse, l'enroulement amortisseur (formé par les cales d'encoches du rotor, qui sont court-circuitées par les bagues de retenue) génère un flux qui tend à entrainer le rotor, permettant ainsi d'obtenir un synchronisme. L'enroulement amortisseur ne joue aucun rôle lorsque la machine est synchronisée.

6.11 Système d'excitation :



6.12 Limiteur de surexcitation :

Si le courant d'excitation réel est supérieur à la valeur définie du limiteur de surexcitation, cette fonction réduit le point de consigne de tension [22].



Connexion d'alimentation pour le transformateur d'excitation

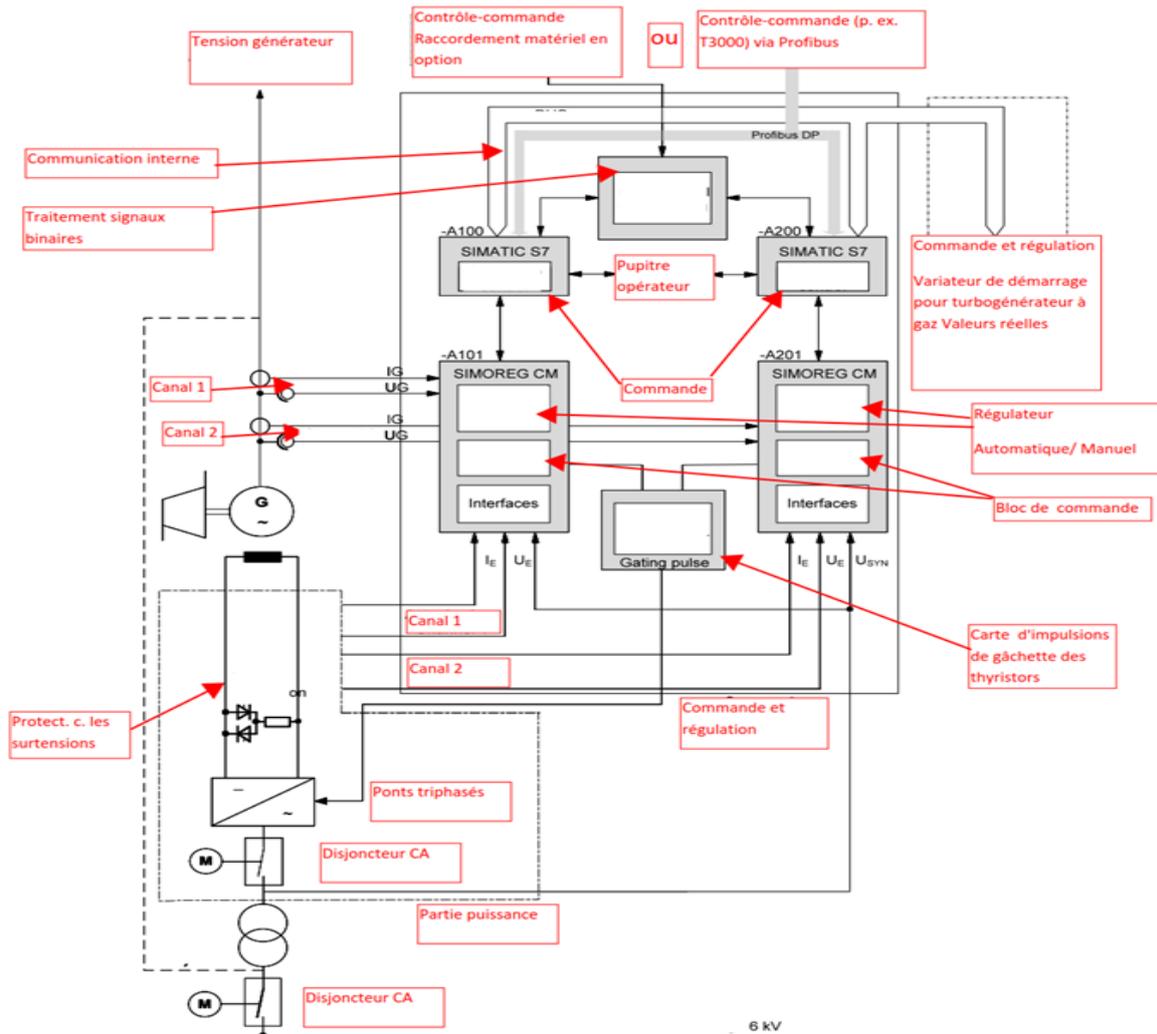


Figure III.40. Schema de Principe du control et la regulation des equipments d'excitation

7 Balayage du système d'analyse de gaz

7.1 Balayage des analyseurs de gaz

Conditions nécessaires au balayage des analyseurs de gaz :

- Les étapes décrites dans la notice 5.3-6100 (Travaux préparatoires) sont réalisées.
- Avant de purger/balayer les analyseurs de gaz, les indicateurs installés à distance doivent être mis à zéro par voie mécanique ou électronique. Les indicateurs analogiques et les enregistreurs doivent être ajustés conformément aux instructions de service correspondantes.

7.2 Balayage du système d'analyse de gaz au CO₂

Avant de mettre l'analyseur de gaz sous tension, le système doit être balayé au CO₂ et au H₂.

7.3 Remettre les robinetteries multivoies du poste de H₂ comme suit :

MKG18AA261 à zero

MKG31AA311 sur CALIBRAGE GAZ INERTE

MKG32AA311 sur CALIBRAGE GAZ INERTE

MKG78AA265 à zero

Se référer aussi à la notice 5.3-6107, Positions des principales robinetteries du système de gaz.

7.3.1 Tuyauterie entre les détendeurs de CO₂ et le poste H₂ remplie d'air?

Les vannes d'isolement de la bouteille de CO₂ en amont du détendeur de CO₂ doivent être ouvertes lentement pour empêcher la formation de glace sèche dans la vane

On a deux cas:

Premier cas:

Oui

- Balayer la tuyauterie et les analyseurs de gaz au CO₂

Procédure de balayage au CO₂ :

- Ouvrir la vanne d'isolement MKG70 AA261, et ouvrir lentement et légèrement la vanne de la bouteille de CO₂. Fermer la vanne de la bouteille de CO₂ dès que la pression de CO₂ est montée à environ 15 bar (indication du manomètre MKG73 CP511).

- Ouvrir lentement la vanne d'isolement MKG73 AA273.

- Ouvrir les robinetteries pour les deux analyseurs de gaz, afin d'autoriser un débit
- Ouvrir complètement les robinetteries au niveau des débitmètres MKG31 CF001 et MKG32 CF001 et régler le débit de CO₂ sur les détendeurs MKG31 AA150 et MKG32 AA150 (10 kPa maxi, \cong 100 mbar) de manière à ce que le débitmètre volumétrique indique 2,7 l/min (correspond à 0,9 l CO₂/min).

- Continuer à l'alimentation en CO₂ pendant la procédure de balayage pour compenser

Une fois que le débit de CO₂ chute, fermer la vanne d'isolement MKG73 AA273 et ouvrir lentement la vanne de la bouteille de CO₂. Fermer de nouveau la vanne de la bouteille de CO₂ dès que la pression de CO₂ est montée à environ 15 bar (indication du manomètre MKG73 CP511). Ouvrir la vanne d'isolement MKG73 AA273 encore une fois. Il peut être nécessaire de répéter cette procédure plusieurs fois pendant la procédure de balayage

Deuxième cas:**Non**

Les tuyauteries sont remplies au CO₂

- Balayer les analyseurs de gaz au CO₂
- Fermer la vanne d'isolement MKG70 AA261
- Ouvrir légèrement et lentement la vanne d'isolement de la bouteille de CO₂ raccordée. Lorsque la pression indiquée par le manomètre MKG73 CP511 est env. 15 bar, fermer la vanne d'isolement de la bouteille de CO₂
- Ouvrir lentement la vanne d'isolement MKG73 AA273
- Ouvrir les robinetteries pour les deux analyseurs de gaz, afin d'autoriser un débit
- Ouvrir complètement les robinetteries au niveau des débitmètres MKG31 CF001 et MKG32 CF001 et régler le débit de CO₂ sur les détendeurs MKG31 AA150 et MKG32 AA150 (10 kPa maxi, \pm 100 mbar) de manière à ce que le débitmètre volumétrique indique 2,7 l/min (correspond à 0,9 l CO₂/min).
- Balayer la tuyauterie et les analyseurs de gaz au CO₂ pendant environ 15 minutes
- Terminer le balayage au CO₂
- Fermer la vanne d'isolement de la bouteille
- Lorsque la pression indiquée par le manomètre MKG73 CP511 est < 5 bar, fermer la vanne d'isolement MKG70
- Réduire le débit à travers les deux analyseurs de gaz au minimum

Régler les détendeurs MKG31 AA150 et MKG32 AA150 à environ 3 kPa (\pm 30 mbar). Mettre ensuite les robinetteries sur les débitmètres MKG31CF001 et MKG32CF001 en position de laminage.

- Fermer la vanne d'isolement MKG73
- Balayage du système d'analyse de gaz
- Régler les robinetteries multivoies MKG31AA311 et MKG32AA311 sur
- Ouvrir les vannes d'isolement entre le rack de bouteilles de H₂ et le poste de H₂

Vérifier que la vanne d'isolement MKG15AA281 est ouverte. Ouvrir ensuite la vanne d'isolement

MKG11 AA291 vanne d'isolement en amont du détendeur MKG11 AA281 vanne d'isolement en aval du détendeur MKG11 AA261 vanne d'isolement en amont du détendeur MKG10 AA251 vanne d'isolement en aval de la bouteille de H₂

Une fois la vanne ouverte, l'hydrogène est admis au poste de H₂.

Ouvrir les robinetteries pour les deux analyseurs de gaz à un débit de 1,5 l/min:

Ouvrir les robinetteries sur les débitmètres MKG31CF001 et MKG32CF001 et régler le débit de gaz d'échantillonnage à 1,5 l/min.

Tuyauterie entre le rack de bouteilles de H₂ et le poste de H₂ remplie de H₂?

On à deux cas:

Premier cas:

No:

- Balayer suffisamment la tuyauterie et le système d'analyse de gaz au H₂
- Surveiller le H₂ vis-à-vis d'un changement de volume pendant la procédure de balayage:

L'air ou le gaz inerte dans les tuyauteries est balayé au H₂. Dès que le H₂ commence à circuler à travers les débitmètres, le débit augmente. Si nécessaire, le débit de gaz à travers les analyseurs de gaz doit être réglé à 1,5 l/min à l'aide des robinetteries situées sur les débitmètres MKG31CF001 et MKG32CF001.

Deuxieme cas:

Oui:

- Balayer le système d'analyse de gaz au H₂ pendant environ 30 à 60 minutes. Ouvrir les robinetteries pour les deux analyseurs de gaz à un débit de 1 l/min. Le calibrage des analyseurs de gaz peut commencer (voir la notice 5.3-6120, Calibrage thermique du zéro et de la pleine échelle des analyseurs de gaz électriques).

Régler les robinetteries multivoies MKG31AA311 et MKG32AA311 sur Mesure gaz

Alternateur.

La procédure de balayage est achevée[23].

7.3.2 Réfrigération - Refroidisseur à hydrogène :

Il s'agit d'un échangeur de chaleur de type tubulaire à ailettes. La chaleur retirée de l'hydrogène est transférée dans l'eau de refroidissement, acheminée par les tubes.

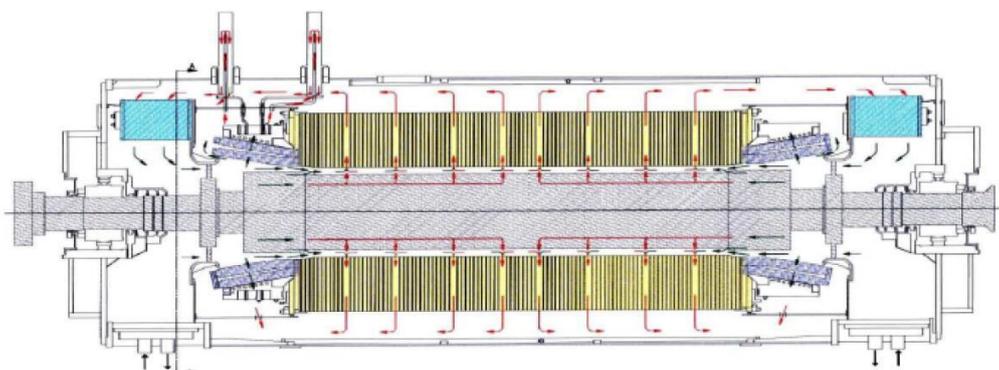
L'hydrogène s'écoule au-dessus des ailettes. Nous avons deux refroidisseurs à chaque tête du générateur. Chaque refroidisseur est divisé en deux passages qui sont tangentiellement arrangés dans la carcasse du stator. Dans le but d'augmenter la surface de transfert de chaleur, les ailettes en cuivre sont soudés sur les tubes.

Le gaz froid est aspiré par les deux ventilateurs axiaux disposés sur le rotor dans les compartiments du refroidisseur. L'écoulement du gaz de refroidissement est divisé en trois voies d'écoulement après chaque ventilateur :

a. La voie d'écoulement 1 : le gaz de refroidissement est dirigé dans l'espace du bobinage de l'extrémité du rotor et refroidit le bobinage du rotor. Une partie du gaz de refroidissement s'écoule au-delà des bobines individuelles pour refroidir le bobinage de l'extrémité du rotor, puis quitte l'espace de l'extrémité du rotor via des alésages dans les dents du rotor et des rainures dans le corps du rotor. L'autre partie du flux de gaz de refroidissement est dirigée de l'espace du bobinage de l'extrémité du rotor vers les conduites internes du rotor d'où elle est déchargée dans l'entrefer par un grand nombre de fentes d'aération radiales dans les bobines et les alésages des cales du rotor. Le long de ces trajets, la chaleur du bobinage du rotor est directement transférée au gaz de refroidissement.

b. La voie d'écoulement 2 : permet le refroidissement de l'enroulement de l'extrémité du stator. L'enroulement de l'extrémité du stator constitue une partie de l'espace d'évacuation du gaz froid derrière le ventilateur. Les trous dans la première nervure axiale derrière laquelle le premier compartiment de gaz chaud est situé assure un refroidissement effectif de l'enroulement de l'extrémité du stator. Le gaz de refroidissement passe par le côté des bobines et sort de l'enroulement de l'extrémité du stator par les alésages. Une petite partie du gaz de refroidissement est fournie aux traversées de borne.

c. La voie d'écoulement 3 : elle est dirigée dans la fente d'aération à travers les bagues de retenue du rotor. Ainsi le gaz circule à travers les doigts de serrage et à travers les rainures de ventilations dans le noyau du stator, dans les compartiments externes de gaz chaud qui se trouvent dans le châssis du stator avant d'être retourné dans les refroidisseurs. Cette voie de passage refroidit principalement les bagues de retenue du rotor, l'extrémité du corps du rotor, et portions terminales du noyau du stator. Le gaz de refroidissement circule alors à partir des compartiments de gaz chauds à travers les rainures de ventilation dans le noyau.



8 FONCTIONNEMENT AUX CONDITIONS NORMALES DE CHARGE LIMITES :

8.1 Pour le chargement du générateur, les conditions suivantes sont requises :

Le générateur est rempli d'hydrogène jusqu'à la pression nominale et toutes les sections du refroidisseur d'hydrogène fonctionnent.

Le générateur est exploité à la fréquence et à la tension nominale.

Tout réglage de charge souhaité est possible dans les limites de la courbe de capacité réactive. La pression d'hydrogène doit être surveillée.

8.2 RESTRICTIONS DE CHARGE :

Pendant la durée de vie du générateur, il peut arriver que les conditions d'exploitation du générateur nécessite qu'il fonctionne à charge réduite afin d'éviter d'endommager l'unité. Les restrictions suivantes doivent être respectées pour les limites indiquées :

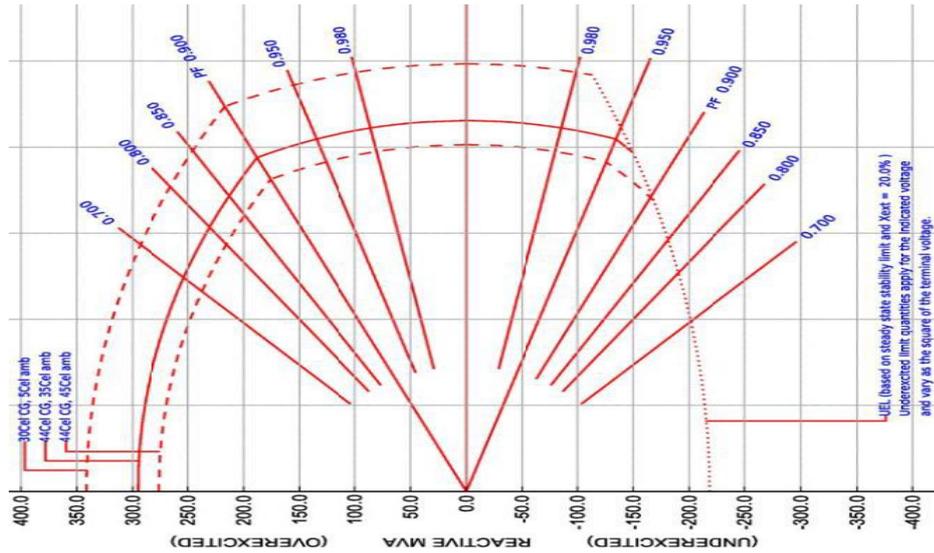
8.2.1 Fonctionnement avec les refroidisseurs d'hydrogène hors service

Chaque extrémité de la machine est équipée d'un refroidisseur composé de deux sections qui peuvent être isolées individuellement et retirées du service. Si une section est retirée du service, le fonctionnement du générateur est seulement admissible à une charge réduite, correspondant à 80% de la puissance admissible à la température de gaz froid résultante.

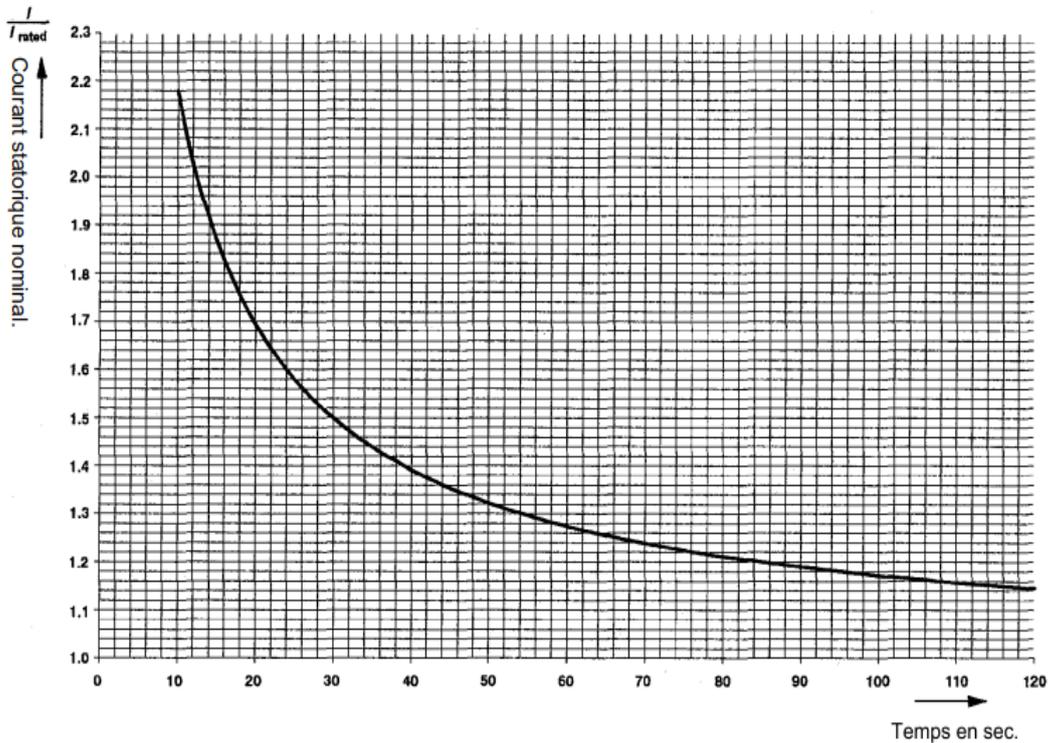
8.2.2 Déviation de la pression d'hydrogène nominale

Si la pression d'hydrogène ne peut pas être maintenu au niveau spécifié en raison, par exemple, d'une perte de gaz ou d'une alimentation en gaz insuffisante, la charge du générateur doit être réduite à 85% lorsque la pression du gaz a chuté de 0,35 bar (mais pas plus de 1 bar) en dessous de la pression nominale spécifiée.

8.3 COURBE DE CAPACITÉ DU GÉNÉRATEUR



8.4 Capacité de surcharge du générateur :



Numéros de commande : 12819, MK002970 et 12931

8.5 CONTROLE DES PARAMETRES

8.5.1 Les paramètres suivants du générateur sont contrôlés :

La Vitesse (t/min) ou fréquence (Hz) en changeant la puissance mécanique de la turbine. Ceci est possible lorsque le générateur n'est pas synchronisé avec le réseau .Puissance active (MW) en changeant la puissance mécanique de la turbine. Ceci est possible lorsque le générateur est synchronisé avec le réseau.

La valeur de la tension aux bornes du générateur (kV) en changeant le courant d'excitation. Ceci est possible lorsque le générateur n'est pas synchronisé avec le réseau. Ainsi la puissance réactive (MVAR) en changeant le courant d'excitation. Ceci est possible lorsque le générateur est synchronisé avec le réseau.

8.6 SYSTEMES DE REGULATION DE L'ALTERNATEUR

8.6.1 Régulation de $\cos \varphi$ /puissance réactive :

Avec l'exploitation d'excitation en mode AUTOMATIQUE, soit une régulation de puissance réactive ou une régulation de $\cos \varphi$ peut être superposée. La régulation superposée prévue (soit régulation- $\cos \varphi$ ou régulation-Q) peut uniquement être activée, contrôlée et désactivée par la salle de contrôle [24].

Conclusion :

Une étude technique de la station de production de l'hydrogène est indispensable pour résoudre le problème de notre étude est bien détaillé dans ce chapitre qui décrit cette station, son principe de fonctionnement ainsi que les différentes composantes constitutives qui s'articule sur trois essentielles parties : électrique, mécanique et énergétique.

Chapitre 4 :

Programmation de processus de production de l'hydrogène

1 Introduction

Les systèmes automatisés sont en plein essor de nos jours surtout dans les domaines industriels de production de l'H₂ qui est l'un des domaines les plus importants dans l'économie d'un pays. Le présent document est supposé être exhaustif et représente donc une image directe des éléments implémentés dans le programme d'automatisation du processus énergétique de la production de l'H₂. Les fonctions supplémentaires ont toujours le statut « True » (vrai) afin qu'elles n'influencent pas les fonctionnalités des logiques.

2 CONDITIONS DE DÉMARRAGE

Condition de démarrage retardé : Un délai d'attente est implémenté pour certaines conditions de démarrage. Donc, une fonction défaillante arrête l'électrolyseur uniquement après un délai d'attente défini. Par exemple, quand une vanne s'ouvre, le contacteur débitmétrique placé dans sa boucle doit détecter le débit. Si ce n'est pas le cas, une pré-alarme sera activée et la condition de démarrage sera en défaut uniquement après un délai d'attente défini, ce qui aura pour conséquence l'arrêt de l'électrolyseur. Quand une condition de démarrage est en défaut, l'avertisseur sonore est activé et un événement spécifique s'affiche.

I.1. Conditions de démarrage de base

Conditions de démarrage de base	
Code	Explication
EMS_A_OK_MEM	Arrêt d'urgence A non actionné
EMS_B_OK_MEM	Arrêt d'urgence B non actionné
EMS_C_OK_MEM	Arrêt d'urgence C non actionné
EMS_D_OK_MEM	Arrêt d'urgence D non actionné
EMS_E_OK_MEM	Arrêt d'urgence E non actionné
EMS_F_OK_MEM	Arrêt d'urgence F non actionné
EMS_G_OK_MEM	Arrêt d'urgence G non actionné
EMS_H_OK_MEM	Arrêt d'urgence H non actionné
EMS_I_OK_MEM	Arrêt d'urgence I non actionné
EMS_J_OK_MEM	Arrêt d'urgence J non actionné
EMS_K_OK_MEM	Arrêt d'urgence K non actionné
EMS_L_OK_MEM	Arrêt d'urgence L non actionné
EMS_M_OK_MEM	Arrêt d'urgence M non actionné
EMS_N_OK_MEM	Arrêt d'urgence N non actionné
EMS_O_OK_MEM	Arrêt d'urgence O non actionné
EMS_P_OK_MEM	Arrêt d'urgence P non actionné

HWSS_RELEASE_OK_MEM	Système de sécurité câblé OK
SMOKE_AND_FIRE_ALARM	Alarme fumée et incendie OK
OTA_PR_DETHEAD_OK_MEM	Tête de détection du transmetteur d'oxygène dans la salle desprocédés OK

Conditions de démarrage de base	
Code	Explication
OTA_PROC_ROOM_H_OK_MEM	Alarme haute du transmetteur d'oxygène dans la salle des pro-cédés OK
OTA_PROC_ROOM_L_OK_MEM	Alarme basse du transmetteur d'oxygène dans la salle des pro-cédés OK
OTA_HIGH_OK_MEM	Alarme haute du transmetteur d'oxygène OK
OTA_LOW_OK_MEM	Alarme basse du transmetteur d'oxygène OK
OTA_2_DETHEAD_OK_MEM	Tête de détection du transmetteur d'oxygène 2 dans la salledes procédés OK
OTA_2_ROOM_H_OK_MEM	Alarme haute du transmetteur d'oxygène 2 dans la salle desprocédés OK
OTA_2_ROOM_L_OK_MEM	Alarme basse du transmetteur d'oxygène 2 dans la salle desprocédés OK
OTA_2_HIGH_OK_MEM	Alarme haute du transmetteur d'oxygène 2 OK
OTA_2_LOW_OK_MEM	Alarme basse du transmetteur d'oxygène 2 OK
HTA_PR1_DETHEAD_OK_MEM	Tête de détection du détecteur d'hydrogène 1 dans la salle desprocédés OK
HTA_PROC1_ROOM_OK_MEM	Détecteur d'hydrogène 1 dans la salle des procédés OK
HTA_PR2_DETHEAD_OK_MEM	Tête de détection du détecteur d'hydrogène 2 dans la salle desprocédés OK
HTA_PROC2_ROOM_OK_MEM	Détecteur d'hydrogène 2 dans la salle des procédés OK
HTA_PR3_DETHEAD_OK_MEM	Tête de détection du détecteur d'hydrogène 3 dans la salle desprocédés OK
HTA_PROC3_ROOM_OK_MEM	Détecteur d'hydrogène 3 dans la salle des procédés OK
HTA_PR4_DETHEAD_OK_MEM	Tête de détection du détecteur d'hydrogène 4 dans la salle desprocédés OK
HTA_PROC4_ROOM_OK_MEM	Détecteur d'hydrogène 4 dans la salle des procédés OK
HTA_Dr_DETHEAD_OK_MEM	Tête de détection du détecteur d'hydrogène 1 dans le sécheurOK
HTA_Drier_ROOM_OK_MEM	Détecteur d'hydrogène dans la salle du sécheur OK
Basic_FREE38	Condition supplémentaire non utilisée 38
POWERSUPPLY_OK_MEM	Alimentation électrique 24 volts OK
UPS_HIGH_OK_MEM	Alarme haute UPS 24 volts OK
UPS_LOW_OK_MEM	Alarme basse UPS 24 volts OK
FUSE_RIO_CP_OK_MEM	Fusible tableau de commande RIO OK
FUSE_RIO_Util_A_OK_MEM	Fusible utilitaire RIO A OK
FUSE_RIO_Util_B_OK_MEM	Fusible utilitaire RIO B OK
PS_INST_AIR_OK_MEM	Pressostat air instrument OK
PS_N2_LL_OK_MEM	Pressostat alarme haute azote OK

Basic_FREE47	Condition supplémentaire non utilisée 47
Feedr_Supply_LL_OK_MEM	Alimentation électrique basse (LL) retardée OK
Feedr_Supply_HH_OK_MEM	Alimentation électrique haute (HH) retardée OK
Drawr_CP_Trip0Pos_OK_MEM	Tiroir armoire CP non déclenché et en position OK
Feedr_X_Trip0Pos_OK_MEM	Ligne d'alimentation 1 ou 2 non déclenchée et en position OK
Basic_FREE52	Condition supplémentaire non utilisée 52
Basic_FREE53	Condition supplémentaire non utilisée 53
Basic_FREE54	Condition supplémentaire non utilisée 54
Basic_FREE55	Condition supplémentaire non utilisée 55

Conditions de démarrage de base	
Code	Explication
OTA_PROC_ROOM_H_OK_MEM	Alarme haute du transmetteur d'oxygène dans la salle des pro-cédés OK
OTA_PROC_ROOM_L_OK_MEM	Alarme basse du transmetteur d'oxygène dans la salle des pro-cédés OK
OTA_HIGH_OK_MEM	Alarme haute du transmetteur d'oxygène OK
OTA_LOW_OK_MEM	Alarme basse du transmetteur d'oxygène OK
OTA_2_DETHEAD_OK_MEM	Tête de détection du transmetteur d'oxygène 2 dans la salle des procédés OK
OTA_2_ROOM_H_OK_MEM	Alarme haute du transmetteur d'oxygène 2 dans la salle des procédés OK
OTA_2_ROOM_L_OK_MEM	Alarme basse du transmetteur d'oxygène 2 dans la salle des procédés OK
OTA_2_HIGH_OK_MEM	Alarme haute du transmetteur d'oxygène 2 OK
OTA_2_LOW_OK_MEM	Alarme basse du transmetteur d'oxygène 2 OK
HTA_PR1_DETHEAD_OK_MEM	Tête de détection du détecteur d'hydrogène 1 dans la salle des procédés OK
HTA_PROC1_ROOM_OK_MEM	Détecteur d'hydrogène 1 dans la salle des procédés OK
HTA_PR2_DETHEAD_OK_MEM	Tête de détection du détecteur d'hydrogène 2 dans la salle des procédés OK
HTA_PROC2_ROOM_OK_MEM	Détecteur d'hydrogène 2 dans la salle des procédés OK
HTA_PR3_DETHEAD_OK_MEM	Tête de détection du détecteur d'hydrogène 3 dans la salle des procédés OK
HTA_PROC3_ROOM_OK_MEM	Détecteur d'hydrogène 3 dans la salle des procédés OK
HTA_PR4_DETHEAD_OK_MEM	Tête de détection du détecteur d'hydrogène 4 dans la salle des procédés OK
HTA_PROC4_ROOM_OK_MEM	Détecteur d'hydrogène 4 dans la salle des procédés OK
HTA_Dr_DETHEAD_OK_MEM	Tête de détection du détecteur d'hydrogène 1 dans le sécheur OK
HTA_Drier_ROOM_OK_MEM	Détecteur d'hydrogène dans la salle du sécheur OK
Basic_FREE38	Condition supplémentaire non utilisée 38
POWERSUPPLY_OK_MEM	Alimentation électrique 24 volts OK

UPS_HIGH_OK_MEM	Alarme haute UPS 24 volts OK
UPS_LOW_OK_MEM	Alarme basse UPS 24 volts OK
FUSE_RIO_CP_OK_MEM	Fusible tableau de commande RIO OK
FUSE_RIO_Util_A_OK_MEM	Fusible utilitaire RIO A OK
FUSE_RIO_Util_B_OK_MEM	Fusible utilitaire RIO B OK
PS_INST_AIR_OK_MEM	Pressostat air instrument OK
PS_N2_LL_OK_MEM	Pressostat alarme haute azote OK
Basic_FREE47	Condition supplémentaire non utilisée 47
Feedr_Supply_LL_OK_MEM	Alimentation électrique basse (LL) retardée OK
Feedr_Supply_HH_OK_MEM	Alimentation électrique haute (HH) retardée OK
Drawr_CP_Trip0Pos_OK_MEM	Tiroir armoire CP non déclenché et en position OK
Feedr_X_Trip0Pos_OK_MEM	Ligne d'alimentation 1 ou 2 non déclenchée et en position OK
Basic_FREE52	Condition supplémentaire non utilisée 52
Basic_FREE53	Condition supplémentaire non utilisée 53
Basic_FREE54	Condition supplémentaire non utilisée 54
Basic_FREE55	Condition supplémentaire non utilisée 55

Conditions de démarrage de base	
Code	Explication
Basic_FREE56	Condition supplémentaire non utilisée 56
Basic_FREE57	Condition supplémentaire non utilisée 57
Basic_FREE58	Condition supplémentaire non utilisée 58
Basic_FREE59	Condition supplémentaire non utilisée 59
Basic_FREE60	Condition supplémentaire non utilisée 60
Basic_FREE61	Condition supplémentaire non utilisée 61
Basic_FREE62	Condition supplémentaire non utilisée 62
Basic_FREE63	Condition supplémentaire non utilisée 63

Le tableau ci-dessus reprend également des conditions de démarrage retardé

- OTA_PR_DETHEAD_OK_MEM avec signal d'avertissement sur l'IHM
- OTA_2_DETHEAD_OK_MEM avec signal d'avertissement sur l'IHM
- HTA_PR1_DETHEAD_OK_MEM avec signal d'avertissement sur l'IHM
- HTA_PR2_DETHEAD_OK_MEM avec signal d'avertissement sur l'IHM
- HTA_PR3_DETHEAD_OK_MEM avec signal d'avertissement sur l'IHM
- HTA_PR4_DETHEAD_OK_MEM avec signal d'avertissement sur l'IHM
- HTA_Dr_DETHEAD_OK_MEM avec signal d'avertissement sur l'IHM
- PS_INST_AIR_OK_MEM avec signal d'avertissement sur l'IHM
- PS_N2_LL_OK_MEM avec signal d'avertissement sur l'IHM
- Feedr_Supply_LL_OK_MEM avec signal d'avertissement sur l'IHM
- Feedr_Supply_HH_OK_MEM avec signal d'avertissement sur l'IHM

2.1 Conditions de démarrage de base de la production d'hydrogène commune :

Conditions de démarrage de base de la production d'hydrogène commune	
Code	Explication
BASIC_STC_OK	Les conditions de démarrage de base sont OK
PHASE_CP_Panel_OK_MEM	Contrôleur de phase tableau de commande OK
MainSw_Util_P_OK_MEM	Commutateur principal du tableau des utilitaires OK
TT_CP_HH_OK_MEM	Alarme haute haute température tableau de commande OK
MCC_CP_EI1_OK	Centre de commande du moteur, tableau de commande del'électrolyseur 1 en position et non déclenché
MCC_PWR_EI1_OK	Centre de commande du moteur, armoire électrique del'électrolyseur 1 en position et non déclenchée
MCC_CP_EI2_OK	Centre de commande du moteur, tableau de commande del'électrolyseur 2 en position et non déclenché
MCC_PWR_EI2_OK2	Centre de commande du moteur, armoire électrique de l'électrolyseur 2 en position et non déclenchée
PT_BF_H_HH_OK	Pression de remplissage des bouteilles, alarme haute haute OK

Conditions de démarrage de base de la production d'hydrogène commune	
Code	Explication
PT_BF_H_BW_OK	Pression de remplissage des bouteilles, alarme de fil cassé OK
COM_H2P_SC_FREE_10	Condition supplémentaire non utilisée 10
COM_H2P_SC_FREE_11	Condition supplémentaire non utilisée 11
COM_H2P_SC_FREE_12	Condition supplémentaire non utilisée 12
COM_H2P_SC_FREE_13	Condition supplémentaire non utilisée 13
COM_H2P_SC_FREE_14	Condition supplémentaire non utilisée 14
COM_H2P_SC_FREE_15	Condition supplémentaire non utilisée 15
COM_H2P_SC_FREE_16	Condition supplémentaire non utilisée 16
COM_H2P_SC_FREE_17	Condition supplémentaire non utilisée 17
COM_H2P_SC_FREE_18	Condition supplémentaire non utilisée 18
COM_H2P_SC_FREE_19	Condition supplémentaire non utilisée 19
COM_H2P_SC_FREE_20	Condition supplémentaire non utilisée 20
COM_H2P_SC_FREE_21	Condition supplémentaire non utilisée 21
COM_H2P_SC_FREE_22	Condition supplémentaire non utilisée 22
COM_H2P_SC_FREE_23	Condition supplémentaire non utilisée 23
COM_H2P_SC_FREE_24	Condition supplémentaire non utilisée 24
COM_H2P_SC_FREE_25	Condition supplémentaire non utilisée 25
COM_H2P_SC_FREE_26	Condition supplémentaire non utilisée 26
COM_H2P_SC_FREE_27	Condition supplémentaire non utilisée 27
COM_H2P_SC_FREE_28	Condition supplémentaire non utilisée 28

COM_H2P_SC_FREE_29	Condition supplémentaire non utilisée 29
COM_H2P_SC_FREE_30	Condition supplémentaire non utilisée 30
COM_H2P_SC_FREE_31	Condition supplémentaire non utilisée 31
COM_H2P_SC_FREE_32	Condition supplémentaire non utilisée 32
COM_H2P_SC_FREE_33	Condition supplémentaire non utilisée 33
COM_H2P_SC_FREE_34	Condition supplémentaire non utilisée 34
COM_H2P_SC_FREE_35	Condition supplémentaire non utilisée 35
COM_H2P_SC_FREE_36	Condition supplémentaire non utilisée 36
COM_H2P_SC_FREE_37	Condition supplémentaire non utilisée 37
COM_H2P_SC_FREE_38	Condition supplémentaire non utilisée 38
COM_H2P_SC_FREE_39	Condition supplémentaire non utilisée 39
COM_H2P_SC_FREE_40	Condition supplémentaire non utilisée 40
COM_H2P_SC_FREE_41	Condition supplémentaire non utilisée 41
COM_H2P_SC_FREE_42	Condition supplémentaire non utilisée 42
COM_H2P_SC_FREE_43	Condition supplémentaire non utilisée 43
COM_H2P_SC_FREE_44	Condition supplémentaire non utilisée 44
COM_H2P_SC_FREE_45	Condition supplémentaire non utilisée 45
COM_H2P_SC_FREE_46	Condition supplémentaire non utilisée 46
COM_H2P_SC_FREE_47	Condition supplémentaire non utilisée 47

Il n'y a pas de conditions de démarrage retardé dans le tableau ci-dessus.

2.2 Conditions de démarrage du compresseur 1

Conditions de démarrage du compresseur 1.	
Code	Explication
COMM_H2P_STCD	Conditions de démarrage de base de la production d'hydrogène commune OK
MCC_Comp	Centre de commande du moteur du compresseur
Ready_OK	Compresseur en attente de production ou en fonctionnement
MotNotOvrLoad	Moteur du compresseur non surchargé
SafetiesOK	Dispositifs de sécurité du compresseur OK
OilLevelOK	Niveau d'huile du compresseur OK
OilTempOK	Température d'huile du compresseur OK
TT_H_Out_HH_OK_MEM	Température ext. du compresseur d'hydrogène, alarme haute haute OK
PressInletStg1OK	Pression d'entrée du compresseur étape 1 OK
PressOutletStg2OK	Pression d'entrée du compresseur étape 2 OK
GlycolCircOK	Circulation de glycol du compresseur OK
MotorOnOK	Moteur en marche sur demande OK
DeliveryOK	Fourniture quand moteur en marche
PressB_HOK	Pression réservoir tampon d'hydrogène au-dessus du seuil OK
PressureswitchOK	Pressostat réservoir tampon d'hydrogène OK
EMS_Comp_OK	Arrêt d'urgence compresseur non actionné

CHILLER1_OK_MEM	Refroidisseur 1 OK
PT_Chiller1_LL_OK_MEM	Pression du refroidisseur 1, alarme basse basse OK
PT_Chiller1_HH_OK_MEM	Pression du refroidisseur 1, alarme haute haute OK
PT_Chiller1_BW_OK_MEM	Pression du refroidisseur 1, alarme de fil cassé OK
TT_Chiller1_LL_OK_MEM	Température du refroidisseur 1, alarme basse basse OK
TT_Chiller1_HH_OK_MEM	Température du refroidisseur 1, alarme haute haute OK
Power_Present_MEM	Alimentation électrique présente OK
CmpEIVValve_Sel_OK_MEM	Vannes du compresseur de l'électrolyseur, sélection OK
HWSS_Released_MEM	Système de sécurité câblé sur électrolyseur OK
Communication_OK_MEM	Communication avec électrolyseur OK
FREE26	Condition supplémentaire non utilisée 26
FREE27	Condition supplémentaire non utilisée 27
PT_B_H_LL_OK	Pression réservoir tampon d'hydrogène, alarme basse basse OK
EI1_Ready_OK	Électrolyseur 1 en attente de production ou en fonctionnement
B_H_C_1_N2Prgd_OK	Réservoir tampon et compresseur, purge à l'azote OK
EI2_Ready_OK	Électrolyseur 2 en attente de production ou en fonctionnement
FREE32	Condition supplémentaire non utilisée 32
FREE33	Condition supplémentaire non utilisée 33
FREE34	Condition supplémentaire non utilisée 34
FREE35	Condition supplémentaire non utilisée 35
FREE36	Condition supplémentaire non utilisée 36
FREE37	Condition supplémentaire non utilisée 37
FREE38	Condition supplémentaire non utilisée 38
FREE39	Condition supplémentaire non utilisée 39

Conditions de démarrage du compresseur 1.	
Code	Explication
FREE40	Condition supplémentaire non utilisée 40
FREE41	Condition supplémentaire non utilisée 41
FREE42	Condition supplémentaire non utilisée 42
FREE43	Condition supplémentaire non utilisée 43
FREE44	Condition supplémentaire non utilisée 44
FREE45	Condition supplémentaire non utilisée 45
FREE46	Condition supplémentaire non utilisée 46
FREE47	Condition supplémentaire non utilisée 47

Il existe aussi certaines conditions de démarrage retardé dans le tableau ci-dessus :

- CHILLER1_OK_MEM avec signal d'avertissement sur l'IHM

2.3 Conditions de démarrage du compresseur 2

Conditions de démarrage du compresseur 2.	
Code	Explication
COMM_H2P_STCD	Conditions de démarrage de base de la production d'hydrogène commune OK
MCC_Comp	Centre de commande du moteur du compresseur
Ready_OK	Compresseur en attente de production ou en fonctionnement
MotNotOvrLoad	Moteur du compresseur non surchargé
SafetiesOK	Dispositifs de sécurité du compresseur OK
OilLevelOK	Niveau d'huile du compresseur OK
OilTempOK	Température d'huile du compresseur OK
TT_H_Out_HH_OK_MEM	Température ext. du compresseur d'hydrogène, alarme haute haute OK
PressInletStg1OK	Pression d'entrée du compresseur étape 1 OK
PressOutltStg2OK	Pression d'entrée du compresseur étape 2 OK
GlycolCircOK	Circulation de glycol du compresseur OK
MotorOnOK	Moteur en marche sur demande OK
DeliveryOK	Fourniture quand moteur en marche
PressB_HOK	Pression réservoir tampon d'hydrogène au-dessus du seuil OK
PressureswitchOK	Pressostat réservoir tampon d'hydrogène OK
EMS_Comp_OK	Arrêt d'urgence compresseur non actionné
CHILLER1_OK_MEM	Refroidisseur 1 OK
PT_Chiller1_LL_OK_MEM	Pression du refroidisseur 1, alarme basse basse OK
PT_Chiller1_HH_OK_MEM	Pression du refroidisseur 1, alarme haute haute OK
PT_Chiller1_BW_OK_MEM	Pression du refroidisseur 1, alarme de fil cassé OK
TT_Chiller1_LL_OK_MEM	Température du refroidisseur 1, alarme basse basse OK
TT_Chiller1_HH_OK_MEM	Température du refroidisseur 1, alarme haute haute OK
Power_Present_MEM	Alimentation électrique présente OK
CmpEIVValve_Sel_OK_MEM	Vannes du compresseur de l'électrolyseur, sélection OK
HWSS_Released_MEM	Système de sécurité câblé sur électrolyseur OK

Conditions de démarrage du compresseur 2.	
Code	Explication
Communication_OK_MEM	Communication avec électrolyseur OK
FREE26	Condition supplémentaire non utilisée 26
FREE27	Condition supplémentaire non utilisée 27
PT_B_H_LL_OK	Pression réservoir tampon d'hydrogène, alarme basse basse OK
EI1_Ready_OK	Électrolyseur 1 en attente de production ou en fonctionnement
B_H_C_1_N2Prgd_OK	Réservoir tampon et compresseur, purge à l'azote OK
EI2_Ready_OK	Électrolyseur 2 en attente de production ou en

	fonctionnement
FREE32	Condition supplémentaire non utilisée 32
FREE33	Condition supplémentaire non utilisée 33
FREE34	Condition supplémentaire non utilisée 34
FREE35	Condition supplémentaire non utilisée 35
FREE36	Condition supplémentaire non utilisée 36
FREE37	Condition supplémentaire non utilisée 37
FREE38	Condition supplémentaire non utilisée 38
FREE39	Condition supplémentaire non utilisée 39
FREE40	Condition supplémentaire non utilisée 40
FREE41	Condition supplémentaire non utilisée 41
FREE42	Condition supplémentaire non utilisée 42
FREE43	Condition supplémentaire non utilisée 43
FREE44	Condition supplémentaire non utilisée 44
FREE45	Condition supplémentaire non utilisée 45
FREE46	Condition supplémentaire non utilisée 46
FREE47	Condition supplémentaire non utilisée 47

Le tableau ci-dessus reprend également des conditions de démarrage retardé

- CHILLER1_OK_MEM avec signal d'avertissement sur l'IHM

2.4 Conditions de démarrage de la purge à l'azote

Conditions de démarrage de la purge à l'azote	
Code	Explication
BASIC_STC	Conditions de démarrage de base OK
LS_HG_H_OK_MEM	Contacteur de niveau d'électrolyte haut séparateur H ₂ OK
LS_HG_L_OK_MEM	Contacteur de niveau d'électrolyte bas séparateur H ₂ OK
LS_HG_LL_OK_MEM	Contacteur de niveau d'électrolyte bas bas séparateur H ₂ OK
LS_OG_H_OK_MEM	Contacteur de niveau d'électrolyte haut séparateur O ₂ OK
LS_OG_L_OK_MEM	Contacteur de niveau d'électrolyte bas séparateur O ₂ OK
LS_OG_LL_OK_MEM	Contacteur de niveau d'électrolyte bas bas séparateur O ₂ OK
PT_HH_OK_MEM	Transmetteur de pression du séparateur de gaz, alarmehaute haute OK
PT_BW_OK_MEM	Transmetteur de pression du séparateur de gaz, alarme filcassé OK
LTH_HH_OK_MEM	Niveau d'électrolyte séparateur de H ₂ gazeux, alarme hautehaute OK
LTH_LL_OK_MEM	Niveau d'électrolyte séparateur de H ₂ gazeux, alarme bassebasse OK

LTH_BW_OK_MEM	Niveau d'électrolyte séparateur de H ₂ gazeux, alarme filcassé OK
LTO_LL_OK_MEM	Niveau d'électrolyte séparateur de O ₂ gazeux, alarme bassebasse OK
LTO_HH_OK_MEM	Niveau d'électrolyte séparateur de O ₂ gazeux, alarme hautehaute OK
LTO_BW_OK_MEM	Niveau d'électrolyte séparateur de O ₂ gazeux, alarme filcassé OK
N2P_NOT_Failed	Purge à l'azote terminée avec succès
Maj_Faults_Lvls_Not_act	Principales erreurs sur jeu de graphiques NON actif
FUSE_RIO_Proc_A_OK_MEM	Fusible partie procédé RIO A OK
FUSE_RIO_Proc_B_OK_MEM	Fusible partie procédé RIO B OK
N2P_FREE19	Condition supplémentaire non utilisée 19
N2P_FREE20	Condition supplémentaire non utilisée 20
N2P_FREE21	Condition supplémentaire non utilisée 21
N2P_FREE22	Condition supplémentaire non utilisée 22
N2P_FREE23	Condition supplémentaire non utilisée 23
N2P_FREE24	Condition supplémentaire non utilisée 24
N2P_FREE25	Condition supplémentaire non utilisée 25
N2P_FREE26	Condition supplémentaire non utilisée 26
N2P_FREE27	Condition supplémentaire non utilisée 27
N2P_FREE28	Condition supplémentaire non utilisée 28
N2P_FREE29	Condition supplémentaire non utilisée 29
N2P_FREE30	Condition supplémentaire non utilisée 30
N2P_FREE31	Condition supplémentaire non utilisée 31
N2P_FREE32	Condition supplémentaire non utilisée 32
N2P_FREE33	Condition supplémentaire non utilisée 33
N2P_FREE34	Condition supplémentaire non utilisée 34
N2P_FREE35	Condition supplémentaire non utilisée 35

Conditions de démarrage de la purge à l'azote	
Code	Explication
N2P_FREE36	Condition supplémentaire non utilisée 36
N2P_FREE37	Condition supplémentaire non utilisée 37
N2P_FREE38	Condition supplémentaire non utilisée 38
N2P_FREE39	Condition supplémentaire non utilisée 39
N2P_FREE40	Condition supplémentaire non utilisée 40
N2P_FREE41	Condition supplémentaire non utilisée 41
N2P_FREE42	Condition supplémentaire non utilisée 42
N2P_FREE43	Condition supplémentaire non utilisée 43
N2P_FREE44	Condition supplémentaire non utilisée 44
N2P_FREE45	Condition supplémentaire non utilisée 45
N2P_FREE46	Condition supplémentaire non utilisée 46
N2P_FREE47	Condition supplémentaire non utilisée 47

2.5 Conditions de démarrage du sécheur d'hydrogène Deoxo

Conditions de démarrage du sécheur d'hydrogène Deoxo	
Code	Explication
BASIC_STC	Conditions de démarrage de base OK
H2Dryer_Purge_Active	Purge N ₂ non active. Quand la purge à l'azote du sécheur Deoxo est active, l'équipement n'est pas disponible en utilisation normale, donc la production d'hydrogène de l'électrolyseur est désactivée. L'hydrogène ne peut donc pas pénétrer dans le sécheur Deoxo.
N2_Purge_SUCCESSFULL	Purge N ₂ du sécheur réussie
H2TSDxo_Pre_HH_OK_MEM	Thermostat H ₂ haut, préchauffage du Deoxo OK
H2TSDxo_HH_OK_MEM	Thermostat H ₂ haut, Deoxo OK
H2TSDa_HH_OK_MEM	Thermostat H ₂ haut, sécheur A OK
H2TSDb_HH_OK_MEM	Thermostat H ₂ haut, sécheur B OK
TTDxo_Pre_HH_OK_MEM	Transmetteur de température H ₂ , préchauffage du Deoxo, alarme haute haute OK
TTDxo_Pre_LL_OK_MEM	Transmetteur de température H ₂ , préchauffage du Deoxo, alarme basse basse OK
TTDxo_Pre_BW_OK_MEM	Transmetteur de température H ₂ , préchauffage du Deoxo, alarme fil cassé OK
TTDxo_HH_OK_MEM	Transmetteur de température H ₂ , Deoxo, alarme haute haute OK
TTDxo_LL_OK_MEM	Transmetteur de température H ₂ , Deoxo, alarme basse basse OK
TTDxo_BW_OK_MEM	Transmetteur de température H ₂ , Deoxo, alarme fil cassé OK
TTDa_HH_OK_MEM	Transmetteur de température H ₂ , sécheur, alarme haute haute OK
TTDa_LL_OK_MEM	Transmetteur de température H ₂ , sécheur A, alarme basse basse OK
TTDa_BW_OK_MEM	Transmetteur de température H ₂ , sécheur A, alarme fil cassé OK
TTDb_HH_OK_MEM	Transmetteur de température H ₂ , sécheur B, alarme haute haute OK

Conditions de démarrage du sécheur d'hydrogène Deoxo	
Code	Explication
TTDb_LL_OK_MEM	Transmetteur de température H ₂ , sécheur B, alarme basse basse OK
TTDb_BW_OK_MEM	Transmetteur de température H ₂ , sécheur B, alarme fil cassé OK
H2FISw_Reg_Gas_OK_MEM	Contacteur débitmétrique gaz de régénération OK
PTDeo_HH_OK_MEM	Transmetteur de pression H ₂ , Deoxo, alarme haute haute OK
PTDeo_LL_OK_MEM	Transmetteur de pression H ₂ , Deoxo, alarme basse basse OK

PTDeo_BW_OK_MEM	Transmetteur de pression H ₂ , Deoxo, alarme fil cassé OK
PTDa_HH_OK_MEM	Transmetteur de pression H ₂ , sécheur A, alarme haute haute OK
PTDa_LL_OK_MEM	Transmetteur de pression H ₂ , sécheur A, alarme basse basse OK
PTDa_BW_OK_MEM	Transmetteur de pression H ₂ , sécheur A, alarme fil cassé OK
PTDb_HH_OK_MEM	Transmetteur de pression H ₂ , sécheur B, alarme haute haute OK
PTDb_LL_OK_MEM	Transmetteur de pression H ₂ , sécheur B, alarme basse basse OK
PTDb_BW_OK_MEM	Transmetteur de pression H ₂ , sécheur B, alarme fil cassé OK
PTBOP_H_HH_OK_MEM	Transmetteur de pression H ₂ , pompe de surpression, alarme haute haute OK
PTBOP_H_LL_OK_MEM	Transmetteur de pression H ₂ , pompe de surpression, alarme basse basse OK
PTBOP_H_BW_OK_MEM	Transmetteur de pression H ₂ , pompe de surpression, alarme fil cassé OK
PTU_HH_OK_MEM	Transmetteur de pression H ₂ , conduite utilisateur, alarme haute haute OK
PTU_LL_OK_MEM	Transmetteur de pression H ₂ , conduite utilisateur, alarme basse basse OK
PTU_BW_OK_MEM	Transmetteur de pression H ₂ , conduite utilisateur, alarme fil cassé OK
DPT_HH_OK	Transmetteur de point de rosée H ₂ , alarme haute haute OK
DPT_BW_OK_M	Transmetteur de point de rosée H ₂ , Deoxo, alarme fil cassé OK
OTH_DEOXO_HH_OK_M	Oxygène dans l'hydrogène, alarme haute haute OK
OTH_DEOXO_BW_OK_M	Oxygène dans l'hydrogène, alarme fil cassé OK
FISw_H2_DPT_OTH_OK_MEM	Contacteur débitmétrique H ₂ vers transmetteur point de rosée/OTH OK
DrainPot_Fault	Erreur récipient de purge OK
DrainPot2_Fault	Erreur récipient de purge 2 OK
DrHt_H_FB_OK_MEM	Signal de feedback activation chauffage sécheur H ₂ OK
FUSE_RIO_H2_Drier_OK_MEM	Fusible E/S distante, chauffage sécheur H ₂ OK
HPS_MF_BF_OK_MEM	Feedback fusible principal OK
HPS_Dxo_P_Heat_FB_OK_MEM	Feedback préchauffage Deoxo OK
HPS_Dxo_Heat_FB_OK_MEM	Feedback chauffage Deoxo OK
HPS_DrA_Heat_FB_OK_MEM	Feedback chauffage sécheur A OK
HPS_DrB_Heat_FB_OK_MEM	Feedback chauffage sécheur B OK
FAN_HPS_OUT_OK_MEM	Ventilateur HPS vers extérieur OK

Conditions de démarrage du sécheur d'hydrogène Deoxo	
Code	Explication
DIFFPR_Ventil_HPS_OK_MEM	Pression différentielle ventilation HPS OK

H2Dr_FREE51	H2_Dr-STCD : 51
H2Dr_FREE52	H2_Dr-STCD : 52
H2Dr_FREE53	H2_Dr-STCD : 53
H2Dr_FREE54	H2_Dr-STCD : 54
H2Dr_FREE55	H2_Dr-STCD : 55
H2Dr_FREE56	H2_Dr-STCD : 56
H2Dr_FREE57	H2_Dr-STCD : 57
H2Dr_FREE58	H2_Dr-STCD : 58
H2Dr_FREE59	H2_Dr-STCD : 59
H2Dr_FREE60	H2_Dr-STCD : 60
H2Dr_FREE61	H2_Dr-STCD : 61
H2Dr_FREE62	H2_Dr-STCD : 62
H2Dr_FREE63	H2_Dr-STCD : 63

Il existe aussi certaines conditions de démarrage retardé dans le tableau ci-dessus :

- H2FISw_Reg_Gas_OK_MEM avec signal d'avertissement sur l'IHM
- DPT_HH_OK avec signal d'avertissement sur l'IHM
- OTH_DEOXO_HH_OK_M avec signal d'avertissement sur l'IHM
- FISw_H2_DPT_OTH_OK_MEM avec signal d'avertissement sur l'IHM
- DrainPot_Fault avec signal d'avertissement sur l'IHM
- DrainPot2_Fault avec signal d'avertissement sur l'IHM
- HPS_MF_BF_OK_MEM
- HPS_Dxo_P_Heat_FB_OK_MEM
- HPS_Dxo_Heat_FB_OK_MEM
- HPS_DrA_Heat_FB_OK_MEM
- HPS_DrB_Heat_FB_OK_MEM

2.6 Conditions de démarrage du sécheur déshydrateur d'oxygène

Conditions de démarrage du sécheur déshydrateur d'oxygène	
Code	Explication
BASIC_STC	Conditions de démarrage de base OK
O2Dryer_Purge_Active	Purge N ₂ non active. Quand la purge à l'azote du sécheur déshydrateur est active, l'équipement n'est pas disponible en utilisation normale, donc la production d'oxygène de l'électrolyseur est désactivée. L'oxygène ne peut donc pas pénétrer dans le sécheur déshydrateur.
N2_Purge_SUCCESSFULL	Purge N ₂ du sécheur réussie
O2TSDxo_Pre_HH_OK_MEM	Thermostat O ₂ haut, préchauffage du déshydrateur OK
O2TSDxo_HH_OK_MEM	Thermostat O ₂ haut, déshydrateur OK

Conditions de démarrage du sécheur déshydrateur d'oxygène	
Code	Explication
O2TSDa_HH_OK_MEM	Thermostat O ₂ haut, sécheur A OK
O2TSDb_HH_OK_MEM	Thermostat O ₂ haut, sécheur B OK
TTDho_Pre_HH_OK_MEM	Transmetteur de température O ₂ , préchauffage du déshydrateur, alarme haute haute OK
TTDho_Pre_LL_OK_MEM	Transmetteur de température O ₂ , préchauffage du déshydrateur, alarme basse basse OK
TTDho_Pre_BW_OK_MEM	Transmetteur de température O ₂ , préchauffage du déshydrateur, alarme fil cassé OK
TTDho_HH_OK_MEM	Transmetteur de température O ₂ , déshydrateur, alarme haute haute OK
TTDho_LL_OK_MEM	Transmetteur de température O ₂ , déshydrateur, alarme basse basse OK
TTDho_BW_OK_MEM	Transmetteur de température O ₂ , déshydrateur, alarme fil cassé OK
TTDa_HH_OK_MEM	Transmetteur de température O ₂ , sécheur, alarme haute haute OK
TTDa_LL_OK_MEM	Transmetteur de température O ₂ , sécheur A, alarme basse basse OK
TTDa_BW_OK_MEM	Transmetteur de température O ₂ , sécheur A, alarme fil cassé OK
TTDb_HH_OK_MEM	Transmetteur de température O ₂ , sécheur B, alarme haute haute OK
TTDb_LL_OK_MEM	Transmetteur de température O ₂ , sécheur B, alarme basse basse OK
TTDb_BW_OK_MEM	Transmetteur de température O ₂ , sécheur B, alarme fil cassé OK
O2FISw_Reg_Gas_OK_MEM	Contacteur débitmétrique gaz de régénération OK
PTDho_HH_OK_MEM	Transmetteur de pression O ₂ , déshydrateur, alarme haute haute OK
PTDho_LL_OK_MEM	Transmetteur de pression O ₂ , déshydrateur, alarme basse basse OK
PTDho_BW_OK_MEM	Transmetteur de pression O ₂ , déshydrateur, alarme fil cassé OK
PTDa_HH_OK_MEM	Transmetteur de pression O ₂ , sécheur A, alarme haute haute OK
PTDa_LL_OK_MEM	Transmetteur de pression O ₂ , sécheur A, alarme basse basse OK
PTDa_BW_OK_MEM	Transmetteur de pression O ₂ , sécheur A, alarme fil cassé OK
PTDb_HH_OK_MEM	Transmetteur de pression O ₂ , sécheur B, alarme haute haute OK
PTDb_LL_OK_MEM	Transmetteur de pression O ₂ , sécheur B, alarme basse basse OK
PTDb_BW_OK_MEM	Transmetteur de pression O ₂ , sécheur B, alarme fil cassé OK

	cassé OK
PTBOP_O_HH_OK_MEM	Transmetteur de pression O ₂ , pompe de surpression, alarme haute haute OK
PTBOP_O_LL_OK_MEM	Transmetteur de pression O ₂ , pompe de surpression, alarme basse basse OK
PTBOP_O_BW_OK_MEM	Transmetteur de pression O ₂ , pompe de surpression, alarme fil cassé OK

Conditions de démarrage du sécheur déshydrateur d'oxygène	
Code	Explication
PTU_HH_OK_MEM	Transmetteur de pression O ₂ , conduite utilisateur, alarme haute haute OK
PTU_LL_OK_MEM	Transmetteur de pression O ₂ , conduite utilisateur, alarme basse basse OK
PTU_BW_OK_MEM	Transmetteur de pression O ₂ , conduite utilisateur, alarme fil cassé OK
DPT_HH_OK	Transmetteur de point de rosée O ₂ , alarme haute haute OK
DPT_BW_OK_M	Transmetteur de point de rosée O ₂ , alarme fil cassé OK
HTO_DEHYDRO_HH_OK_M	Hydrogène dans l'oxygène, alarme haute haute OK
HTO_DEHYDRO_BW_OK_M	Hydrogène dans l'oxygène, alarme fil cassé OK
FISw_O2_DPT_HTO_OK_MEM	Contacteur débitmétrique O ₂ vers transmetteur point de rosée/HTO OK
DrainPot_Fault	Erreur récipient de purge OK
DrainPot2_Fault	Erreur récipient de purge 2 OK
DrHt_O_FB_OK_MEM	Signal de feedback activation chauffage sécheur O ₂ OK
FUSE RIO_O2_Drier_OK_MEM	Fusible E/S distante, chauffage sécheur O ₂ OK
OPS_MF_BF_OK_MEM	Feedback fusible principal OK
OPS_Dho_P_Heat_FB_OK_MEM	Feedback préchauffage déshydrateur
OPS_Dho_Heat_FB_OK_MEM	Feedback chauffage déshydrateur OK
OPS_DrA_Heat_FB_OK_MEM	Feedback chauffage sécheur A OK
OPS_DrB_Heat_FB_OK_MEM	Feedback chauffage sécheur B OK
O2Dr_FREE49	O2_Dr-STCD : 49
OTA OPS_DETHEAD_OK_MEM	Tête de détection d'oxygène vers l'atmosphère OK
OTA OPS_HSw_OK_MEM	Oxygène vers l'atmosphère, contacteur haut OK
OTA OPS_LSw_OK_MEM	Oxygène vers l'atmosphère, contacteur bas OK
OTA OPS_HIGH_OK_MEM	Oxygène vers l'atmosphère, mesure haut OK
OTA OPS_LOW_OK_MEM	Oxygène vers l'atmosphère, mesure bas OK
O2Dr_FREE55	O2_Dr-STCD : 55
CHILLER OPS_OK_MEM	Refroidisseur OK
PT_Chiller OPS_HH_OK_MEM	Transmetteur de pression refroidisseur, alarme haute haute OK
PT_Chiller OPS_LL_OK_MEM	Transmetteur de pression refroidisseur, alarme basse basse OK
PT_Chiller OPS_BW_OK_MEM	Transmetteur de pression refroidisseur, alarme fil cassé OK

TT_Chiller_OPS_HH_OK_MEM	Transmetteur de température refroidisseur, alarme hautehaute OK
TT_Chiller_OPS_LL_OK_MEM	Transmetteur de température refroidisseur, alarme bassebasse OK
TT_Chiller_OPS_BW_OK_MEM	Transmetteur de température refroidisseur, alarme fil casséOK
O2Dr_FREE63	O2_Dr-STCD : 63
O2Dr_FREE64	O2_Dr-STCD : 64
O2Dr_FREE65	O2_Dr-STCD : 65
O2Dr_FREE66	O2_Dr-STCD : 66
O2Dr_FREE67	O2_Dr-STCD : 67
O2Dr_FREE68	O2_Dr-STCD : 68
O2Dr_FREE69	O2_Dr-STCD : 69

Conditions de démarrage du sécheur déshydrateur d'oxygène	
Code	Explication
O2Dr_FREE70	O2_Dr-STCD : 70
O2Dr_FREE71	O2_Dr-STCD : 71
O2Dr_FREE72	O2_Dr-STCD : 72
O2Dr_FREE73	O2_Dr-STCD : 73
O2Dr_FREE74	O2_Dr-STCD : 74
O2Dr_FREE75	O2_Dr-STCD : 75
O2Dr_FREE76	O2_Dr-STCD : 76
O2Dr_FREE77	O2_Dr-STCD : 77
O2Dr_FREE78	O2_Dr-STCD : 78
O2Dr_FREE79	O2_Dr-STCD : 79

Il existe aussi certaines conditions de démarrage retardé dans le tableau ci-dessus :

- O2FISw_Reg_Gas_OK_MEM avec signal d'avertissement sur l'IHM
- DPT_HH_OK avec signal d'avertissement sur l'IHM
- OTH_DEHYDRO_HH_OK_M avec signal d'avertissement sur l'IHM
- FISw_O2_DPT_OTH_OK_MEM avec signal d'avertissement sur l'IHM
- DrainPot_Fault avec signal d'avertissement sur l'IHM
- DrainPot2_Fault avec signal d'avertissement sur l'IHM
- OPS_MF_BF_OK_MEM
- OPS_Dho_P_Heat_FB_OK_MEM
- OPS_Dho_Heat_FB_OK_MEM
- OPS_DrA_Heat_FB_OK_MEM
- OPS_DrB_Heat_FB_OK_MEM
- CHILLER_OPS_OK_MEM
- PT_Chiller_OPS_LL_OK_MEM

2.7 Conditions de démarrage de production d'hydrogène

Conditions de démarrage de production d'hydrogène	
Code	Explication
COMMON_H2PROD_STC	Conditions de démarrage de production d'hydrogène commune OK
N2P_STC	Conditions de démarrage de la purge à l'azote OK
H2_DRIER_STC	Conditions de démarrage du sécheur d'hydrogène OK
O2_DRIER_STC	Conditions de démarrage du sécheur d'oxygène OK
ZL_DRIER_STC	Conditions de démarrage du sécheur zéro perte OK
FS_HTO_OK_MEM	Contacteur débitmétrique HTO > minimum OK
HWSS_HTO_H_OK_MEM	H ₂ dans O ₂ , alarme haute câblée OK
HWSS_HTO_L_OK_MEM	H ₂ dans O ₂ alarme basse câblée OK
HTO_HH_OK_MEM	H ₂ dans O ₂ alarme haute haute OK
HTO_LL_OK_MEM	H ₂ dans O ₂ alarme basse basse OK

Conditions de démarrage de production d'hydrogène	
Code	Explication
LS_DT1_1_OK_MEM	Contacteur de niveau cuvette d'égouttage 1-1 OK
LS_DT1_2_OK_MEM	Contacteur de niveau cuvette d'égouttage 1_2 OK
LS_DT2_1_OK_MEM	Contacteur de niveau cuvette d'égouttage 2-1 OK
LS_DT2_2_OK_MEM	Contacteur de niveau cuvette d'égouttage 2_2 OK
LS_BT_H_LL_OK_MEM	Contacteur de niveau réservoir tampon hydrogène alarme bas OK
LS_BT_O_LL_OK_MEM	Contacteur de niveau réservoir tampon oxygène alarme bas OK
FS_OTH_OK_MEM	Contacteur débitmétrique OTH > minimum OK
HWSS_OTH_H_OK_MEM	O ₂ dans H ₂ alarme haute câblée OK
HWSS_OTH_L_OK_MEM	O ₂ dans H ₂ alarme basse câblée OK
OTH_HH_OK_MEM	O ₂ dans H ₂ alarme haute haute OK
OTH_LL_OK_MEM	O ₂ dans H ₂ alarme basse basse OK
CLC_PUMP_EC_A_OK_MEM	Refroidissement en boucle fermée, pompe électrolyte A OK
CLC_PUMP_EC_B_OK_MEM	Refroidissement en boucle fermée, pompe électrolyte B OK
GGs_Levels_OK_MEM	Niveaux GGS (niveaux aucun blocage) OK
HTO_Cal_Check_OK_MEM	Contrôle d'étalonnage HTO OK
FAN_EL1_OUT_OK_MEM	Ventilateur électrolyseur vers extérieur OK
DIFFPR_Ventil_EL1_OK_MEM	Pression différentielle ventilation électrolyseur OK
H2P_FREE27	Condition supplémentaire non utilisée 27
H2P_FREE28	Condition supplémentaire non utilisée 28
H2P_FREE29	Condition supplémentaire non utilisée 29
H2P_FREE30	Condition supplémentaire non utilisée 30
H2P_FREE31	Condition supplémentaire non utilisée 31
H2P_FREE32	Condition supplémentaire non utilisée 32
H2P_FREE33	Condition supplémentaire non utilisée 33
H2P_FREE34	Condition supplémentaire non utilisée 34

H2P_FREE35	Condition supplémentaire non utilisée 35
H2P_FREE36	Condition supplémentaire non utilisée 36
H2P_FREE37	Condition supplémentaire non utilisée 37
H2P_FREE38	Condition supplémentaire non utilisée 38
H2P_FREE39	Condition supplémentaire non utilisée 39
H2P_FREE40	Condition supplémentaire non utilisée 40
H2P_FREE41	Condition supplémentaire non utilisée 41
H2P_FREE42	Condition supplémentaire non utilisée 42
H2P_FREE43	Condition supplémentaire non utilisée 43
H2P_FREE44	Condition supplémentaire non utilisée 44
H2P_FREE45	Condition supplémentaire non utilisée 45
H2P_FREE46	Condition supplémentaire non utilisée 46
H2P_FREE47	Condition supplémentaire non utilisée 47

Il existe aussi certaines conditions de démarrage retardé dans le tableau ci-dessus :

- FS_HTO_OK_MEM avec signal d'avertissement sur l'IHM
- HWSS_HTO_L_OK_MEM
- HTO_LL_OK_MEM
- FS_OTH_OK_MEM avec signal d'avertissement sur l'IHM
- HWSS_OTH_L_OK_MEM
- OTH_LL_OK_MEMI

2.8 Conditions de démarrage de la pile de cellules 1

Conditions de démarrage de la pile de cellules 1	
Code	Explication
H2PROD_STC	Conditions de démarrage de production d'hydrogène OK
C_EPS_CS1_OK_MEM	Contacteur EPS pile de cellules 1 OK
MAIN_PROT_CS1_OK_MEM	Coupe-circuit principal pile de cellules 1 OK
PHASE_CS1_OK_MEM	Réglage de phase pile de cellules 1 OK
EPS_DOOR_SW_CS1_OK_MEM	Interrupteur de porte EPS pile de cellules 1 OK
TTHS_Th_CS1_HH_OK_MEM	Dissipateur thermique thyristor pile de cellules 1, alarmehaute haute OK
TTHS_Th_CS1_LL_OK_MEM	Dissipateur thermique thyristor pile de cellules 1, alarmebasse basse OK
TTHS_Di_CS1_HH_OK_MEM	Dissipateur thermique diode pile de cellules 1, alarme hautehaute OK
TTHS_Di_CS1_LL_OK_MEM	Dissipateur thermique diode pile de cellules 1, alarme bassebasse OK
TTPWR1_HH_OK_MEM	Température armoire électrique 1, alarme haute haute OK
TTPWR1_LL_OK_MEM	Température armoire électrique 1, alarme basse basse OK
TSCS1_HH_OK_MEM	Thermostat pile de cellules 1, alarme haute haute OK
TTCS1_HH_OK_MEM	Température pile de cellules 1, alarme haute haute OK
TTCS1_LL_OK_MEM	Température pile de cellules 1, alarme basse basse OK

ITCS1_HH_OK_MEM	Courant pile de cellules 1, alarme haute haute OK
ITCS1_LL_OK_MEM	Courant pile de cellules 1, alarme basse basse OK
UTCS1a_HH_OK_MEM	Tension pile de cellules 1A, alarme haute haute OK
UTCS1a_LL_OK_MEM	Tension pile de cellules 1A, alarme basse basse OK
UTCS1b_HH_OK_MEM	Tension pile de cellules 1B, alarme haute haute OK
UTCS1b_LL_OK_MEM	Tension pile de cellules 1B, alarme basse basse OK
UTCS1a_SmallrThen_UTCS1b	Tension pile de cellules 1A inférieure à tension pile de cellules 1B
UTCS1a_BiggerThen_UTCS1b	Tension pile de cellules 1A supérieure à tension pile de cellules 1B
C_PROT_CS1_FANS_OK_MEM	Contacteur/protecteur ventilateurs pile de cellules 1 OK
FB_FRQ_CS1_FAN_OUTS_OK_M	Feedback pilotage de fréquence ventilateur EPS vers l'extérieur, pile de cellules 1 OK
Fuse_RIO_CS1_OK_MEM	Fusible RIO pile de cellules 1 OK
EPS_CS1_TSW_TH_OK_MEM	Thermostat EPS thyristor pile de cellules 1 OK
EPS_CS1_TSW_DI_OK_MEM	Thermostat EPS diode pile de cellules 1 OK

Conditions de démarrage de la pile de cellules 1	
Code	Explication
CS1_FREE27	Condition supplémentaire non utilisée 27
CS1_FREE28	Condition supplémentaire non utilisée 28
CS1_FREE29	Condition supplémentaire non utilisée 29
CS1_FREE30	Condition supplémentaire non utilisée 30
CS1_FREE31	Condition supplémentaire non utilisée 31
CS1_FREE32	Condition supplémentaire non utilisée 32
CS1_FREE33	Condition supplémentaire non utilisée 33
CS1_FREE34	Condition supplémentaire non utilisée 34
CS1_FREE35	Condition supplémentaire non utilisée 35
CS1_FREE36	Condition supplémentaire non utilisée 36
CS1_FREE37	Condition supplémentaire non utilisée 37
CS1_FREE38	Condition supplémentaire non utilisée 38
CS1_FREE39	Condition supplémentaire non utilisée 39
CS1_FREE40	Condition supplémentaire non utilisée 40
CS1_FREE41	Condition supplémentaire non utilisée 41
CS1_FREE42	Condition supplémentaire non utilisée 42
CS1_FREE43	Condition supplémentaire non utilisée 43
CS1_FREE44	Condition supplémentaire non utilisée 44
CS1_FREE45	Condition supplémentaire non utilisée 45
CS1_FREE46	Condition supplémentaire non utilisée 46
CS1_FREE47	Condition supplémentaire non utilisée 47

Il existe aussi certaines conditions de démarrage retardé dans le tableau ci-dessus :

- C_EPS_CS1_OK_MEM
- UTCS1a_SmallrThen_UTCS1b

- UTCS1a_BiggerThen_UTCS1b
- C_PROT_CS1_FANS_OK_MEM
- FB_FRQ_CS1_FAN_OUTS_OK_M

2.9 Conditions de démarrage de la pile de cellules 2

Conditions de démarrage de la pile de cellules 2	
Code	Explication
H2PROD_STC	Conditions de démarrage de production d'hydrogène OK
C_EPS_CS2_OK_MEM	Contacteur EPS pile de cellules 2 OK
MAIN_PROT_CS2_OK_MEM	Coupe-circuit principal pile de cellules 2 OK
PHASE_CS2_OK_MEM	Réglage de phase pile de cellules 2 OK
EPS_DOOR_SW_CS2_OK_MEM	Interrupteur de porte EPS pile de cellules 2 OK
TTHS_Th_CS2_HH_OK_MEM	Dissipateur thermique thyristor pile de cellules 2, alarmehaute haute OK
TTHS_Th_CS2_LL_OK_MEM	Dissipateur thermique thyristor pile de cellules 2, alarmebasse basse OK

Conditions de démarrage de la pile de cellules 2	
Code	Explication
TTHS_Di_CS2_HH_OK_MEM	Dissipateur thermique diode pile de cellules 2, alarme hautehaute OK
TTHS_Di_CS2_LL_OK_MEM	Dissipateur thermique diode pile de cellules 2, alarme bassebasse OK
TTPWR1_HH_OK_MEM	Température armoire électrique 1, alarme haute haute OK
TTPWR1_LL_OK_MEM	Température armoire électrique 1, alarme basse basse OK
TSCS2_HH_OK_MEM	Thermostat pile de cellules 2, alarme haute haute OK
TTCS2_HH_OK_MEM	Température pile de cellules 2, alarme haute haute OK
TTCS2_LL_OK_MEM	Température pile de cellules 2, alarme basse basse OK
ITCS2_HH_OK_MEM	Courant pile de cellules 2, alarme haute haute OK
ITCS2_LL_OK_MEM	Courant pile de cellules 2, alarme basse basse OK
UTCS2a_HH_OK_MEM	Tension pile de cellules 2A, alarme haute haute OK
UTCS2a_LL_OK_MEM	Tension pile de cellules 2A, alarme basse basse OK
UTCS2b_HH_OK_MEM	Tension pile de cellules 2B, alarme haute haute OK
UTCS2b_LL_OK_MEM	Tension pile de cellules 2B, alarme basse basse OK
UTCS2a_SmallrThen_UTCS1b	Tension pile de cellules 2A inférieure à tension pile de cellules2B
UTCS2a_BiggerThen_UTCS1b	Tension pile de cellules 2A supérieure à tension pile decellules 2B
C_PROT_CS2_FANS_OK_MEM	Contacteur/protecteur ventilateurs pile de cellules 2 OK
FB_FRQ_CS2_FAN_OUTS_OK_M	Feedback pilotage de fréquence ventilateur EPS versl'extérieur, pile de cellules 2 OK
Fuse_RIO_CS2_OK_MEM	Fusible RIO pile de cellules 2 OK
EPS_CS2_TSW_TH_OK_MEM	Thermostat EPS thyristor pile de cellules 2 OK
EPS_CS2_TSW_DI_OK_MEM	Thermostat EPS diode pile de cellules 2 OK

CS2_FREE27	Condition supplémentaire non utilisée 27
CS2_FREE28	Condition supplémentaire non utilisée 28
CS2_FREE29	Condition supplémentaire non utilisée 29
CS2_FREE30	Condition supplémentaire non utilisée 30
CS2_FREE31	Condition supplémentaire non utilisée 31
CS2_FREE32	Condition supplémentaire non utilisée 32
CS2_FREE33	Condition supplémentaire non utilisée 33
CS2_FREE34	Condition supplémentaire non utilisée 34
CS2_FREE35	Condition supplémentaire non utilisée 35
CS2_FREE36	Condition supplémentaire non utilisée 36
CS2_FREE37	Condition supplémentaire non utilisée 37
CS2_FREE38	Condition supplémentaire non utilisée 38
CS2_FREE39	Condition supplémentaire non utilisée 39
CS2_FREE40	Condition supplémentaire non utilisée 40
CS2_FREE41	Condition supplémentaire non utilisée 41
CS2_FREE42	Condition supplémentaire non utilisée 42
CS2_FREE43	Condition supplémentaire non utilisée 43
CS2_FREE44	Condition supplémentaire non utilisée 44
CS2_FREE45	Condition supplémentaire non utilisée 45
CS2_FREE46	Condition supplémentaire non utilisée 46
CS2_FREE47	Condition supplémentaire non utilisée 47

Il existe aussi certaines conditions de démarrage retardé dans le tableau ci-dessus :

- C_EPS_CS2_OK_MEM
- UTCS2a_SmallrThen_UTCS2b
- UTCS2a_BiggerThen_UTCS2b
- C_PROT_CS2_FANS_OK_MEM
- FB_FRQ_CS2_FAN_OUTS_OK_M

2.10 Conditions de démarrage de la pile de cellules 3

Conditions de démarrage de la pile de cellules 3	
Code	Explication
H2PROD_STC	Conditions de démarrage de production d'hydrogène OK
C_EPS_CS3_OK_MEM	Contacteur EPS pile de cellules 3 OK
MAIN_PROT_CS3_OK_MEM	Coupe-circuit principal pile de cellules 3 OK
PHASE_CS3_OK_MEM	Réglage de phase pile de cellules 3 OK
EPS_DOOR_SW_CS3_OK_MEM	Interrupteur de porte EPS pile de cellules 3 OK
TTHS_Th_CS3_HH_OK_MEM	Dissipateur thermique thyristor pile de cellules 3, alarme hautehaute OK
TTHS_Th_CS3_LL_OK_MEM	Dissipateur thermique thyristor pile de cellules 3, alarmebasse basse OK
TTHS_Di_CS3_HH_OK_MEM	Dissipateur thermique diode pile de cellules 3, alarme hautehaute OK

TTHS_Di_CS3_LL_OK_MEM	Dissipateur thermique diode pile de cellules 3, alarme bassebasse OK
TTPWR2_HH_OK_MEM	Température armoire électrique 2, alarme haute haute OK
TTPWR2_LL_OK_MEM	Température armoire électrique 2, alarme basse basse OK
TSCS3_HH_OK_MEM	Thermostat pile de cellules 3, alarme haute haute OK
TTCS3_HH_OK_MEM	Température pile de cellules 3, alarme haute haute OK
TTCS3_LL_OK_MEM	Température pile de cellules 3, alarme basse basse OK
ITCS3_HH_OK_MEM	Courant pile de cellules 3, alarme haute haute OK
ITCS3_LL_OK_MEM	Courant pile de cellules 3, alarme basse basse OK
UTCS3a_HH_OK_MEM	Tension pile de cellules 3A, alarme haute haute OK
UTCS3a_LL_OK_MEM	Tension pile de cellules 3A, alarme basse basse OK
UTCS3b_HH_OK_MEM	Tension pile de cellules 3B, alarme haute haute OK
UTCS3b_LL_OK_MEM	Tension pile de cellules 3B, alarme basse basse OK
UTCS3a_SmallrThen_UTCS3b	Tension pile de cellules 3A inférieure à tension pile de cellules 2B
UTCS3a_BiggerThen_UTCS3b	Tension pile de cellules 3A supérieure à tension pile de cellules 2B
C_PROT_CS3_FANS_OK_MEM	Contacteur/protecteur ventilateurs pile de cellules 3 OK
FB_FRQ_CS3_FAN_OUTS_OK_M	Feedback pilotage de fréquence ventilateur EPS vers l'extérieur, pile de cellules 3 OK
Fuse_RIO_CS3_OK_MEM	Fusible RIO pile de cellules 3 OK
EPS_CS3_TSW_TH_OK_MEM	Thermostat EPS thyristor pile de cellules 3 OK
EPS_CS3_TSW_DI_OK_MEM	Thermostat EPS diode pile de cellules 3 OK
CS3_FREE27	Condition supplémentaire non utilisée 27

Conditions de démarrage de la pile de cellules 3	
Code	Explication
CS3_FREE28	Condition supplémentaire non utilisée 28
CS3_FREE29	Condition supplémentaire non utilisée 29
CS3_FREE30	Condition supplémentaire non utilisée 30
CS3_FREE31	Condition supplémentaire non utilisée 31
CS3_FREE32	Condition supplémentaire non utilisée 32
CS3_FREE33	Condition supplémentaire non utilisée 33
CS3_FREE34	Condition supplémentaire non utilisée 34
CS3_FREE35	Condition supplémentaire non utilisée 35
CS3_FREE36	Condition supplémentaire non utilisée 36
CS3_FREE37	Condition supplémentaire non utilisée 37
CS3_FREE38	Condition supplémentaire non utilisée 38
CS3_FREE39	Condition supplémentaire non utilisée 39
CS3_FREE40	Condition supplémentaire non utilisée 40
CS3_FREE41	Condition supplémentaire non utilisée 41
CS3_FREE42	Condition supplémentaire non utilisée 42
CS3_FREE43	Condition supplémentaire non utilisée 43
CS3_FREE44	Condition supplémentaire non utilisée 44

CS3_FREE45	Condition supplémentaire non utilisée 45
CS3_FREE46	Condition supplémentaire non utilisée 46
CS3_FREE47	Condition supplémentaire non utilisée 47

Il existe aussi certaines conditions de démarrage retardé dans le tableau ci-dessus :

- C_EPS_CS3_OK_MEM
- UTCS3a_SmallrThen_UTCS3b
- UTCS3a_BiggerThen_UTCS3b
- C_PROT_CS3_FANS_OK_MEM
- FB_FRQ_CS3_FAN_OUTS_OK_M

2.11 Conditions de démarrage de la pile de cellules 4

Conditions de démarrage de la pile de cellules 4	
Code	Explication
H2PROD_STC	Conditions de démarrage de production d'hydrogène OK
C_EPS_CS4_OK_MEM	Contacteur EPS pile de cellules 4 OK
MAIN_PROT_CS4_OK_MEM	Coupe-circuit principal pile de cellules 4 OK
PHASE_CS4_OK_MEM	Réglage de phase pile de cellules 4 OK
EPS_DOOR_SW_CS4_OK_MEM	Interrupteur de porte EPS pile de cellules 4 OK
TTHS_Th_CS4_HH_OK_MEM	Dissipateur thermique thyristor pile de cellules 4, alarmehaute haute OK
TTHS_Th_CS4_LL_OK_MEM	Dissipateur thermique thyristor pile de cellules 4, alarmebasse basse OK
TTHS_Di_CS4_HH_OK_MEM	Dissipateur thermique diode pile de cellules 4, alarme haute haute OK

Conditions de démarrage de la pile de cellules 4	
Code	Explication
TTHS_Di_CS4_LL_OK_MEM	Dissipateur thermique diode pile de cellules 4, alarme bassebasse OK
TTPWR2_HH_OK_MEM	Température armoire électrique 2, alarme haute haute OK
TTPWR2_LL_OK_MEM	Température armoire électrique 2, alarme basse basse OK
TSCS4_HH_OK_MEM	Thermostat pile de cellules 4, alarme haute haute OK
TTCS4_HH_OK_MEM	Température pile de cellules 4, alarme haute haute OK
TTCS4_LL_OK_MEM	Température pile de cellules 4, alarme basse basse OK
ITCS4_HH_OK_MEM	Courant pile de cellules 4, alarme haute haute OK
ITCS4_LL_OK_MEM	Courant pile de cellules 4, alarme basse basse OK
UTCS4a_HH_OK_MEM	Tension pile de cellules 4A, alarme haute haute OK
UTCS4a_LL_OK_MEM	Tension pile de cellules 4A, alarme basse basse OK
UTCS4b_HH_OK_MEM	Tension pile de cellules 4B, alarme haute haute OK
UTCS4b_LL_OK_MEM	Tension pile de cellules 4B, alarme basse basse OK

UTCS4a_SmallrThen_UTCS1b	Tension pile de cellules 4A inférieure à tension pile de cellules 4B
UTCS4a_BiggerThen_UTCS1b	Tension pile de cellules 4A supérieure à tension pile de cellules 4B
C_PROT_CS4_FANS_OK_MEM	Contacteur/protecteur ventilateurs pile de cellules 4 OK
FB_FRQ_CS4_FAN_OUTS_OK_M	Feedback pilotage de fréquence ventilateur EPS vers l'extérieur, pile de cellules 4 OK
Fuse_RIO_CS4_OK_MEM	Fusible RIO pile de cellules 4 OK
EPS_CS4_TSW_TH_OK_MEM	Thermostat EPS thyristor pile de cellules 4 OK
EPS_CS4_TSW_DI_OK_MEM	Thermostat EPS diode pile de cellules 4 OK
CS4_FREE27	Condition supplémentaire non utilisée 27
CS4_FREE28	Condition supplémentaire non utilisée 28
CS4_FREE29	Condition supplémentaire non utilisée 29
CS4_FREE30	Condition supplémentaire non utilisée 30
CS4_FREE31	Condition supplémentaire non utilisée 31
CS4_FREE32	Condition supplémentaire non utilisée 32
CS4_FREE33	Condition supplémentaire non utilisée 33
CS4_FREE34	Condition supplémentaire non utilisée 34
CS4_FREE35	Condition supplémentaire non utilisée 35
CS4_FREE36	Condition supplémentaire non utilisée 36
CS4_FREE37	Condition supplémentaire non utilisée 37
CS4_FREE38	Condition supplémentaire non utilisée 38
CS4_FREE39	Condition supplémentaire non utilisée 39
CS4_FREE40	Condition supplémentaire non utilisée 40
CS4_FREE41	Condition supplémentaire non utilisée 41
CS4_FREE42	Condition supplémentaire non utilisée 42
CS4_FREE43	Condition supplémentaire non utilisée 43
CS4_FREE44	Condition supplémentaire non utilisée 44
CS4_FREE45	Condition supplémentaire non utilisée 45
CS4_FREE46	Condition supplémentaire non utilisée 46
CS4_FREE47	Condition supplémentaire non utilisée 47

Il existe aussi certaines conditions de démarrage retardé dans le tableau ci-dessus :

- C_EPS_CS4_OK_MEM
- UTCS4a_SmallrThen_UTCS4b
- UTCS4a_BiggerThen_UTCS4b
- C_PROT_CS4_FANS_OK_MEM
- FB_FRQ_CS4_FAN_OUTS_OK_M

3 Examen des conditions de démarrage

L'organigramme ci-dessous montre comment examiner les conditions de démarrage. Une liste détaillée des conditions de démarrage et leur explication se trouve dans « Annexe A : Conditions de démarrage ».

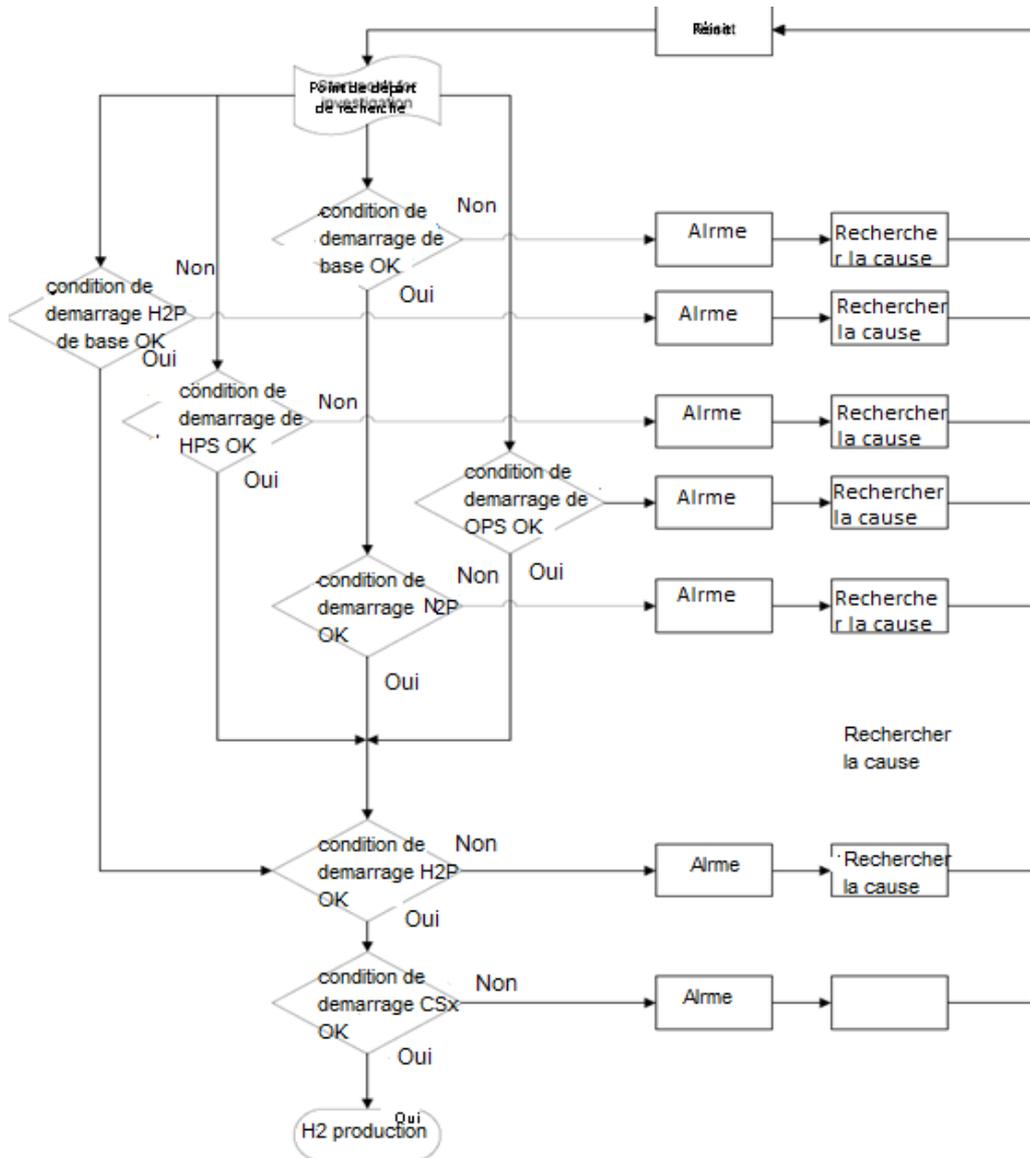


Figure IV.1. Diagramme d'examen des conditions de démarrage

4 TERMINAL DE VISUALISATION DE L'IHM

4.1 Généralités

Le terminal de visualisation de l'IHM Exter T70®, Exter T100® ou Exter T150® installé dans votre HySTAT affiche toutes les informations requises pour utiliser le HySTAT et peut être utilisé comme appareil de saisie pour entrer des points de réglage et autres données. Cette annexe montre les écrans les plus courants et la manière d'y accéder et de les utiliser. Chaque HySTAT peut être divisé en plusieurs sous-ensembles : l'électrolyseur, les utilitaires (comme le refroidissement en boucle fermée, le système à osmose inverse, le refroidisseur, etc.), le sécheur Deoxo et le sécheur déshydrateur. Ces

sous-ensembles et outils de commande et débogage du HySTAT sont les principaux composants de l'IHM. On trouve les groupes suivants :

- GGS : informations et actions de commande de l'électrolyseur
- UTIL : informations et actions pour les utilitaires (refroidissement en boucle fermée, système à osmose inverse, refroidisseur, boîtier externe de refroidissement et ventilation, etc.)
- HPS : informations et actions pour le sécheur Deoxo
- OPS : informations et actions pour le sécheur déshydrateur
- Info and Debug : informations générales et outils pour déboguer et superviser l'ensemble de l'unité [25].

4.2 Utilisation du terminal de visualisation

Au démarrage, l'écran Principal s'affiche :

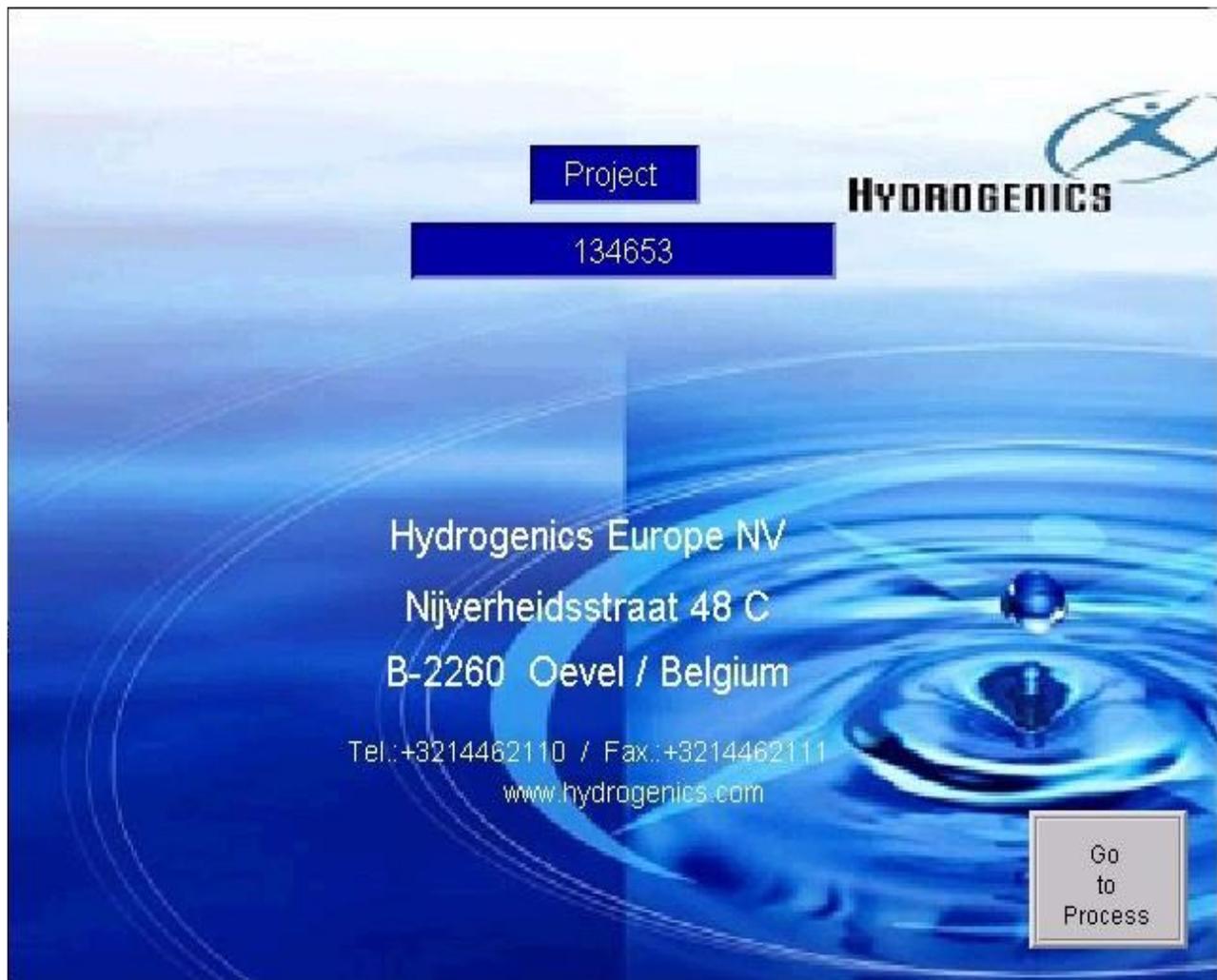


Figure IV.2. Écran principal

Dans cet écran, vous pouvez voir le numéro de projet de l'installation et les informations de contact de Hydrogenics Europe NV.

En appuyant sur la touche Go to Process l'écran Electrolyzer s'ouvre, comme le montre la Figure IV.2. Écran GGS1.

4.3 En-têtes d'écrans

Sur l'Exter, différents en-têtes peuvent être distingués selon les différents sous-ensembles de l'unité:

- En-tête d'écran pour GGS
- En-tête d'écran pour UTIL
- En-tête d'écran pour HPS
- En-tête d'écran pour les outils de débogage

4.3.1 En-tête d'écran pour GGS1

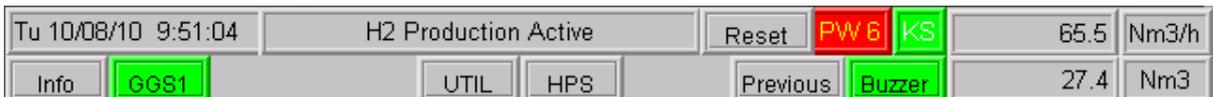
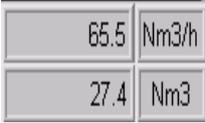


Figure IV.3. En-tête d'écran GGS1

L'en-tête illustré sur la Figure IV.3. En-tête d'écran GGS1 est visible en haut. Près d'un certain nombre de boutons de commande, il comporte les étiquettes d'information suivantes :

-  Tu 10/08/10 9:51:04 Jour, date et heure
-  H2 Production Active Statut du HySTAT (purge N2, production H2, etc.)
-  PW 6 Niveau actuel du mot de passe (PW 0 à PW 7)
-  KS Position de l'interrupteur à clé (vert/rouge, c'est-à-dire marche/arrêt)
- 

65.5	Nm3/h
27.4	Nm3

 Informations de statut supplémentaires (pendant la production : taux de production réel et volume d'hydrogène produit ; pendant les phases de purge : temps restant en secondes, etc.)
-  Buzzer Statut de l'avertisseur sonore (vert/rouge, c'est-à-dire marche/arrêt)

Quand on appuie dessus, les boutons de commande de l'en-tête appellent l'action indiquée comme suit :

Info Affiche l'écran Info

GGG1 Affiche l'écran GGS1

UTIL Affiche l'écran UTIL

HPS Affiche l'écran HPS

Précédent Affiche l'écran précédent

Reset Réinitialise les alarmes

Buzzer Réinitialise l'avertisseur sonore

III.2.2. En-tête d'écran pour UTIL

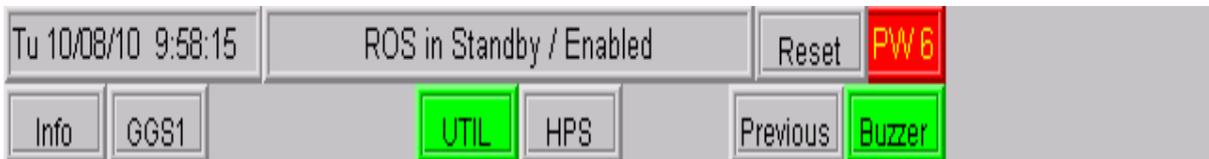


Figure IV.4. En-tête d'écran UTIL

L'en-tête illustré sur la Figure IV.4. En-tête d'écran UTIL est visible en haut. Près d'un certain nombre de boutons de commande, il comporte les étiquettes d'information suivantes :

	Jour, date et heure
	Niveau actuel du mot de passe (PW 0 à PW 7)
	Position de l'interrupteur à clé (vert/rouge, c'est-à-dire marche/arrêt)
	Informations de statut supplémentaires du panneau du transmetteur conductivité (CT) ou du système à osmose inverse (ROS)
	Statut de l'avertisseur sonore (vert/rouge, c'est-à-dire marche/arrêt)

Quand on appuie dessus, les boutons de commande de l'en-tête appellent l'action indiquée comme suit :

Info Affiche l'écran Info

GGS1 Affiche l'écran GGS1

UTIL Affiche l'écran UTIL

HPS Affiche l'écran HPS

Précédent Affiche l'écran précédent

Reset Réinitialise les alarmes

- **Buzzer** Réinitialise l'avertisseur sonore

4.3.2 En-tête d'écran pour HPS



Figure IV.5. En-tête d'écran HPS

L'en-tête illustré sur la Figure IV.5. En-tête d'écran HPS est visible en haut. Près d'un certain nombre de boutons de commande, il comporte les étiquettes d'information suivantes :

	Jour, date et heure
	Niveau actuel du mot de passe (PW 0 à PW 7)
	Position de l'interrupteur à clé (vert/rouge, c'est-à-dire marche/arrêt)
	Informations de statut supplémentaires concernant le HPS
	Statut de l'avertisseur sonore (vert/rouge, c'est-à-dire marche/arrêt)
	Chauffage du HPS, activé ou désactivé

Quand on appuie dessus, les boutons de commande de l'en-tête appellent l'action indiquée comme suit :

Info Affiche l'écran Info

GGS1 Affiche l'écran GGS1

UTIL Affiche l'écran UTIL

HPS Affiche l'écran HPS

Précédent Affiche l'écran précédent

Reset Réinitialise les alarmes

Buzzer Réinitialise l'avertisseur sonore

4.3.3 En-tête d'écran pour Info et outils de débogage



Figure IV.6. En-tête d'écran Info et débogage

L'en-tête illustré sur la Figure 5 – En-tête d'écran Info et débogage est visible en haut. Près d'un certain nombre de boutons de commande, il comporte les étiquettes d'information suivantes :

Tu 10/08/10 10:21:25

Jour, date et heure

PW 0

Niveau actuel du mot de passe (PW 0 à PW 7)

Buzzer

Statut de l'avertisseur sonore (vert/rouge, c'est-à-dire marche/arrêt)

Quand on appuie dessus, les boutons de commande de l'en-tête appellent l'action indiquée comme suit :

Info Affiche l'écran Info

GG81 Affiche l'écran GGS1

UTIL Affiche l'écran UTIL

HPS Affiche l'écran HPS

Précédent Affiche l'écran précédent

Reset Réinitialise les alarmes

STCD Affiche l'écran STCD

Events Affiche l'écran Événement

Alarms Affiche l'écran Alarmes

Debug Affiche l'écran Débogage

Buzzer Réinitialise l'avertisseur sonore

4.3.4 Écrans de l'électrolyseur

4.3.4.1 Écran GGS1

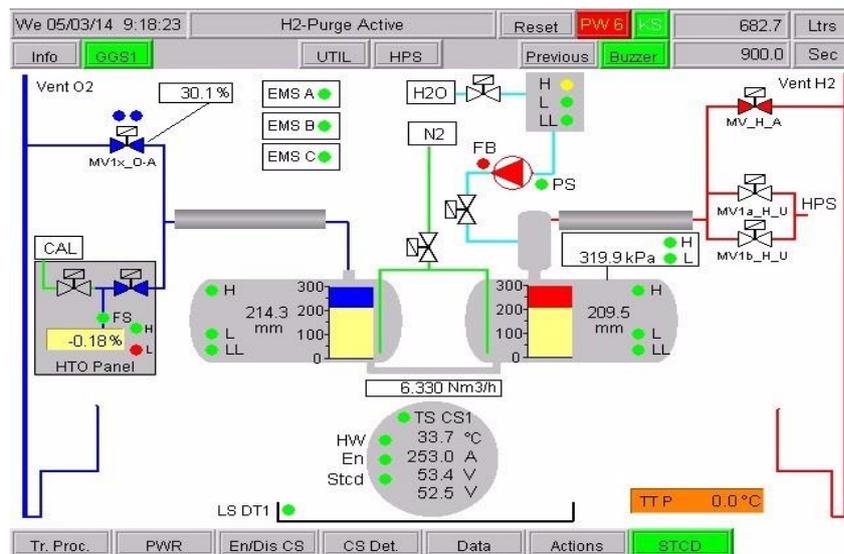


Figure IV.7. Écran GGS1

Chemin d'accès : Principal - Go to Process

L'écran *GGS1* affiche toutes les informations disponibles des procédés de l'électrolyseur. Les principaux éléments de l'écran sont les piles de cellules et les deux séparateurs gaz-liquide. Des couleurs spécifiques sont utilisées pour les différents médias :

- Lignes bleues pour l'oxygène
- Lignes rouges pour l'hydrogène
- Lignes vertes pour le gaz inerte
- Lignes bleu clair pour l'eau déminéralisée

Les états des vannes doivent être interprétés de la manière suivante :

- Un symbole de vanne en couleur signifie que la vanne est ouverte
- Un symbole de vanne blanc signifie que la vanne est fermée

Les points verts () ou rouges () indiquent l'état des contacteurs du système (contacteurs débitmétriques, contacteurs de niveau, thermostats, etc.). Un point vert signifie que le statut du contacteur est OK, un point rouge signifie NOK (pas OK). Les statuts des alarmes des mesures analogiques, comme le TTCS, ITCS, etc, sont également indiqués par un point vert ou rouge, ainsi que le statut de la pompe à eau déminéralisée : un point vert signifie que la pompe fonctionne, un point rouge qu'elle ne fonctionne pas. Quand on appuie dessus, les boutons de commande du bas de l'écran appellent l'action indiquée comme suit :

Tr. Proc. Affiche l'écran des tendances du procédé

PWR Affiche l'écran des systèmes électriques

En/Dis CS Affiche l'écran Activation/Désactivation des piles de cellules

CS Det. Affiche l'écran des détails des piles de cellules

Data Affiche l'écran des compteurs de production

Actions Affiche l'écran Actions

STCD Affiche les conditions de démarrage N2P du GGS1

III.2.5.2. Écran des tendances du procédé



Figure IV.8. Écran des tendances du procédé

Chemin d'accès: Main - Go to Process - Tr. Process

L'écran *Trending Process* affiche les tendances en temps réel des différents canaux analogiques du procédé du HySTAT. Les valeurs réelles de chaque canal sont écrites dans des zones de couleur à droite de l'écran (les couleurs des zones correspondent à celles utilisées dans l'écran des tendances).

Les autres écrans de tendances sont accessibles en appuyant sur les boutons de commande en bas de l'écran.

Le bloc de temps visible peut être défini entre 0,05 heure et 24 heures. Le bloc de temps actuellement utilisé est indiqué dans l'étiquette grise en bas à droite de l'écran (1 heure sur la figure ci-dessus).

4.3.4.2 Écran Power

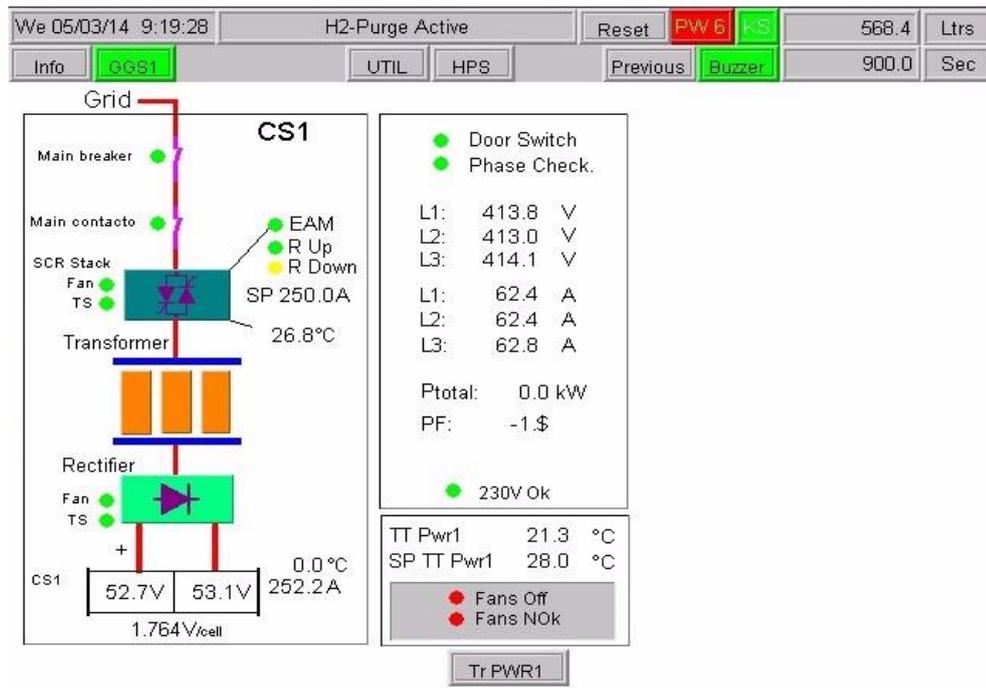


Figure IV.9. Écran Power (PA1)

Chemin d'accès : Main - Go to Process - PWR

L'écran *Power* affiche un schéma simplifié du circuit d'alimentation électrique et de l'ensemble de ses paramètres disponibles dans l'armoire électrique concernée. Explication des abréviations utilisées :

CS1 (ou 2) Pile de cellules 1 (ou 2)

EAM Mode Activer angle

FQ Pilotage de fréquence

Main cont. Contacteur principal

R Up (Down) Accélération (décélération)

SP Point de consigne

Thyr. Stack Thyristor de la pile

TS Thermostat

TS DIO Pont de diode du thermostat

TT Transmetteur de température

Quand on appuie dessus, les boutons de commande du bas de l'écran appellent l'action indiquée comme suit :

Tr PWR1 Affiche l'écran des transmetteurs de température de l'armoire électrique

4.3.4.3 Écran Activation/Désactivation des piles de cellules

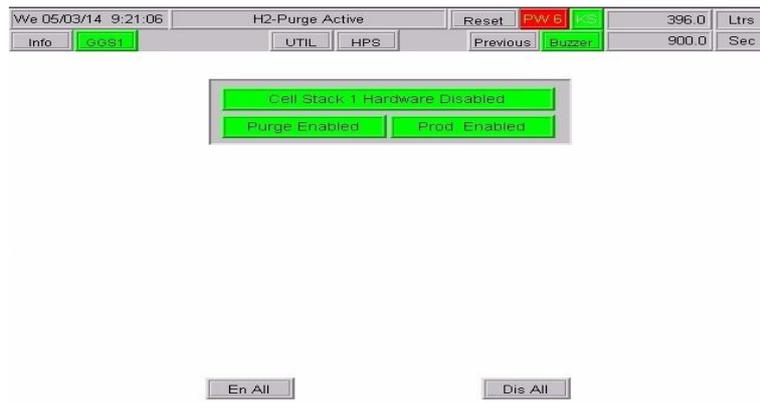


Figure IV 10. Écran Activation/Désactivation des piles de cellules

Chemin d'accès : Main - Go to Process - En/Dis CS

Le statut d'activation du matériel est affiché pour référence. L'activation/désactivation logicielle de la purge et de la production des piles de cellules peut avoir lieu par le biais du terminal de visualisation de l'IHM avec le bouton *purge enabled/disabled* et *prod. enabled/disabled* sur l'écran. Voir « Chapitre 4.2.7: Démarrage du HySTAT » pour avoir plus d'informations sur l'opération.

L'appui sur un bouton de commande vert ou rouge va respectivement activer ou désactiver logiciellemment la pile en question. Les boutons de commande du bas de l'écran peuvent servir à activer logiciellemment (*En All*) ou désactiver logiciellemment (*Dis All*) toutes les piles en même temps.

4.3.4.4 Écran Détails des piles de cellules

		Cell Stack 1		
TT CS	Cell Stack Outlet Temp.	33.1		°C
IT CS	Current	252.4		A
UT CSa	Voltage Part A	53.1		V
UT CSb	Voltage Part B	52.6		V
UT CStot	Cell Stack Total Voltage	105.8		V
U Cell	Cell Voltage	1.753		V
SpCns	Specific Consumption	4.219		kWh/Nm3
	Actual Production	6.338		Nm3/h
	Accumulated Production	0 040.724		Nm3
	DC Energy Accumulated	169.465		kWh
SpCns Av	Specific Consumption Av.	4.161		kWh/Nm3

Figure IV.11. Écran Détails des piles de cellules

Chemin d'accès : Main - Go to Process - CS Det.

L'écran Cell stack details affiche toutes les informations pertinentes, individuellement pour chaque pile de cellules.

4.3.4.5 Écran des compteurs de production

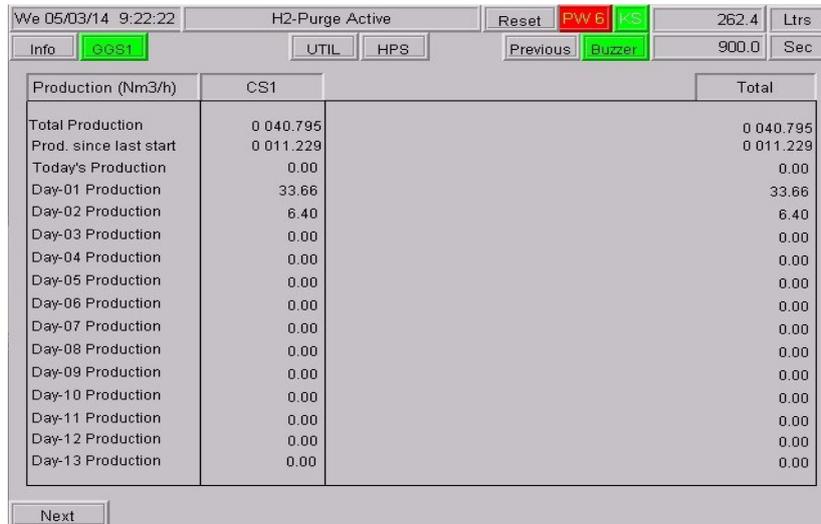


Figure IV.12 Écran des compteurs de production

Chemin d'accès: Main - Go to Process - Data

L'écran Production counters affiche toutes les données de production pertinentes, individuellement pour chaque pile de cellules, plus la production totale, pour la durée du mois précédent. Une pression sur le bouton de commande Next en bas de l'écran permet de faire défiler le tableau vers le bas (en arrière dans l'historique).

4.3.4.6 Écran Actions de l'électrolyseur

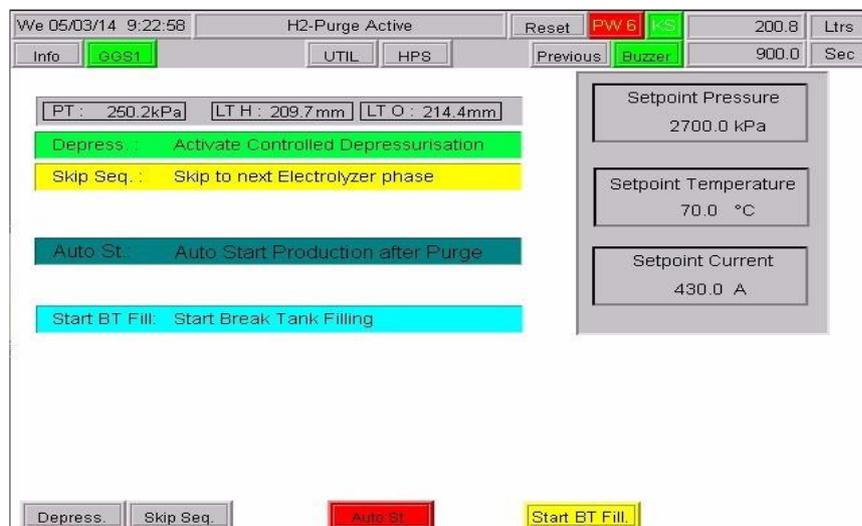


Figure IV.13. Écran Actions de l'électrolyseur

Chemin d'accès : Main - Go to Process - Actions

Cet écran permet à l'opérateur ou à l'ingénieur d'appeler certaines actions sur l'électrolyseur. Les actions disponibles sont accessibles uniquement aux plus hauts niveaux de connexion :

Depress. Dépressuriser le HySTAT

Skip Seq. Sauter la séquence en cours (service Hydrogenics uniquement)

Auto St. Démarrage automatique du HySTAT après purge (service Hydrogenics uniquement)

Start BT Fill. Lancer le remplissage du réservoir tampon

Setpoint Pressure Modifier le point de consigne de la pression

Setpoint Temperature Modifier le point de consigne de la température

Setpoint Current Modifier le point de consigne du courant (en ampères)

4.3.4.7 Écrans des conditions de démarrage de l'électrolyseur

We 05/03/14 9:23:33		H2-Purge Active		Reset	PW 6	137.5	Ltrs
Info	GGSI	UTIL	HPS	Previous	Buzzer	900.0	Sec
0	Basic Start Conditions	TRUE		24	N2P Spare 24	TRUE	
1	Level Switch High H2-GLS	TRUE		25	N2P Spare 25	TRUE	
2	Level Switch Low H2-GLS	TRUE		26	N2P Spare 26	TRUE	
3	Level Switch Low Low H2-GLS	TRUE		27	N2P Spare 27	TRUE	
4	Level Switch High O2-GLS	TRUE		28	N2P Spare 28	TRUE	
5	Level Switch Low O2-GLS	TRUE		29	N2P Spare 29	TRUE	
6	Level Switch Low Low O2-GLS	TRUE		30	N2P Spare 30	TRUE	
7	Pressure high high	TRUE		31	N2P Spare 31	TRUE	
8	Pressure Broken Wire	TRUE		32	N2P Spare 32	TRUE	
9	Level Transmitter H2-GLS High High	TRUE		33	N2P Spare 33	TRUE	
10	Level Transmitter H2-GLS Low Low	TRUE		34	N2P Spare 34	TRUE	
11	Level Transmitter H2-GLS Broken Wire	TRUE		35	N2P Spare 35	TRUE	
12	Level Transmitter O2-GLS High High	TRUE		36	N2P Spare 36	TRUE	
13	Level Transmitter O2-GLS Low Low	TRUE		37	N2P Spare 37	TRUE	
14	Level Transmitter O2-GLS Broken Wire	TRUE		38	N2P Spare 38	TRUE	
15	Nitrogen Purge not failed	TRUE		39	N2P Spare 39	TRUE	
16	Major Faults on Levels Not Actif	TRUE		40	N2P Spare 40	TRUE	
17	24 V P Rio Island Proc A	TRUE		41	N2P Spare 41	TRUE	
18	24 V P Rio Island Proc B	TRUE		42	N2P Spare 42	TRUE	
19	GGSI_MV_BkEd_N2_FB_OK_MEM	TRUE		43	N2P Spare 43	TRUE	
20	N2P Spare 20	TRUE		44	N2P Spare 44	TRUE	
21	N2P Spare 21	TRUE		45	N2P Spare 45	TRUE	
22	N2P Spare 22	TRUE		46	N2P Spare 46	TRUE	
23	N2P Spare 23	TRUE		47	N2P Spare 47	TRUE	

Main N2P H2P CS1

Figure IV.14. Écrans Conditions de démarrage de l'électrolyseur

Chemin d'accès: Main - Go to Process - STCD

Les écrans Start conditions , dont l'écran *N2 Purge start conditions* est affiché ci-dessus, contiennent une liste de toutes les conditions de démarrage applicables pour l'action ou l'unité d'équipement sélectionnée. Les mots TRUE et FALSE sont utilisés pour indiquer si la condition de démarrage listée est vraie ou fausse.

Les boutons de commande du bas de l'écran peuvent être pressés pour ouvrir les écrans de conditions de démarrage suivants :

N2P Affiche l'écran Conditions de démarrage de la purge à l'azote

H2P Affiche l'écran Conditions de démarrage de la purge à l'hydrogène

CS1/2/3/4 Affiche l'écran Conditions de démarrage de la pile de cellules 1/2/3/4

4.4 Écrans Utilitaires

4.4.1 Écran Refroidissement en boucle fermée

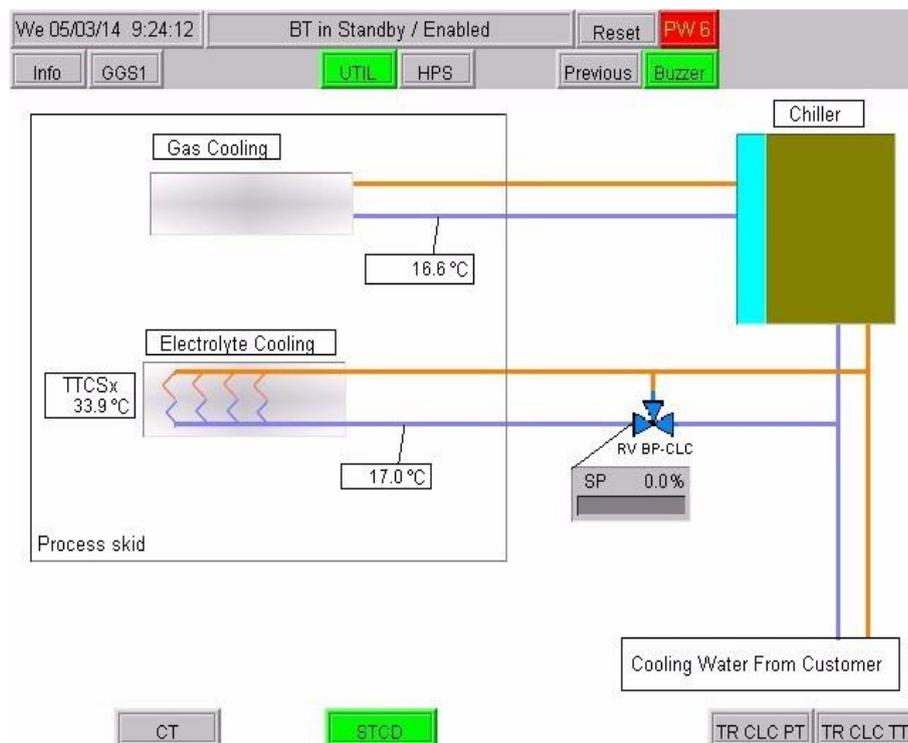


Figure IV.15. Écran Refroidissement en boucle fermée

Chemin d'accès : Main - Go to Process - UTIL

L'écran *Closed loop cooling* affiche toutes les informations disponibles : valeurs de température et de pression, valeurs de l'analyseur, états des contacteurs, états des vannes, etc., du refroidisseur, du système de refroidissement de l'électrolyte et du système de refroidissement en boucle fermée.

Boutons de commande en bas de l'écran :

ROS Affiche l'écran du système à osmose inverse

OH Affiche l'écran de la garniture extérieure

STCD Affiche l'écran des conditions de démarrage de base des utilitaires

TR CLC PT Affiche l'écran de tendance des transmetteurs de pression du refroidissement en boucle fermée

TR CLC TT Affiche l'écran de tendance des transmetteurs de température du refroidissement en boucle fermée

4.4.2 Écran CT

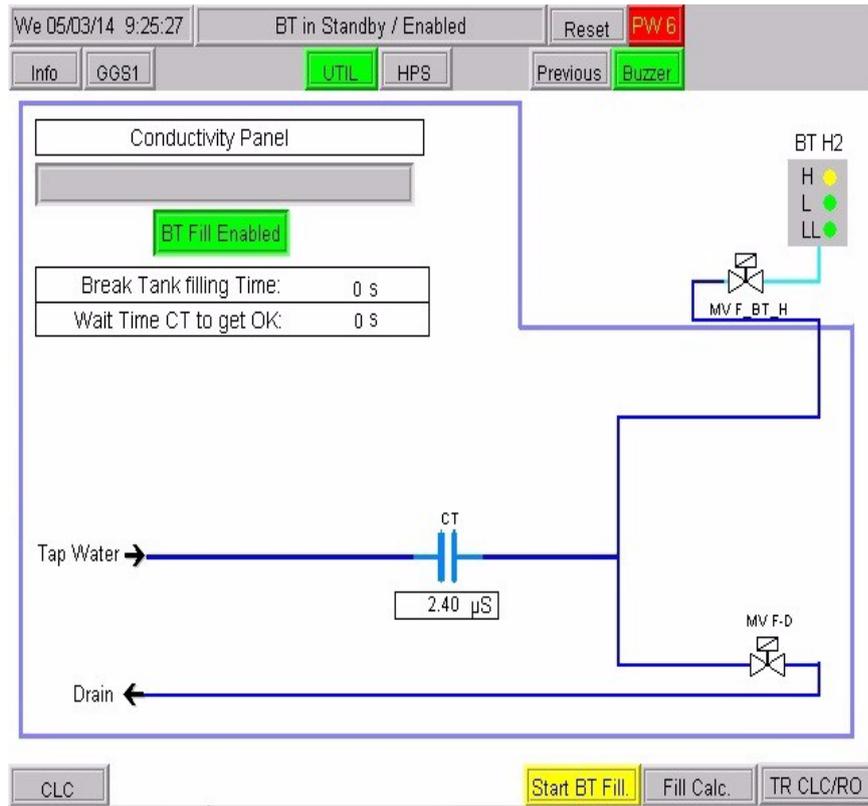


Figure IV.16. Écran ROS (système à osmose inverse)

Chemin d'accès : Main - Go to Process - UTIL - ROS

BT Fill Enabled

Remplissage du réservoir tampon activé (vert)/désactivé (rouge)

CT
200.0 µS

Valeur du transmetteur de conductivité

BT H2
H
L
LL

États du contacteur de niveau du réservoir tampon (High/Low/Low low - Haut/Bas/Bas bas)

Boutons de commande du bas de l'écran (notez que certaines actions sont accessibles uniquement aux plus hauts niveaux de connexion) :

CLC Affiche l'écran du refroidissement en boucle fermée.

Start BT Fil. Démarrage du remplissage du réservoir tampon.

Fill Calc. Affiche l'écran des calculs de remplissage.

TR CLC/RO Affiche l'écran de tendance du système à osmose inverse et du refroidissement en boucle fermée.

4.4.3 Écran Calcul de remplissage

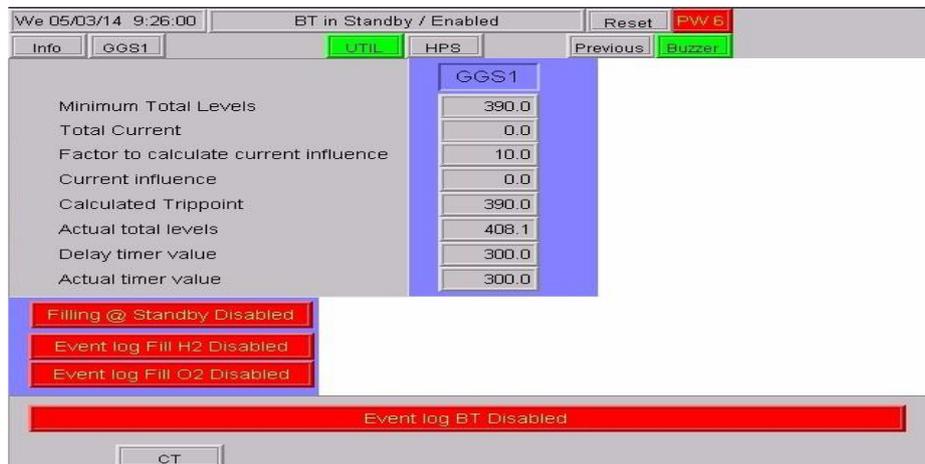


Figure IV.17. Écran Calcul de remplissage

Chemin d'accès : Main - Go to Process - UTIL - ROS - Fill Calc.

L'écran *Fill calculation* sert à contrôler et réguler le remplissage du réservoir tampon. Certains paramètres de remplissage du réservoir tampon peuvent être réglés ici. En fonctionnement normal, le remplissage est activé en veille. Avec les trois boutons de commande placés en dessous du bouton de commande du remplissage, certains événements peuvent être enregistrés.

4.5 Écrans du sécheur Deoxo

4.5.1 Écran HPS

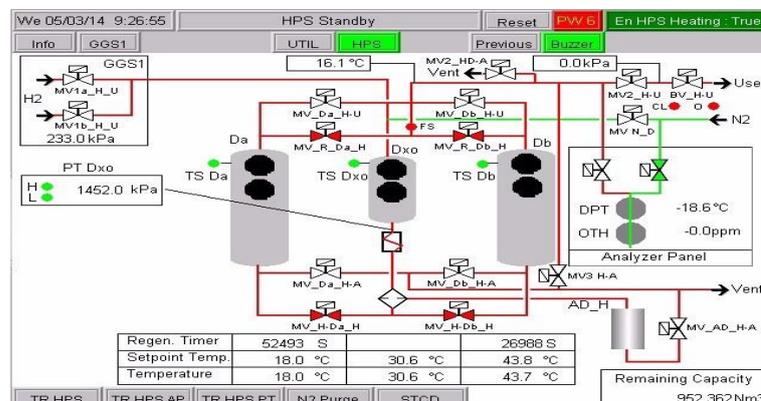
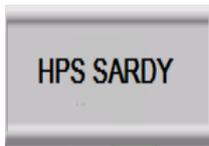


Figure IV.18. Écran HPS

Chemin d'accès : Main - Go to Process – HPS



Indication du statut actuel du HPS



751.2 KPa

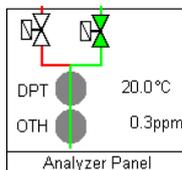
Indication de la capacité de production de H2 restante jusqu'à l'échange du lit du sécheur



Valeurs du transmetteur de pression



États des thermostats (sécheur Da, sécheur Db, réservoir Deoxo Dxo)



Statut du contacteur débitmétrique

Valeurs des transmetteurs du panneau de l'analyseur (le cas échéant)

Boutons de commande en bas de l'écran :

TR HPS Affiche l'écran de tendance du HPS

TR HPS AP Affiche l'écran de tendance du panneau de l'analyseur HPS (le cas échéant)

TR HPS PT Affiche l'écran de tendance du transmetteur de pression de la conduite utilis- teur (le cas échéant)

N2 Purge Affiche l'écran de purge N2 du HPS

STCD Affiche l'écran des conditions de démarrage du HPS

Booster ON/OFF Met la pompe de surpression en MARCHE ou ARRET

4.5.2 Écran Purge à l'azote du HPS

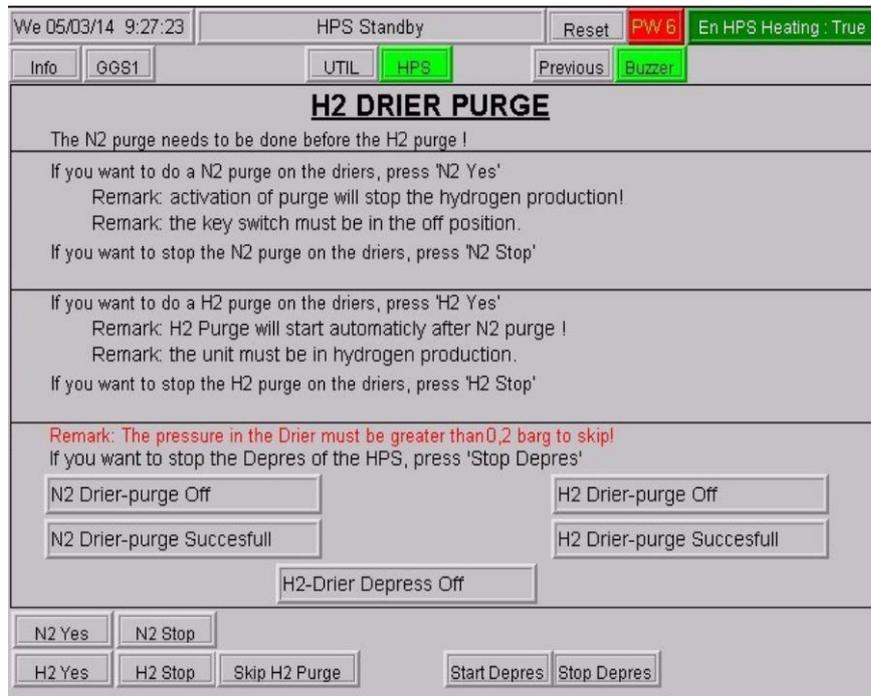


Figure IV 19. Écran Purge à l'azote du HPS

Chemin d'accès : Main - Go to Process - HPS -N2P

Suivez les instructions de l'écran pour effectuer une purge à l'azote du HPS.

A.5 Écrans d'informations

A.5.1 Écran Synthèse des infos



Figure IV.20. Écran Synthèse des infos

Chemin d'accès : Main - Go to Process - Info

L'écran *Info* affiche des boutons de commande qui ouvrent un autre écran quand on appuie dessus :

Main Affiche l'écran principal

Password Affiche l'écran de connexion

Clock & Language Affiche l'écran Horloge et langue

L'écran *Info* affiche également des informations sur le statut des différents sous-ensembles comme les utilitaires (UTIL), l'électrolyseur (GGS1) et le sécheur Deoxo (HPS).

4.5.3 Écran Horloge et langue

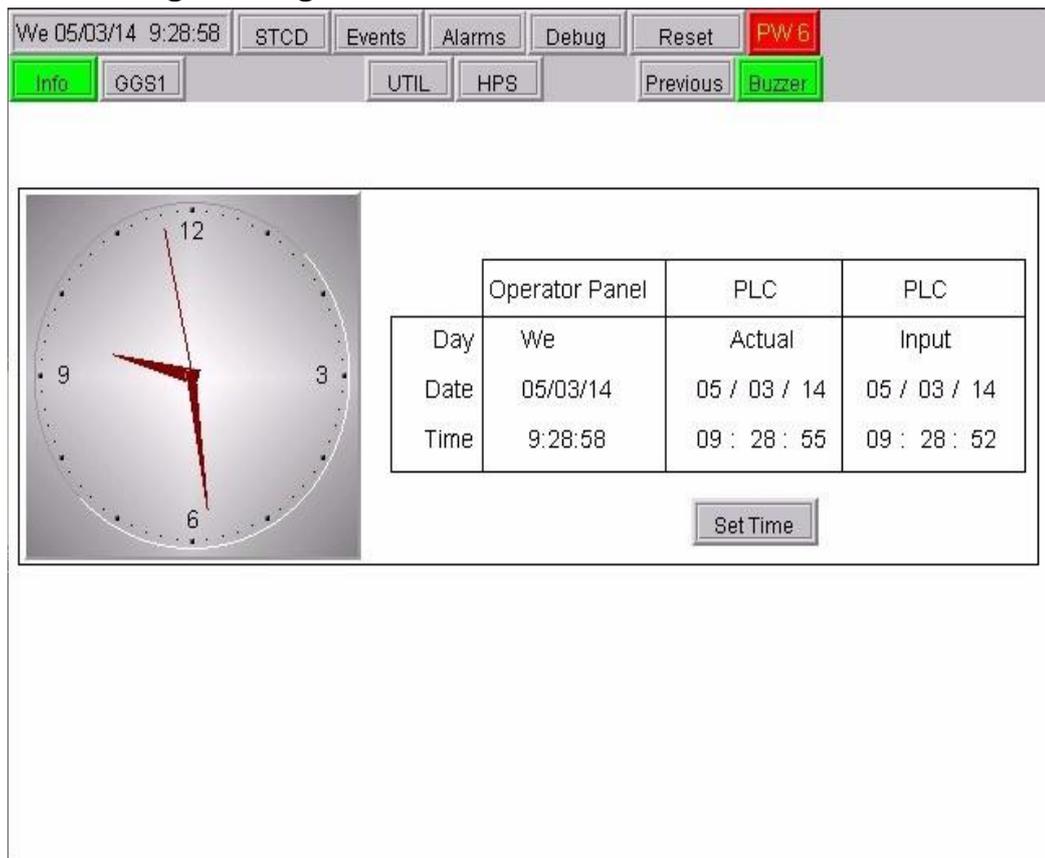


Figure IV 21. Écran Horloge et langue

Chemin d'accès : accès principal à l'écran d'horloge et de langue des informations de processus

L'écran *Clock & language* affiche l'heure du terminal de visualisation de l'IHM et l'heure de l'API (PLC). En appuyant sur le bouton de commande *Set time*, ces paramètres peuvent être modifiés et les paramètres d'heure et de date de l'API peuvent être mis en correspondance avec ceux du terminal de visualisation.

4.5.4 Écran de synthèse des conditions de démarrage

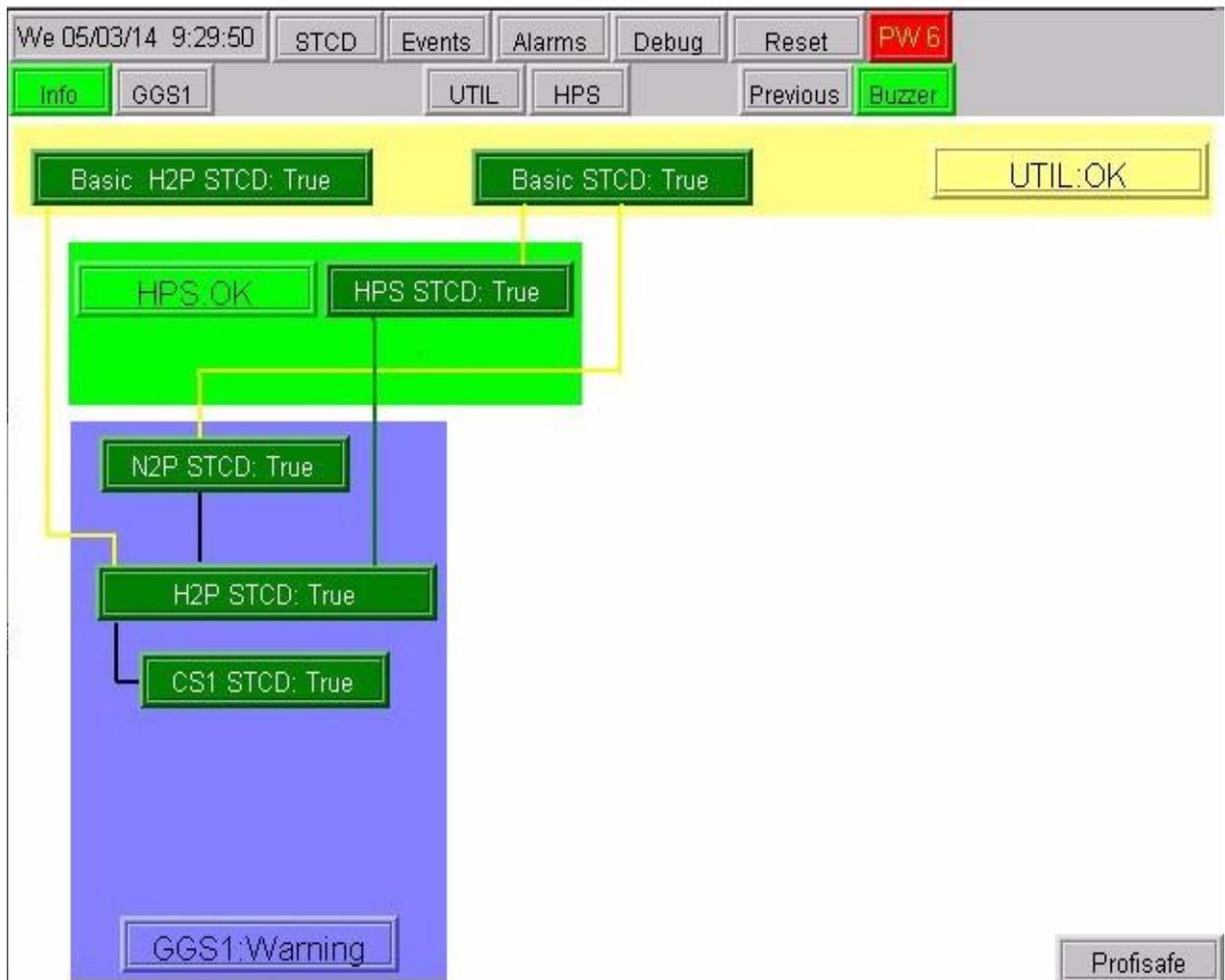


Figure IV 22. Écran de synthèse des conditions de démarrage

Chemin d'accès : Main - Go to Process - Info - STCD

L'écran *Start conditions overview* affiche une arborescence des conditions de démarrage des différents équipements du procédé, dans l'ordre hiérarchique. Il est possible d'appuyer sur chaque bouton de commande pour ouvrir l'écran de conditions de démarrage suivant. Un bouton de commande vert signifie que les conditions de démarrage sont remplies, un bouton de commande rouge signifie qu'elles ne le sont pas. Un bouton s'affiche pour chaque processus, par exemple « UTIL : OK ». Cela signifie qu'il n'y a pas de conditions de démarrage retardées. Si certaines conditions de démarrage sont retardées, vous pouvez voir « UTIL: Warning ». Cela signifie qu'après le délai d'attente, cette condition de démarrage spécifique passe du statut TRUE à FALSE. En appuyant sur ce bouton, l'écran suivant de la condition de démarrage retardée s'ouvre.

4.5.5 Écrans des conditions de démarrage de base

We 05/03/14 9:30:44		BT in Standby / Enabled		Reset	PW 6
Info	GGG1	UTIL	HPS	Previous	Buzzer
0	Emergency Stop Pushbutton A	TRUE	24	OTA Utility H OK	TRUE
1	Emergency Stop Pushbutton B	TRUE	25	OTA Utility L OK	TRUE
2	Emergency Stop Pushbutton C	TRUE	26	OTA Utility H OK	TRUE
3	Emergency Stop Pushbutton D	TRUE	27	OTA Utility L OK	TRUE
4	Emergency Stop Pushbutton E	TRUE	28	HTA GGS1 Detection Head OK	TRUE
5	Emergency Stop Pushbutton F	TRUE	29	HTA GGS1 OK	TRUE
6	Emergency Stop Pushbutton G	TRUE	30	HTA GGS2 Detection Head OK	TRUE
7	Emergency Stop Pushbutton H	TRUE	31	HTA GGS2 OK	TRUE
8	Emergency Stop Pushbutton I	TRUE	32	HTA GGS3 Detection Head OK	TRUE
9	Emergency Stop Pushbutton J	TRUE	33	HTA GGS3 OK	TRUE
10	Emergency Stop Pushbutton K	TRUE	34	HTA GGS4 Detection Head OK	TRUE
11	Emergency Stop Pushbutton L	TRUE	35	HTA GGS4 OK	TRUE
12	Emergency Stop Pushbutton M	TRUE	36	HTA HPS Detection Head OK	TRUE
13	Emergency Stop Pushbutton N	TRUE	37	HTA HPS OK	TRUE
14	Emergency Stop Pushbutton O	TRUE	38	FUSES MV OK	TRUE
15	Emergency Stop Pushbutton P	TRUE	39	24 VDC POWER SUPPLY OK	TRUE
16	HWSS Release OK	TRUE	40	UPS HIGH OK	TRUE
17	Smoke and Fire Alarm	TRUE	41	UPS LOW OK	TRUE
18	OTA Process Detection Head OK	TRUE	42	FUSE RIO CP OK	TRUE
19	OTA Process H OK	TRUE	43	FUSE RIO Utili A OK	TRUE
20	OTA Process L OK	TRUE	44	FUSE RIO Utili B OK	TRUE
21	OTA High OK	TRUE	45	PS INST AIR OK	TRUE
22	OTA Low OK	TRUE	46	PS N2 LL OK	TRUE
23	OTA Utility Detection Head OK	TRUE	47	LS Leak Detect OK	TRUE

Main Basic Bas H2P

Figure IV.23. Écran Conditions de démarrage de base

Chemin d'accès : Main - Go to Process - Info - STCD - Basic STCD: True or False

L'écran *Basic start conditions* contient une liste de toutes les conditions de démarrage applicables pour l'action ou l'unité d'équipement sélectionnée. Les mots TRUE et FALSE sont utilisés pour indiquer si la condition de démarrage listée est vraie ou fausse. Les boutons de commande du bas de l'écran peuvent être pressés pour ouvrir l'écran de conditions de démarrage suivant :

Bas H2P Affiche l'écran Conditions de démarrage de base de la production d'hydrogène.

4.5.6 Écrans Conditions de démarrage de base retardées



STCD	Description	State STCD	Warning	Time Delay (s)
STCD Basic	18 OTA Process Detection Head OK	TRUE	NO WARNING	1800
	21 OTA Process HH-Alarm OK	TRUE		20
	22 OTA Process LL-Alarm OK	TRUE		300
	23 OTA Utility Detection Head OK	TRUE	NO WARNING	1800
	26 OTA Utility HH-Alarm OK	TRUE		20
	27 OTA Utility LL-Alarm OK	TRUE		15
	28 HTA GGS1 Detection Head OK	TRUE	NO WARNING	1800
	30 HTA GGS2 Detection Head OK	TRUE	NO WARNING	1800
	32 HTA GGS3 Detection Head OK	TRUE	NO WARNING	1800
	34 HTA GGS4 Detection Head OK	TRUE	NO WARNING	1800
	36 HTA HPS Detection Head OK	TRUE	NO WARNING	1800
	45 PS INST AIR OK	TRUE	NO WARNING	20
	46 PS N2 LL OK	TRUE	NO WARNING	20

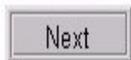


Figure IV.24.Écrans Conditions de démarrage de base retardées

Chemin d'accès: Main - Go to Process - Info - STCD - Basic: OK or Warning

L'écran *Basic delayed start conditions* contient une liste de toutes les conditions de démarrage retardées pour l'action ou l'unité d'équipement sélectionnée. Les mots TRUE et FALSE dans la colonne « State STCD » sont utilisés pour indiquer si la condition de démarrage listée est vraie ou fausse. S'il y a un avertissement, le délai d'attente spécifié dans la dernière colonne décroît. Quand la condition de démarrage repasse à TRUE, cette durée est réinitialisée au délai d'attente d'origine. Le statut « WARNING » est supprimé en appuyant sur le bouton « Reset ».

4.5.7 Écran Événements

Nr.	Day	Time	Code	Event	Val.	E.U.
001	05	09H 32M 50S	010601	HPS L pre-alarm: Temp Deoxo	37.0	°A
002	05	09H 31M 11S	010611	HPS L pre-alarm: Pressure Deoxo	1411.6	kPa
003	05	09H 30M 40S	031219	GGs1: Level O2 GLS LL Alarm Ch. to:	175.0	mm
004	05	09H 30M 40S	031211	GGs1: Level H2 GLS LL Alarm Ch. to:	175.0	mm
005	05	09H 30M 11S	032950		0.0	No Un
006	05	09H 29M 37S	030611	GGs1 L alarm: Current Cell Stack 1	157.5	A
007	05	09H 29M 22S	032863	GGs1: Start H2 prod. (key switch)	0.0	No Un
008	05	09H 24M 53S	032869	GGs1: End of H2 purge	0.0	No Un
009	05	09H 15M 05S	032866	GGs1: Start H2 purge (remote)	0.0	No Un
010	05	09H 14M 17S	005845	LL alarm: Diff Pr Vent Basic	4.8	
011	05	09H 14M 17S	005645	L pre-alarm: Diff Pr Vent Basic	4.8	
012	05	08H 59M 08S	032852	GGs1: End of nitrogen purge	0.0	No Un
013	05	08H 53M 32S	032850	GGs1: Start N2P (KS)	0.0	No Un
014	05	08H 53M 32S	033110	GGs1: Cell Stack 1 Enabled for Purge (HM)	0.0	No Un
015	05	08H 53M 32S	033100	GGs1: Cell Stack 1 Enabled for Prod. (HM)	0.0	No Un
016	05	01H 14M 37S	031003	GGs1 BW alarm: Hydrogen in Oxygen	-0.4	%
017	04	22H 14M 23S	030803	GGs1 LL alarm: Hydrogen in Oxygen	-0.1	%
018	04	21H 34M 53S	030603	GGs1 L alarm: Hydrogen in Oxygen	0.0	%
019	04	20H 51M 25S	008100	Chiller NOK	0.0	No Un
020	04	20H 28M 56S	008101	Chiller NOK (pre alarm)	0.0	No Un

From 05/03 to 04/03

F Page - H Page - Line - Line + H Page + F Page +

Figure IV.25. Écran Événements

Chemin d'accès : Main - Go to Process - Info - Events

L'écran *Events* affiche une liste d'événements, en commençant par le plus récent. Le numéro d'événement, la date et l'heure où il s'est produit, son code d'événement, sa description et le cas échéant sa valeur analogique sont affichés. Il est possible d'utiliser les boutons de commande du bas de l'écran pour naviguer dans l'historique des événements, vers le haut d'une seule ligne, d'une demi-page ou d'une pleine page, et vers le bas de la même manière.

5 Alarmes critiques

La grande différence entre les alarmes critiques générées par des manquements à la sécurité et les conditions de démarrage non remplies est l'action associée à cet échec :

- manquement à la sécurité (circuit de sécurité) : le programme de sécurité de l'API met hors tension une partie ou la totalité de l'unité par le biais de relais de sécurité ;

- conditions de démarrage non remplies (contrôle de base du processus) : le programme de traitement de l'API met l'unité en veille

Les actions en cas de manquement à la sécurité (circuit de sécurité) sont mentionnées dans le tableau ci-dessous :

Synthèse des alarmes - Circuit de sécurité										
Instrument		Tableau principal		Électrolyseur r1 et 2					Remarques	
		Arrêt		Arrêt		Dépressurisation	Blocage B&B			
Nom	Étiquette	Compresseurs	Utilités	Production H2	Utilités	GGs	HPS	N2	Déclenchement relais de sécurité	Déclenchement contacteur
Unité HTA Draeger	HTA	x	x	x	x	x	x	-	x	Tous les CS, Bobine de déclenchement, Utilités
Arrêt d'urgence du tableau principal	EMS A	x	x	x	x	x	x	-	x	
Arrêt d'urgence du compresseur 1	EMS C1	x	x	x	x	x	x	-	x	
Arrêt d'urgence du compresseur 2	EMS C2	x	x	x	x	x	x	-	x	
Arrêt d'urgence du HySTAT 1	EMS A	x	x	x	x	x	x	-	x	
Arrêt d'urgence du HySTAT 2	EMS A	x	x	x	x	x	x	-	x	
Arrêt d'urgence client	EMS D	x	x	x	x	x	x	-	x	

6 Écran Synthèse des alarmes analogiques

	HH	HHM	H	HM	L	LM	LL	LLM	BW	BWM
UTIL	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
GGS1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0
HPS	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1

Figure IV.26. Écran Synthèse des alarmes analogiques

Chemin d'accès: Main - Go to Process - Info - Alarms

L'écran Analog alarms overview affiche les données des alarmes de toutes les mesures analogiques du HySTAT système. Les données d'alarme de chaque mesure comprennent les états suivants :

- HH (alarme Haut Haut) A H (alarme Haut)
- L (alarme Bas)
- LL (alarme Bas Bas)
- BW (alarme de fil cassé)

Pour chacun des types d'alarme mentionnés ci-dessus, un état mémoire (indiqué par l'ajout de la lettre M) est aussi affiché dans la colonne appropriée. Le nombre 1 indique que l'état de l'alarme est OK, le nombre 0 indique que l'état de l'alarme est NOK (et qu'il y a une alarme). Si le nombre 0 figure dans la colonne mémoire (M), cela indique qu'il y a eu une alarme pour ce canal (même si elle a pu être restaurée).

6.1 Écran Alarmes analogiques de base

Channel 0-19	Present	HH	HHM	H	HM	L	LM	LL	LLM	BW	BWM
UPS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Spare_01	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TT Dem.P. H2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PT Dem.P. H2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Spare_04	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TT Ch	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
PT Ch	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Spare_07	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CT In	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CT Out	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Spare_10	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TT CP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TT Amb	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TT EPS	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TT Util	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TT AHU	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TT Proc Rm	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TT Gen Rm	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
OTA Proc	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
OTA Util	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Figure IV.27. Écran Alarmes analogiques de base

Chemin d'accès: Main - Go to Process - Info - Alarms - UTIL

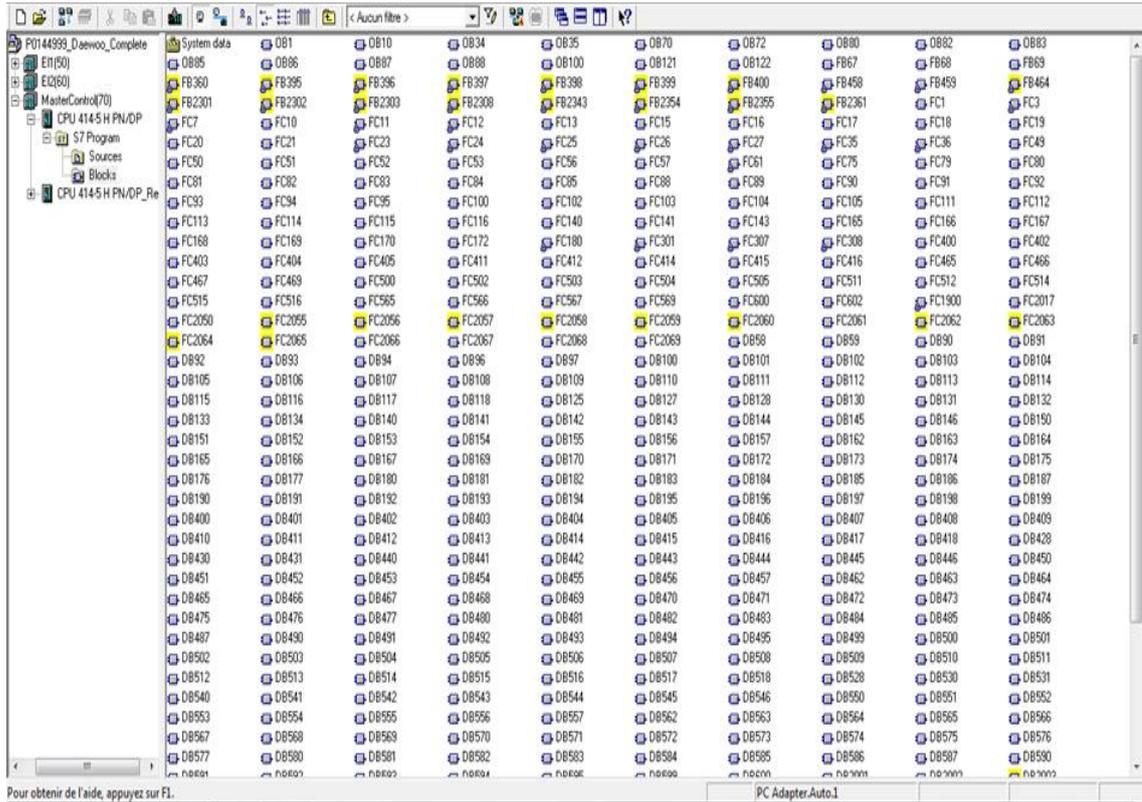
L'écran Analog basic alarms affiche les données des alarmes de toutes les mesures analogiques du HySTAT système. Les données d'alarme de chaque mesure comprennent les états suivants :

- HH (alarme Haut Haut) A H (alarme Haut)
- L (alarme Bas)
- LL (alarme Bas Bas)
- BW (alarme de fil cassé)

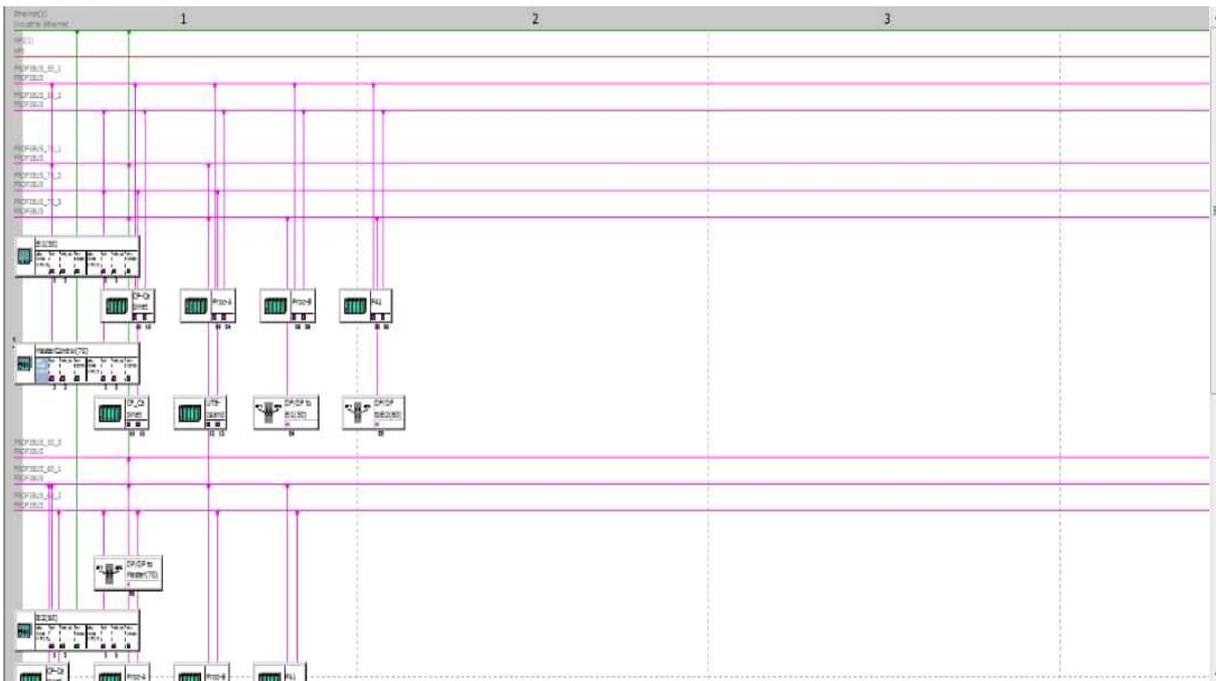
Pour chacun des types d'alarme mentionnés ci-dessus, un état mémoire (indiqué par l'ajout de la lettre M) est aussi affiché dans la colonne appropriée. Le nombre 1 indique que l'état de l'alarme est OK, le nombre 0 indique que l'état de l'alarme est NOK (et qu'il y a une alarme). Si le nombre 0 figure dans la colonne mémoire (M), cela indique qu'il y a eu une alarme pour ce canal (même si elle a pu être restaurée) [26].

7 LES PROGRAMME

7.1 Vu general de block



7.2 Communication profibus



7.3 Configuration

Emplacement	Module	Référence	Firmware	Adresse MPI	Adresse d'entrée	Adresse de sortie	Commentaire
1	PS 405 10A	6ES7 405-0KA02-0AA0					
3	CPU 414-5 H PN/D	6ES7 414-5HM06-0AB0	V6.0	2			
X2	DP				8191*		
X1	MPI/DP			2	8190*		
IF1	H Sync module	6ES7 980-1AA06-0AA0			8185*		
IF2	H Sync module	6ES7 980-1AA06-0AA0			8184*		
XS	PNV0-70-1				8183*		
XSP1R	Port 1				8188*		
XSP2R	Port 2				8187*		
5							
6							
7							
8							
9							

7.4 Bloc de traitements de minuterie

Contenu de : 'Environnement\Interface'

Nom
IN
OUT
IN_OUT
TEMP
RETURN

FC660 : Ventilation Regulators

Commentaire :

```

Réseau 1 : Timer Treatments
CALL "Timer_On_Delay"          FC92          -- Timer On-Delay
Timer_DB_No:=699
T_NO :=22
IN :="LOG*1"
PRESET :="Settings_Int_Elecl".Time_Cooling_aft_Cooling    M80.1    -- logical 1
TIMEBASE :=2
RET_VAL :="Stat_T_Cool_Aft_Cool_Ell"                      DB611.DBW64 -- Time Cooling after Cooling (s)
NOP 0
CALL "Timer_On_Delay"          FC92          -- Timer On-Delay
Timer_DB_No:=699
T_NO :=36
IN :="LOG*1"
PRESET :="Settings_Int_Elecl".Time_Vent_aft_Alarm         M80.1    -- logical 1
TIMEBASE :=2
RET_VAL :="Stat_T_Vent_Aft_Alm_Ell"                       DB611.DBW142 -- Time Ventilation process-room after HTA/OTA-Alarm
NOP 0
    
```

7.5 Bloc de appeler des entrées indirectes et des vérifications préalables

FC100 : Main Program Basic

Commentaire :

```

Réseau 1 : Call Indirect Inputs and backgroundChecks
CALL "DI_Indirect_Basic"      FC102          -- Copy Inputs to Databits for indirect-processing Basic
NOP 0
CALL "AI_Indirect_Basic"      FC103          -- Copy Analog Inputs to Databits for indirect-processing Basic
NOP 0
CALL "Analog_Inputs_Basic"    FC111          -- All Analog Inputs Basic
NOP 0
CALL "BackgroundCheck_all_Bas" FC104          -- Background Checks on all Variables Basic
NOP 0

Réseau 2 : Do different jobs
CALL "Different_Jobs_Basic"    FC114          -- All sorts of different jobs to be done Basic
NOP 0
CALL "Signal-lights_Bas"      FC155          -- Signal-Lights outside container type5 Basic
NOP 0
CALL "Master_Comm"           FC76          -- Communication to/from Master (DP/DP-Coupler)
NOP 0
    
```

7.6 Bloc de gestion du temps système et scantime ganding :

```

FC600 : Main Program Electrolyser 1
Commentaire :
Réseau 1 : system-time handling and scantime-handling
U      "PULS*NEW_DAY"                M80.5          -- puls new day
SPB    call
SPA    con1
call:  NOP 0
CALL   "Shift_Prod_Day_@_Midnight"   FC43           -- Shift Production of the Day At Midnigh
Prod_Info_DataBlock :="Production_Info_CS1_E11"
DB620          -- Production Info for Cell-Stack 1 Elect
Total_Prod_Litres :="INSTANCE DB FB649_E11".CELLSTACK1.PROD_TOTAL
DB649.DBD32    -- TOTAL PRODUCTION OF THE CELLSTACK IN I
Total_Prod_1M_Litres:=:INSTANCE DB FB649_E11".CELLSTACK1.PROD_TOTAL_1M
DB649.DBD36    -- TOTAL PRODUCTION OF THE CELLSTACK IN I
CS_Present :=:AEx_Presnt_LimCTRL_Elec1".ITCS1_Present
DB646.DBX11.0  -- Present Current Cell Stack 1
NOP 0
CALL   "Shift_Prod_Day_@_Midnight"   FC43           -- Shift Production of the Day At Midnigh
Prod_Info_DataBlock :="Production_Info_CS2_E11"
DB621          -- Production Info for Cell-Stack 2 Elect
Total_Prod_Litres :=:INSTANCE DB FB649_E11".CELLSTACK2.PROD_TOTAL
DB649.DBD132   -- TOTAL PRODUCTION OF THE CELLSTACK IN I
Total_Prod_1M_Litres:=:INSTANCE DB FB649_E11".CELLSTACK2.PROD_TOTAL_1M
DB649.DBD136   -- TOTAL PRODUCTION OF THE CELLSTACK IN I
CS_Present :=:AEx_Presnt_LimCTRL_Elec1".ITCS2_Present
DB646.DBX16.0  -- Present Current Cell Stack 2
NOP 0
CALL   "Shift_Prod_Day_@_Midnight"   FC43           -- Shift Production of the Day At Midnigh
Réseau 2 : Call Indirect Inputs and backgroundChecks
CALL   "DI_Indirect_Elec1"           FC602          -- Copy Inputs to Databits for indirect-processing Electrolyser 1
NOP 0
CALL   "AI_Indirect_Elec1"           FC603          -- Copy Analog Inputs to Datawords for indirect-processing Electrolyser 1
NOP 0
CALL   "Analog_Inputs_Elec1"         FC611          -- All Analog Inputs Electrolyser 1
NOP 0
CALL   "BackgroundCheck_all_E11"     FC604          -- Background Checks on all Variables Electrolyser 1
NOP 0
Réseau 3 : Do different jobs
CALL   "Different_Jobs_Elec1"         FC614          -- All sorts of different jobs to be done Electrolyser 1
NOP 0
CALL   "Availability_Meas_Elec1"      FC70           -- Availability Measurement Program Electrolyser 1
NOP 0
Réseau 4 : Do Check Start-Conditions and OK-flags
CALL   "STARTCONDITIONS_Elec1"       FC665          -- Check the Startconditions (all) Electrolyser 1
NOP 0
Réseau 5 : Main Igen-Control
CALL   "Level-Regulator_Elec1"        FC625          -- Level Regulator Electrolyser 1
NOP 0
CALL   "Pressure-Regulator_Elec1"     FC635          -- Pressure Regulator Electrolyser 1
NOP 0
CALL   "Electrolyser_Graph_Elec1" , "IDB_FB698_ElecCtr_Elec1"
FB698 / DB698  -- Electrolyser control Graphcnet Electrolyser 1 /
INIT_SQ:=:INIT_RESTART*PLC
M80.6          -- Restart PLC Marker
CALL   "Func_For_FB698_Elec1"         FC650          -- Functions used in FB-698 (S7Graph) Electrolyser
NOP 0
CALL   "IV-Curves_Matrix_E11" , "IDB_FB668_IVCurves_E11"
FB668 / DB668  -- Program for making IV-Curves for the Cellstacks
INIT_SQ:=:INIT_RESTART*PLC
M80.6          -- Restart PLC Marker
CALL   "Func_For_FB668_E11"           FC676          -- Functions used in FB-668 (S7Graph) IV-Curves El
CALL   "IV_Curves_Matrix_Elec1"      FC675          -- IV-Curves Matrix-Processing for Electrolyser 1
matrix:=:IV_Matrix_Elec1"
DB669          -- IV-Curve Matrix Datablock Electrolyser 1
NOP 0
CALL   "Calc_Prod_Elec1" , "INSTANCE DB FB649_E11"
FB649 / DB649  -- Calculations for Electrolyser 1 / Instance DB w
NOP 0
CALL   "Fill-Up-systems_Elec1"        FC620          -- Fill-Up systems collection Electrolyser 1
NOP 0
CALL   "Cooling-Regulator_Elec1"     FC655          -- Cooling Regulation Electrolyser 1
NOP 0
CALL   "Ventilation-Regul_Elec1"     FC660          -- Ventilation Regulation Electrolyser 1
NOP 0
CALL   "Calc_Prod_Elec1" , "INSTANCE DB FB649_E11"
FB649 / DB649  -- Calculations for Electrolyser 1 / Instance DB with FB649 fo
NOP 0
CALL   "Fill-Up-systems_Elec1"        FC620          -- Fill-Up systems collection Electrolyser 1
NOP 0
CALL   "Cooling-Regulator_Elec1"     FC655          -- Cooling Regulation Electrolyser 1
NOP 0
CALL   "Ventilation-Regul_Elec1"     FC660          -- Ventilation Regulation Electrolyser 1
NOP 0
CALL   "HTO-Calibr_FS_Check_E11"     FC680          -- HTO Calibration-Check anf FS-HTO-Check Electrolyser 1
NOP 0
Réseau 6 : Breaktank Control
CALL   "Breaktank_Fill_Elec1"         FC623          -- Breaktank Filling Control Electrolyser 1
NOP 0
Réseau 7 : Output-Counters / Hour-Counters
CALL   "OUTPUT_COUNTER_Elec1"        FC615          -- Output Counters all outputs Electrolyser 1
CALL   "HOUR_COUNTERS_Elec1"         FC616          -- Hour Counters all outputs Electrolyser 1
NOP 0
    
```

```

Réseau 8 : Outputs
CALL "DO_Indirect_Elecl"      FC612      -- Copy Indirect Outputs to Physical Outputs Electrolyser 1
CALL "AO_Indirect_Elecl"      FC613      -- Copy Indirect Analog Outputs to Physical Analog Outputs Electrolyser 1
NOP 0

Réseau 9 : End
BE

Total_Prod_1M_Litres:="INSTANCE DB FB649_E11".CELLSTACK2.PROD_TOTAL_1M DB649.DBD136 -- TOTAL PRODUCTION OF THE CELLSTACK IN 1
CS_Present           :="AEx_Present_LimCTRL_Elecl".ITCS2_Present DB646.DBX16.0 -- Present Current Cell Stack 2
NOP 0
CALL "Shift_Prod_Day_@_Midnight" FC43      -- Shift Production of the Day At Midnight
Prod_Info_DataBlock :="Production_Info_CS3_E11" DB622      -- Production Info for Cell-Stack 3 Elect
Total_Prod_Litres   :="INSTANCE DB FB649_E11".CELLSTACK3.PROD_TOTAL DB649.DBD232 -- TOTAL PRODUCTION OF THE CELLSTACK IN 1
Total_Prod_1M_Litres:="INSTANCE DB FB649_E11".CELLSTACK3.PROD_TOTAL_1M DB649.DBD236 -- TOTAL PRODUCTION OF THE CELLSTACK IN 1
CS_Present           :="AEx_Present_LimCTRL_Elecl".ITCS3_Present DB646.DBX21.0 -- Present Current Cell Stack 3
NOP 0
CALL "Shift_Prod_Day_@_Midnight" FC43      -- Shift Production of the Day At Midnight
Prod_Info_DataBlock :="Production_Info_CS4_E11" DB623      -- Production Info for Cell-Stack 4 Elect
Total_Prod_Litres   :="INSTANCE DB FB649_E11".CELLSTACK4.PROD_TOTAL DB649.DBD332 -- TOTAL PRODUCTION OF THE CELLSTACK IN 1
Total_Prod_1M_Litres:="INSTANCE DB FB649_E11".CELLSTACK4.PROD_TOTAL_1M DB649.DBD336 -- TOTAL PRODUCTION OF THE CELLSTACK IN 1
CS_Present           :="AEx_Present_LimCTRL_Elecl".ITCS4_Present DB646.DBX26.0 -- Present Current Cell Stack 4
NOP 0
CALL "Shift_Prod_Day_@_Midnight" FC43      -- Shift Production of the Day At Midnight
Prod_Info_DataBlock :="Production_Info_Proj_E11" DB624      -- Production Info for Complete Project 1
Total_Prod_Litres   :="Work_DB_Elecl".H2_Total_Prod_ltra_CSs DB628.DBD68  -- H2 : Total produced litres CS1 + CS2 +
Total_Prod_1M_Litres:="Work_DB_Elecl".H2_Tot_Prod_1M_ltra_CSs DB628.DBD72  -- H2 : Total produced Million-litres CS1 + CS2 +
CS_Present           :="LOG*1" M80.1      -- logical 1
NOP 0
con1: NOP 0
    
```

7.7 Bloc de contrôler la ventilation salle de processus vers l'extereur :

```

Réseau 4 : Control Ventilation Process-room to Outside
U "Present_En_Flags_Elecl".Present_Fan_Elec_Outs DB625.DBX43.4 -- Present Fan Electrolyser to Outside
CC "Cnt_Vent_Elec_Out_E11" FC662 -- Control Ventilation E11 to Outside Electrolyser 1
NOP 0
UN "Present_En_Flags_Elecl".Present_Fan_Elec_Outs DB625.DBX43.4 -- Present Fan Electrolyser to Outside
SPB res4
SPA con4
res4: NOP 0
U "LOG*1" M80.1 -- logical 1
R "Outputs_Dig_Elecl".Contctr_Fans_GGS1_Out DB602.DBX12.0 -- Contactor Fans GGS1 to Outside
con4: NOP 0

Réseau 5 : End
BE

Réseau 6 : Outputs
CALL "DO_Indirect_Basic"      FC112      -- Copy Indirect Outputs to Physical Outputs Basic
CALL "AO_Indirect_Basic"      FC113      -- Copy Indirect Analog Outputs to Physical Analog Outputs Basic
NOP 0

Réseau 7 : End
BE
    
```

8 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons participé à l'élaboration d'un programme pour le processus de fonctionnement de la station de production de l'hydrogene, ce programme repose sur l'automatisation par un logiciel STEP 7 des systemes energetiques (systemes de refroidissement, compresseur, reservoir, poste de

remplissage , pompe à vide , pompe d'azote) et des systemes electriques (MCC,electrolyseur,) au sein de la station.

Chapitre 5 :

Analyse énergétique de la station de production de l'H₂

1 Introduction

Dans le contexte du réchauffement global de la terre et du développement des énergies renouvelables intermittentes, notamment électriques, le vecteur hydrogène énergie peut être envisagé à la fois comme une ressource alternative à la batterie classique pour stocker de l'énergie et produire de l'électricité et comme un instrument de régulation entre énergies au service de la transition énergétique où cohabiteront durablement des productions centralisées d'énergie et des productions locales intermittentes décarbonées.

Vue l'important intérêt que montre l'énergie H₂, nous allons contribuer à travers ce chapitre à l'analyse ainsi que l'amélioration des performances énergétiques de la station de production d'hydrogène utilisée dans la centrale à cycle combiné de CAP DJINET.

2 Dimensionnement de capacité de la station de production et stockage de l' H₂ nécessaire pour le refroidissement des alternateurs de la centrale à cycle combiné TV -TG

➤ L'objet de ce calcul est de déterminer la capacité de production et de stockage d'hydrogène pour le refroidissement des 3 alternateurs de la centrale électrique de CAP DJINET.

2.1 Alternateur type sgen5-2000H

➤ Les alternateurs de la centrale sont fournis par le constructeur SIEMENS AG de type Sgen5-2000H, les données nominales chaque alternateur sont :

- Système électrique : Triphasé
- Fonctionnement: Continu
- Puissance apparente: [431] MVA à [34] °C
- Tension nominale entre phases: [22] KV.
- Facteur de puissance à la puissance apparente : $\cos \phi = 0.9$
- Variation de tension pour la puissance apparente : ± 7.5
- Fréquence nominale : 50 HZ
- Rapport de court-circuit: 0.5

- Classe d'isolation selon recommandations CEI :

* Stator: F

* Rotor: F

2.2 Critères de conception pour la station d'hydrogène :

➤ La capacité de l'installation de production d'hydrogène est calculée en fonction de la demand maximale entre deux conditions suivantes (donnés par le fournisseur):

1) Fonctionnement normal :

Taux de fuite d'hydrogène des alternateurs par jour.

2) Durée de mise en service :

Le volume de remplissage de Trois (3) alternateurs jusqu'à la pression requise (en tenant compte de la durée de production d'hydrogène de 30 jours). On a Huit (8) heures maximums de fonctionnement journalier de la station de production d'hydrogène

➤ La capacité calculée pour le stockage d'hydrogène sera le double des besoins en hydrogène pour l'élimination de gaz inerte du logement de l'alternateur, et pour le remplissage de l'alternateur à la pression d'exploitation et La pression de remplissage du cylindre d'hydrogène sera de 150 bar(g).

3 Calcul de la capacité de la station H₂ :

➤ Donnée d'entrée :

- Nombre de générateurs (n) = 3

- Taux de fuite d'hydrogène par générateur (contrôlé) = 18 Nm³ / jour

- Taux de fuite d'hydrogène par générateur (non contrôlé) = 12 Nm³ / jour

- Pertes totales d'hydrogène par générateur (A) = 30 Nm³ / jour

- Volume générateur (V) = 90 m³

- Pression requise d'hydrogène (P) = 5 bar (g)

3.1 Equations utilisées :

➤ Cas 1 : Fonctionnement normal : $n * A / 8$

➤ Cas 2. Durée de mise en service : $(n * B / 30) / 8$

Avec : n = nombre de générateurs

A = Pertes totales d'hydrogène par générateur

B = Nécessité d'un remplissage d'un seul générateur

- Nécessité d'un remplissage d'un seul générateur (B) = $V_1 + V_2$
- Hydrogène requis pour l'élimination du gaz inerte (V_1) = $2,5 * V$
- Hydrogène nécessaire pour remplir le générateur à la pression requise (V_2) = $P * V$

Volume de gaz stocké par bouteille : $p_1 * v_1 = p_2 * v_2$

Avec : p_1 = Pression du gaz comprimé dans la bouteille en bar

v_1 = Volume d'eau interne du cylindre en m³

p_2 = Pression atmosphérique en bar

v_2 = Volume de gaz à la pression p_2 en m³

Besoin de stockage d'hydrogène = $2x (V_1 + V_2)$

Résultats :

Hydrogène requis pour l'élimination du gaz inerte (V_1) = $2,5 * 90 \text{ m}^3 = 225 \text{ Nm}^3$

Hydrogène nécessaire pour remplir le générateur à la pression requise (V_2) = $5 \text{ bar} * 90 \text{ m}^3 = 450 \text{ Nm}^3$

Nécessité d'un remplissage d'un seul générateur (B) = $225 + 450 = 675 \text{ Nm}^3$

Capacité du générateur d'hydrogène : Cas1 = $3 * 30 / 8 = 11.25 \text{ Nm}^3 / \text{h}$

Cas 2 = $(3 * 675 / 30) / 8 = 8.43 \text{ Nm}^3 / \text{h}$

Capacité de chaque système en considérant le cas le plus défavorable

cas 1 = $11.25 \text{ Nm}^3 / \text{h}$

Capacité sélectionnée = $11,25 \text{ Nm}^3 / \text{h} \times 2 \text{ système} (2 \times 100\%)$

Tableau V.1: Capacité de la station selon les deux cas pour différents heurs de fonctionnement

Mtempsde fonctionnement de la station H ₂ (heurs/jour)	Capacité de la station selon les deux cas:	
	compensation des fuites journalières (Nm ³ / h)	RRemplissage et pressurisation pression 5 bar (Nm ³ / h)
8	11.25	8.4375
10	9	6.75
12	7.5	5.625
14	6.4	4.821
16	5.62	4.21875

18	5	3.75
24	3.75	2.8125

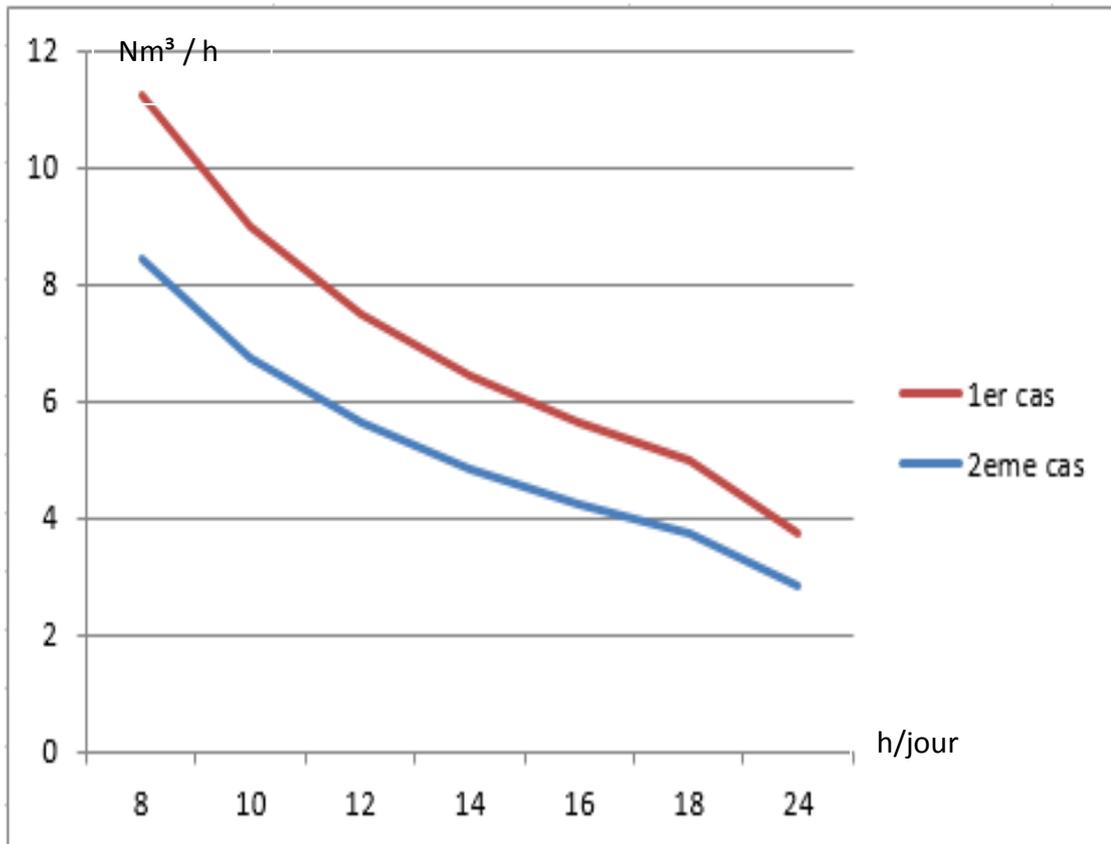


Figure V.1. courbe de capacité de la station selon les deux cas pour différents heurs de fonctionnement

On suppose qu'il existe un 3ème cas :

Cas 3 :

- C'est la somme des deux cas précédents pour couvrir les fuites journalières et être prêt en même temps pour la durée de mise en service.

Cas 3 = Fonctionnement normal + Durée de mise en service

$$\text{Cas 3} = n * A / 8 + (n * B / 30) / 8$$

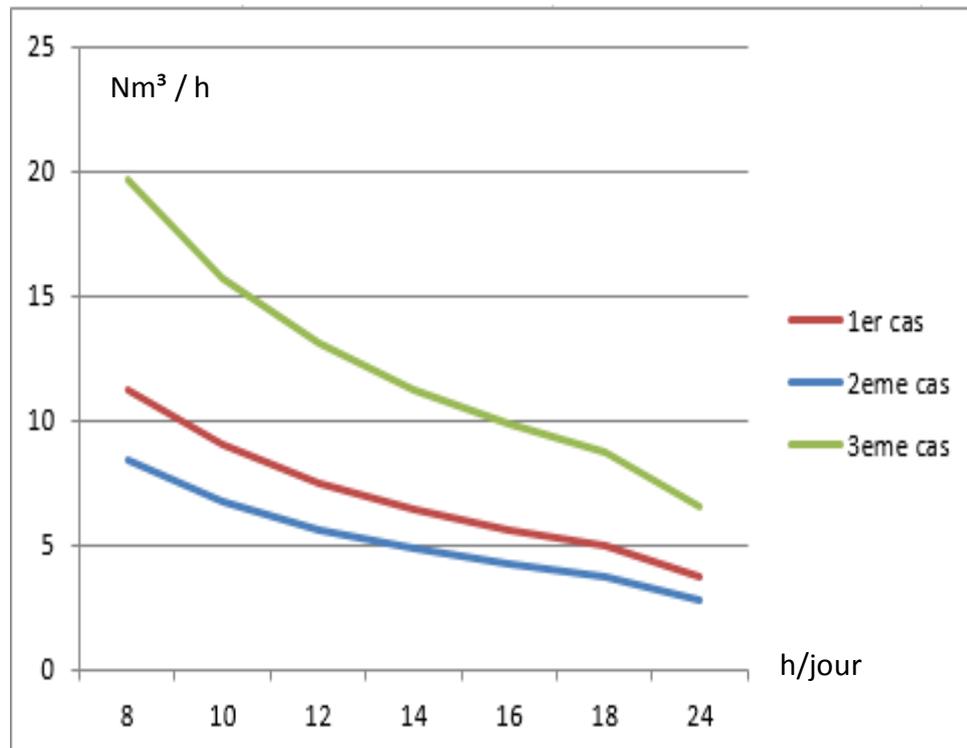
Pour un temps de fonctionnement de 8 heurs

$$\text{Cas 3} = 11.25 + 8.4375 = 19.675 \text{ Nm}^3 / \text{h}$$

- Pour 8 heures de fonctionnement le 3ème Cas est impossible car la station est d'une capacité maximum de 15 Nm³, donc on essaie d'augmenter le temps de fonctionnement :

Tableau V 2: Capacité de la station selon le 3^{ème} cas pour différents heurs de fonctionnement :

	Capacité de la station selon le 3 ^{ème} cas :
Temps de fonctionnement de la station H ₂ (heurs/jour)	Fuite + stockage pour maintenance pour les 3alternateurs (Nm ³ / h)
8	19.6875
10	15.75
12	13.125
14	11.25
16	9.84375
18	8.75
24	6.5625

**Figure V.2** courbe de capacité de la station selon les 3 cas pour différents heurs de fonctionnement

3.2 Discussion de résultats :

- On remarque que le 3^{ème} cas qu'on a supposé est plus défavorable que les autres cas. Pour 11.25 Nm³ de production dans le 3^{ème} cas, il faut qu'on augmente le temps de fonctionnement de la station jusqu'à 14 heures, c'est la même capacité qu'on est besoin dans le 1^{er} cas défavorable, donc c'est mieux d'augmenter le temps de fonctionnement à 14 heures pour couvrir les fuites journalières et être prêt en même temps pour la durée de mise en service.
 - La procèdes de production d'hydrogène par électrolyseur de l'eau produit aussi de l'oxygène, dans le cas de la centrale de CAP DJINET, l'oxygène s'échappe vers l'air libre. On propose de le traiter et le stocker dans des bouteilles (c'est très important pour le domaine médical).
- Nombre de bouteilles nécessaire pour le stockage d'hydrogène :
-
- Volume total d'hydrogène à stocker $2*(V_1 + V_2) = 2*(225+450) = 1350 \text{ Nm}^3$ Volume du cylindre exprimer en litre d'eau = 50 litres = 0.05 m³
- Pression de remplissage du cylindre = 150 bar (g)
-
- Volume de gaz stocké par bouteille $(p_1 * v_1 = p_2 * v_2) = 150*0.05 \text{ m}^3 = 7.5 \text{ m}^3$ Besoin de stockage d'hydrogène = $1350/7.5 = 180$ bouteilles

4 Calcule de débit d'eau pour le refroidissement de l'alternateur

-
- La centrale électrique de CAP DJINET est composée de 3 tranche (TG, TV, Alternateur et des autres auxiliaires), chaque tranche a un système de refroidissement en boucle fermé CCW (closed cooled water)
- Le système CCW alimente plusieurs refroidisseuses dans la tranche avec de l'eau déminéralisé tel que : refroidisseur d'huile de graissage des turbines TV et TG, refroidisseur auxiliaires de turbine à vapeur et turbine à gaz, refroidisseur d'huile de graissage de la pompe d'alimentation de la chaudière..... Ext).
- L'objet de ce calcul est de déterminer le débit d'eau déminéralisé de refroidisseur d'hydrogène pour le refroidissement de l'alternateur pour chaque tranche.

4.1 Critères de conception :

Le débit d'eau pour le refroidisseur d'hydrogène est calculé en fonction de la chaleur maximale dégagée par l'alternateur, plus une marge de 10%.

4.2 Calcul de débit d'eau :

Equations utilisées :

$$Q = \dot{m} * C_p * 10^3 * (T_s - T_e).$$

Avec : Q = Charge de chaleur en kW.

\dot{m} = Débit de l'eau de refroidissement en m³/h.

T_s = température de sortie d'eau de refroidissement en °C.

T_e = température d'admission d'eau de refroidissement en °C.

C_p = capacité thermique

massique en kJ/kg°C.

4.3 Donnée d'entrée :

Charge de chaleur pour chaque alternateur (Q) = 4251 kW

C_p d'eau déminéralisée = 4.1868 kJ/kg°C

$T_s = 36.4$ °C / $T_e = 26.72$ °C

Résultats :

Débit de l'eau requis pour alimenter le refroidisseur (\dot{m}) = $Q / C_p * 10^3 * (T_s - T_e)$

$\dot{m} = 4251 / 4.1868 * 10^3 * (36.4 - 26.72) = 0.03496$ m³/s * 3600 = 415.3 m³/h.

$\dot{m} = 415.3$ m³/h.

4.4 Discussion de résultats :

Le système de refroidissement en boucle fermé aliment plusieurs refroidisseurs pas seulement le refroidisseur d'hydrogène pour l'alternateur.

Le débit de l'eau d'alimentation de CCW c'est la somme des débits de tous les systèmes de refroidissements (Refroidisseur d'huile de graissage des turbines TV et TG, refroidisseur auxiliaires de turbine à vapeur et turbine à gaz, refroidisseur d'huile de graissage de la pompe d'alimentation de la chaudière..... Ext).

Le débit total de la pompe de CCW est de 549 m³/h (donnée sonalgaz) pour chaque tranche, en remarque que le refroidisseur d'hydrogène consomme un grand pourcentage de ce débit (415.3 m³/h) par rapport aux autres refroidisseurs.

On propose de fournir un système de refroidissement en boucle fermé séparer juste pour le refroidisseur d'hydrogène avec une pompe d'alimentation d'un débit de (415.3 m³/h) car ce système est critique due au coût très cher des alternateurs et les risque d'utilisation de l'hydrogène.

5 Conclusion:

Nous avons réussi dans ce chapitre a faire une analyse d'un secteur très important dans la centrale à cycle combiné TV-TG , dont on a aboutis des résultats très satisfaisantes concernant le dimensionnement de capacité de la station de production et stockage pour le refroidissement des 3 alternateurs de la centrale électrique de CAP DJINET. Le système de refroidissement en boucle fermé aliment plusieurs refroidisseurs pas seulementle refroidisseur d'hydrogène pour l'alternateur.

Le débit de l'eau d'alimentation de CCW c'est la somme des débits de tous les systèmes de refroidissements.

Le refroidisseur d'hydrogène consomme un grand pourcentage de ce débit (415.3 m³/h) par rapport aux autres refroidisseurs.

En perspective on propose de fournir un système de refroidissement en boucle fermé séparer juste pour le refroidisseur d'hydrogène avec une pompe d'alimentation d'un débit de (415.3 m³/h) car ce système est critique due au coût très cher des alternateurs et les risque d'utilisation de l'hydrogène.

Conclusion générale

Les applications pour l'H₂ sont multiples. En plus la production et le stockage d'énergie, il peut être utilisé dans les piles à H₂ qui alimentent les voitures, cars, bus, avions, vélos, bateaux. Peut être utilisé également en gaz pour alimenter les chaudières à H₂, dans l'alimentation et par d'autres industries telles que l'aérospatial (carburant de fusée), dépollution de sables bitumineux, le traitement de combustibles fossiles (hydrocracking) et la production d'ammoniaque (surtout pour le marché de fertilisants).

Dans le cas de notre étude nous avons on s'intéresse à l'étude de la processus de production et l'utilisation de l'H₂ dans une centrale thermique à cycle combiné . Une présentation détaillée de la centrale à cycle combiné de Ras-Djinet et ses différents équipements en expliquant son principe de fonctionnement permet une bonne compréhension des phénomènes qui passent lors de la production de l'électricité.

Une description détaillée du processus de la production de l'hydrogène ainsi la méthode de stockage a été présenté montre la complexité de fonctionnement de ce système dans la station qui repose sur les aspects théoriques de l'électrolyse de l'eau et tout en utilisant les caractéristiques physicochimiques ainsi que hydrauliques. cette complexité dérive de la complexité de la conception des appareils industriels utilisés.

Une étude technique de la station de production de l'hydrogène est indispensable pour résoudre le problématique de notre étude est bien détailler dans ce chapitre qui décrit cette station, son principe de fonctionnement ainsi que les différentes composantes constitutives qui s'articule sur trois essentielles parties : électrique, mécanique et énergétique.

Nous avons participé à l'élaboration d'un programme pour le processus de fonctionnement de la station de production de l'hydrogène, ce programme repose sur l'automatisation par un logiciel STEP 7 des systèmes énergétiques (systèmes de refroidissement, compresseur, réservoir, poste de remplissage , pompe à vide , pompe d'azote) et des systèmes électriques (MCC, électrolyseur ,) au sein de la station.

Nous avons de même contribuer à faire une analyse énergétiques de la station de production de l'H₂ , cette analyse a permi:

L'hydrogène est utilisé pour le refroidissement des l'alternateurs vus de ses propriétés physiques meilleur que l'air, à savoir :

- Sa densité est quatorze fois inférieure à l'air ($1,292 \text{ kg/m}^3$ pour l'air et 0.08988 kg/m^3 pour l'hydrogène à 0°C) .
- Sa conductivité thermique est sept fois plus grande (0.026 w/mK pour air et 0.182 W/mK pour l'hydrogène à 27°C).
- Son coefficient de convection est une fois et demi plus grand que l'air.
- Les éventuelles fuites s'échappe à l'air libre.

L'hydrogène pur ne brule pas Le risque de créer un mélange détonant est éliminé en maintenant un taux de pureté > a 98%.

- Le silence de fonctionnement est notablement amélioré.
- Les pertes par frottement sont nettement inférieures à celles de l'air

En perspectives , on propose l'utilisation de l' H_2 pour alimenter les chaudières avec l' H_2 , ce qui permet d'augmenter la production de l'énergie électrique avec zéro rejet de gaz nuisibles pour l'environnement

Références bibliographiques

- [1] : [fils.mc:/user/MES/downloadés/fonctionnement d'une central électrique.htm](http://fils.mc:/user/MES/downloadés/fonctionnement_d'une_central_electrique.htm).
- [2] : documentation de la nouvelle centrale ras-djinet.
- [3] :thèse amélioration du refoidissement par film par modification de la géométrie de l'aube de turbine a gaz-Hemmami Zineb.
- [4] :Thèse fin d'étude magister M. M'chid Hedjala Ahmed.
- [5] :Technique de l'ingénieur (documents Sonalgaz).
- [6] : BRENNER. – Electrodeposition of alloys. Principles and practice. Academic Press Inc. (1963)- NORSK-HYDRO. – Procédé de préparation de cathodes actives pour des appareils électrochimiques. Brevet français, no 2381836, 22 sept. 1978-BADGER (E.H.M.), GRIFFITH (R.H.) et NEWLING (W.B.S.). – The catalytic decomposition of simple heterocyclic compounds. Proc. Roy. Soc., 197, p. 184-191 (1949)-MOROZOV (V.N.) et ALESKOVSKII (V.B.). –Soviet Electrochem., 7, 9, p. 1220-1222 (1971)-FEDOTEV (N.P.), BEREZINA (N.V.) et KRUGLOVA (E.G.). – Zh. Prikl. Khim., 21, p. 317-328 (1948).
- [7] :SASAKI (K.) et SUGYANO (K.). – Kogyo Kagaku Zasshi, p. 387-392, juin 1952-FEDOTEV (N.P.), VYACHESLAVOV (P.M.) et GNUSIN (N.P.). – Zh. Prikl. Khim, 25, p. 322- 324 (1952).
- [8] : APPLEBY (A.J.) et CREPY (G.). – Improvements in electrolysis technology in alkaline solution. Second World Hydrogen Energy Conference. Zürich, vol. 1, p. 227-240, 21-24 août 1978-GALA (J.), MALACHOWSKI (A.) et NAWRAT (G.). – Electrolytic-molybdenum-vanadium alloy coatings as a material with a decreased hydrogen overvoltage. J. of Applied Electrochem, vol. 14, p. 221-230 (1984).
- [9] : NORSK-HYDRO. – Procédé pour préparer des anodes actives pour l'électrochimie, en particulier pour produire de l'hydrogène. Brevet français, no 2385817, 27 oct. 1978.
- [10] : NORSK-HYDRO. – Procédé pour préparer des anodes actives pour l'électrochimie, en particulier pour produire de l'hydrogène. Brevet français, no 2385817, 27 oct. 1978-PRIGENT (M.), MAS (L.J.) et VERILLON (F.). – Electrochemical Society Meeting, Seattle, 5 mai 1978-HALL (D.). – Electrodes for alkaline water electrolysis. J. Electrochem. Soc., vol. 128, no 4, p. 740-746, avril 1981.

[11] : CHAPMAN (E.A.). – Chem. Process Eng., vol. 46, no 8, p. 387-393 (1965) (o)- COSTA (R.L.) et GRIMES (P.G.). – Chem. Eng. Progr. Symp. Ser., 63, p. 45-58 (1967)- MROCHEK (J.E.) et KIBBEY (A.H.). – ORNL-TM 1716 Oak Ridge National Laboratory Te USA, 7 déc. 1966-SINGH (J.) et NAYAR (M.G.). – Chem. Ind. Develop., vol. 6, no 2, p. 31-40 (1972) (+)-CRANDALL (W.B.) et HARADA (Y.). – US Nat. Tech. Inform., Serv. A.D. Rep., no 761512 (1973) FEDOTEV(N.V), VYACHESLAVOV (P.M.) ET GNUSIN – Zh. Prikl. Khim, 25, p. 322- 324 (1952).

[12] :GRAS (J.M.) et LE COZ (J.J.). – Asbestos corrosion study in hot caustic potash solution. Silicate ions influence on electrode overvoltages (Étude de la corrosion de l'amiante dans une solution de potasse caustique. Influence des ions silicates sur les surtensions d'électrode). Second World Hydrogen Energy Conference Zurich, 21-24 août 1978.

[13] :NUTTAL (L.J.) et TITTERINGTON (W.A.). – General Electric's solid polymer electrolyte water electrolyses (L'électrolyse de l'eau sur électrolyte de polymère solide de General Electric). Conf. SEE, RGE tome 85, no 6, p. 542- 550, juin 1976.

[14] :BLUM (P.), DEPORTES (C.) et SCHOULER (E.). – Production d'hydrogène par réduction électrochimique de la vapeur d'eau à haute température. RGE tome 85, no 7/8, juil.-août 1976.

[15] :Document de société (SONALGAZ) RDDP-V-00MKG-1-92-001-09/10/2017.

[16] :Document de l'ingénieur .

[17] : :Document de l'ingénieur.

[18] : Document de société (SONALGAZ) RDDP-V-00MKG-1-92-001-09/10/2017.

[19] : Technique de l'ingénieur (documents Sonalgaz).

[20] : Document de société (SONALGAZ) RDDP-V-00MKG-1-92-001-09/10/2017.

[21] : :Document de l'ingénieur.

[22] :Ducument de société INDETH-GENERATEUR.

[23] ::TECHNICAL CUSTOMER DOCUMENTATION-VOLUME MK ALTERNATEUR-VOLUME MK.TP4 IDENT.

[24] : Document de société INDETH-GENERATEUR.

[25] : Document de société (SONALGAZ) RDDP-V-00MKG-1-92-001-09/10/2017.

[26] : Document de société (SONALGAZ) RDDP-V-00MKG-1-92-001-09/10/2017.