GÉNÉRATEUR PÉDAGOGIQUE
GD1V0

MANUEL DE L'UTILISATEUR

MUGD1V0.1

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

AVERTISSEMENT:
DANGER D'INCENDIE OU D'EXPLOSION
Le non-respect de ces avertissements relatifs à la sécurité peut entraîner des blessures graves, la mort ou l'endommagement des biens.

- Ne pas stocker ou utiliser d'essence ou d'autres liquides et vapeurs inflammables dans le voisinage immédiat de cet appareil ou de tout autre appareil.

- L'installation et l'entretien doivent être réalisés par un installateur qualifié, une agence d'entretien ou un fournisseur de gaz.

IEC 435/07

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

SOMMAIRE

1 RÉVISIONS DU DOCUMENT 5
2 ACRONYMES 5
3 CONFIDENTIALITÉ 5
4 NORMES ET CERTIFICATION 5
5 CLAUSE DE NON-RESPONSABILITÉ 6
6 INTRODUCTION 7
6.1 DESCRIPTION GÉNÉRALE D'UNE PILE À HYDROGÈNE 9
6.2 FONCTIONNEMENT GÉNÉRAL D'UNE PILE À HYDROGÈNE 9
6.3 APPROVISIONNEMENT EN HYDROGÈNE 11
6.4 APPROVISIONNEMENT EN AIR 11
6.5 SYSTÈME DE RÉFRIGÉRATION 12
6.6 SYSTÈME DE CONTRÔLE ÉLECTRONIQUE 12
6.7 SYSTÈME DE SÉCURITÉ 12
6.8 MODE D'OPÉRATION 13
6.9 ACTIVATION RÉGULIÈRE 13
7 SPÉCIFICATIONS 14
7.1 SPÉCIFICATIONS DU GÉNÉRATEUR 14
7.2 SPÉCIFICATIONS DES INTERFACES 15
8 SÉCURITÉ 16
8.1 INFORMATION GÉNÉRALE 16
8.2 PRÉCAUTIONS DANS L'USAGE DE L'HYDROGÈNE 16
8.3 DÉPLACEMENT DE L'OXYGÈNE 17
8.4 HAUTES TEMPÉRATURES 17
8.5 PRESSIONS DE TRAVAIL 18
8.6 PARTIES EN MOUVEMENT 18
8.7 SÉCURITÉ ÉLECTRIQUE 18
8.8 STRATÉGIE GÉNÉRALE DE SÉCURITÉ SELON NORME 62282-2 EN 19
9 INSTALLATION 20
9.1 KIT D'INSTALLATION NÉCESSAIRE 20
9.2 RÉALISATION DE L'INSTALLATION 20
9.3 MODE DE FONCTIONNEMENT 22
9.4 INSTALLATION DU LOGICIEL FCegasa02 24
9.5 FONCTIONNEMENT DU LOGICIEL FCegasa02 24
10 CONNEXIONS MÉCANIQUES 26

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

10.1 PLAN EN 3D 26
10.2 PLANS EN 2D 27
10.3 CONNEXION HYDROGÈNE 29
10.4 CONNEXION D'AIR 30
10.5 RÉFRIGÉRATION DE LA PILE À COMBUSTIBLE 30
10.6 CONDUITE D'EAU 31
10.7 POLLUANTS 31
11 CONNEXIONS ÉLECTRIQUES 32
12 DONNÉES DE CARACTÉRISATION 34
12.1 COURBE DE POLARISATION 34
12.2 CONSOMMATION D'HYDROGÈNE 35
12.3 PRODUCTION D'EAU 35
12.4 ÉMISSIONS DE BRUIT 36
12.5 PRODUCTION DE CHALEUR 37
12.6 PUISSANCE BRUTE VS. PUISSANCE NETTE 38
12.7 PUISSANCE NETTE PENDANT 17 HEURES 39
13 CONCEPTION, ESSAIS ET CERTIFICATION DU GÉNÉRATEUR 40
14 MAINTENANCE 42
14.1 CONDITIONS DANS L'INTÉGRATION 42
14.2 MAINTENANCE RÉGULIÈRE 42
14.3 RECHANGES RECOMMANDÉS 43
15 LISTE DES ALARMES ET QUESTIONS FRÉQUENTES 44
15.1 LISTE DES AVERTISSEMENTS SUR LE DISPLAY 44
15.2 QUESTIONS FRÉQUENTES 47

16 ANNEXES 49

16.1 ANNEXE I : ESSAIS UNE-EN 62282-2 49

16.2 ANNEXE II : INFORMATION À FOURNIR À L'INTÉGRATEUR SELON UNE-EN 62282-2 53

16.3 ANNEXE III : UNE-EN-60079-10, Classement des emplacements dangereux ET UNE 2002007 IN 55

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

1 RÉVISIONS DU DOCUMENT

Version du document	Date / Responsable	Modification réalisée
V.0	30-09-2010 / Ion Pinedo	Mise en place du manuel de l'utilisateur
V.1	14-10-2010 / Iban	Modifications client

2 ACRONYMES

- MEA : **M**embrane **E**lectrode **A**ssembly
- LFP : **L**imit **F**lammability **P**oint

3 CONFIDENTIALITÉ

Toute l'information facilitée par Cegasa en vertu du présent Manuel de l'Utilisateur MUGD1V0.1 et les données ou aspects pouvant être connus d'après ce dernier seront absolument confidentiels et ne pourront être facilités à autrui ou utilisés pour une fin différente de celle prévue, sans l'autorisation expresse et préalable formulée par écrit par Cegasa.

4 NORMES ET CERTIFICATION

Les normes et directives les plus importantes analysées et appliquées au générateur GD1V0 sont :

- **EN 62282-2** (Modules de Pile à Combustible).
- **60079-10** Matériel électrique pour atmosphères explosives ; Partie 10 Classement des emplacements dangereux.
- **202007 IN** Guide d'application de la Norme UNE-EN 60079-10.
- Basse Tension, **73/23/CEE.**
- Équipements à pression, **97/23/CE.**
- Appareils et systèmes de protection pour un usage dans des Atmosphères Explosives (ATEX), **94/9/CE.**

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

5 CLAUSE DE NON-RESPONSABILITÉ

Ce manuel inclut des recommandations, mais son objectif n'est pas de couvrir toutes les situations.

Le client est responsable de respecter toutes les normes locales de sécurité et de garantir cette dernière pendant l'opération, la maintenance et le stockage des générateurs.

Malgré la volonté d'assurer l'exactitude de l'information contenue dans ce document, CEGASA se réserve le droit de changer l'information à tout moment et n'assume aucune responsabilité en ce qui concerne son exactitude.

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

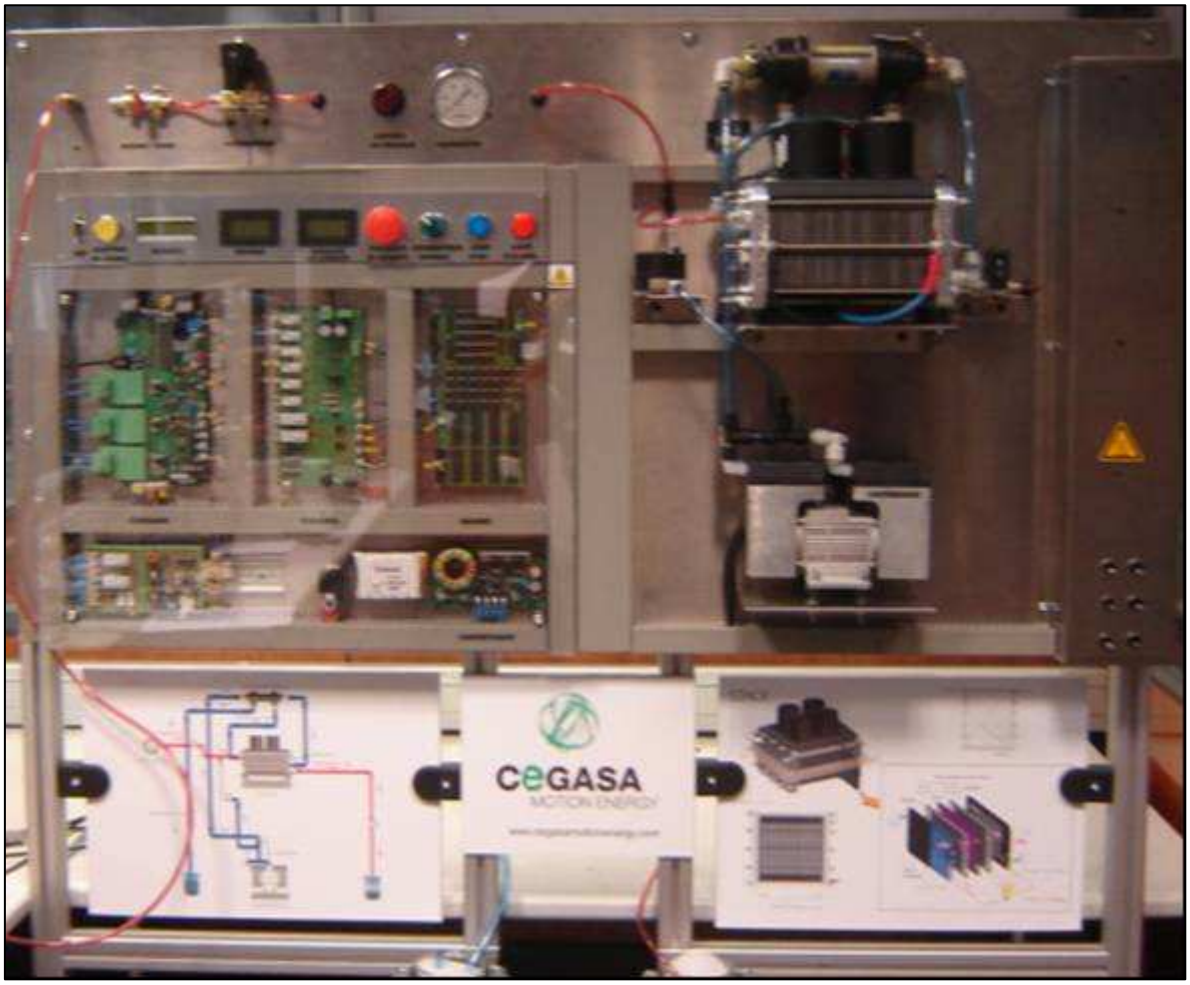
6 INTRODUCTION

Le générateur GD1V0 est un générateur d'hydrogène pédagogique de 500 W orienté au secteur de l'enseignement dans les lycées techniques et les centres de formation professionnelle. Étant donné le caractère éducatif du produit, tous les composants le conformant devront être visibles, avec une identification claire et remplir toutes les normes de sécurité pertinentes.

Ce produit peut fournir jusqu'à 500 W de puissance. Pour pouvoir contrôler la consommation électrique et pouvoir créer différentes situations pour réaliser des essais, une série de charges électriques sont incluses (lampes à miroir dichroïque). Le combustible utilisé dans le générateur est l'hydrogène et il est fournit à travers des balles o tout autre équipement de production d'hydrogène. Contrairement aux autres systèmes énergétiques, l'énergie que fournit le générateur varie en fonction de la quantité d'hydrogène dont dispose le système et ne dépend pas du générateur lui-même. Son fonctionnement est par conséquent limité par la quantité d'hydrogène stocké dans la balle ou dans l'ensemble des balles.

Ce manuel présente les spécifications, les caractéristiques de fonctionnement et les conditions de connexion pour l'installation et l'opération. Il inclut également toute l'information nécessaire sur la sécurité et la maintenance. Lisez-le attentivement avant de manipuler ce générateur et adressez-vous à notre département technique en cas de doute.

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.



COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

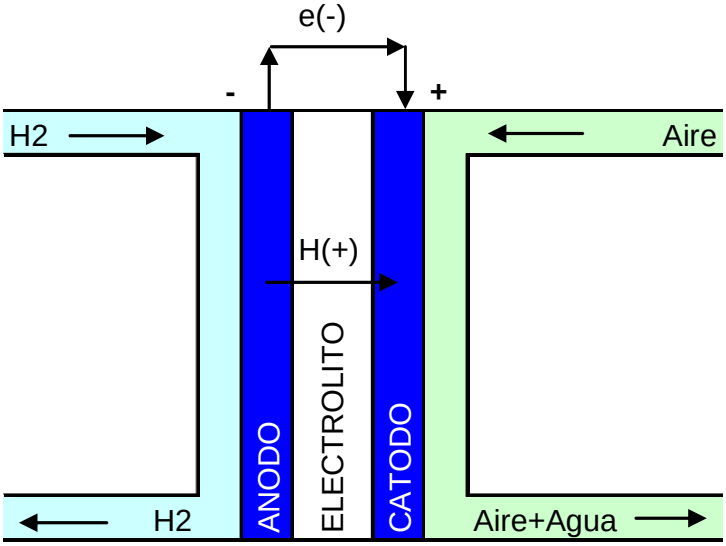
6.1 DESCRIPTION GÉNÉRALE D'UNE PILE À HYDROGÈNE

Une pile à hydrogène, également dénommée pile ou cellule de combustible, est un système électrochimique dans lequel l'énergie chimique des réactifs ou des combustibles est transformée en énergie électrique. Il s'agit d'un système semblable à celui des batteries.

Mais, contrairement à ces dernières, dans les piles à combustible, les réactifs ou combustibles s'alimentent depuis l'extérieur. De cette façon, leur capacité n'est pas définie par la pile en soit, mais par la capacité d'approvisionnement en combustible.

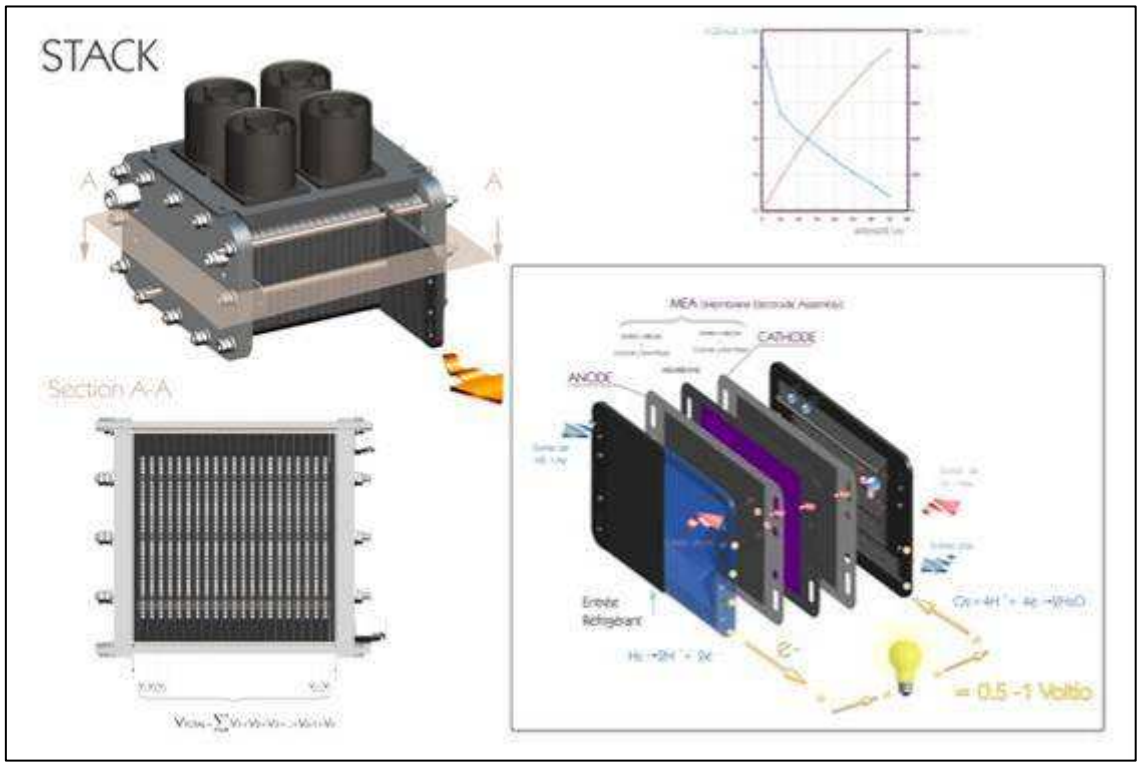
6.2 FONCTIONNEMENT GÉNÉRAL D'UNE PILE À HYDROGÈNE

Cette pile alimentée avec de l'hydrogène est composée de cellules PEM, formées de cinq parties essentielles. L'anode (couche diffuseuse, couche active), la cathode (couche diffuseuse, couche active) et la membrane de Nafion ou électrolyte qui sépare l'anode de la cathode, comme illustrent les figures ci-dessous.



$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.



La membrane consiste en une membrane polymérique située entre l'anode et la cathode. À travers cette membrane, nous introduisons dans l'anode l'hydrogène qui se dissocie en protons et en électrons, qui passent de l'anode à la cathode avec l'eau produite, produisant de cette façon l'énergie. La principale propriété de ce matériel est que lorsqu'il est correctement hydraté, il permet le libre mouvement des protons au sein de sa structure, tout en étant imperméable à l'hydrogène et à l'oxygène. La conductivité protonique du Nafion est très élevée et dépend de l'épaisseur.

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

6.3 APPROVISIONNEMENT EN HYDROGÈNE

Le générateur fonctionne avec de l'hydrogène présentant une pureté de 99.9996%. Le système d'approvisionnement en hydrogène doit être muni d'un régulateur avant son introduction dans le générateur.

À l'entrée du panneau, avant le régulateur interne de pression, il est nécessaire de régler la pression de l'hydrogène entre 2 et 2.5 bar. Il sera ensuite possible de tarer le régulateur du panneau à 0.5 bar

Sous un fonctionnement normal, l'hydrogène présente une basse pression (≅ 0.5 bar) et il est régulièrement renouvelé à travers la réalisation de purges dans le circuit de l'hydrogène.

Le régulateur de pression sur le panneau frontal ne doit jamais dépasser les 0.6 bar de sortie. Sous un régime de fonctionnement normal, la pression sera comprise dans un rang d'entre 0.4 et 0.6 bar. Au-dessus des 0.6 bar, il pourrait exister un danger de perforation des MEA. En dessous des 0.4 bar, il n'y aurait pas assez de débit d'hydrogène pour des demandes de puissance élevées.

Comme mesure supplémentaire de sécurité, un détecteur d'hydrogène est envisagé sur la partie supérieure de l'équipement, pour qu'en cas d'une concentration déterminée d'hydrogène (Concentration H_2 >1%), une alarme soit déclenchée et le générateur s'arrête, dans le but de ne jamais atteindre une atmosphère explosive.

6.4 APPROVISIONNEMENT EN AIR

Un compresseur fournit un excès d'oxydant à la pile à combustible pour maintenir la relation stœchiométrique entre le O2 et le H2 de la réaction électrochimique. Un filtre a été placé pour empêcher l'entrée de particules dégradantes dans la pile. Le compresseur s'ajuste automatiquement à la demande de puissance de sortie du générateur, fournissant davantage de débit d'air au stack.

L'air est humidifié dans l'humidificateur avant d'atteindre les membranes pour les maintenir saturées d'eau et éviter leur détérioration et allonger ainsi la vie du générateur. L'humidificateur est un équipement basé sur des tuyaux en Nafion dans lequel l'air chaud et humide de sortie de la pile à combustible est employé pour humidifier l'entrée d'air dans la pile. La vitesse du compresseur dépendra de la consommation dans le générateur. Tout excès d'eau est éliminé à travers le même air dans un récipient en dehors du générateur.

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

6.5 SYSTÈME DE RÉFRIGÉRATION

Le générateur est réfrigéré avec de l'air. Des ventilateurs placés sur la partie supérieure de la pile à combustible aspirent l'air du générateur en le passant par la pile : celle-ci se réfrigère et l'air sort en dehors du générateur. La vitesse des ventilateurs se règle automatiquement en fonction de la température atteinte par le système.

6.6 SYSTÈME DE CONTRÔLE ÉLECTRONIQUE

Le générateur est muni d'un système de contrôle électronique qui reçoit les signaux de plusieurs capteurs qui se trouvent dans le générateur et même dans la pile à combustible. Ces signaux numériques et analogiques de contrôle sont émis pour ajuster la vitesse du compresseur et des ventilateurs, ainsi que les électrovalves chargées de réaliser les purges et le démarrage-arrêt du système. Le débit d'air est réglé en fonction de la demande existante à chaque moment. La vitesse des ventilateurs de réfrigération s'ajuste également en fonction de la température de la pile à combustible.

6.7 SYSTÈME DE SÉCURITÉ

Le générateur est muni de sécurités automatiques pour fournir une sécurité aux ouvriers et éviter des dommages sur l'équipement. Une alarme se déclenche avant un éventuel danger. L'équipement s'éteint avec un protocole défini en fonction du niveau d'alarme. Le générateur dispose de :

- Contrôle unitaire de chaque cellule.
  Pour vérifier que chaque cellule se trouve dans les limites désirées. Si l'une d'entre elles souffre une défaillance, le générateur s'arrête et indique le type de problème sur l'écran.

- Détecteur de H2.
  Pour vérifier que la concentration de H2 est inférieure aux limites d'inflammabilité (LFP). Dans le cas contraire, le contrôle agit sur l'électrovalve de l'entrée en coupant l'accès de l'hydrogène dans le système.

- Champignon d'arrêt d'urgence.
  S'il est actionné par l'usager, il coupe le courant et l'électrovalve d'entrée d'hydrogène se ferme.

- L'électrovalve d'entrée se ferme chaque fois que l'équipement est en arrêt pour empêcher l'entrée d'hydrogène.

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

6.8 MODE D'OPÉRATION

Le générateur se met en marche avec une batterie de 13.2V ne Ni-Mh dont il est muni pour les démarrages et qui se charge automatiquement lorsque l'équipement fonctionne.

La mise en marche de l'équipement se réalise tout d'abord en ouvrant l'entrée d'hydrogène, puis en activant le sélecteur vert (contact de la batterie pour le démarrage) et ensuite, en appuyant sur le bouton bleu. Ils sont tous placés sur la partie frontale (voir photo ci-dessous). Une fois que la batterie est connectée et que l'ordre de marche a été reçu, l'équipement effectue le processus de mise en marche, basé sur le démarrage du compresseur pour fournir de l'oxygène à la pile à combustible et sur une séquence de purges pour l'entrée de H_2 dans la pile. Une fois qu'il a été vérifié que la tension de toutes les MEA est correcte, l'équipement passe à être alimenté par la pile à combustible elle-même. D'autre part, la batterie de démarrage est chargée afin de la laisser prête pour le démarrage suivant. Le processus de démarrage met normalement 15 secondes et pas plus d'une minute.

L'arrêt de l'équipement se réalise en appuyant sur le même bouton bleu employé pour le démarrage. L'arrêt consiste en un processus dont l'objectif est de laisser la pile à combustible dans les meilleures conditions pour éviter sa dégradation.

Si l'équipement va être en arrêt, il est conseillé de déconnecter la batterie pour éviter que celle-ci se décharge, en tournant le sélecteur vert de position. Avant de réaliser cette action, il convient de s'assurer que l'écran d'état affiche le message REPOS.

6.9 ACTIVATION RÉGULIÈRE

Cet équipement nécessite une activation régulière pour fournir un rendement maximal et compenser les pertes de rendement en raison de son manque d'utilisation.

L'équipement devra être mis en marche tous les 2,5 mois à une puissance moyenne pendant 30 minutes. Pendant les 10 dernières minutes, la puissance ne devra pas être inférieure à 150W.

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

7 SPÉCIFICATIONS

Les spécifications indiquées sur ce manuel ne remplacent pas les éventuelles spécifications rédigées dans le contrat de vente de l'équipement. Quant à la garantie de l'équipement, elle sera définie sur le même contrat.

Les spécifications exposées ci-dessous ont été établies sous les conditions suivantes : altitude de 500m, température ambiante de 25ºC, protection face aux rigueurs climatiques (eau, ambiance marine, congélation, poussière, sable ou toute autre particule).

7.1 SPÉCIFICATIONS DU GÉNÉRATEUR

Dénomination / description	Quantité
Puissance maximale de sortie	550 W
Tension de sortie à la puissance maximale	14.9 V
Temps nécessaire pour fournir la puissance nominale depuis le démarrage	1 minute
Intensité maximale de sortie	43.3 A
Bruit	71 dB
Poids	55 Kg.
Dimensions du panneau	1304 x 700 x 400 mm.
Dimensions de la structure	1304x 1833.5 x 934 mm.
Nombre minimal d'heures de travail de la pile à combustible	2000 heures
Nombre minimal de démarrages et d'arrêts de la pile à combustible	500 fois
Rang d'altitude de travail	De 0 à 2000 m
Température de travail	De 3ºC à 45ºC
Temps maximal de stockage sans fonctionner	Recommandation : 2.5 mois, avec batterie de démarrage.
Humidité relative pendant le stockage	5-95%
Rang de température de stockage	0ºC a 60ºC

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

7.2 SPÉCIFICATIONS DES INTERFACES

Dénomination / description	Quantité / Localisation
Entrée hydrogène (99.9996%)	Diamètre : 6 mm SMC KK3S
Pression entrée hydrogène	0.5 bar
Débit entrée hydrogène	10 l/minute
Sortie hydrogène	Diamètre : 6mm, LEGRIS 6
Pression sortie hydrogène	0.5 bar
Entrée air de réfrigération	Ventilation forcée, 4 ventilateurs de réfrigération (3000 l/minute).
Pression d'entrée de l'air cathode (max)	0.5 bar
Débit d'entrée de l'air	43 l/minute
Sortie de l'air	Diamètre : 10 mm LEGRIS 10
Débit de sortie de l'air	43 l/minute
Pression de sortie de l'air	0.5 bar max.
Sortie air de réfrigération	3.000 lpm, Temp. max: 65 ºC
Sortie puissance maximale	40.8 Amp, 14.2 V
DBP 9 mâle	Communications RS232
Connexions pour communications	RS232

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

8 SÉCURITÉ

8.1 INFORMATION GÉNÉRALE

Ce générateur utilise de l'Hydrogène pour son fonctionnement. Il est nécessaire de respecter la législation en vigueur pour l'installation et la distribution de ce dernier.

Le générateur est conçu pour arrêter son fonctionnement si les conditions ne sont pas correctes : défaut dans l'approvisionnement d'Hydrogène, fuite d'Hydrogène, haute température de la pile à combustible, courants élevés, faible voltage dans une cellule, …

Ne connectez ou ne déconnectez jamais l'équipement avec le générateur en marche et ne l'ouvrez pas vous-même.

8.2 PRÉCAUTIONS DANS L'USAGE DE L'HYDROGÈNE

L'hydrogène est un gaz inflammable, incolore et inodore. Il est inflammable dans des concentrations de 4 à 75% dans l'air et il est explosif dans des concentrations de 15 à 59%. Son énergie d'ignition est faible. La température d'ignition spontanée de l'hydrogène est de 500℃. Si le feu est important, ne pas l'éteindre car il existe une possibilité de ré-ignition explosive. En cas de fuite, coupez l'approvisionnement en hydrogène et refroidissez la zone avec de l'eau.

Éviter la surexposition à l'hydrogène : il n'est pas toxique, mais peut provoquer des asphyxies avec le déplacement de l'oxygène. Des expositions modérées peuvent produire des maux de tête, somnolence, nausées, excitation, salivation excessive, vomissements et inconscience.

Le générateur GD1V0 dispose d'un capteur pour mesurer les concentrations en hydrogène à l'intérieur. Comme mesure de prévention, le générateur GD1V0 doit être utilisé dans un lieu bien aéré pour éviter l'accumulation d'hydrogène (voir annexe III).

Avec le générateur GD1V0, tenir compte de :

- Il n'est pas possible de le mettre en marche s'il existe une alarme en raison d'une forte concentration d'hydrogène.
- Dégager les zones d'aération et placer le générateur à un emplacement avec une bonne ventilation, accessible.

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

- Disposer des moyens de sécurité nécessaires dans la zone où va être placé le générateur : aération, capteurs d'hydrogène, électrovalves de coupure de l'approvisionnement en hydrogène, etc.
- Travailler dans les limites de température spécifiées.
- Introduire l'hydrogène à la pression spécifiée (max. 0.5 bar).
- Ne jamais transporter l'équipement avec les connexions d'hydrogène branchées.
- Ne pas manipuler les connexions d'Hydrogène.
- Éviter les éléments tranchants autour du circuit d'hydrogène qui puissent représenter un danger de cassure ou de fuite.
- Toutes les sources d'ignition, y compris la cigarette, ne sont pas permises près du générateur.

8.3 DÉPLACEMENT DE L'OXYGÈNE

La présence d'oxygène dans l'ambiance peut atteindre 21%. En cas de déplacement par hydrogène, les niveaux d'oxygène peuvent baisser : s'ils se situent en dessous de 19.5%, cela peut causer une asphyxie.

Les effets du manque d'oxygène peuvent être : difficulté pour respirer, diminution de l'acuité mentale, problèmes de coordination musculaire, jugement défaillant, dépression de toutes les sensations, instabilité émotionnelle et fatigue. Plus l'asphyxie avance, plus la présence de nausées, vomissements et perte de conscience est fréquente, pouvant même dériver en convulsions, en un coma ou la mort. Si les concentrations descendent en dessous de 12%, une perte de conscience peut survenir immédiatement, sans symptômes préalables.

8.4 HAUTES TEMPÉRATURES

En fonction des conditions du régime d'utilisation du stack, la température de l'air de réfrigération pourrait atteindre les 55ºC, c'est pourquoi le contact avec ce dernier peut éventuellement causer des brûlures.

Éviter le contact direct avec la sortie de l'air de réfrigération et ne jamais ouvrir le générateur.

La zone des lampes dichroïques peut atteindre les 95º, c'est pourquoi il est conseillé d'éviter le contact direct avec elles.

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

8.5 PRESSIONS DE TRAVAIL

Les conduites de gaz et d'hydrogène du générateur GD1V0 sont réglées à basse pression. Les pressions maximales de travail sont de 0,5 bar.

Ne desserrez pas les accessoires pendant que l'appareil est sous basse pression. Si vous le faites, cela pourrait produire des fuites de gaz.

8.6 PARTIES EN MOUVEMENT

Le générateur GD1V0 possède des parties en mouvement dans les ventilateurs du système de réfrigération. Ces parties en mouvement ne sont pas accessibles pour l'usager, car elles se trouvent dans les grilles de protection des ventilateurs.

8.7 SÉCURITÉ ÉLECTRIQUE

- Ne retirez jamais les grilles de protection transparentes.
- Ne touchez pas la pile à combustible.
- N'utilisez jamais de câbles endommagés.
- Minimisez la conductivité, en évitant les surfaces en contact avec l'eau. Les mains et les vêtements doivent être secs.
- N'utilisez et ne maintenez pas le module de puissance dans une atmosphère mouillée ou humide.
- Connectez la connexion à terre.

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

8.8 STRATÉGIE GÉNÉRALE DE SÉCURITÉ SELON NORME 62282-2 EN

La stratégie générale du générateur a été établie conformément aux points ci-dessous :

- Les dangers existants à l'extérieur du module de la pile à combustible ont été éliminés, voir ANNEXE III. Selon les calculs, il est déterminé qu'il s'agit d'une Zone d'Extension Négligeable "Non Dangereuse", selon les suppositions et les recommandations effectuées.

- Les tensions de chacune des cellules est contrôlée activement, ainsi que celles de la totale, mais aussi les températures dans les différentes zones du stack et des plaques électroniques.

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

9 INSTALLATION

Au moment de réaliser l'installation du Générateur GD1V0, il faut s'assurer que son emplacement présente une très bonne disponibilité de ventilation (extracteur de gaz), voir annexe I (5.11 Essai de concentration d'inflammable) et les calculs et recommandations de l'annexe II.

9.1 KIT D'INSTALLATION NÉCESSAIRE

Pour installer le générateur, il est nécessaire de disposer des composants ci-dessous :

- Hydrogène (99.9996%). Tuyau de 6 mm de diamètre jusqu'à l'entrée au générateur.
- CD avec Logiciel FCegasa02, nécessaire pour la visualisation des données.
- CD avec Manuel de l'Utilisateur
- Câble de connexion RS232, nécessaire pour la visualisation des données.

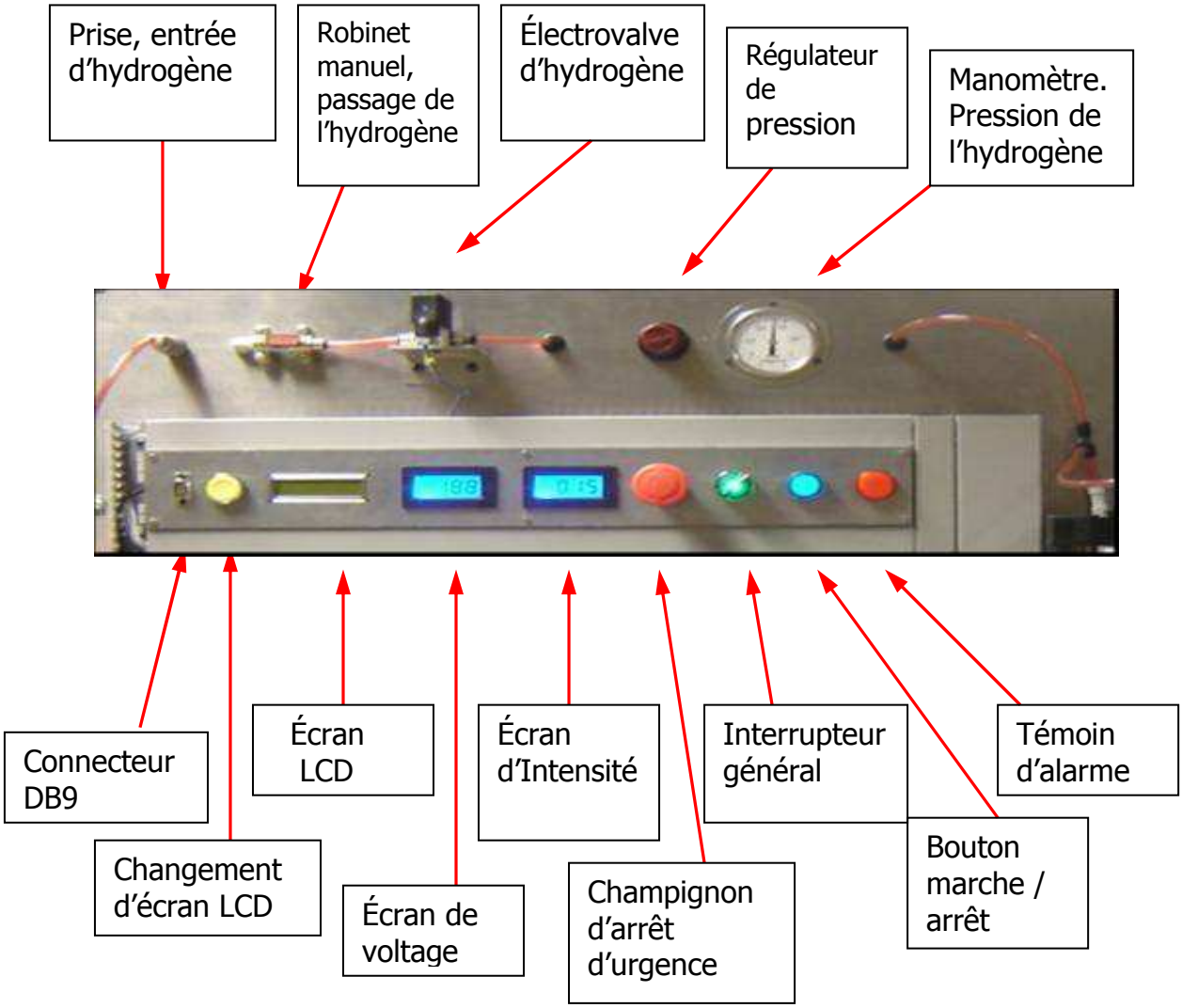
9.2 RÉALISATION DE L'INSTALLATION

L'installation se réalisera en suivant les pas ci-dessous (voir photo ci-jointe) :

- Placer l'équipement sur un lieu plat, où il n'existe aucune possibilité de chute ni de mouvement de la structure.
- Connecter l'entrée de l'hydrogène.
- Ouvrir le robinet distributeur manuel d'entrée de l'hydrogène.
- Vérifier que la sortie d'hydrogène se trouve dans le récipient collecteur.
- Vérifier également que la sortie d'oxygène se trouve dans le récipient collecteur.
- Le générateur se placera en "Stand by", en attente de recevoir l'ordre de démarrage à travers l'interrupteur vert, situé sur la boîte à boutons-poussoirs.

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

- Si le bouton de démarrage est sélectionné (bouton bleu), vérifier que la pression de l'hydrogène soit de 0.5 bar sur le manomètre.
- Il est conseillé d'allumer graduellement les ampoules pour éviter des pics de demande sur le courant.
- Si un ordinateur est employé pour la réception et l'affichage des données, il faut se connecter avec un câble DB9. Les données seront reçues et gérées avec le Logiciel FCegasa02 (voir Installation et Fonctionnement du Logiciel, 8.3 et 8.4)



COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

9.3 MODE DE FONCTIONNEMENT

- **État OFF :**

Le générateur est éteint et la batterie de démarrage n'est pas connectée à l'équipement.

- **État repos :**

À travers l'interrupteur général, l'équipement passe à l'état de repos et la batterie de démarrage se connecte.

- **Vérifications pré-démarrage :**

Lorsque le générateur reçoit l'ordre de marche (bouton bleu), il effectue une vérification pour garantir la possibilité de passer au démarrage de l'équipement. Les conditions suivantes sont vérifiées :

- Température ambiante inférieure à 45ºC.
- Température interne du stack inférieure à 70ºC et supérieure à 3ºC.
- Concentration en hydrogène en dessous du niveau d'alarme.

Si les conditions sont remplies, l'équipement passe à l'état de démarrage.

- **État de démarrage :**

L'équipement commence le processus de démarrage en suivant les pas ci-dessous :

1) Le compresseur démarre sous un cycle de travail de 30%.
2) L'électrovalve d'entrée de l'hydrogène s'ouvre.
3) 3 purges sont réalisées en ouvrant l'électrovalve de sortie de l'hydrogène, une demi-seconde toutes les secondes.
4) Après ces 3 purges, la tension de toutes les cellules est vérifiée. Si elle est supérieure à 0.85V, le processus de démarrage continue. Dans le cas contraire, il faut répéter le pas 3. Si après 3 essais, la tension des cellules ne monte pas, l'équipement envoie un signal d'alarme et il s'arrête.

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

5) La tension d'alimentation de l'équipement passe de l'équipement de la batterie au stack. L'équipement complet est alimenté à travers le stack.
6) 3 secondes après, la sortie du stack est connectée à la charge avec le contacteur de sécurité.

- **<u>État d'opération :</u>**

L'équipement passe à l'état de fonctionnement normal. La vitesse des ventilateurs varie selon la température du stack et la vitesse du compresseur varie en fonction de la demande de consommation de la charge. D'autre part, des purges d'une demi-seconde chacune se produisent toutes les 30 secondes.

- **<u>État stop:</u>**

Lorsque le générateur reçoit l'ordre de stop (bouton bleu), il réalise le processus d'arrêt en suivant les pas ci-dessous :

1) Les électrovalves d'entrée et de sortie de l'hydrogène se ferment et le stack se déconnecte de la charge.
2) Le compresseur fonctionne sous un cycle de travail de 30%. Les ventilateurs travaillent en fonction de la température interne du stack.
3) Le tension des MEA est mesurée jusqu'à ce qu'elle descende en dessous de 0.5 V.
4) L'équipement est alimenté à travers la batterie de démarrage, en le déconnectant du stack.
5) Les ventilateurs s'arrêtent et le compresseur passe à un cycle de travail de 10%.
6) De l'air est introduit à travers les canaux de l'hydrogène en réalisant 3 purges d'1 seconde toutes les 2 secondes.
7) Une fois que le processus de stop a terminé, l'équipement passe à l'état de repos.

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

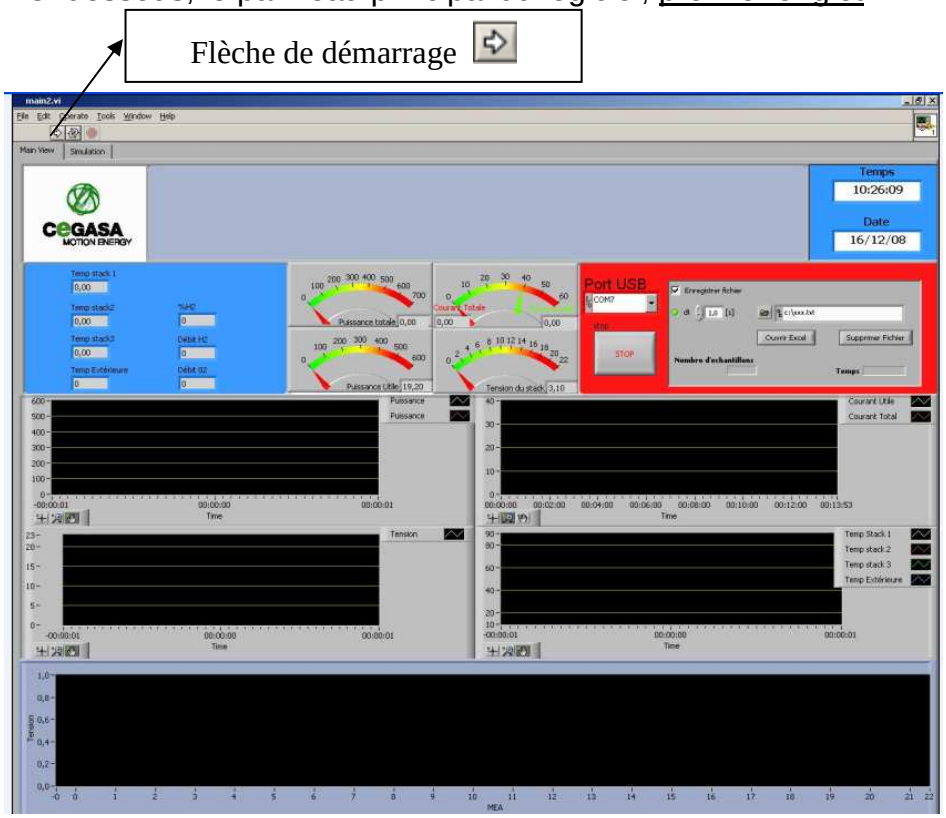
9.4 INSTALLATION DU LOGICIEL FCegasa02

Le logiciel d'affichage des données communique avec le panneau à travers le port série. Si vous ne disposez pas de port série dans l'ordinateur, vous pourrez utiliser un adaptateur USB qui devra être correctement configuré avec les paramètres suivants : vitesse de communication 38400 bauds, 1 bit de démarrage, 8 bits de données, sans bit de parité et 1 bit de stop. Pour installer le logiciel, il faut introduire le CD dans l'ordinateur et exécuter le fichier setup.exe qui créera un accès dans le menu de tous les programmes. L'installation est guidée par un assistant qui vous aidera pendant le processus d'installation. Le logiciel FCegasa02 permet uniquement la visualisation et l'usager ne pourra changer aucun paramètre.

9.5 FONCTIONNEMENT DU LOGICIEL FCegasa02

Une résolution minimale de 1280x1024 pixels est conseillée pour une visualisation correcte du logiciel. Il se met en marche en appuyant sur . À ce moment, la fenêtre émergeante doit se maximiser pour que les graphiques et les données puissent être totalement affichés. Le programme dispose de deux panneaux. Le premier permet d'afficher les données acquises et il est possible d'effectuer les modifications suivantes : sélection du Port USB, , sélection de l'emplacement et du nom du fichier "*.txt" de collecte des données et le temps de stockage de ces dernières.

Ci-dessous, le panneau principal du logiciel, premier onglet :



COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

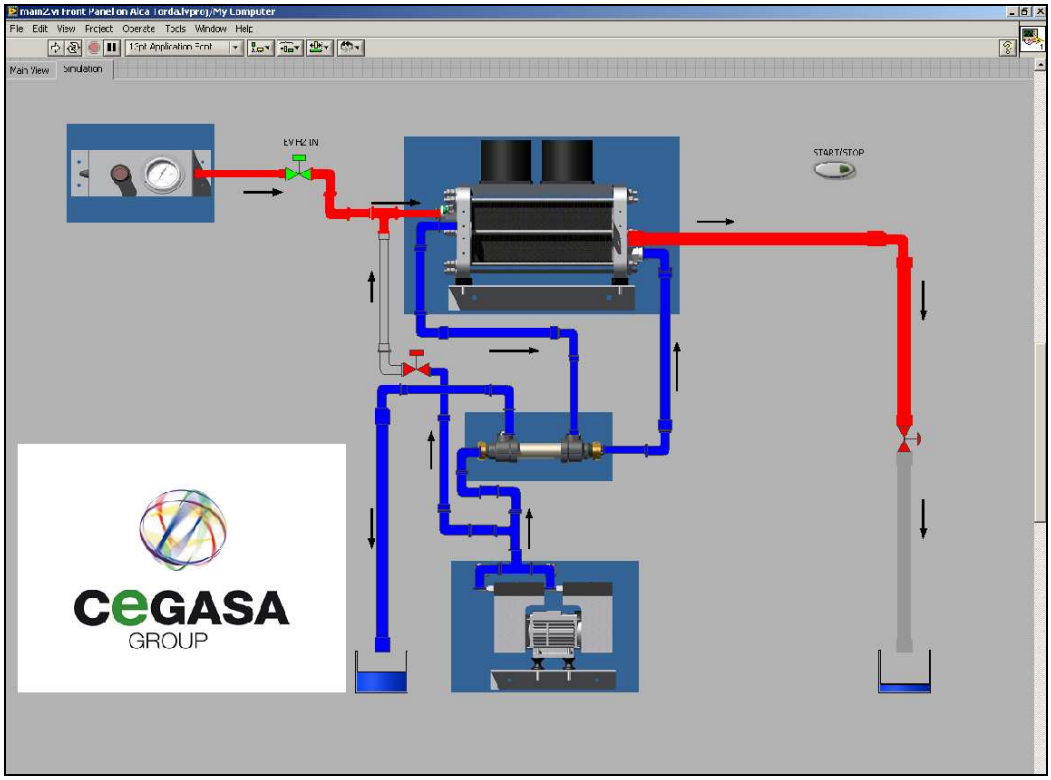
Le logiciel FCegasa02 est capable de monitoriser l'information ci-dessous :

- Différentes températures de la pile à combustible, stack (Temp. stack 1, Temp. stack 2, Temp. stack 3)
- Température des plaques électroniques (Temp. ambiante)
- Concentration de H2
- Valeurs estimées de débit de H2 et de 02
- Puissance brute
- Puissance nette
- Tension de stack
- Courant brut

Les graphiques représentés sont :

- Tension vs. Temps
- Puissance nette et brute vs. Temps
- Températures (températures de stack et ambiante) vs. Temps
- Courant brut et net vs. Temps

Sur le deuxième panneau (deuxième onglet), il y a un schéma qui illustre graphiquement les sens de circulation du flux de gaz, ainsi qu'une petite représentation du fonctionnement. Pour visualiser cette représentation, il suffit de choisir le panneau dénommé *Simulation* et appuyer sur le bouton Start . Le panneau présente l'aspect suivant :



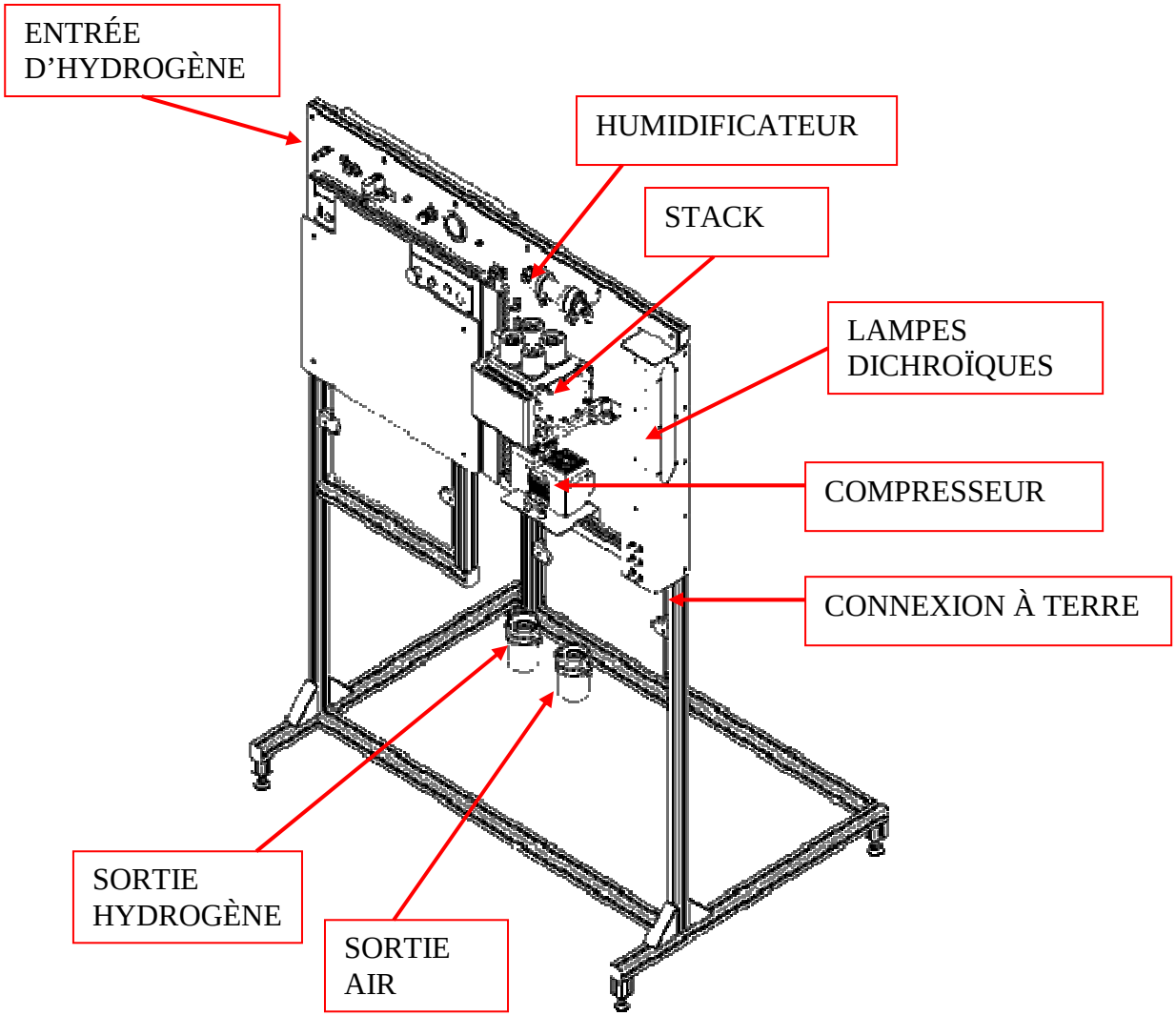
COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

10 CONNEXIONS MÉCANIQUES

Cette partie fournit une description détaillée des dimensions du générateur, ainsi qu'une description de certains composants.

La disposition et les dimensions du générateur sont indiquées sur les plans, de même que les connexions mécaniques. Les spécifications détaillées sont également fournies pour l'approvisionnement en hydrogène et les sorties d'hydrogène et d'oxygène.

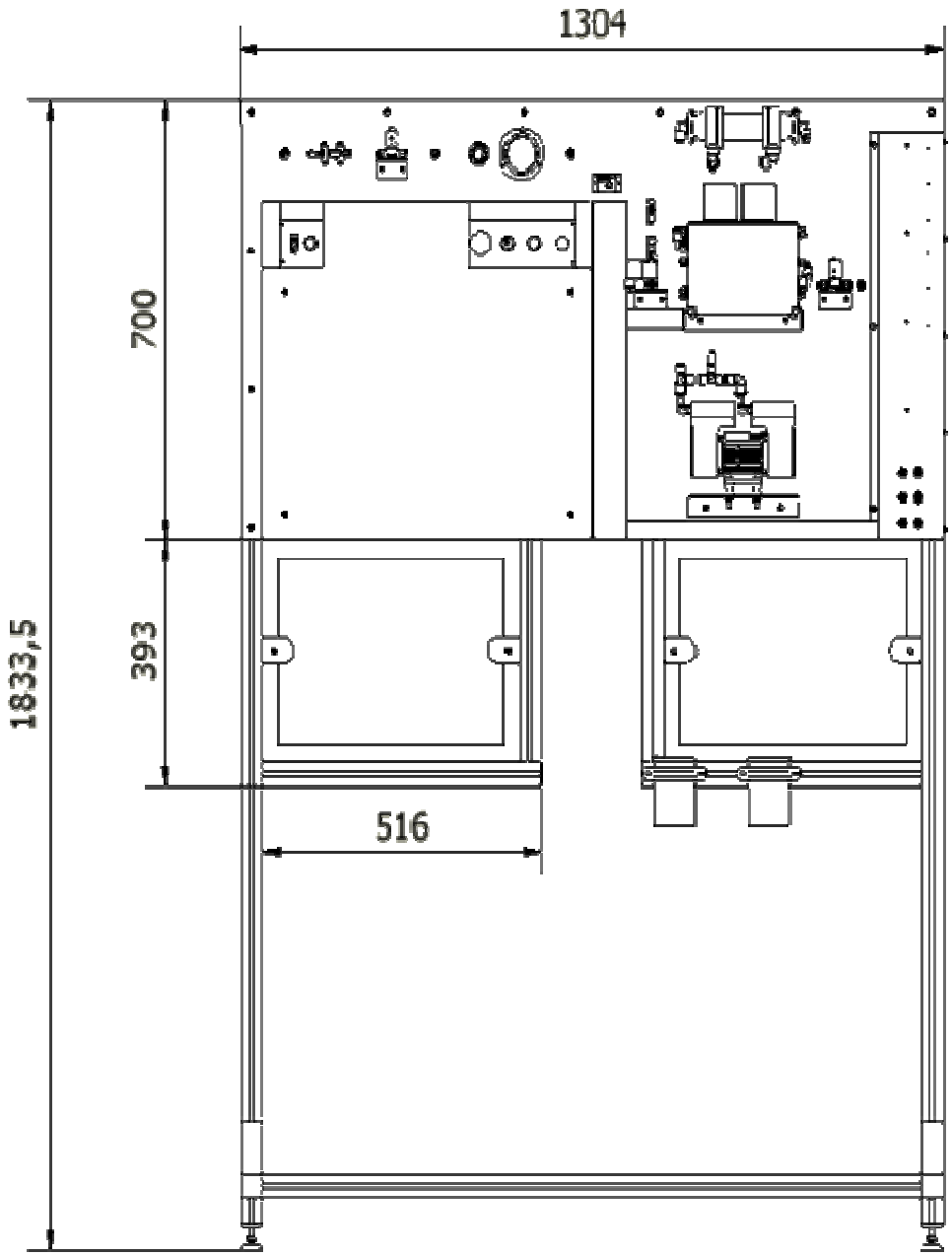
10.1 PLAN EN 3D



COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

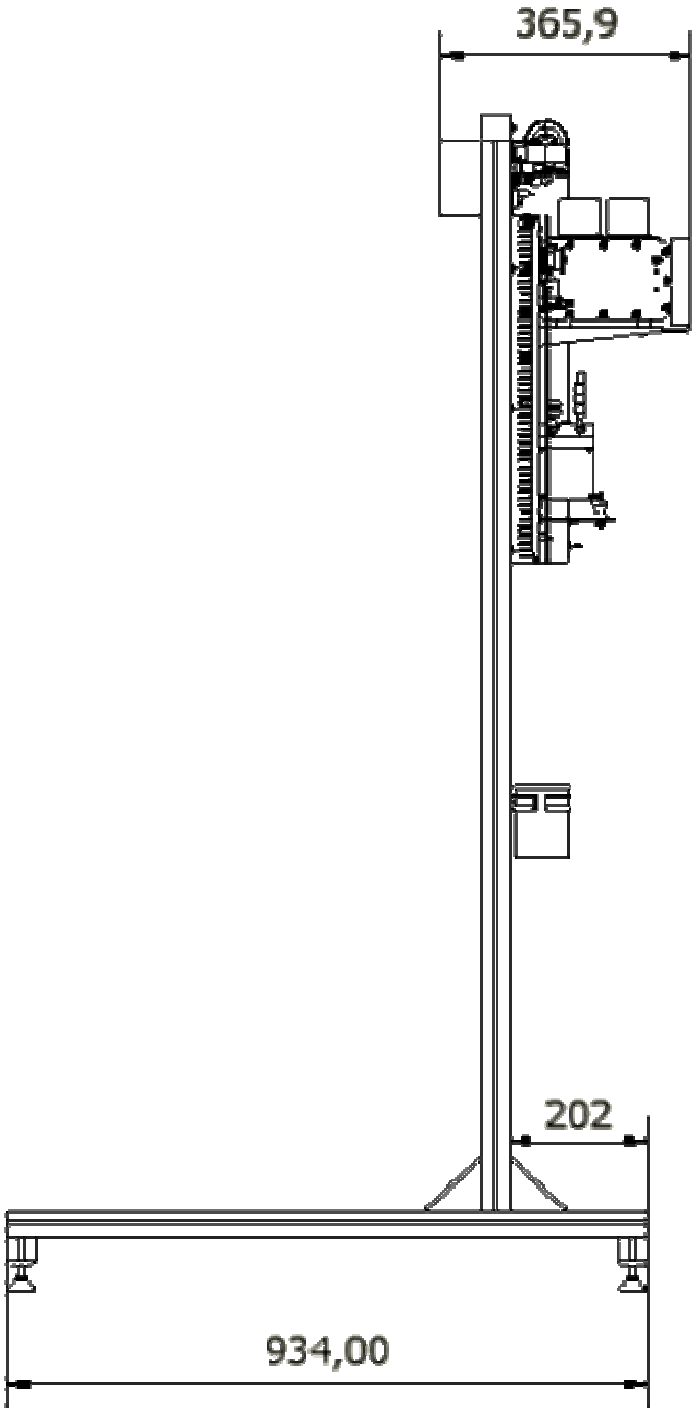
10.2 PLANS EN 2D

Ci-dessous, la vue frontale et de profil détaillant certaines dimensions en mm.



COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

Finalement, un aperçu de profil.



COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

10.3 CONNEXION HYDROGÈNE

La pression d'entrée de l'approvisionnement en hydrogène doit être ajustée avant l'entrée du générateur. Cette pression ne doit pas dépasser les 0.6 bar. L'hydrogène doit être fourni avec une pureté de 99.9996 %. À l'intérieur du générateur, il y a un détecteur d'hydrogène qui ordonne l'arrêt de l'équipement et coupe l'entrée d'hydrogène dans le générateur s'il détecte une fuite interne.

La connexion se réalise avec une prise rapide femelle munie de sécurité pour éviter qu'elle puisse se lâcher, à laquelle il faut connecter un tuyau avec un diamètre de 6 mm. À l'entrée du générateur il y a un connecteur mâle connecté à un connecteur femelle du tuyau flexible de l'hydrogène préalablement mentionné. En cas de devoir déconnecter la prise rapide, cette dernière se ferme automatiquement et ne permet aucune fuite d'hydrogène à l'extérieur.

La température de l'hydrogène devra être comprise entre 0 ºC et 45 ºC. La consommation du générateur variera en fonction de la puissance demandée. La puissance nominale est de 10 litres / minute.

La plus grande consommation d'hydrogène se produit pendant les purges, où le débit maximal d'entrée est de 16.4 litres/minute. Cet hydrogène de purge est retiré du générateur à travers un tuyau (lors de la purge, le débit de sortie est de 7.2 litres/minute pendant une seconde toutes les 30 secondes). Cette purge inclut également un peu d'eau qui est entraînée à travers les canaux de la plaque. Comme cela a déjà été indiqué, le détecteur d'hydrogène est placé pour qu'en cas de fuite ou d'une concentration excessive d'hydrogène, un signal soit envoyé et la valve d'entrée de l'hydrogène soit fermée.

L'usager de l'équipement est responsable de garantir une ventilation adéquate et suffisante pour considérer l'extension négligeable comme non dangereuse (voir annexe III).

Si l'hydrogène s'épuise, l'équipement s'arrête automatiquement.

L'équipement inclut une électrovalve qui, en cas de défaillance du système, coupe l'approvisionnement en hydrogène à la pile à combustible, de la même façon que si le champignon d'arrêt d'urgence était activé.

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

10.4 CONNEXION D'AIR

Le système consomme l'oxygène de l'air pour produire de l'énergie électrique. La consommation d'air est de 43 l/min à une puissance nominale. L'air consommé est l'air ambiant, de façon que nous devons placer le générateur dans un lieu bien ventilé pour ne pas avoir de bas pourcentage d'oxygène. L'ensemble est muni de filtres pour retirer les particules de jusqu'à 10 microns, pour éviter qu'elles accèdent à l'intérieur du compresseur et se dirigent vers la pile à combustible. Ces filtres doivent être régulièrement changés en fonction de l'ambiance de travail. Ils ne doivent pas être nettoyés avec des produits chimiques, car ils pourraient contaminer les cellules du stack.

Dans le générateur, de l'eau est produite comme résultat de la réaction. L'excès d'eau est déchargé à l'extérieur, dans l'air d'échappement. Sous un fonctionnement à plein rendement, le générateur produit 150 ml/heure. Cette quantité peut être dirigée à l'aide d'un tuyau dans un récipient ou dans un déversoir. L'air de sortie passe par un humidificateur qui effectue un échange de température et d'humidité pour que la pile à combustible soit sous des conditions optimales de fonctionnement.

CONDITION	DESCRIPTION	QUANTITÉ
Type oxydant	Air environnemental	-
Pression entrée air	Atmosphérique	1 atmosphère
Débit d'air	Sous une puissance maximale	43 l/min.
Filtre entrée air	Avant le compresseur	10 microns
Connexion de sortie	Diamètre extérieur du tuyau	10 mm.
Température sortie air	Dépend du fonctionnement. Sous une puissance nominale	50ºC max.

10.5 RÉFRIGÉRATION DE LA PILE À COMBUSTIBLE

Les ventilateurs placés sur la partie supérieure de la pile à combustible permettent que l'air passe à travers des canaux, tout en maintenant une température adéquate. Ces ventilateurs sont réglés en fonction de la température de la pile à combustible.

Pour maximiser la capacité de réfrigération, l'entrée vers le ventilateur doit préférablement se réaliser dans une ambiance fraîche pour que l'air refroidisse les plaques avec une moindre consommation électrique des ventilateurs.

Le flux maximal que peuvent extraire les ventilateurs est de 3000 l/min. Ceci se produit lorsque le générateur se trouve à la puissance maximale et que la température du générateur dépasse les 55ºC.

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

10.6 CONDUITE D'EAU

Sous une pleine puissance, le générateur produit 150 ml/heure d'eau. En théorie, l'eau produite par le générateur est pure et libre de polluants. Cependant, lorsque l'eau passe dans l'équipement, les produits chimiques présents dans l'air se dissolvent rapidement dans l'eau et celle-ci perd une partie de sa pureté, car la conductivité varie et se situe entre 5 et 10 µS. Pendant les premières heures de travail de l'équipement, l'eau produite sera moins pure qu'après, étant donné que l'eau nettoie toutes les plaques de la pile à combustible.

Remarque importante: L'eau produite n'est pas potable!

10.7 POLLUANTS

L'apparition de polluants signifie une perte de rendement des cellules en raison d'une diminution de l'activité catalytique des électrodes.

Les MEA de la pile à combustible peuvent être pollués si le combustible ne présente pas la qualité nécessaire indiquée ci-dessus ou si l'air que nous introduisons possède un composant qui détériore les membranes. Les composants comme l'oxyde de nitrogène (NO et NO2), les oxydes de soufre (SO2 et SO3), le monoxyde de carbone et le dioxyde de carbone (CO et CO2), les hydrocarbures, etc. peuvent bloquer la couche catalytique et réduire considérablement le rendement du générateur. Si cela se produit dans un court délai de temps et qu'ensuite de l'air propre passe, le générateur pourrait se récupérer et atteindre à nouveau la totalité des prestations. Dans le cas des produits de nettoyage, des peintures, etc., des dommages permanents peuvent être causés sur les membranes.

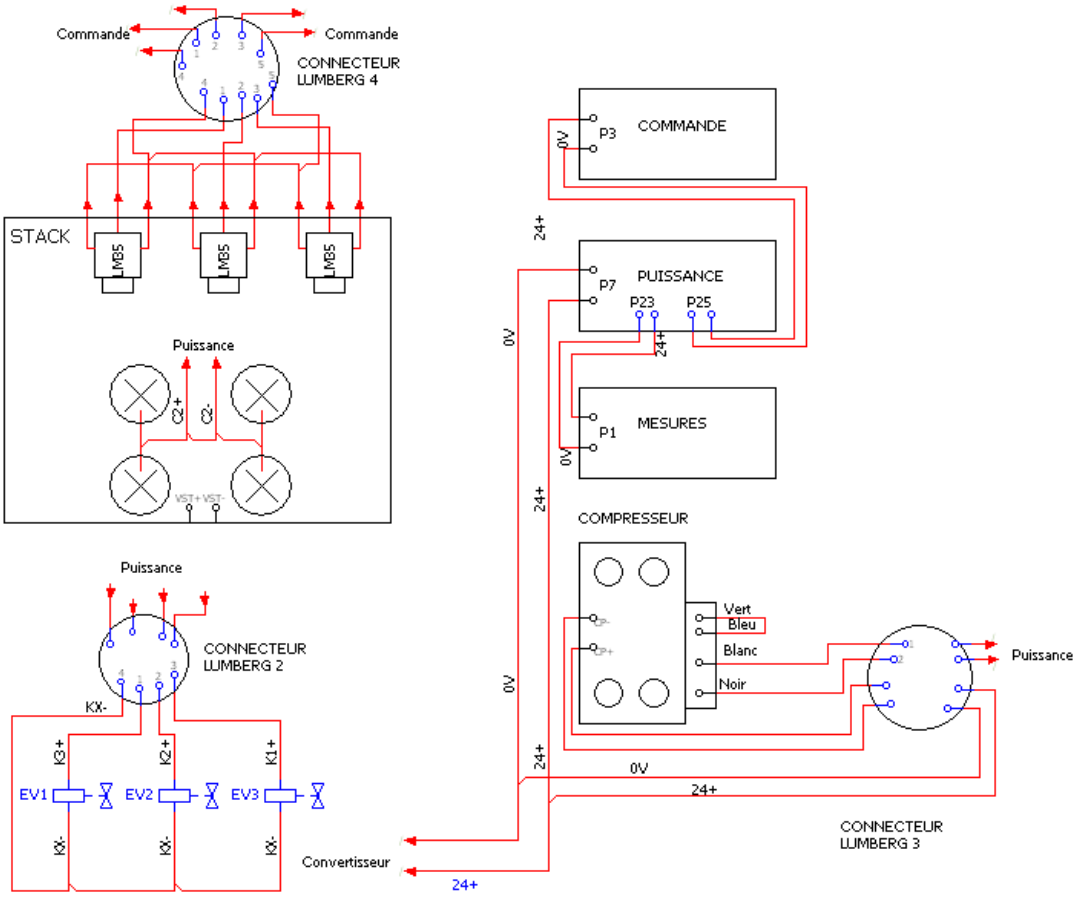
En général, tous les éléments métalliques présentent un risque de pollution. Pour éviter ce type de problèmes, il est conseillé d'employer de l'acier INOX 316 pour tous les éléments métalliques en contact avec l'hydrogène.

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

11 CONNEXIONS ÉLECTRIQUES

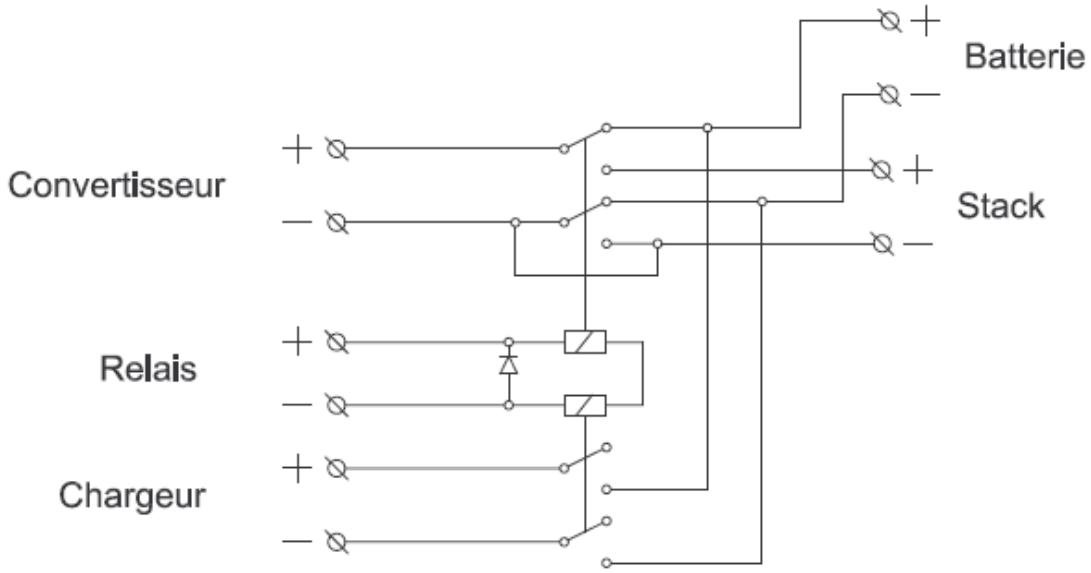
Cette section indique de façon simplifiée une partie des connexions électriques. Il est conseillé de ne manipuler aucun connecteur et de s'adresser à un personnel qualifié pour exécuter cette tâche.

La première image illustre le câblage d'alimentation des cartes électroniques, les capteurs de température du stack, les électrovalves, le compresseur et les ventilateurs. Les connecteurs Lumberg sont cachés dans les goulottes.

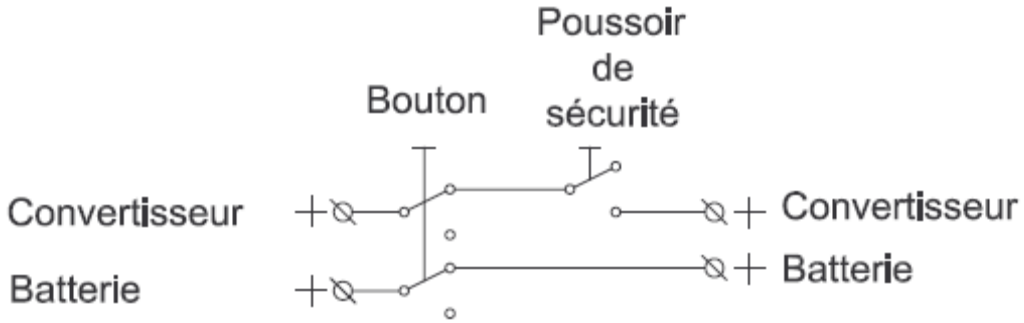


COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

Le schéma ci-dessous indique la commutation effectuée lorsque le Stack commence à fonctionner, en passant de l'alimentation de la batterie au Stack. À ce moment, les batteries commenceront à se charger, si besoin.



Le bouton-poussoir de sécurité a pour objet de couper l'approvisionnement électrique en cas d'anomalie. En éliminant l'alimentation, la charge se déconnectera et les électrovalves se fermeront pour empêcher tout éventuel problème. Le schéma du champignon d'arrêt d'urgence et du sélecteur de marche est le suivant :



Le connecteur DB9 qui existe sur le panneau où se trouvent les boutons permet de communiquer avec un ordinateur. Pour en savoir plus sur son utilisation, consultez le paragraphe 8.4.

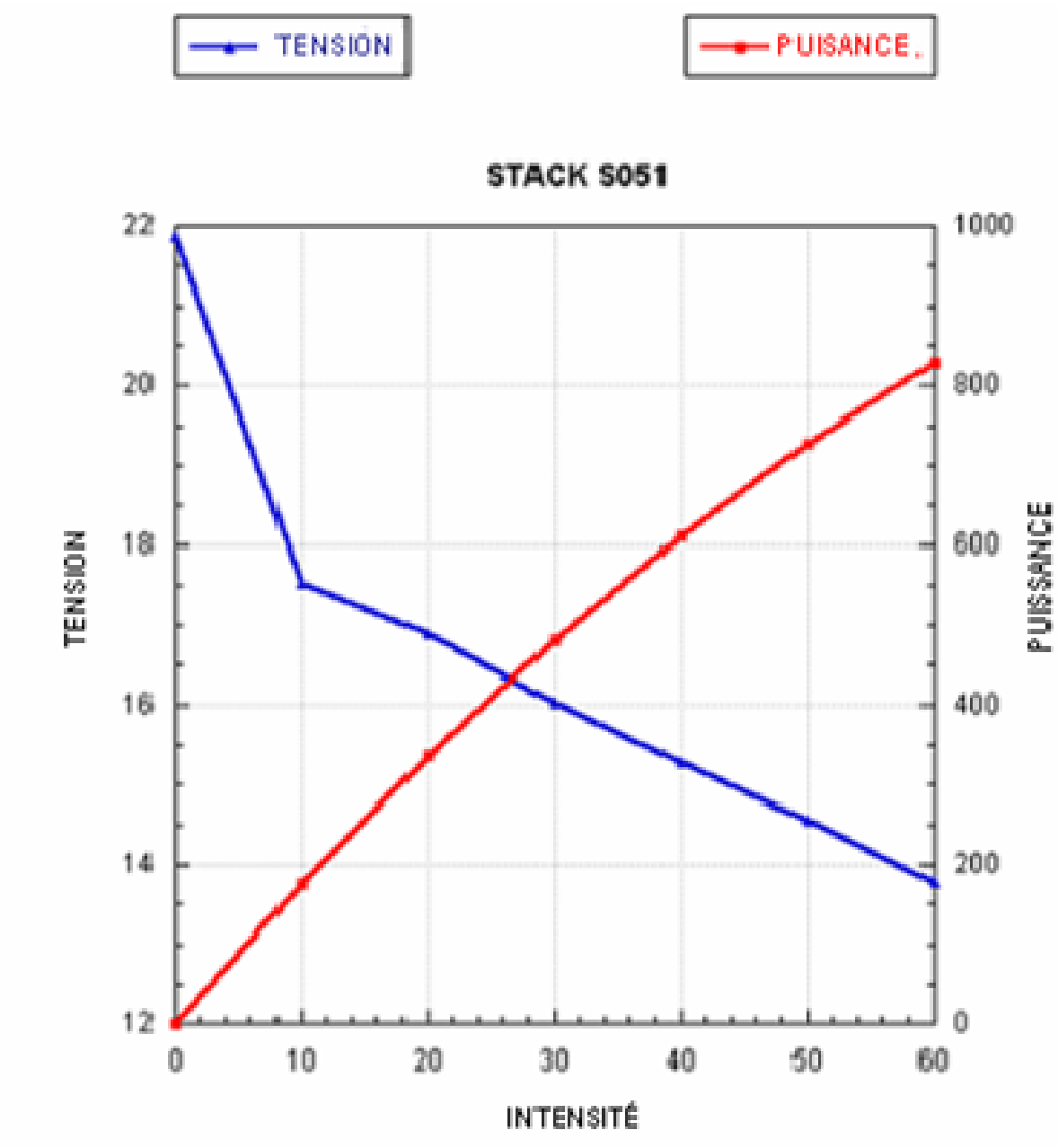
COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

12 DONNÉES DE CARACTÉRISATION

Ci-dessous sont exposées les données de caractérisation du générateur GD1V0.

12.1 COURBE DE POLARISATION

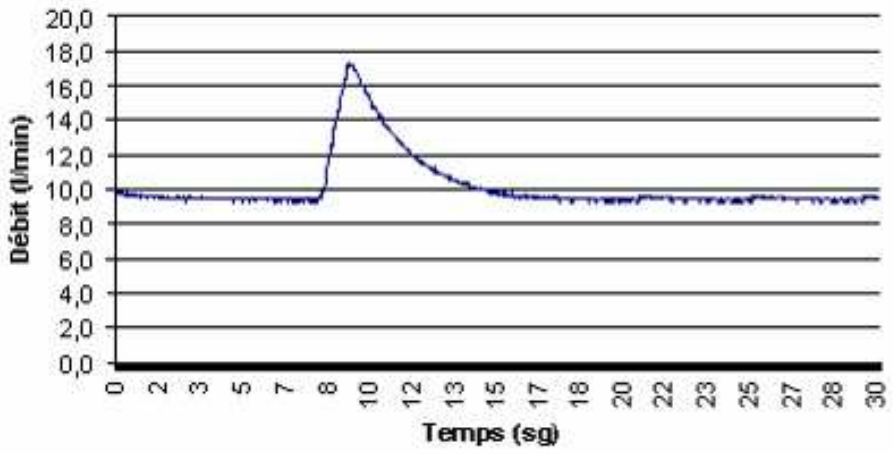
Courbe de polarisation du stack du générateur GD1V0.



COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

12.2 CONSOMMATION D'HYDROGÈNE

Consommation de l'hydrogène du stack du générateur GD1V0. Les valeurs du tableau ci-dessous ont été obtenues avec un approvisionnement de 580 W du générateur. Comme nous l'avons déjà expliqué, l'équipement effectue des purges toutes les 30 secondes.



12.3 PRODUCTION D'EAU

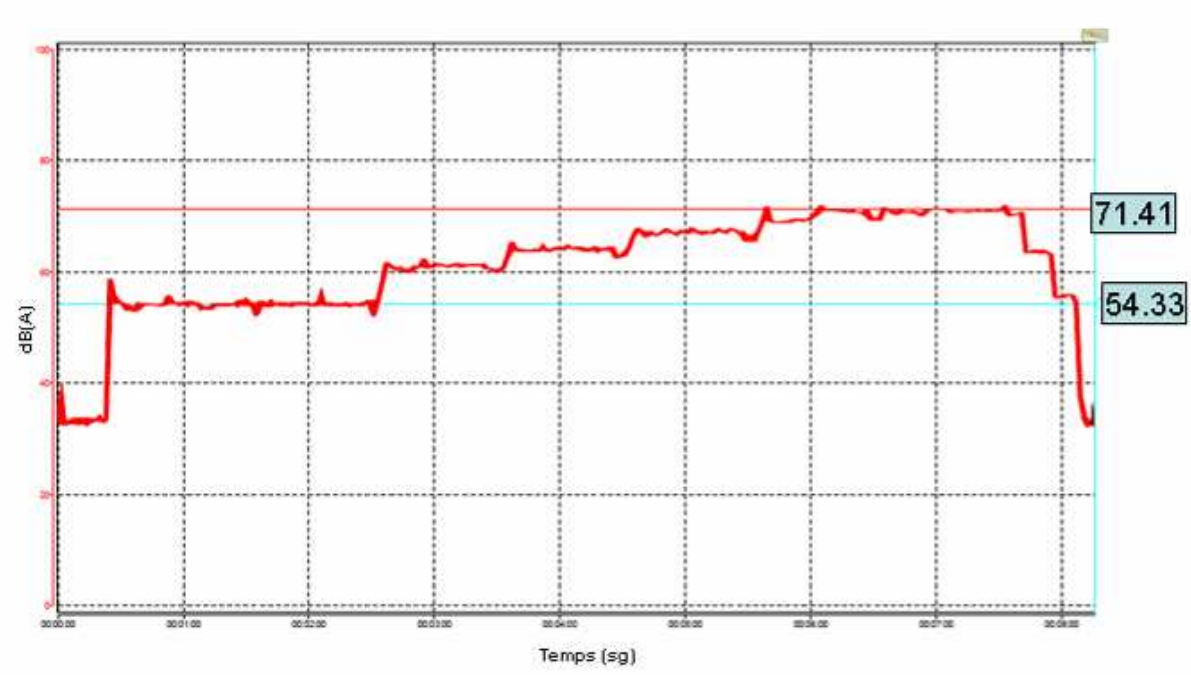
Le générateur produit de l'eau déionisée à travers ses deux sorties pneumatiques : sortie d'air et sortie d'hydrogène. Les valeurs du tableau ci-dessous ont été obtenues sous un approvisionnement de 580 W du générateur.

Production d'eau dans la sortie d'Air	150 ml / heure
Production d'eau dans la sortie d'Hydrogène	27 ml / heure

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

12.4 ÉMISSIONS DE BRUIT

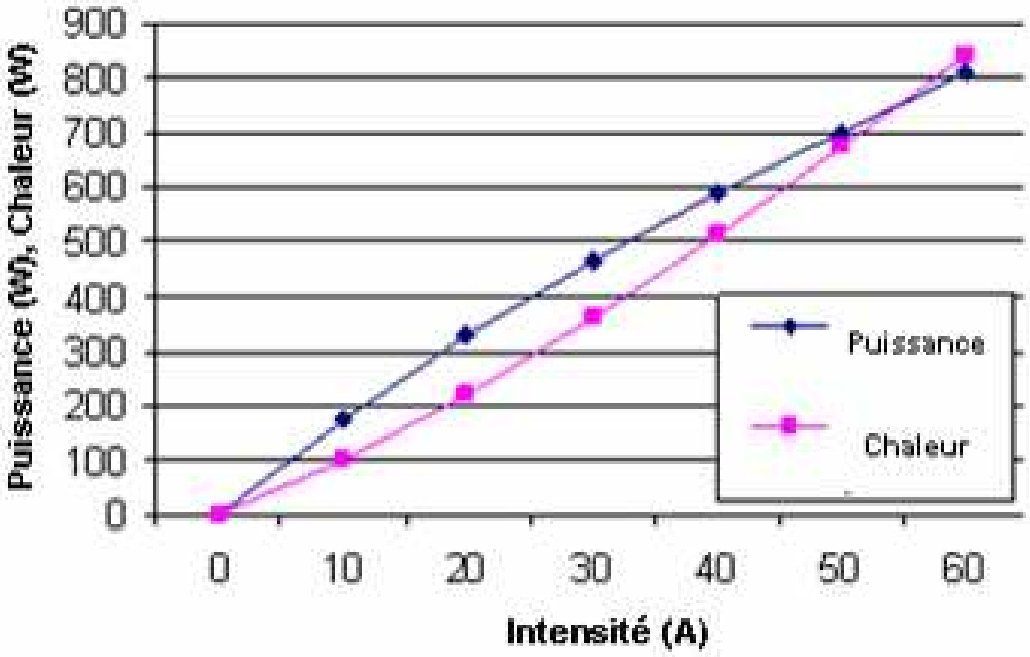
Les résultats ci-dessous ont été recueillis à une température de 22ºC sous un approvisionnement de 554 W du générateur. Le sonomètre est placé à 1 mètre de distance du générateur.



COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

12.5 PRODUCTION DE CHALEUR

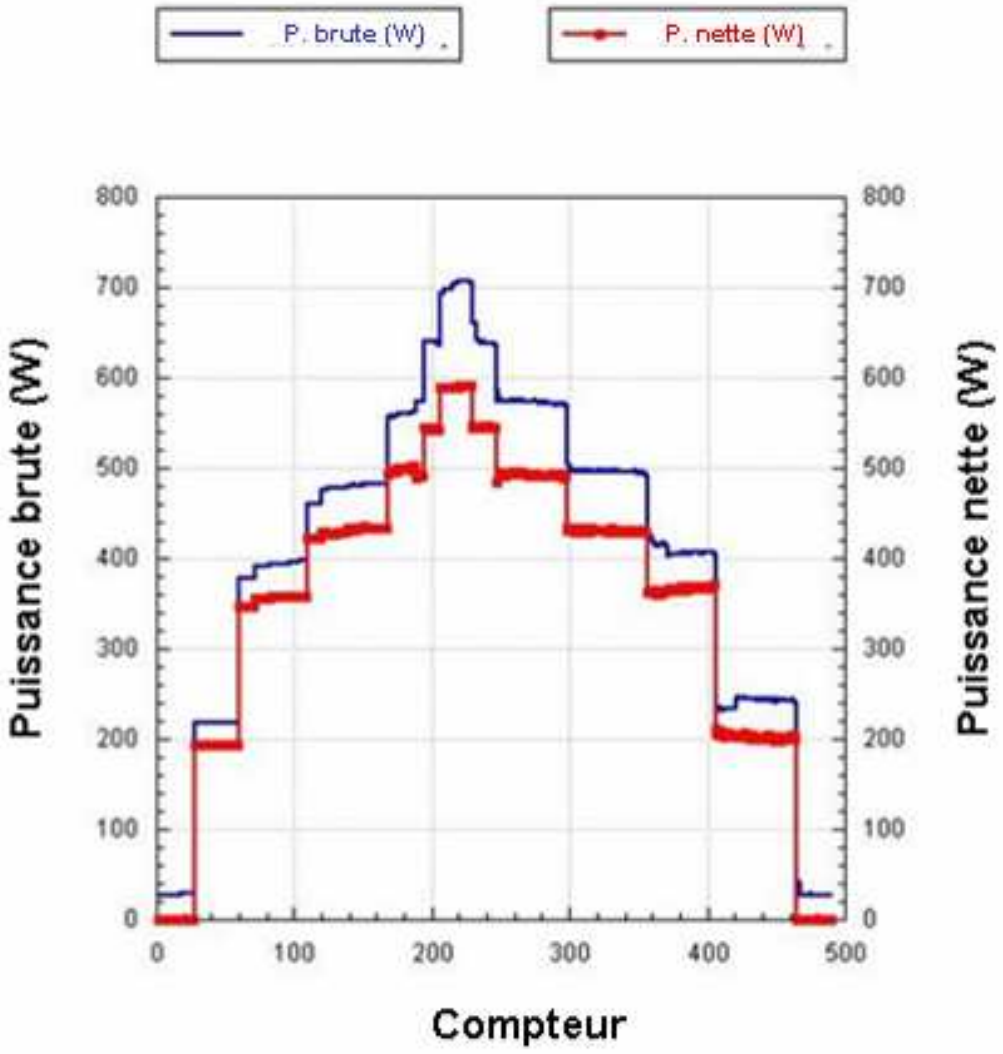
Le graphique ci-dessous affiche la production de chaleur en fonction du courant.



COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

12.6 PUISSANCE BRUTE VS. PUISSANCE NETTE

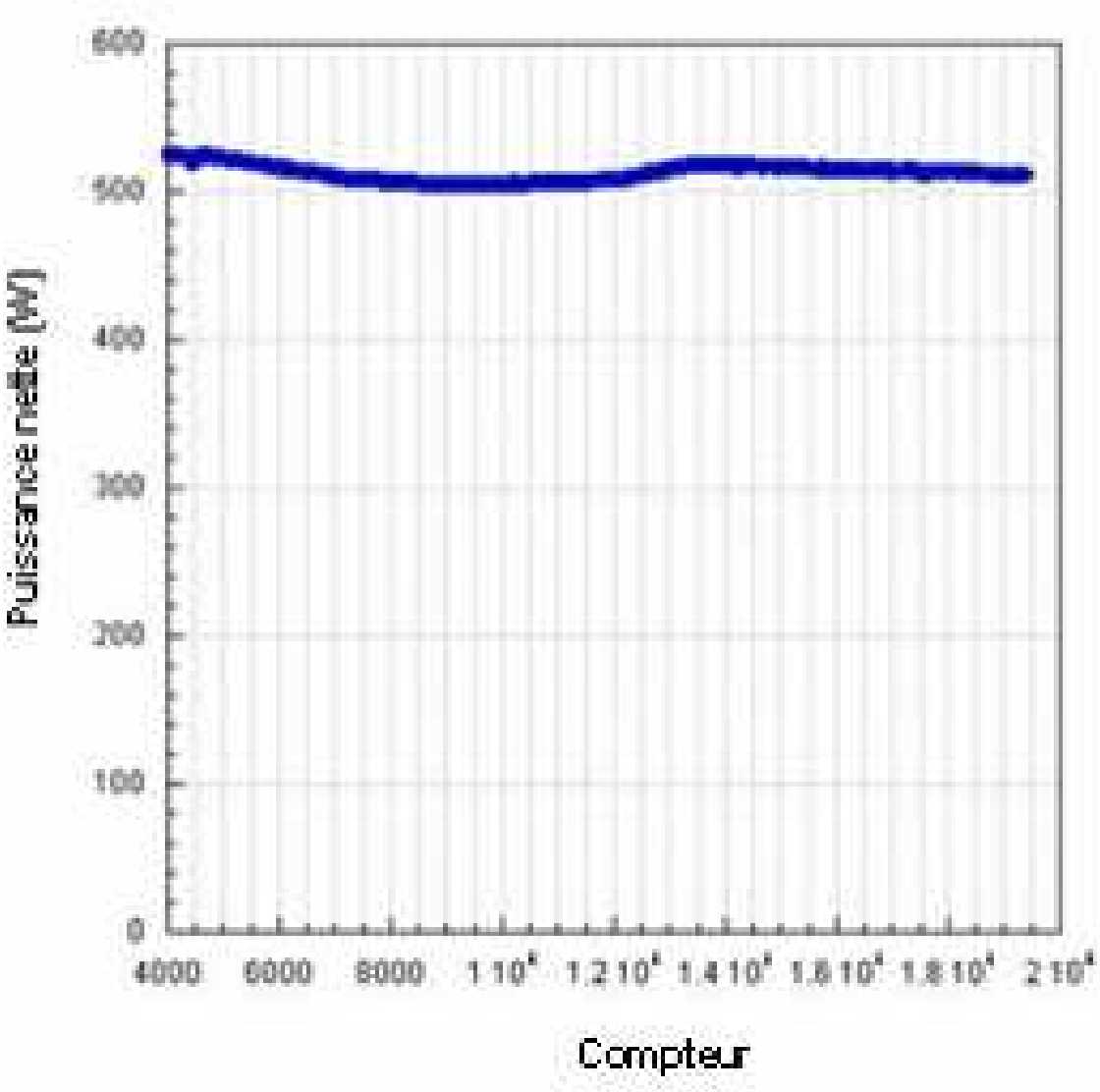
Le graphique ci-dessous affiche la relation entre la puissance brute et la puissance nette.



COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

12.7 PUISSANCE NETTE PENDANT 17 HEURES

Le graphique ci-dessous affiche la puissance nette du générateur pendant 17 heures de fonctionnement continu.



COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

13 CONCEPTION, ESSAIS ET CERTIFICATION DU GÉNÉRATEUR

Cette partie expose les différents critères et normes suivies au moment de développer le générateur GD1V0. Les différentes législations considérées seront également indiquées.

Le générateur GD1V0 est conçu pour travailler à l'intérieur et à l'extérieur, à condition que les spécifications nécessaires soient remplies (voir point 6). Le générateur doit être protégé des rigueurs climatiques (eau, ambiance marine, congélation, poussière, sable ou toute autre particule) et toujours disposer d'une bonne ventilation. Ne jamais démarrer l'appareil sous une température inférieure à 3 ºC.

Le générateur a été conçu conformément aux normes suivantes :

- **UNE-EN-62282-2**. Modules de pile à combustible, selon les stratégies définies, en plus des essais de type (voir résultats annexe I).

62282 (5.1 Essai de fuites de gaz)
62282 (5.2 Essai de pression normale)
62282 (5.3 Essai de pression d'opération permise)
62282 (5.4 Essai de résistance à la pression du système de réfrigération)
62282 (5.5 Essai de surcharge électrique)
62282 (5.6 Essai de surpression)
62282 (5.7 Essai de rigidité diélectrique)
62282 (5.8 Essai de différence de pression)
62282 (5.9 Essai de fuite de gaz)
62282 (5.10 Essai de pression normale)
62282 (5.11 Essai de concentration d'inflammable)
62282 (5.12.1 Manque de combustible)
62282 (5.12.2 Manque d'oxygène)
62282 (5.12.3 Essai de court-circuit)
62282 (5.12.4 Essai de défaut de réfrigération)
62282 (5.12.5 Essai de monétarisation de la perméabilité)

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

- **UNE-EN-60079-10 -** Matériel électrique pour atmosphères explosives ; Partie 10 Classement d'emplacements dangereux, et **UNE-202007IN –** Guide d'application de la Norme UNE-EN 60079-10. Selon les calculs réalisés (voir Annexe III), il est déterminé qu'il s'agit d'une Zone 1 d'Extension Négligeable "Non dangereuse", selon les suppositions réalisées.

  Les directives suivantes ont été analysées :

- **Basse Tension, 73/23/CE** : n'est pas applicable, car le voltage minimal n'est pas dépassé.

- **Équipements à pression, 97/23/CE** : applicable lorsque l'équipement travaille au-dessus de 0.5 bar de pression relative. Ce n'est pas le cas du générateur GD1V0.

- **Appareils et systèmes de protection pour un usage dans des Atmosphères Potentiellement Explosives (ATEX), 94/9/CE :** il ne s'agit pas d'un appareil destiné à être utilisé dans des atmosphères potentiellement explosives.

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

14 MAINTENANCE

Le générateur GD1V0 est conçu pour faciliter la maintenance. Certains éléments inclus dans la maintenance périodique, comme le filtre à air, l'humidificateur et le capteur d'hydrogène, peuvent être remplacés en quelques minutes. Par contre, d'autres éléments demandent plus de temps en raison de leur emplacement dans le générateur. La maintenance doit être effectuée par le personnel de CEGASA ou par un personnel qualifié, seulement si CEGASA l'autorise par écrit. Ne jamais manipuler l'équipement sans autorisation.

14.1 CONDITIONS DANS L'INTÉGRATION

Au moment de réaliser l'installation, il faut envisager un accès à la partie frontale et arrière du générateur pour faciliter les tâches de maintenance.

14.2 MAINTENANCE RÉGULIÈRE

Les actions de maintenance recommandées sont énumérées ci-dessous.

DESCRIPTION	FRÉQUENCE RECOMMANDÉE
Capteur d'hydrogène	Réaliser les révisions tous les trois mois. Vérifier qu'il détecte les augmentations de concentration en hydrogène et que la fermeture de l'électrovalve d'entrée s'effectue correctement.
Champignon d'arrêt d'urgence	Effectuer des révisions tous les trois mois. Vérifier le fonctionnement du champignon et le verrouillage des électrovalves.
Humidificateur	Vérifier son état toutes les 2000 heures ou tous les 2 ans. Retirer l'humidificateur, séparer l'un des couvercles (dévisser la vis allen et tourner le couvercle 1/8 de tour). Si la couleur des tuyaux est marron foncée, remplacer l'humidificateur.
Filtre à air	Changer les filtres toutes les 2000 heures ou tous les 2 ans. La fréquence peut varier en fonction de l'entourage de fonctionnement.
Tuyaux flexibles dans les conduites de gaz	Remplacer toutes les 2000 heures ou tous les 2 ans.
Activation périodique	Il est conseillé de mettre le générateur en marche tous les 2,5 mois, de 10 à 30 minutes.

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

14.3 RECHANGES RECOMMANDÉS

Dénomination	Référence	Quantité recommandée
Filtre à air	MANN 7/8'' 7/8'' 3/8''	2 unités
Tuyau en polyuréthane rouge	Série TU Diamètre extérieur 6, R	2 mètres
Tuyau en polyuréthane bleu	Série TU Diamètre extérieur 10, BU	2 mètres
Lampes dichroïques	BIPIN HLX 64640	4 unités

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

15 LISTE DES ALARMES ET QUESTIONS FRÉQUENTES

Ci-dessous sont indiqués les avertissements et les alarmes qui peuvent se produire sur le générateur, ainsi que les problèmes les plus fréquents et leurs solutions.

15.1 LISTE DES AVERTISSEMENTS SUR LE DISPLAY

Les écrans qui s'affichent sont les suivants :

Écran 1 : (état de la pile)

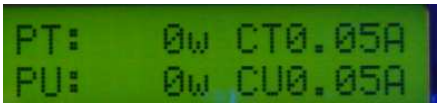
- État Repos, en attente de recevoir un signal de démarrage.
- État Démarrage, en processus de démarrage.
- État Opération, en fonctionnement.
- État Stop, en processus d'arrêt.

Écran 2 : (capteurs)

- Voltage stack
- Température stack 1
- Température stack 2
- Température stack 3

Écran 3 : (capteurs)

- Puissance brute
- Courant brut
- Puissance nette
- Courant net



COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

<u>Écran 4</u> : (capteurs)

- T Ambiante

<u>Écran 5</u> : (capteurs)

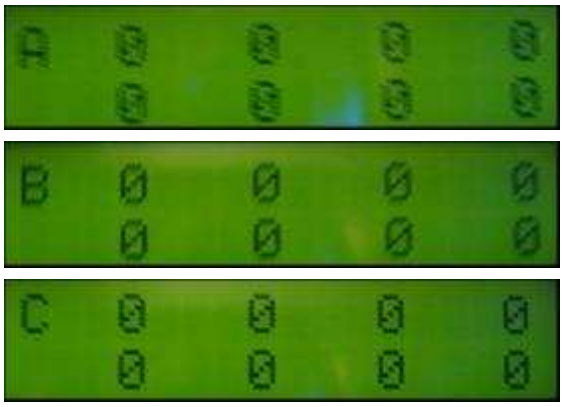
Concentration en Hydrogène. Si cette concentration atteint 1%, l'équipement s'arrête, passe en état de repos et ne redémarrera pas jusqu'à ce que la concentration baisse.

<u>Écran 6</u> : (warning)

Écran indiquant s'il existe un warning ou pas. S'il en existe, il est automatiquement affiché sur l'écran.

<u>Écran 7-8-9</u> : (tension MEA).

8 MEA sont affichés sur chaque écran.



COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

Si une alarme est déclenchée, l'écran affiche le type d'alarme et ne permet pas de changer d'écran. L'équipement effectue alors le processus de stop (voir paragraphe 8.3), pour assurer la sécurité du client et l'arrêt correct du stack.

Ensuite, le display continue à afficher l'alarme jusqu'à ce que l'usager appuie sur le bouton de marche. L'équipement redémarre.

Paramètre	Niveau de warning	Niveau d'alarme
Temp. interne du stack	>60ºC	>70ºC
Tension du stack	<12.1V	<11V
Courant du stack	>60Amp	>65Amp
Tension des cellules	<0.4V	<0.3V
Concentration Hydrogène	>0.5%	>1%
Temp. ambiante	<5ºC	<3ºC

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

15.2 QUESTIONS FRÉQUENTES

DESCRIPTION DE LA DÉFAILLANCE	POSSIBLE CAUSE	ACTION RECOMMANDÉE
Défaut dans le processus de démarrage	Batterie usée	Recharger les batteries
	Il n'y a pas d'approvisionnement en hydrogène	Vérifier si l'approvisionnement en hydrogène est correct
	Le compresseur ne fonctionne pas correctement	Prévenir le service technique
Température du stack (T stack) / Voltage du stack (V stack)	Température ambiante en dehors du rang recommandé	Réviser les spécifications et placer l'équipement selon ces spécifications
	Problèmes avec la réfrigération (entrée / sortie)	Vérifier que les entrées et sorties soient dégagées
	Problèmes avec la réfrigération - Ventilateurs	Vérifier le fonctionnement correct des ventilateurs de réfrigération. En cas de défaillance, prévenir le Service Technique
	Sortie avec une puissance très élevée	Vérifier que la sortie de puissance nette est en conformité avec les spécifications
	Le débit d'air n'est pas suffisant. Chauffage des cellules	Vérifier le fonctionnement du compresseur. Détecter de possibles fuites. Réviser le filtre à air. Réviser le système de réfrigération de l'équipement
	L'air est contaminé. Court-circuit externe	L'équipement ne travaille pas dans une ambiance adéquate. Le placer dans un endroit en conformité avec les spécifications. Réviser les terminaux pour détecter une possible défaillance
	Problèmes avec l'humidification. La sortie de la puissance est très élevée	Remplacer l'humidificateur. Vérifier que la sortie de puissance nette est en conformité avec les spécifications
Courant du stack (Astack)	Hydrogène contaminé. Le voltage de la pile à combustible n'est pas correct	L'hydrogène fourni ne remplit pas les spécifications. Consulter Défaillance : « Voltage du stack »

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

	Chauffage des cellules. Sortie de puissance très élevée	Réviser le système de réfrigération de l'équipement. Vérifier que la sortie de puissance nette est en conformité avec les spécifications
	El voltage de la pile à combustible n'est pas correct	Consulter Défaillance : « Voltage du stack »
	Sortie de puissance très élevée	Vérifier que la sortie de puissance nette est en conformité avec les spécifications. L'ajuster au rang des puissances décrites
Tension du MEA (V_MEA)	Court-circuit externe. Microcoupure de membrane	Réviser les terminaux pour détecter une éventuelle défaillance. Petite coupure de la membrane. Contacter le service technique
	Sortie de puissance très élevée. Fuite d'hydrogène	Vérifier que la sortie de puissance nette est en conformité avec les spécifications. Réviser les connexions avec un détecteur de fuites et prévenir le service technique
Tension du MEA (V:_MEA)	Microcoupure de la membrane	Petite coupure de la membrane. Contacter le service technique
Concentration hydrogène	Fuite d'hydrogène	Réviser les connexions avec un détecteur de fuites et prévenir le service technique

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

16 ANNEXES

16.1 ANNEXE I : ESSAIS UNE-EN 62282-2

Les résultats des essais type selon la Norme UNE-EN-62282-2 sont détaillés ci-dessous.

ESSAIS TYPE 62282-2	
Dénomination	**Description et résultats**
NORME 62282 **(5.1 – Essai de fuites de gaz)**	Le générateur se met en marche au courant et à la température maximale de charge, en équilibre thermique, 580W de puissance nette et 62ºC dans le stack pendant 30 minutes). L'équipement s'arrête pour réaliser les purges. Les sorties de gaz se ferment. La pression de H2 augmente jusqu'à atteindre la pression maximale d'opération, pendant 1 min. 0.6 bar, Temp. du stack : 40ºC. Mesure la vitesse de fuite : - Avec l'électrovalve d'entrée fermée : 0.002 l/minute x 1.5 : 0.003 litres / minute - Avec l'électrovalve d'entrée ouverte : 0.06 l/minute x 1.5: **0.09 litres / minute**
NORME 62282 **(5.2 Essai de Pression normal)**	- Puissance nette : 550 W. - Voltage de sortie 14.9 V - Intensité de sortie : 43.3 A - Température du stack : 52ºC - Températures plaques électroniques : 35ºC - Température ambiante externe : 25ºC - Consommation d'Hydrogène : 10 litres / minute - Pression d'entrée de l'hydrogène : 0.5 bar - Consommation d'oxydant : 43 litres / minute

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

NORME 62282 **(5.3 Essai de pression d'opération permise)**	Le générateur fonctionne selon les conditions indiquées ci-dessus. La pression de l'hydrogène augmente au-dessus de la pression permise. 0.5 bar x 1.3 : 0.65 bar, accroissement de jusqu'à 1.2 bar (2.4 fois) et se maintient pendant 1 minute. Il n'y a pas de rupture, ni de fuite, ni de déformation ou autre dommage physique dans le module de la pile à combustible. En ce qui concerne l'augmentation d'oxydant, il n'est pas possible pendant le fonctionnement d'atteindre des pressions supérieures à 0.5 bar.
NORME 62282 **(5.4 Essai de résistance à la pression du système de réfrigération)**	N/A. Il s'agit de ventilateurs qui extraient l'air du stack. La pression de travail normale ne peut pas être dépassée de 1.3.
NORME 62282 **(5.5 Essai de surcharge électrique)**	50 A brut pendant 10 minutes. Il n'y a pas de rupture, ni de fuite, ni de déformation ou autre dommage physique sur le système en raison de cette surcharge électrique.
NORME 62282 **(5.6 Essai de surpression)**	Il ne va jamais être possible de travailler au-dessus de 1 bar, car l'équipement est muni d'un pressostat qui en cas de dépasser cette pression couperait l'entrée d'Hydrogène. De toute façon, l'essai se réalise à 5 bar.
NORME 62282 **(5.7 Essai de rigidité diélectrique)**	N/A Pile avec connexion à terre.

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

<u>NORME 62282</u> **(5.8 Essai de différence de pression)**	La différence de pression permise est de 0.5 bar, x 1.3 = 0.65 bar. La pression de combustible est établie à 1.2 bar - 0.65 = 0.55 bar. L'oxydant ne peut jamais dépasser les 0.5 bar en raison des caractéristiques techniques du compresseur. Se maintient pendant 1 minute. Il n'y a pas de rupture, ni de fuite, ni de déformation ou autre dommage physique sur le module de la pile à combustible.
<u>NORME 62282</u> **(5.9 Essai de fuites de gaz)**	Le générateur se met en marche avec le courant et la température maximale de charge, en équilibre thermique, 500W de puissance nette et 62ºC dans le stack, 30 minutes. L'équipement s'arrête. Effectuer les purges et fermer la sortie de gaz. La pression de H2 augmente jusqu'à atteindre la pression maximale d'opération, pendant 1 minute. 0.6 bar, Temp. du stack : 40ºC. Mesures de la vitesse de fuite : - Avec l'électrovalve d'entrée fermée : 0.003 l/minute x 1.5 : 0.0045 litres / minute - Avec l'électrovalve d'entrée ouverte : 0.062 l/minute x 1.5 : **0.091 litres / minute**
<u>NORME 62282</u> **(5.10 Essai de Pression normale)**	- Puissance nette : 550 W. - Voltage de sortie 14.9 V - Intensité de sortie : 43.3 A - Température du stack : 52ºC - Températures plaques électroniques : 35ºC - Température ambiante externe : 25ºC - Consommation d'Hydrogène : 10 litres / minute - Pression d'entrée de l'hydrogène : 0.5 bar Consommation d'oxydant : 43 litres / minute
<u>NORME 62282</u> **(5.11 Essai de concentration inflammable). Ce n'est pas une enveloppe.**	Avec l'équipement en marche, selon les conditions 5.1 et 5.10, la concentration de l'hydrogène dans la zone des possibles composants ignifuges (zone tôle métallique) est mesurée. Ce processus doit se réaliser deux fois, avec un intervalle de 30 minutes SANS VENTILATION, obtenant comme valeur la plus élevée : 0.4 % de H2 < 0.25 limite inférieure d'inflammabilité (4% x 0.25= 1), et 0.15% AVEC VENTILATION de 45 renouvellements par heure.

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

NORME 62282 **(5.12.1 Manque de combustible)**	Avec l'équipement en marche selon les conditions 5.1 et 5.10, l'approvisionnement en combustible est coupé. L'équipement s'arrête indiquant le faible voltage dans les MEA et reste en état de repos.
NORME 62282 **(5.12.2 Manque d'oxygène)**	Avec l'équipement en marche selon les conditions 5.1 et 5.10, l'approvisionnement en oxydant est coupé. L'équipement s'arrête indiquant le faible voltage dans les MEA et reste en état de repos.
NORME 62282 **(5.12.3 Essai de court-circuit) ***	L'essai de court-circuit dans le générateur à pile à combustible sans convertisseur à la sortie est effectué. • 1er essai résistance de 0.4ohm. • 2ème essai résistance de 0.2ohm. • 3ème essai sans résistance. Court-circuit franc Dans les deux premiers essais, le fonctionnement est correct car le logiciel détecte que la tension du stack chute et il se déconnecte de la charge. Dans le troisième essai, la chute de tension est tellement brusque que le logiciel n'a pas le temps de couper la charge avant que le stack ne cesse d'alimenter la plaque de contrôle. Étant donné que la plaque de contrôle ne reçoit plus d'alimentation, la batterie se connecte à l'équipement et fournit à nouveau de l'alimentation à la plaque de contrôle. Le comportement de l'équipement dépend dans ce cas de ce qui se passe dans le programme lorsque la coupure de tension se produit.
NORME 62282 **(5.12.4 Essai de défaillance de réfrigération)**	Avec l'équipement en marche selon les conditions 5.1 et 5.10, les ventilateurs se déconnectent. L'équipement s'arrête en raison du faible voltage dans les MEA (humidification). L'équipement reste en état de repos.
NORME 62282 **(5.12.5 Essai de monitorisation de la perméabilité)**	Avec l'équipement en marche selon les conditions 5.1 et 5.10, une des sondes de voltage est manuellement retirée de l'une des cellules. L'équipement s'arrête en indiquant Basse Tension.

(*) Essais réalisés sur G1V010022_35A_03_DC24V

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

16.2 ANNEXE II : INFORMATION À FOURNIR À L'INTÉGRATEUR SELON UNE-EN 62282-2

Stratégie générale de sécurité	Les dangers à l'extérieur du module de la pile à combustible sont éliminés, voir ANNEXE III. En fonction des calculs, il est déterminé qu'il s'agit d'une Zone d'Extension Négligeable "Non Dangereuse", selon les suppositions réalisées. La tension de chacune des cellules est activement contrôlée, ainsi que la tension totale et les températures dans les différentes zones du stack et des plaques électroniques.
Type de combustible	Hydrogène, pureté : 99.9996 %
Pression approvisionnement hydrogène	Maximale 0.5 bar.
Pression approvisionnement air	Maximale 0.5 bar.
Vitesse maximale de fuite de H2	0.0345 litres / minute
Température max. approvisionnement H2	45 ºC
Température max. approvisionnement air	45 ºC
Température max. sortie H2 du générateur	50 ºC
Température max. sortie air du générateur	50ºC
Émissions typiques	Eau distillée, Hydrogène et air
Rang température et humidité pour opération	+3ºC à 45ºC Jusqu'à 95% HR
Rang température et humidité pour stockage	+0ºC à 60ºC 5 à 95% HR
Rang d'altitude	0 à 2000 mètres
Niveau admissible de choc / vibration	Le générateur est placé pendant 1 heure sous une vibration de 0.1 mm d'amplitude et 60 Hz. de fréquence

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

Température normale de fonctionnement	55 à 60ºC
Température max. de la surface	La température maximale du générateur se trouve dans la zone des lampes dichroïques : environ 95ºC. Sur la surface extérieure du stack : 75ºC
Réfrigérant	Air
Points de consigne de température entrée/sortie réfrigérant	À 45ºC, les ventilateurs se mettent en marche. À 55ºC, ils se situent à 100%.
Pression et rang débit réfrigérant	Pression par succion forcée, atmosphérique. Débit maximal : 3000 litres/minute.
Type et caractéristiques des dispositifs de : surintensité, surcharge, surtension, tension minimale, etc.	Mesures et arrêts par Logiciel, intensité et tension.
Conditions de purge	1 seconde toutes les 30 secondes. Débit de : 7.2 litres / minute à 550 W
Dimensions	1304 x 1833.5 x 934
Poids	55 Kg
Caractéristiques électriques de sortie : tension assignée, puissance assignée, courant assigné, tension dans circuit ouvert	Puissance de sortie maximale : 550 W Tension maximale de sortie : 14.9 V Intensité maximale de sortie : 43.3 A Tension sur circuit ouvert : 22 V
Surcharge électrique maximale	50 A Bruts pendant 10 minutes
Approvisionnement de puissance auxiliaire, tension, fréquence, puissance	Batteries de démarrage (NiMH), 1.2 V, 2.1 Ah (11 batteries formant un battery pack rechargeable de 13.2V 2.1Ah)
Usage d'un ou de plusieurs produits finaux pour lesquels le composant a été conçu	Démonstrateurs didactiques
Localisation connexion à terre	Partie arrière de la structure, zone des lampes dichroïques. Voir paragraphe 9.1.
Information adéquate par rapport aux procédés concernant la fin de la vie utile	À la fin de la vie utile de la pile à combustible, il est possible de recycler plus de 90% des matériaux pour la fabrication de nouvelles piles à combustible.

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

16.3 ANNEXE III : UNE-EN-60079-10, Classement des emplacements dangereux ET UNE 2002007 IN

- **Taux d'échappement de l'hydrogène du générateur didactique en raison des purges :**

  - Lors de chaque purge effectuée dans le générateur, 0.12 litres normaux de H2 sont éliminés.
  - Le générateur réalise 2 purges chaque minute.
  - De façon qu'à chaque minute 0.24 litres / minute sont expulsés.
  - Densité de l'hydrogène (1 atm, 15ºC) : 0.0823 gr / litre.

  Selon ces données, le taux maximal d'échappement du générateur est de **3.12 x 10e-5 Kg/sec.**

- **Taux d'échappement d'hydrogène du générateur en raison de la perméabilité :**

  - Selon l'essai 5.1 Essai de fuite de gaz de la norme EN-62282-2 (voir Annexe I), le taux d'échappement du générateur est de **12 x 10e-8 Kg/sec**, négligeable par rapport à celui des purges.

- **Concentration moyenne Xm% après le temps d'échappement (te) :**

  - Temps d'échappement de la purge (te) : 1 seconde
  - $$Xm\% = \frac{Qg}{Qa \times DensitéH2} \times \left(1 - e^{(-Ca \times te)}\right) \times 100$$

    Qg : Taux d'échappement maximal (Kg/sec.)

    Qa : Ventilation du volume Va ; volume de l'enceinte (m3/sec.)

    Ca : Renouvellements de l'air par seconde (sec.-1)

    te : Temps de purge (sec.)

  ** Renouvellements de l'air par seconde Ca :*

  - *Selon la norme DIN 1946, il est conseillé d'effectuer un minimum de 6 renouvellements d'air par heure. Environ 14 renouvellements par heure sont considérés.*

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

- *Ca = 14/3600 =0.0038 sec.-1*

** Définition du débit Qa :*

- *En considérant une pièce d'environ 90m3.*
- *Le débit minimal pour obtenir ces renouvellements est un débit constant de 0.35m3/sec.*

- $Xm\% = \frac{3.12\,x10e-5}{0.35\times 0.0038}\times\left(1-e^{(-0.0017\times 1)}\right)\times 100 =$ **0.004 % Concentration moyenne de H2**

(1) La concentration moyenne d'hydrogène après un processus de purge (0.004%) est très inférieure au pourcentage de capacité d'explosion de l'hydrogène avec une source d'ignition (4%).

- **<u>Débit minimal nécessaire (Qa min) pour éviter une concentration supérieure à la limite inférieure d'explosivité (LIE) :</u>**

- $Qa\min = \frac{Qg}{k\times LIEm}\times\frac{Ta}{293}$

<u>*Qg :*</u> Taux d'échappement maximal (Kg/sec.)

<u>*k :*</u> Il s'agit d'un facteur de sécurité appliqué au LIE ; pour des échappements de degré continu et primaire : 0.25

<u>*LIEm :*</u> Limite inférieure d'explosivité (Kg/m3)

<u>*Ta :*</u> Température ambiante (K)

** Calcul de LIEm :*

- *LIEm = 0.416x10e-3 x Masse molaire H2 x LIEvol%*
- *LIEm = 0.416x10e-3 x 2.016 x 4 = 0.00335 Kg/m3*

- $Qa\min = \frac{3.12x10e-5}{0.25\times 3.35x10e-3}\times\frac{(20+273))}{293} =$ **0.037 m3/sec. Débit minimal nécessaire.**

(2) Nous observons comment le débit minimal nécessaire pour éviter une concentration supérieure à la limite inférieure d'explosivité (0.037 m3/sec.) est nettement inférieur au débit que nous avons précédemment calculé pour une pièce de 90m3 pour renouveler l'air 14 fois par heure.

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

- **Condition 2.2.n**

- $$Xm\% \leq \frac{k \times LIEmélange\%vol}{f}$$

1. Xm% = 0.004% (Calcul précédent)

2. *k:* Il s'agit d'un facteur appliqué au LIE ; pour des échappements de degré continu et primaire : 0.25

   LIE : est la limite inférieure d'explosivité sous pression atmosphérique dans l'ambiance considérée (kg/m3)

   f: facteur d'efficacité de la ventilation ; la valeur considérée est 1, car il s'agit d'une ambiance fermée avec libre circulation de l'air et une quasi absence d'empêchements pouvant réduire la capacité effective de dilution de l'atmosphère explosive dans le volume touché par l'échappement.

$$\frac{k \times LIEmélange\%vol}{f} = \frac{0.25 \times 4}{1} = 1$$

   Nous voyons que la condition **0.004 < 1** est remplie.

- Lorsque la concentration moyenne Xm% remplit la condition (2.2.n), il est raisonnable de considérer que la zone dangereuse produite par un échappement s'étend non seulement à une partie de l'ambiance (espace proche) et que dans le volume restant (espace éloigné), la concentration en équilibre, causée par l'échappement, est inférieure au LIE ;

- Lorsque la concentration moyenne de substance inflammable Xm% dans l'atmosphère du volume total de l'espace Va respecte la condition (2.2.n), il est raisonnable de considérer V_0 < Va y C_0 > Ca pour définir le degré de ventilation, où :

  Va ; *Volume de l'espace total de l'entourage fermé*

  Vo ; *Volume proche de la source d'échappement*

  Ca ; *Renouvellements de l'air de l'espace total Va*

  Co ; *Renouvellements de l'air de l'espace Vo*

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

- **Calcul du volume Vz :**

- $Vz = \frac{f \times Qa\min}{Co} = \frac{1x0.00037}{14/3600} = 0.095\, m^3$

  f : facteur d'efficacité de la ventilation ; la valeur considérée est 1, car il s'agit d'une ambiance fermée avec libre circulation de l'air et une quasi absence d'empêchements pouvant réduire la capacité effective de dilution de l'atmosphère explosive dans le volume touché par l'échappement.

  Qamin : Débit minimal nécessaire pour éviter une concentration supérieure à la limite inférieure d'explosivité (LIE).

  Co : Renouvellements de l'air dans le volume Vo.

- Pour que le volume Vz soit considéré négligeable selon la norme, il doit être inférieur à 0.1m3. Voyons alors combien de renouvellements d'air doivent se produire dans le volume Vo, près de la source d'échappement :

$$0.1 \leq \frac{1 \times 0.00037}{Co}; \quad Co = \frac{1 \times 0.00037}{0.1} = 0.0037;$$

$$0.0037 = \frac{N^o\, renouvellements(heure)}{3600};$$

- **Le nombre de Renouvellements par heure doit être supérieur à 13.32.**

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.

Conclusions :

Pour être considérée Zone 2 d'Extension Négligeable "non dangereuse", il faut que Vz soit inférieur à 0.1 m3. Pour cela, il est nécessaire que le nombre de renouvellements soit de 14 par heure et avec une bonne disponibilité à l'aération. Tous ces calculs doivent être effectués en fonction du lieu où va être placé le générateur et en tenant compte de tous les paramètres.

Ces calculs sont une approximation établie selon une série de suppositions (90 m3, 14 renouvellements d'air/heure, très bonne disponibilité de ventilation). Les résultats déterminent que :

- La concentration moyenne de l'hydrogène après un processus de purge (0.004%) est nettement inférieure au pourcentage de capacité d'explosion de l'hydrogène avec une source d'ignition (4%).
- Le débit minimal nécessaire pour éviter une concentration supérieure à la limite inférieure d'explosivité (0.037 m3/sec.) est nettement inférieur au débit que nous avons précédemment calculé et qui concerne une pièce de 90m3 (supposition) pour renouveler 14 fois/heure l'air contenu.
- Vz est < 0.1 m3.
  (Pour la mise en place de ces calculs, nous avons estimé une pièce de 90 m3 et un renouvellement de 14 fois/heure).

D'autre part, les mesures selon l'essai type de la norme UNE-EN-62282 (5.11- Essai de concentration d'inflammable) ont été effectuées. Il est possible d'observer que la concentration d'hydrogène est en dessous de 0.25% du LIE, voir ANNEXE I.

COPYRIGHT BY CEGASA S.A.® - ALL RIGHT RESERVED.