



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

GUIDE

**CHAUDIERÈS À MICRO-
COGÉNÉRATION À MOTEUR
STIRLING FONCTIONNANT
AU GAZ NATUREL EN HABITAT
INDIVIDUEL**

INSTALLATION ET MISE EN SERVICE

SEPTEMBRE 2015

RENOVATION

ÉDITO

Le Grenelle Environnement a fixé pour les bâtiments neufs et existants des objectifs ambitieux en matière d'économie et de production d'énergie. Le secteur du bâtiment est engagé dans une mutation de très grande ampleur qui l'oblige à une qualité de réalisation fondée sur de nouvelles règles de construction.

Le programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » a pour mission, à la demande des Pouvoirs Publics, d'accompagner les quelque 370 000 entreprises et artisans du secteur du bâtiment et l'ensemble des acteurs de la filière dans la réalisation de ces objectifs.

Sous l'impulsion de la CAPEB et de la FFB, de l'AQC, de la COPREC Construction et du CSTB, les acteurs de la construction se sont rassemblés pour définir collectivement ce programme. Financé dans le cadre du dispositif des certificats d'économies d'énergie grâce à des contributions importantes d'EDF (15 millions d'euros) et de GDF SUEZ (5 millions d'euros), ce programme vise, en particulier, à mettre à jour les règles de l'art en vigueur aujourd'hui et à en proposer de nouvelles, notamment pour ce qui concerne les travaux de rénovation. Ces nouveaux textes de référence destinés à alimenter le processus normatif classique seront opérationnels et reconnus par les assureurs dès leur approbation ; ils serviront aussi à l'établissement de manuels de formation.

Le succès du programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » repose sur un vaste effort de formation initiale et continue afin de renforcer la compétence des entreprises et artisans sur ces nouvelles techniques et ces nouvelles façons de faire. Dotées des outils nécessaires, les organisations professionnelles auront à cœur d'aider et d'inciter à la formation de tous.

Les professionnels ont besoin rapidement de ces outils et « règles du jeu » pour « réussir » le Grenelle Environnement.

Alain MAUGARD

Président du Comité de pilotage du Programme
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »
Président de QUALIBAT



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS

« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

Ce programme est une application du Grenelle Environnement. Il vise à revoir l'ensemble des règles de construction, afin de réaliser des économies d'énergie dans le bâtiment et de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

AVANT-PROPOS

Afin de répondre au besoin d'accompagnement des professionnels du bâtiment pour atteindre les objectifs ambitieux du Grenelle Environnement, le programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » a prévu d'élaborer les documents suivants :

Les **Recommandations Professionnelles** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents techniques de référence, préfigurant un avant-projet NF DTU, sur une solution technique clé améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur vocation est d'alimenter soit la révision d'un NF DTU aujourd'hui en vigueur, soit la rédaction d'un nouveau NF DTU. Ces nouveaux textes de référence seront reconnus par les assureurs dès leur approbation.

Les **Guides** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents techniques sur une solution technique innovante améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur objectif est de donner aux professionnels de la filière les règles à suivre pour assurer une bonne conception, ainsi qu'une bonne mise en œuvre et réaliser une maintenance de la solution technique considérée. Ils présentent les conditions techniques minimales à respecter.

Les **Calepins de chantier** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des mémentos destinés aux personnels de chantier, qui illustrent les bonnes pratiques d'exécution et les dispositions essentielles des Recommandations Professionnelles et des Guides « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 ».

Les **Rapports** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » présentent les résultats soit d'une étude conduite dans le cadre du programme, soit d'essais réalisés pour mener à bien la rédaction de Recommandations Professionnelles ou de Guides.

Les **Recommandations Pédagogiques** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents destinés à alimenter la révision des référentiels de formation continue et initiale. Elles se basent sur les éléments nouveaux et/ou essentiels contenus dans les Recommandations Professionnelles ou Guides produits par le programme.

L'ensemble des productions du programme d'accompagnement des professionnels « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » est mis gratuitement à disposition des acteurs de la filière sur le site Internet du programme : <http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr>



Sommaire

1 - Domaine d'application	6
2 - Références	7
2.1. • Références réglementaires	7
2.2. • Références normatives	8
2.3. • Autres documents	10
3 - Définitions	11
4 - Description des systèmes	12
4.1. • Composants d'une chaudière à micro-cogénération	12
4.2. • Principe général du moteur Stirling	14
5 - Schémas hydrauliques	17
5.1. • Circuit avec volume tampon à quatre piquages	18
5.2. • Circuit avec ballon d'eau chaude sanitaire et alimentation directe du circuit de chauffage	19
6 - Installation de la chaudière à micro-cogénération	21
6.1. • Transport et vérifications initiales	21
6.2. • Fixation murale ou pose au sol	21
6.2.1. • Fixation murale	22
6.2.2. • Pose au sol	23
6.3. • Points de contrôle	24
7 - Composants hydrauliques	25
7.1. • Circulateur	25
7.2. • Volume tampon	26
7.3. • Vase d'expansion	26
7.4. • Réseau hydraulique et accessoire de protection	27
8 - Alimentation en gaz naturel	29
8.1. • Réalisation du raccordement	30
8.2. • Points de contrôle	31
9 - Évacuation des produits de combustion	32
9.1. • Raccordement des chaudières étanches de type C	32
9.2. • Raccordement des chaudières non étanches de type B	33
9.3. • Évacuation des condensats	33
9.4. • Points de contrôle	33



10 - Raccordement électrique	35
10.1. • Protection de découplage	36
10.2. • Circuit spécialisé	36
10.3. • Protection complémentaire contre les contacts indirects.....	37
10.4. • Protection contre les surintensités et les court-circuits	37
10.5. • Conducteur de protection.....	38
10.6. • Points de contrôle	38
10.7. • Raccordement du compteur de revente	38
11 - Mise en service	40
11.1. • Retrait des protections de transport	40
11.2. • Mise en eau de l'installation	41
11.2.1. • Désembouage et rinçage de l'installation	41
11.2.2. • Remplissage du circuit et traitement de l'eau.....	41
11.3. • Mise en service de l'alimentation en gaz.....	43
11.4. • Gaz de travail du moteur Stirling	43
11.5. • Essais	43
11.5.1. • Essais sur l'eau.....	43
11.5.2. • Essais sur la chaudière à micro-cogénération	44
11.5.3. • Essais sur les radiateurs	44
11.5.4. • Equilibrage des circuits de distribution	44
11.5.5. • Paramétrage du régulateur.....	45
11.6. • Contrôle du fonctionnement de l'installation complète.....	45
11.7. • Mise en main de l'installation	45
12 - Informations et conseils à l'utilisateur	47
12.1. • Particularités des chaudières à micro-cogénération	47
12.2. • Obligations d'entretien annuel	48
12.3. • Préconisations d'un entretien et d'une maintenance régulière	48
13 - Annexe	49
ANNEXE 1 : EXEMPLE DE FICHE D'AUTOCONTROLE POUR LA VERIFICATION DE L'INSTALLATION DE MICRO-COGENERATION.....	50



1

Domaine d'application



Ce guide traite des installations de chaudières à micro-cogénération :

- De puissance électrique produite de l'ordre du kilowatt ;
- A moteur Stirling ;
- Fonctionnant au gaz naturel ;
- Destinées au chauffage. La production d'eau chaude sanitaire pourra également être assurée par la chaudière.

Il concerne l'habitat individuel lors d'une rénovation du système de chauffage.

Il fournit les prescriptions relatives à l'installation et à la mise en service de la chaudière à micro-cogénération mais aussi des composants du circuit hydraulique (circulateur...) ainsi que de la régulation.

Les spécifications des raccordements aux réseaux de gaz et d'électricité ainsi que la fumisterie sont également traitées.

Bien que ces produits puissent être installés en production centrale (mini-chaufferie) ou en production individuelle en logement collectif, ces applications ne sont pas traitées dans ce guide.

Références

2



2.1. • *Références réglementaires*

- Directive européenne 2009/142/CE du 30 novembre 2009 concernant les appareils à gaz
- Directive européenne 2004/8/CE du 11 février 2004 concernant la promotion de la cogénération sur la base de la demande de chaleur utile dans le marché intérieur de l'énergie en modifiant la directive 92/42/CE
- Article R231-72 du Code du travail relatif aux charges maximales pouvant être soulevée par un travailleur
- Circulaire du 9 août 1978 modifiée relative à la révision du Règlement Sanitaire Départemental Type (RSDT)
- Arrêté du 22 octobre 1969 relatif aux conduits de fumée desservant les logements
- Arrêté du 2 août 1977 modifié relatif aux règles techniques et de sécurité applicables aux installations de gaz combustibles et d'hydrocarbures liquéfiés situées à l'intérieur des bâtiments ou de leurs dépendances
- Arrêté du 23 juin 1978 modifié relatif aux installations fixes destinées au chauffage et à l'alimentation en eau chaude sanitaire des bâtiments d'habitation et de bureaux ou recevant du public
- Arrêtés du 30 juin 1999 relatifs aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation et aux modalités d'application de la réglementation acoustique
- Arrêté du 3 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants



- Décret et arrêté du 24 décembre 2007 relatifs aux niveaux de qualité et aux prescriptions techniques en matière de qualité des réseaux publics de distribution et de transport d'électricité
- Article R1334-33 du Code de la Santé publique, relatif à la valeur d'émergence globale en période diurne et en période nocturne
- Décret du 23 avril 2008 relatif aux prescriptions techniques générales de conception et de fonctionnement pour le raccordement d'installations de production aux réseaux publics d'électricité
- Arrêté du 23 avril 2008 relatif aux prescriptions techniques de conception et de fonctionnement pour le raccordement à un réseau public de distribution d'électricité en basse tension ou en moyenne tension d'une installation de production d'énergie électrique
- Arrêté du 17 octobre 1973 modifié portant agrément du Comité national pour la Sécurité des usagers de l'électricité (CONSUEL) pour exercer le contrôle de la conformité des installations électriques intérieures aux règlements et normes en vigueur
- Annexe de l'arrêté du 22 novembre 2011 : Règlement d'intervention du CONSUEL

2.2. • *Références normatives*

- NF DTU 24.1 : Travaux de fumisterie – Systèmes d'évacuation des produits de combustion desservant un ou des appareils
- NF DTU 60.1: Plomberie sanitaire pour bâtiments
- NF DTU 60.11 : Règles de calcul des installations de plomberie sanitaire et d'eaux pluviales
- NF DTU 61.1 : Installations de gaz dans les locaux d'habitation
- NF DTU 65.14 : Travaux de bâtiments – Exécution de planchers chauffants à eau chaude
- NF DTU 68.3 : Installations de ventilation mécanique
- NF EN 1264-1, Systèmes de surfaces chauffantes et rafraîchissantes hydrauliques intégrées Partie 1 : Définitions et symboles
- NF EN 1264-2, Systèmes de surfaces chauffantes et rafraîchissantes hydrauliques intégrées Partie 2 : Chauffage par le sol : méthode de démonstration pour la détermination de l'émission thermique utilisant des méthodes par le calcul et à l'aide de méthodes d'essai
- NF EN 1264-3, Systèmes de surfaces chauffantes et rafraîchissantes hydrauliques intégrées Partie 3 : Dimensionnement

- NF EN 1264-4, Systèmes de surfaces chauffantes et rafraîchissantes hydrauliques intégrées Partie 4 : Installation
- NF EN 1264-5, Systèmes de surfaces chauffantes et rafraîchissantes hydrauliques intégrées Partie 5 : Surfaces chauffantes et rafraîchissantes intégrées dans les sols, les plafonds et les murs – Détermination de l'émission thermique
- NF EN 1717, Protection contre la pollution de l'eau dans les réseaux intérieurs et exigences générales des dispositifs de protection contre la pollution par retour
- NF EN 12828, Systèmes de chauffage dans les bâtiments – Conception des systèmes de chauffage à eau
- NF EN 12831, Systèmes de chauffage dans les bâtiments – Méthode de calcul des déperditions calorifiques de base
- NF EN 15316-4-4, Systèmes de chauffage dans les bâtiments – Méthode de calcul des besoins énergétiques et des rendements des systèmes Partie 4-4 : systèmes de génération de chaleur, systèmes de co-génération intégrés au bâtiment
- NF P 52-612/CN, Systèmes de chauffage dans les bâtiments – Méthode de calcul des déperditions calorifiques de base – Complément national à la norme NF EN 12831 – Valeurs par défaut pour les calculs des articles 6 à 9
- NF EN 1443 : Conduits de fumée – Exigences générales
- NF EN 13384-1 : Conduits de fumée – Méthodes de calcul thermo-aérodynamique – Partie 1 : conduits de fumée ne desservant qu'un seul appareil
- FD CEN/TR 1749 : Modèle européen pour la classification des appareils utilisant les combustibles gazeux selon le mode d'évacuation des produits de combustion (types)
- NF C 14-100 : Installation de branchement à basse tension
- NF C 15-100 : Règles d'installations électriques à basse tension
- Guide UTE C 15-400 : Raccordement des générateurs d'énergie électriques dans les installations alimentées par un réseau public de distribution
- DIN VDE 0126-1-1 : Dispositif de déconnexion automatique entre un générateur et le réseau public basse tension
- NF EN 50438 : Prescription pour le raccordement de micro-cogénérateurs en parallèle avec les réseaux publics de distribution à basse tension



2.3. • *Autres documents*

- Cahier des Prescriptions Techniques relatif à la conception et la mise en œuvre des planchers réversibles à eau basse température (cahier du CSTB n° 3164, octobre 1999)
- Cahier des Prescriptions Techniques relatif aux systèmes de canalisations sous pression à base de tubes en matériaux de synthèse : tubes en couronnes et en barres (cahier du CSTB n°2808-V2, novembre 2011)
- Cahier des Prescriptions Techniques communes, Systèmes individuels d'amenée d'air comburant et d'évacuation des produits de combustion, 1ère partie : Systèmes raccordés à des appareils à circuit de combustion étanche à gaz de débit calorifique ≤ 85 kW, e-cahier du CSTB n°3592-V2, Septembre 2014
- Cahier des Prescriptions Techniques communes, Systèmes individuels d'évacuation des produits de combustion, raccordés à des appareils à gaz, à circuit de combustion non étanche, de débit calorifique ≤ 1 MW, e-cahier du CSTB n°3627, Mai 2008
- Installation de Gaz : Le guide Qualigaz, Edition 2011, Qualigaz (et son additif)
- Rénovation des conduits de fumée : Installation de chaudières individuelles à condensation gaz naturel, GrDF – COSTIC, Edition 2012

Définitions

3



Cogénération

La cogénération est la production simultanée d'une énergie mécanique (le plus souvent transformée en électricité) et d'une énergie thermique à partir d'une source unique d'énergie primaire.

Chaudière à micro-cogénération

Dans ce guide, il est désigné par chaudière à micro-cogénération un système :

- Régulé sur les besoins thermiques du bâtiment (chauffage avec ou sans production d'eau chaude sanitaire) et assurant la totalité de ses besoins thermiques ;
- Fonctionnant au gaz naturel provenant du réseau public de distribution ;
- Intégrant un moteur Stirling pour la production d'électricité ;
- Produisant environ un kilowatt électrique.



4

Description des systèmes

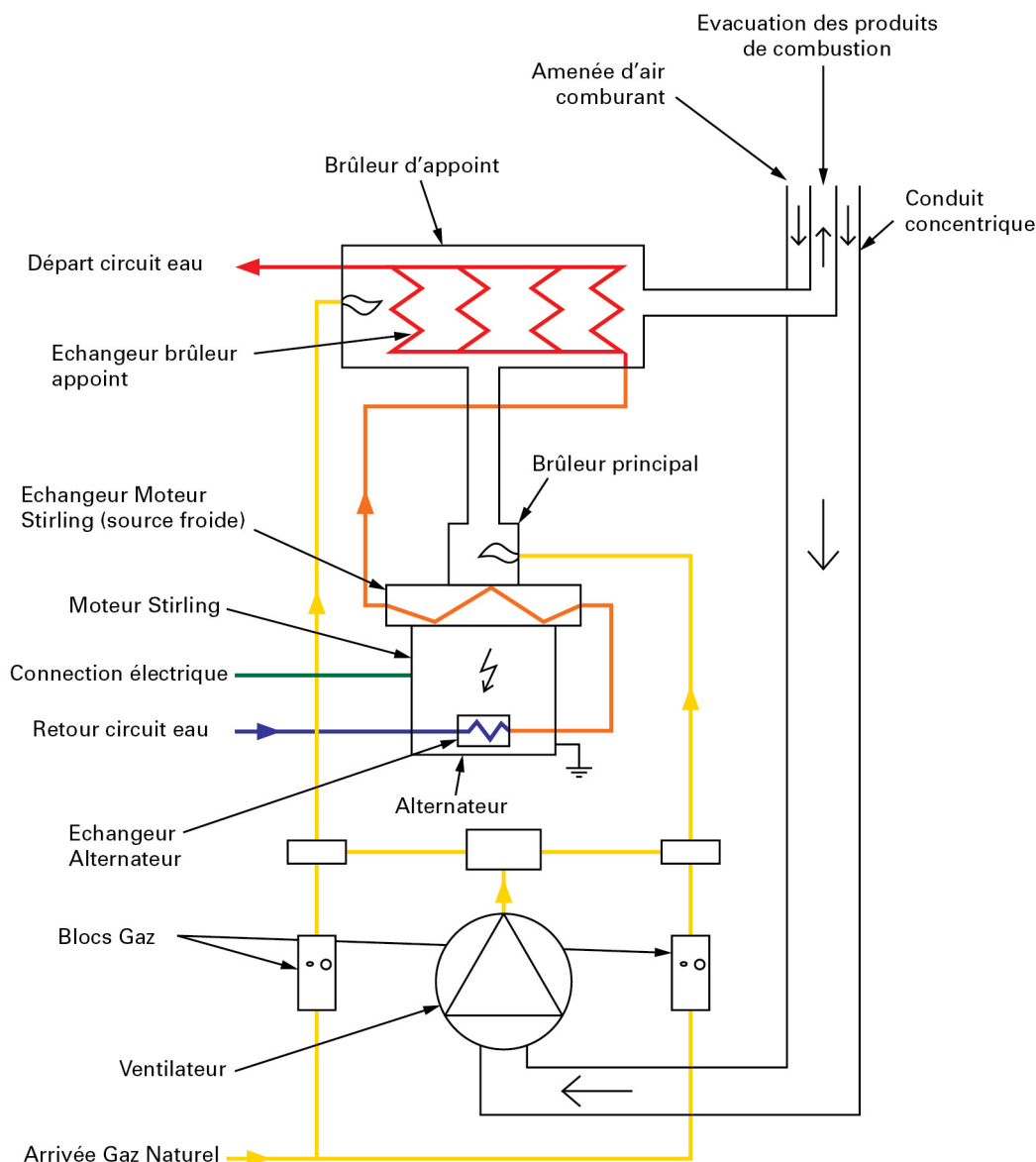


Dans ce document, seules les chaudières à micro-cogénération à moteur Stirling fonctionnant au gaz naturel telles que définies dans le chapitre « Définitions » (cf.3) sont traitées.

4.1. • Composants d'une chaudière à micro-cogénération

Une chaudière à micro-cogénération intègre généralement cinq éléments principaux :

- Un brûleur principal (fonctionnant au gaz naturel) destiné à participer à la fois aux besoins de chaleur et au fonctionnement du moteur Stirling ;
- Le moteur Stirling permettant de créer, à partir de l'énergie thermique (issue du brûleur principal), un mouvement mécanique ;
- Un alternateur produisant l'électricité (environ un kilowatt électrique) à partir de l'énergie mécanique fournie par le moteur Stirling ;
- Un brûleur d'appoint (fonctionnant au gaz naturel) qui apporte le complément d'énergie pour subvenir à la totalité des besoins thermiques du bâtiment ;
- Un système de régulation piloté par rapport au besoin thermique.



▲ Figure 1 : Schéma de principe d'une chaudière à micro-cogénération

En complément de ces principaux composants, différents accessoires peuvent être intégrés aux chaudières :

- Bloc(s) gaz ;
- Circulateur ;
- Vase d'expansion ;
- Echangeur pour la production d'eau chaude sanitaire (selon les modèles) ;
- Vanne de priorité eau chaude sanitaire (suivant le modèle et le type de montage) ;
- Purgeur d'air ;
- Pot de décantation et/ou filtre à tamis ;
- Siphon d'évacuation des condensats ;
- Ventilateur ;
- Dispositif de découplage électrique ;

- Dispositif de protection anti-pollution ;
- Soupape de sécurité...

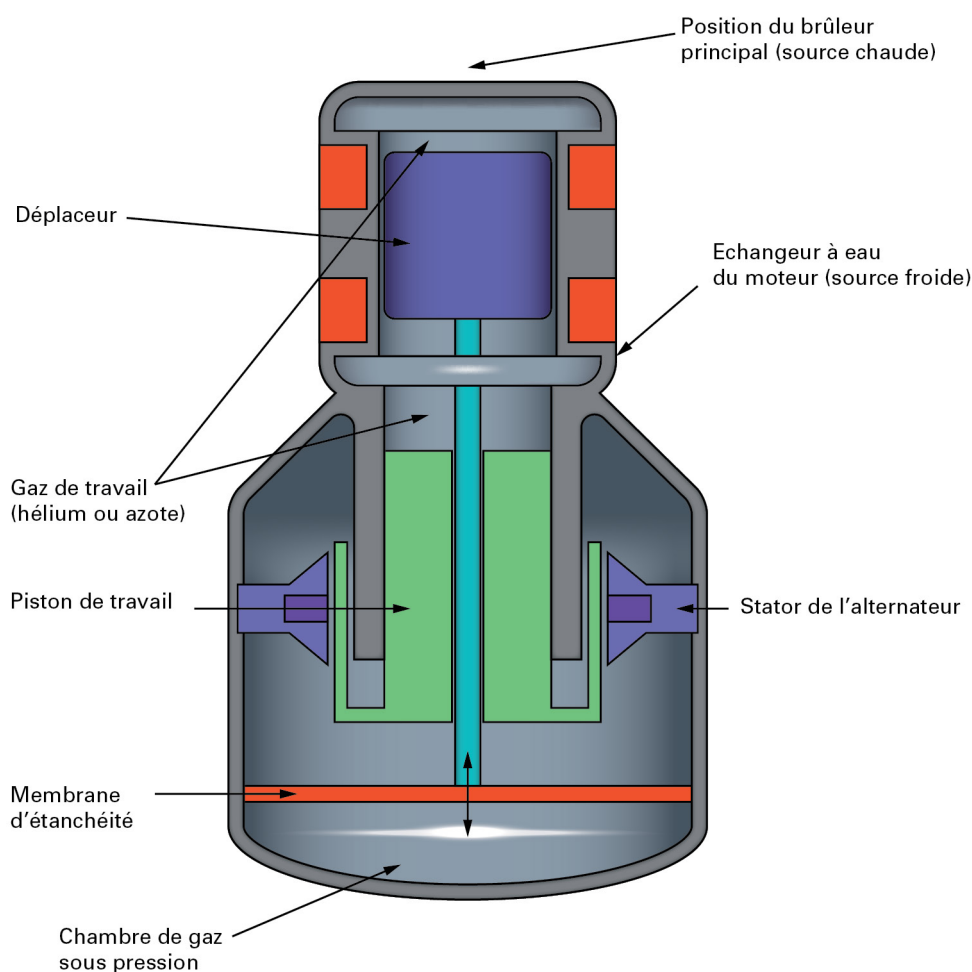
La majorité des accessoires couramment intégrés aux chaudières à micro-cogénération sont listés ci-dessus. D'autres accessoires (éventuellement externes à la chaudière) peuvent être ajoutés en complément par le fabricant. Ces accessoires sont souvent asservis et alimentés par la chaudière.



Certains fabricants n'intègrent pas dans la chaudière à micro-cogénération l'ensemble des accessoires couramment intégrés dans une chaudière classique. Ils sont alors externes et sont fournis ou spécifiés par le fabricant.

4.2. • Principe général du moteur Stirling

La (Figure 2) est un schéma de principe du moteur Stirling.



▲ Figure 2 : Schéma de principe d'un moteur Stirling



Le moteur Stirling est un moteur à combustion externe. La combustion de l'énergie primaire s'effectue en dehors de la chambre des pistons.

Il est composé :

- D'un piston dit « déplaceur » (placé à proximité de la source chaude) permettant le déplacement du fluide de travail entre les deux pistons. Ce piston est, dans certains cas, relié à l'alternateur (suivant le type de moteur retenu) ;
- D'un piston dit « de travail » ou « piston moteur » (placé à proximité de la source froide qui est, dans le cas de la chaudière à micro-cogénération, l'eau de chauffage) relié à l'alternateur ;
- D'un régénérateur de chaleur placé sur la liaison de gaz de travail entre les deux chambres des deux pistons. Il permet de récupérer une partie de la chaleur contenue dans le gaz de travail lors de son passage du piston « chaud » au piston « froid » et de la restituer lorsque le gaz circule en sens inverse. Cet élément permet d'augmenter le rendement du moteur ;
- D'un gaz de travail enfermé dans les chambres supérieures des deux pistons. Ce gaz fournit l'énergie aux pistons. C'est généralement de l'azote ou de l'hélium.



La source froide (l'eau du circuit de chauffage) doit permettre de refroidir le moteur Stirling aussi bien en fonctionnement que durant sa phase d'arrêt qui débute à l'arrêt du brûleur principal. En effet, du fait de la forte inertie du gaz de travail, le moteur Stirling continue à fonctionner suite à l'interruption de la source chaude (brûleur principal).

A ce jour, plusieurs types de moteurs Stirling existent. Ils sont caractérisés par deux aspects principalement :

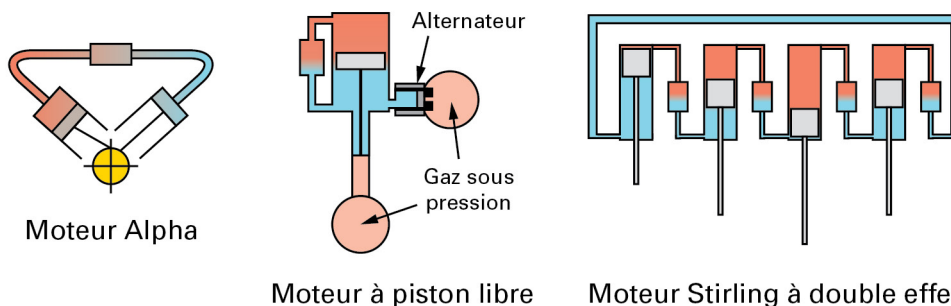
- Le positionnement des pistons l'un par rapport à l'autre ;
- Leur liaison entre eux.

Plusieurs types de moteurs Stirling peuvent être présents dans les chaudières à micro-cogénération :

- Le moteur Alpha, caractérisé par un angle d'environ 40 à 60° réalisé entre le déplaceur et le piston de travail. Les deux pistons sont reliés mécaniquement sur le même axe (système bielle manivelle) ;
- Le moteur dit à piston libre. Le déplaceur et le piston de travail peuvent être orientés à 90°. La particularité de ce moteur est que chaque piston est relié à une chambre de gaz maintenue sous pression : il n'y a aucun lien mécanique entre le déplaceur et le piston de travail ;



- Le moteur Stirling à double effet, les quatre pistons le constituant sont reliés les uns aux autres. Chaque piston joue le rôle de déplaceur puis de piston de travail. Mécaniquement, les quatre pistons sont reliés par un vilebrequin ou un système mécanique créant un mouvement rotatif.



▲ Figure 3 : Les trois types de moteur Stirling les plus rencontrés sur les chaudières à micro-cogénération



Schémas hydrauliques

5



Afin d'éviter tout court-cycle (dégradation du rendement de production électrique) et toute surchauffe du moteur Stirling (détérioration irréversible), il est recommandé d'installer un dispositif d'accumulation de chaleur.

A cette fin, les circuits hydrauliques de raccordement d'une chaudière à micro-cogénération intègrent :

- Soit un volume tampon à quatre piquages placé en découplage (Figure 4) ;
- Soit un ballon d'eau chaude sanitaire (Figure 5).

Ce chapitre décrit le principe de fonctionnement de chacun des circuits.

Certains fabricants proposent d'autres schémas de raccordement hydrauliques non présentés dans ce guide.



Le schéma hydraulique est choisi conformément aux prescriptions du fabricant. Le choix du schéma hydraulique doit notamment être compatible avec les fonctionnalités de la régulation.

Commentaire

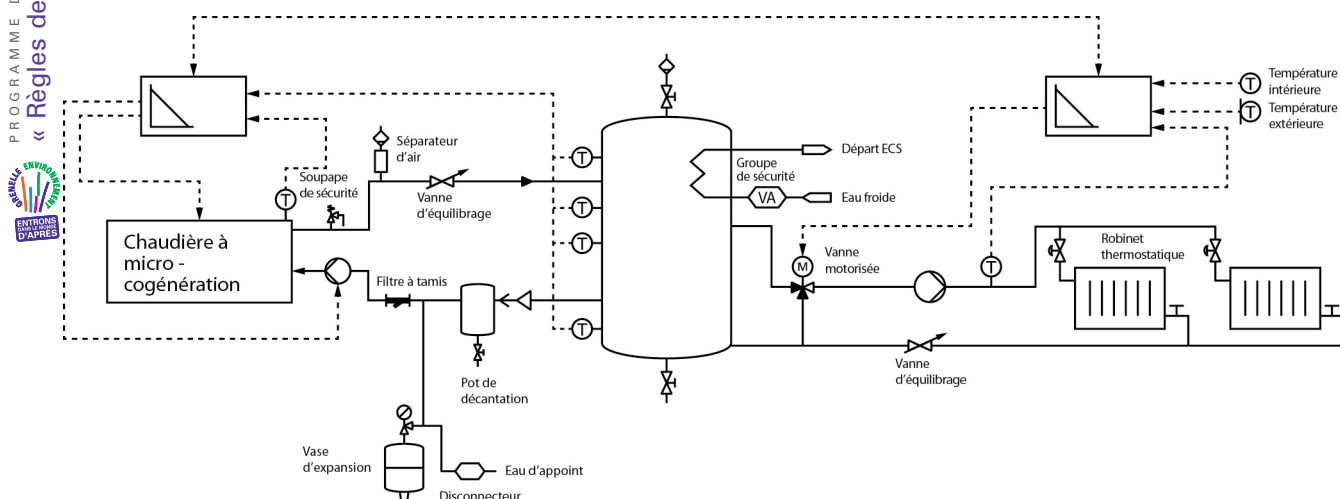
Ne sont pas traités ici les schémas couplant une chaudière à micro-cogénération à une autre énergie renouvelable (solaire...) ou à un autre générateur.

Si de telles solutions sont envisagées avec une chaudière à micro-cogénération, les préconisations du fabricant doivent être suivies.

Si aucune préconisation n'est fournie dans les notices, prendre contact avec le fabricant afin de s'assurer de la compatibilité entre le montage souhaité et la chaudière.

5.1. • Circuit avec volume tampon à quatre piquages

Le circuit avec volume tampon à quatre piquages permet de découpler les circuits production et usage (Figure 4). Ce type de montage est recommandé sur des installations fonctionnant en charge/décharge ou lorsque les circuits sont séparés physiquement, par exemple par échangeur intégré au volume tampon.



▲ Figure 4 : Exemple de schéma de principe du raccordement d'une chaudière à micro-cogénération sur un volume tampon à quatre piquages

Le volume tampon intègre parfois un échangeur à serpentin (ou un bain marie) permettant la production d'eau chaude sanitaire, comme à la (Figure 4). Afin d'assurer le confort et la production d'eau chaude sanitaire, une température d'eau minimale en partie supérieure est nécessaire.

Dans ce cas, la contenance du volume tampon permet d'assurer à la fois les besoins en chauffage et en eau chaude sanitaire. Un contrôle spécifique est nécessaire quant à la prise en compte de cette fonctionnalité par la chaudière à micro-cogénération.

Plusieurs sondes de température servent à réguler l'installation :

- Une sonde de départ placée en sortie de chaudière pour contrôler la température produite et la comparer à la consigne de régulation. Cette sonde peut être intégrée à la chaudière. Il peut aussi s'agir de la température de retour mesurée en entrée de chaudière ;
- Une ou plusieurs sondes de température sont placées dans le volume tampon afin de vérifier si l'énergie contenue dans le volume tampon permet ou non de subvenir aux besoins en chaleur. Le cas échéant, la chaudière est mise en marche.

Commentaire

Le volume tampon joue le rôle d'organe de sécurité lors de l'arrêt du brûleur principal. En effet, lorsque le brûleur principal est stoppé, le moteur Stirling est encore « chaud ». Il continue de fonctionner de par sa forte inertie.

Le volume tampon permet d'améliorer les performances du moteur Stirling en évitant les cycles courts de fonctionnement.



La mise en œuvre d'un volume tampon à quatre piquages nécessite l'utilisation d'une régulation adaptée, contrôlant le fonctionnement des circulateurs primaire et secondaire.

Dans certains cas, un échangeur à serpentin peut être positionné sur le circuit primaire reliant la chaudière à micro-cogénération. Il a deux fonctions :

- éviter de traiter l'eau de l'ensemble du réseau de chauffage (en cas de traitement de l'eau circulant dans la chaudière) ;
- éviter le brassage de l'ensemble du volume tampon dans le cas où les circuits production et émission fonctionnent simultanément.

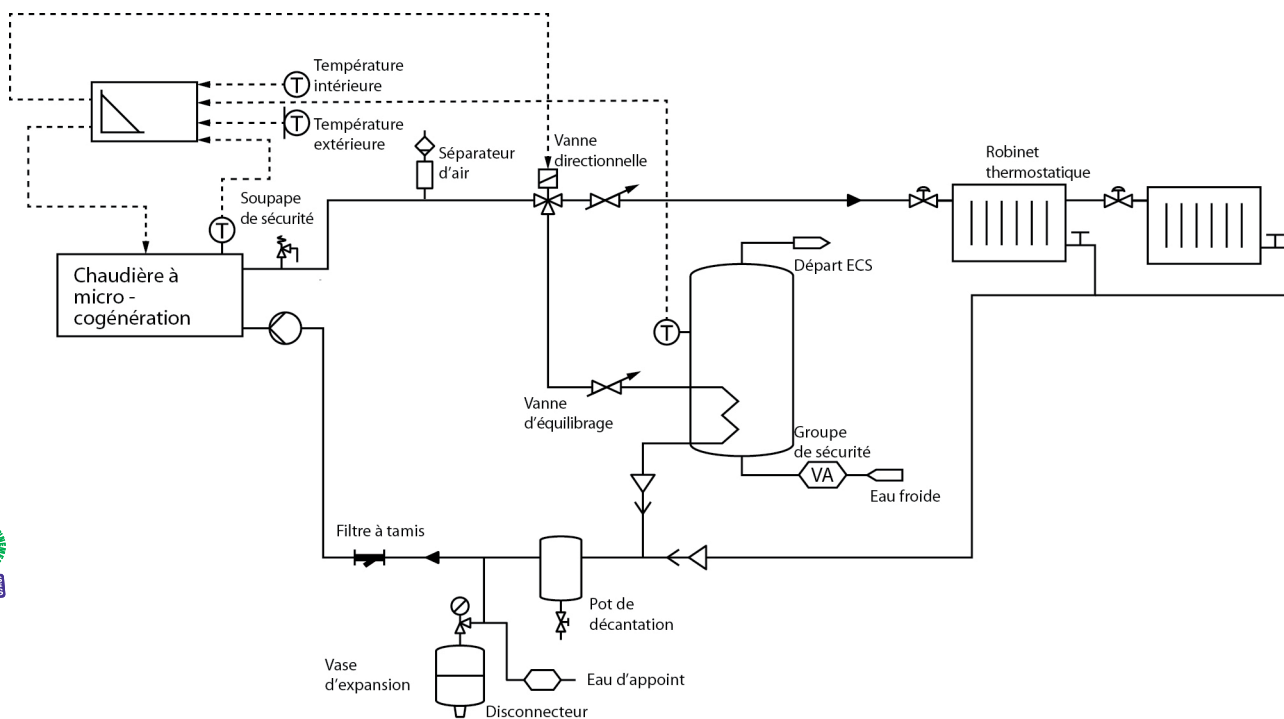
5.2. • *Circuit avec ballon d'eau chaude sanitaire et alimentation directe du circuit de chauffage*

Ce type de montage (Figure 5) comprend généralement une vanne à trois voies directionnelle externe assurant la priorité de la production d'eau chaude sanitaire.

Cette vanne est aussi utilisée pour orienter le débit vers le ballon d'eau chaude sanitaire lors de l'arrêt du brûleur principal afin de refroidir le moteur Stirling.



Il est nécessaire de vérifier auprès du fabricant du ballon d'eau chaude sanitaire que l'échangeur à serpentin peut supporter une eau traitée au primaire.



▲ Figure 5 : Exemple de schéma de principe du raccordement d'une chaudière à micro-cogénération avec ballon d'eau chaude sanitaire



Installation de la chaudière à micro-cogénération

6



6.1. • *Transport et vérifications initiales*

Dès l'arrivée de la chaudière à micro-cogénération, un premier contrôle visuel du colis doit être effectué. Toute détérioration de l'emballage lors du transport doit être mentionnée sur le bon de livraison. La prise de photos est recommandée afin de justifier des dégâts dus au transport.

Si le colis n'est pas visuellement abimé, il est peut alors être retiré.

Différents points de contrôle doivent alors être entrepris :

- Contrôle visuel de la chaudière à micro-cogénération (impacts extérieurs,...) ;
- Contenance du/des colis : présence de l'ensemble des pièces et notices ;
- Présence de la plaque signalétique sur l'appareil ;
- Présence du dispositif de transport (barres de maintien en position) du moteur Stirling.



Les barres de transport du moteur Stirling doivent rester en position d'origine jusqu'à sa mise en service, réalisée par une plateforme technique agréée par le fabricant.

6.2. • *Fixation murale ou pose au sol*

Il existe deux types de fixations des chaudières à micro-cogénération :

- Fixation au mur ;
- Pose au sol.

Commentaire

Le type de fixation est imposé par le fabricant.



La masse des chaudières à micro-cogénération dépasse souvent la masse pouvant être soulevée par une seule personne. Deux personnes (au minimum) sont donc nécessaires au positionnement de la machine.

En effet, l'article R4541-9 du code du travail stipule que : « Lorsque le recours à la manutention manuelle est inévitable et que les aides mécaniques prévues au 2° du premier alinéa de l'article R. 4541-5 ne peuvent pas être mises en œuvre, un travailleur ne peut être admis à porter d'une façon habituelle des charges supérieures à 55 kilogrammes qu'à condition d'y avoir été reconnu apte par le médecin du travail, sans que ces charges puissent être supérieures à 105 kilogrammes. ».

Commentaire

Certains fabricants proposent des systèmes mécaniques d'aide à la manutention de la chaudière à micro-cogénération.

6.2.1. • Fixation murale



Il est conseillé d'installer la chaudière à micro-cogénération sur un mur porteur ou (a minima) résistant à la charge de la chaudière.

Attention à la masse de la chaudière à micro-cogénération : la masse donnée par le fabricant peut être la masse de la chaudière à micro-cogénération vide d'eau.



Le moteur Stirling engendre des vibrations qui peuvent se propager dans les parois (murs...). Il est recommandé de ne pas fixer la chaudière à micro-cogénération sur un mur contiguë à un voisin ou une pièce telle qu'une chambre.

Un espace suffisant autour de l'appareil doit être prévu pour faciliter les différents raccordements et la maintenance de l'appareil.



Respecter les espaces minimaux autour de l'appareil préconisés par le fabricant.

Les chaudières à fixation murale sont généralement livrées avec un gabarit de pose. Ce gabarit permet de tracer les différents trous à percer pour la pose et de positionner l'appareil par rapport aux réseaux qui devront y être raccordés.



Fixer le gabarit de la chaudière de manière horizontale et verticale en utilisant un niveau.

Pour un bon fonctionnement du moteur Stirling, la chaudière doit être installée de niveau dans les limites imposées par le fabricant.

Une fois les trous percés, le système anti-vibratile du fabricant doit être installé afin de minimiser le bruit transmis par la paroi. Il se compose a minima de l'un des matériaux suivants :

- Chevilles spécifiques ;
- Tapis anti-vibratile à placer entre le support de pose et la chaudière.

A noter que le type de cheville doit être adapté au type de paroi.

Dans certains cas, un étrier de suspension facilite l'accroche de la chaudière au mur.



Utiliser les matériaux anti-bruit (tapis, chevilles...) fournis par le fabricant et les installer conformément à ses prescriptions.

Il convient ensuite de positionner la chaudière à micro-cogénération à l'endroit prévue. Il faut veiller, durant cette étape, à la maintenir autant que possible en position verticale pour éviter toute détérioration du moteur Stirling.

6.2.2. • Pose au sol

Les chaudières au sol disposent généralement de roulettes afin de pouvoir les manipuler plus simplement. Toutefois, la dépose de la palette ainsi que l'installation finale peuvent nécessiter de soulever la chaudière.



Respecter les espaces minimaux autour de l'appareil préconisés par le fabricant.



Une platine de connexion est parfois à fixer au sol et sert de guide au positionnement de la chaudière.



Le moteur Stirling engendre des vibrations qui peuvent se propager dans les parois (sol...). Il est recommandé de réaliser un socle anti-vibratile sous la chaudière et de veiller à son implantation vis-à-vis des voisins ou des pièces telles que les chambres.

Commentaire

Il est recommandé de poser la chaudière sur un sol solide et de préférence carrelé, bétonné ou recouvert d'un matériau de protection, notamment pour les sols stratifiés.

La pose d'objets sur la chaudière est à éviter (sauf si le fabricant l'autorise). Il est préférable d'installer une étagère au-dessus de la chaudière tout en respectant l'espace minimal autour de l'appareil préconisé par le fabricant.

6.3. • Points de contrôle

La pose de la chaudière à micro-cogénération nécessite un contrôle afin d'éviter tout défaut lors de la mise en service :

- Pré-contrôles de l'appareil avant et après déballage ;
- Contrôle du support ;
- Pose de matériau anti-vibratile ;
- Fixation soignée ;
- Fixation solide au mur ou au sol ;
- Absence de jeu apparent entre le support et l'appareil ;
- Accessibilité de l'ensemble des raccords et du capot.

L'exemple de fiche d'autocontrôle de l'[Annexe 1] récapitule ces points de vérification.



Composants hydrauliques

7



Le circuit hydraulique comporte les composants principaux suivants :

- Un dispositif de protection anti-pollution ;
- Un ou plusieurs circulateurs ;
- Un vase d'expansion ;
- Une soupape de sécurité ;
- Une vanne directionnelle de priorité eau chaude sanitaire ;
- D'autres accessoires : séparateur d'air, pot de décantation...

Commentaire

Plusieurs de ces composants sont généralement intégrés aux chaudières à micro-cogénération.

En fonction du diagnostic réalisé en phase de conception, certains de ces composants peuvent être présents sur le circuit hydraulique existant. Ils peuvent être réutilisés après vérification de leur état et de leurs caractéristiques.

Un exemple de fiche d'autocontrôle de la partie hydraulique est fourni en [Annexe 1].

7.1. • Circulateur

Le circulateur est souvent intégré à la chaudière.

En l'absence de celui-ci et sauf spécifications contraires du fabricant, le circulateur peut être monté sur une tuyauterie verticale ou horizontale. Le raccordement à l'installation s'effectue par raccords-union ou par contre-bridés PN 10 à souder ou à visser selon le diamètre. Le circulateur est généralement installé en amont de la chaudière à micro-cogénération.



Une vanne d'équilibrage est installée afin d'adapter les caractéristiques du circulateur au réseau.

Afin d'éviter tout risque éventuel de cavitation, la vanne d'équilibrage est placée au refoulement du circulateur, par exemple sur le départ de la chaudière à micro-cogénération.

Il convient de respecter les préconisations du fabricant pour le montage de la vanne d'équilibrage tel que le sens de circulation du fluide, les longueurs amont et aval à respecter...

La vanne d'équilibrage peut être à mesure de débit avec prises de pression intégrées, ou avec indication visuelle du débit. A défaut, il peut être prévu des prises de pression et un manomètre permettant de mesurer la hauteur manométrique du circulateur.

7.2. • *Volume tampon*

Le volume tampon doit être isolé avec une épaisseur minimale d'isolant de 100 mm sur toute sa surface, y compris sous le fond.

Il convient également :

- D'isoler du sol les supports de pose des volumes tampons : patins, supports en matériaux conducteurs...
- D'isoler les raccordements connectés et d'utiliser des bouchons isolés dans le cas où ils ne le sont pas utilisés.

Le volume d'eau est placé de préférence dans les locaux chauffés afin de limiter les pertes thermiques.

7.3. • *Vase d'expansion*

Le vase d'expansion est raccordé sur le retour du circuit de chauffage, en entrée de la chaudière à micro-cogénération. A cet emplacement :

- La membrane ou la vessie se trouve soumise aux températures les plus faibles de l'installation ;
- Le vase est sensiblement à la même hauteur donc à une pression proche de celle des soupapes de sécurité en sortie de chaudière à micro-cogénération.

Commentaire

Certaines chaudières à micro-cogénération intègrent un vase d'expansion de petite capacité (généralement de l'ordre d'une dizaine de litres). Si aucun vase n'est intégré à la chaudière ou si le vase intégré est de contenance trop faible, un vase extérieur à la chaudière doit être installé.

Il est préférable de placer le vase en amont du circulateur afin de maintenir l'ensemble du réseau en surpression pour éviter les infiltrations d'air, notamment au niveau des purgeurs.

Un robinet d'isolement et un robinet de purge sont installés pour les besoins de la maintenance (contrôle de la pression de gonflage). Le robinet d'isolement doit être verrouillable ou, à défaut, son volant ou levier de manœuvre doit être retiré en dehors des interventions.

Lors de l'opération de rinçage de l'installation neuve, le robinet d'isolement doit être fermé afin de ne pas introduire de résidus dans le vase.

Il est recommandé de laisser un espace suffisant sous le vase à membrane pour le contrôle de la pression de gonflage.

Le vase d'expansion et sa canalisation de raccordement au circuit ne doivent pas être calorifugés.

Les déplacements d'eau dans le vase, au gré des variations de la pression, peuvent entraîner des dépôts de boues dans le vase. La disposition du conduit de raccordement ne doit pas favoriser ces dépôts.

La pression de remplissage de l'installation est généralement supérieure d'environ 0,2 bar à la pression de gonflage du vase.

7.4. • Réseau hydraulique et accessoires de protection

Sur le réseau hydraulique, les pentes doivent être régulières, de l'ordre de 1,5 mm/m, de façon à permettre les purges et la vidange totale de l'installation.

La robinetterie et les accessoires sont installés partout où cela est nécessaire. Tous les circuits et les appareils doivent pouvoir être isolés.

En cas d'alimentation de plusieurs colonnes, au pied de chacune ou de chaque partie de réseau à équilibrer, il est installé sur l'aller un robinet d'isolement avec vidange et sur le retour, une vanne d'équilibrage pour le réglage du débit (elle assure aussi les fonctions d'isolement et de vidange). Elle peut être à mesure de débit (cf. 7.1).

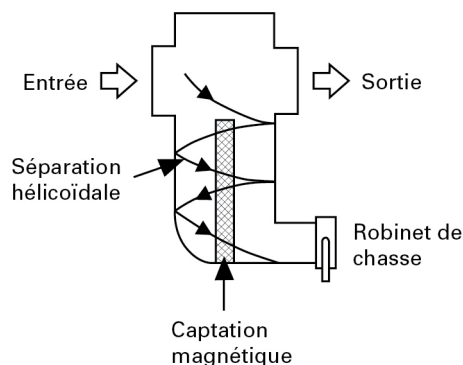
Le pot de décantation et le filtre à tamis

Le moteur Stirling contient un échangeur à eau (source froide) dont les écartements entre chaque ailette peuvent être très faibles (de l'ordre du millimètre). L'installation d'un pot de décantation est recommandée.

Un dispositif de filtration (filtre à tamis par exemple) peut également être installé en amont de la chaudière à micro-cogénération. Des robinets d'isolement sont prévus afin de faciliter la maintenance.



Un pot de décantation ou tout autre dispositif de préférence avec captation magnétique (Figure 6) est installé en entrée de la chaudière à micro-cogénération. Des robinets d'isolement sont prévus afin d'en faciliter la maintenance ultérieure.



▲ Figure 6 : Exemple de pot de décantation cyclonique avec captation magnétique

Commentaire

Les pots de décantation par gravitation ou par centrifugation favorisent le dégazage. Un dispositif de purge d'air est installé en partie haute des appareils.

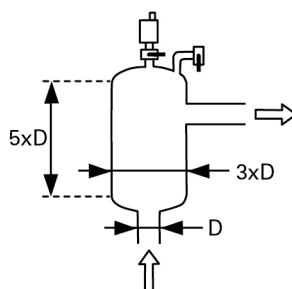


Ne pas hésiter à surdimensionner le diamètre du filtre à tamis pour éviter un colmatage trop rapide.

Le dispositif de dégazage

Il convient de prévoir un système de purge efficace en sortie de chaudière à micro-cogénération, par une bouteille de dégazage (Figure 7) ou mieux par un séparateur d'air. Ils sont associés à un purgeur.

Les points hauts sont prévus avec une purge d'air. Les purgeurs doivent être de bonne qualité, avec un diamètre minimum de 15x21 (1/2").



▲ Figure 7 : Exemple de bouteille de dégazage



Alimentation en gaz naturel



L'alimentation d'un système de chauffage individuel au gaz naturel est principalement réglementée par les textes suivants :

- NF DTU 61.1 relatif aux installations de gaz dans les locaux d'habitation ;
- L'arrêté du 15 juillet 1980 modifié rendant obligatoire des spécifications techniques relatives à la réalisation et à la mise en œuvre des canalisations de gaz à l'intérieur des bâtiments d'habitation ou de leurs dépendances ;
- L'arrêté du 2 août 1977 modifié relatif aux règles techniques et de sécurité applicables aux installations de gaz combustibles et d'hydrocarbures liquéfiés situées à l'intérieur des bâtiments d'habitation ou de leurs dépendances.



Toute modification de l'installation de gaz doit faire l'objet d'un contrôle. Suite à ce contrôle, si aucun défaut n'est relevé, un certificat de conformité gaz validé par une personne certifiée est édité et remis à l'utilisateur. Ce certificat fait foi auprès de l'assurance.

Si l'installateur est qualifié « Professionnel du Gaz » (PG), il peut lui-même délivrer ce certificat. Mais, même dans ce cas, un audit extérieur peut parfois être imposé.

Si l'installateur n'est pas qualifié « Professionnel du Gaz » (PG), un organisme accrédité doit contrôler l'installation.



Commentaire

Quatre modèles de certification gaz existent à ce jour. Seuls deux modèles sont destinés aux installations modifiées de gaz intérieures aux logements.

Le modèle 2 est destiné aux installations de gaz intérieures aux logements.

Le modèle 4 est destiné au remplacement de chaudières dans l'axe et l'emprise de l'appareil précédent.

8.1. • Réalisation du raccordement

L'alimentation en gaz de la chaudière à micro-cogénération doit être réalisée en dérivation sur l'installation intérieure.

Seuls les appareils immobilisés soit par leur propre poids soit par une fixation spécifique (vis...) peuvent être raccordés par tuyauterie rigide. La chaudière à micro-cogénération peut aussi être raccordée par une tuyauterie flexible métallique conforme à la norme NF D 36-121 ou à la norme NF D 36-123.

Les raccords sont à effectuer conformément aux prescriptions du NF DTU 61.1 P2.

La tuyauterie desservant la chaudière à micro-cogénération doit être équipée d'un robinet de commande. Il peut être intégré à la chaudière à micro-cogénération. S'il n'est pas présent, il doit être installé conformément à la réglementation.

Certains fabricants peuvent exiger l'installation d'un filtre sur l'alimentation en gaz de la chaudière.

Commentaire

Le robinet de commande d'appareil n'est pas obligatoire lorsque les trois conditions suivantes sont respectées simultanément :

- L'appareil est raccordé en tuyauterie rigide ;
- L'appareil est pourvu d'un robinet ou d'un dispositif équivalent à la sécurité positive permettant la coupure de l'alimentation en gaz ;
- L'obturation de la tuyauterie fixe par un bouchon vissé est possible en cas de dépose de l'appareil.



Si la pression d'alimentation en gaz est supérieure à celle acceptée par la chaudière à micro-cogénération, l'installation d'un détendeur est nécessaire.

8.2. • *Points de contrôle*

Suite à la pose, les principaux points de contrôle reposent sur les aspects visuels :

- Présence des équipements (robinet de commande, détendeur, filtre si nécessaire...);
- Vérification visuelle des raccordements et/ou des soudures ;
- Recherche de fuites éventuelles.

Cette série de contrôles peut s'appuyer sur la « Fiche Visa Qualité », dont l'utilisation est obligatoire dans le cadre de l'appellation « Professionnel du gaz » (PG).



Évacuation des produits de combustion

9



En rénovation, il est recommandé, si possible, des chaudières à micro-cogénération à circuit de combustion étanche de type C qui prélèvent l'air de combustion directement à l'extérieur par un conduit spécifique.



Avant la pose des conduits, un contrôle de la conformité entre le produit livré (plaques signalétiques des conduits et accessoires) et les prescriptions du fabricant doit être effectué : diamètre, température maximale des fumées, pression à la buse, matériau...

Pour les appareils de type C, seuls les produits définis dans la notice du fabricant de l'appareil peuvent être utilisés.

9.1. • *Raccordement des chaudières étanches de type C*

L'installation et la mise en œuvre des conduits d'évacuation des produits de combustion et d'amenée d'air associés à des chaudières de type C sont à réaliser conformément au :

- NF DTU 61.1 P4 ;
- Cahier des prescriptions techniques communes n°3592 du CSTB et Avis Technique ou Documents Techniques d'Application du système ;
- Avis Technique ou Documents Techniques d'Application, pour les systèmes non mentionnés dans les textes précédents.



9.2. • *Raccordement des chaudières non étanches de type B*

L'installation et la mise en œuvre des conduits d'évacuation des produits de combustion (et d'amenée d'air) associés à des raccordements de type B sont à réaliser conformément au :

- NF DTU 24.1 ;
- NF DTU 61.1 P4 ;
- Cahier des prescriptions techniques communes n°3627 du CSTB et Avis Technique ou Documents Techniques d'Application du système ;
- Avis Technique ou Documents Techniques d'Application, pour les systèmes non mentionnés dans les textes précédents.

9.3. • *Évacuation des condensats*

Les conduits doivent être installés avec une pente descendante supérieure ou égale à 3% dirigée :

- Vers la chaudière si le fabricant autorise la collecte des condensats au sein de la chaudière ;
- Vers le dispositif de récupération des condensats installé juste en sortie de chaudière dans le cas contraire.

Ces conduits ne doivent présenter aucun point bas non raccordé.

L'évacuation des condensats doit être réalisée conformément aux prescriptions du fabricant.

Si aucune précision n'est donnée dans la notice du fabricant, un tuyau de purge muni d'un siphon contenant une hauteur d'eau suffisante doit être installé. Un neutraliseur de condensats peut être prévu pour réduire leur acidité avant évacuation.

De manière générale, il est recommandé d'installer le conduit d'évacuation des condensats (mais aussi des autres évacuations : soupape de sécurité...) avec une pente descendante supérieure ou égale à 1,5%.

9.4. • *Points de contrôle*

Les principaux points de contrôle de la mise en œuvre de la fumisterie (liste non exhaustive) :

- Conformité du type de raccordement avec les préconisations du fabricant et respect de la réglementation en vigueur ;
- Conformité de la liaison entre la chaudière à micro-cogénération et le conduit ;
- Emboîtement des jonctions des différents accessoires ;



- Respect des prescriptions concernant l'emboîtement des différents accessoires (joints pour les conduits de type C...);
- Traversées de parois conformes (étanchéité à l'air et à l'eau...);
- Installation de l'accessoire de débouché du conduit;
- Eventuelle protection mécanique de la partie extérieure du conduit;
- Fixation des différents éléments (par colliers par exemple);
- Respect des pentes (supérieure ou égale à 3% pour l'évacuation des produits de combustion et à 1,5% pour l'écoulement des condensats);
- Présence d'une purge des condensats à chaque point bas;
- Conformité des raccordements des différentes purges (évacuation des condensats...).

L'exemple de fiche d'autocontrôle de l'[Annexe 1] récapitule ces points de vérification.



Raccordement électrique

10



Les travaux d'électricité doivent être effectués par des personnes habilitées ayant les connaissances suffisantes :

- Pour les travaux hors tension : exécutant électricien (habilitation B1) ;
- Pour les travaux en Basse Tension : chargé d'intervention (habilitation BR).

Commentaire

L'exécutant électricien (habilitation B1) travaille en équipe sous la direction d'un chargé de travaux (habilitation B2 et/ou H2) ou d'un chargé d'interventions (habilitation BR).

Le chargé d'intervention BR peut travailler seul ou peut diriger des personnes habilitées B1 et éventuellement d'autres BR.

Le raccordement de la chaudière à micro-cogénération doit être réalisé à partir d'un circuit d'alimentation spécialisé spécifique.



Le branchement et les raccordements électriques doivent être réalisés selon les exigences de la norme NF C 15-100 et les spécifications du fabricant.



La section du câble électrique préconisée pour l'alimentation de la chaudière à micro-cogénération doit être respectée.



La norme NF C 15-100 ne traite pas spécifiquement des chaudières à micro-cogénération. Les préconisations concernant les appareils de chauffage doivent être appliquées.



Comme pour toute installation de production d'électricité, des démarches administratives liées au raccordement électrique sont nécessaires. Il revient à l'installateur de réaliser ces démarches pour son client.

10.1. • *Protection de découplage*



Toute production d'électricité doit disposer d'une protection de découplage du réseau public de distribution d'électricité.

Généralement, sur les chaudières à micro-cogénération, la protection de découplage du réseau public de distribution d'électricité est intégrée et est certifiée DIN VDE 0126.1.1. Dans ce cas, le certificat de découplage de la chaudière à micro-cogénération peut être demandé par l'entreprise locale de distribution d'électricité lors de la demande de raccordement au réseau public. Ce certificat est obtenu auprès du fournisseur du produit.



Si la chaudière n'est pas certifiée DIN VDE 0126.1.1, une protection de découplage externe doit être installée.

10.2. • *Circuit spécialisé*

Le raccordement électrique de la chaudière à micro-cogénération doit être réalisé à partir d'un circuit d'alimentation spécialisé dédié.



Ne jamais raccorder la chaudière à micro-cogénération sur un circuit électrique alimentant un autre appareil.

Les câbles doivent être suffisamment longs pour couvrir la distance complète, sans raccord. Aucun câble prolongateur ne doit être utilisé.

La norme NF C 15-100 prévoit plusieurs méthodes de raccordement pour un appareil de chauffage :

- Soit sur les bornes de raccordement au réseau intégrées (par construction) au matériel ;



- Soit par un adaptateur spécifique non débrochable (sectionneur de coupure...);
- Soit à l'aide de bornes placées dans une boîte.



Il est recommandé d'effectuer le raccordement entre le câble d'alimentation et le câble de la chaudière à micro-cogénération (installé par le fabricant généralement) à l'aide d'un élément non débrochable (bornier, sectionneur...).

Avec ce dispositif, l'utilisateur ne pourra pas utiliser ce circuit à d'autres fins.

Des moyens appropriés doivent être prévus pour empêcher la remise en marche intempestive de la chaudière à micro-cogénération pendant l'entretien à moins que les moyens de coupure ne soient sous la surveillance continue de la personne effectuant l'entretien.

Commentaire

De tels moyens peuvent comprendre une ou plusieurs des mesures suivantes : interrupteur de proximité, condamnation, pancarte d'avertissement, dispositions dans un local ou sous enveloppe fermant à clé...

10.3. • Protection complémentaire contre les contacts indirects

Le circuit d'alimentation de la chaudière doit être protégé par un dispositif différentiel à courant différentiel résiduel assigné au plus égal à 30 mA. Il peut s'agir d'un disjoncteur différentiel ou d'un interrupteur différentiel. Il doit être placé à l'origine du circuit et peut être :

- Soit divisionnaire pour un groupe de circuits ;
- Soit individuel pour un circuit spécialisé ou non.

Le nombre et le courant assigné des disjoncteurs et interrupteurs différentiels 30 mA non dédiés à certaines fonctions spécifiques (chaudière...) protégeant les circuits des locaux d'habitation sont au minimum ceux indiqués dans le tableau 771E « Choix des interrupteurs différentiels » de la norme NF C 15-100.

10.4. • Protection contre les surintensités et les court-circuits

Tout circuit doit être protégé par un dispositif de protection qui est soit un fusible soit un disjoncteur et dont le courant assigné maximal (calibre) est égal à la valeur indiquée en (Figure 8).



Puissance maximale (en W)		Section minimale des conducteurs (en mm ²)	Courant assigné maximal du dispositif de protection (en A)	
230 V	400 V		Disjoncteur	Fusible
2250	4000	1,5	10	10
3500	6400	2,5	20	16

▲ Figure 8 : Courant assigné maximal du dispositif de protection

10.5. • *Conducteur de protection*

Tous les circuits doivent comporter un conducteur de protection. Il doit être relié :

- D'une part à la borne principale de terre de l'installation ;
- D'autre part à la borne de terre de la chaudière à micro-cogénération.



En aucun cas il n'est utilisé une canalisation publique, un parasurtenseur ou la terre du téléphone comme terre pour la chaudière à micro-cogénération.

10.6. • *Points de contrôle*

Les principaux points de contrôle du raccordement électrique (liste non exhaustive) :

- Tension d'alimentation conforme aux plaques signalétiques des appareils (chaudière à micro-cogénération, circulateurs...) ;
- Valeur de coupure du disjoncteur ;
- Diamètre des câbles d'alimentation de la chaudière à micro-cogénération conforme aux préconisations du fabricant ;
- Bon raccordement à la terre ;
- Serrage des connexions électriques ;
- Vérification des isolements (courants de fuite).

L'exemple de fiche d'autocontrôle de l'[Annexe 1] récapitule ces points de vérification.

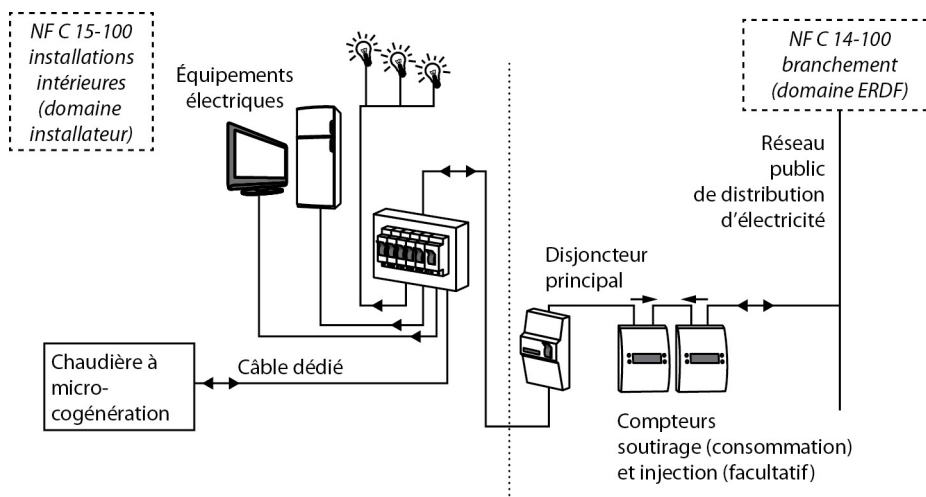
10.7. • *Raccordement du compteur de revente*



Un compteur de revente est installé uniquement en cas de revente du surplus d'électricité produite.

La pose du compteur de revente est effectuée par l'entreprise locale de distribution d'électricité.

Elle intervient à la suite des travaux d'installation de la chaudière à micro-cogénération et une fois les démarches administratives de raccordement validées (contrat de raccordement et proposition de raccordement signés, et acceptation du responsable d'équilibre).



▲ Figure 9 : Schéma de principe du raccordement électrique d'une chaudière à micro-cogénération au réseau électrique

Commentaire

Il peut être fait le choix de ne pas revendre le surplus de production d'électricité injecté sur le réseau. Dans ce cas, l'installation d'un compteur additionnel de revente n'est pas nécessaire.

11

Mise en service



La mise en service d'une installation de chaudière à micro-cogénération doit être réalisée par des personnels agréés par le fabricant.

Elle comporte les phases suivantes :

- La mise en eau ;
- La vérification de l'installation ;
- Les essais ;
- Les réglages et l'équilibrage hydraulique ;
- La mise en main de l'installation.

Après chaque phase de la mise en service, les différentes données de l'installation (produits injectés, pressions d'essais...) sont consignées.

L'exemple de fiche d'autocontrôle de l'[Annexe 1] récapitule les différents points à vérifier lors des phases de mise en eau et d'essais.

11.1. • *Retrait des protections de transport*

Durant la manipulation de la chaudière à micro-cogénération, le moteur Stirling est maintenu en position à l'aide de barres de transport posées en usine. La présence de ces barres est une marque de sécurité du fabricant entre la sortie de l'usine et la mise en service chez le client.



Avant la mise en route du moteur Stirling, les barres de transport doivent être retirées pour éviter la destruction du moteur Stirling.

Seul un personnel d'une plateforme technique agréée par le fabricant est autorisé à retirer les barres de transport du moteur Stirling.

11.2. • Mise en eau de l'installation

Les différentes phases sont :

- Désembouage et rinçage de l'installation ;
- Remplissage de l'installation et traitement d'eau.

11.2.1. • Désembouage et rinçage de l'installation

Le désembouage d'une installation de chauffage existante permet d'éliminer les dépôts présents dans l'installation existante.



Lors de l'opération de désembouage, la chaudière à micro-cogénération doit être déconnectée hydrauliquement du circuit afin d'éviter la circulation du liquide de désembouage dans la chaudière ainsi que le dépôt de boues.

Le rinçage permet d'éliminer au maximum les particules mises en suspension par les brasures et durant la mise en œuvre.

Pour collecter les particules restantes, il est recommandé d'utiliser un dispositif efficace de captation des boues (cf. 7.4) sur le retour du circuit de chauffage en partie basse et de le nettoyer quelques temps après la remise en service de l'installation.

11.2.2. • Remplissage du circuit et traitement de l'eau

Après les opérations de rinçage et de raccordement du circuit à la chaudière à micro-cogénération, il y a lieu de reconditionner l'ensemble du réseau hydraulique pour un fonctionnement minimisant les risques de corrosion, d'entartrage et d'embouage.

Un traitement préventif de l'eau de chauffage est préconisé, en complément des équipements : dispositif de décantation des boues, filtre, dispositif de dégazage, purgeurs d'air... (cf. 7.4).

Ce traitement doit respecter les recommandations du fabricant de la chaudière à micro-cogénération et tenir compte des matériaux présents sur l'installation (cuivre, aluminium, fer...), de la qualité d'eau de remplissage et des températures de fonctionnement.



Avant l'ajout d'un additif à l'eau de chauffage, il convient de s'assurer qu'il est compatible avec l'ensemble des composants du circuit (émetteurs, échangeurs, canalisations...).

Afin d'éviter toute dégradation irréversible, les préconisations du fabricant doivent être suivies concernant l'ajout d'un additif à l'eau circulant dans la chaudière à micro-cogénération.

Adoucissement de l'eau

En cas d'incompatibilité entre l'eau du réseau de remplissage (eau de ville) et les préconisations du fabricant, un adoucissement de l'eau peut être requis. Dans ce cas, le traitement employé devra être validé par le fabricant.

Utilisation d'inhibiteur de corrosion

Afin de protéger le circuit et la chaudière à micro-cogénération contre la corrosion (notamment pour éviter l'encrassement de l'échangeur à eau du moteur Stirling), l'ajout d'un inhibiteur de corrosion est recommandé.

Les caractéristiques moyennes des inhibiteurs de corrosion du commerce sont :

- Densité à 20°C : entre 1,05 et 1,2 ;
- pH : entre 6 et 8 ;
- Concentration en inhibiteur de corrosion recommandée : entre 0,5 et 2% suivant le produit et le type d'émetteur.

Le contrôle du taux d'inhibiteur est mesuré par pesée, à l'aide d'un réfractomètre ou d'un densimètre.

Commentaire

Une correction due à l'ajout d'additif peut être prise en compte dans le calcul du débit et des pertes de charge.



La vidange à l'égout est interdite en présence d'inhibiteur de corrosion dans l'eau ou de tout autre produit additif introduit. Le fluide caloporteur doit être récupéré et apporté dans une décharge adaptée.



11.3. • Mise en service de l'alimentation en gaz

La procédure de mise en gaz d'une installation, après la pose, est décrite par le NF DTU 61.1 P3.

L'installation étant réalisée, une vérification de l'installation et particulièrement de points clés est réalisée avant la mise en service (liste non exhaustive) :

- Contrôle de la ventilation du local ;
- Vérification du type de gaz fourni par rapport aux données de la plaque signalétique de la chaudière à micro-cogénération ;
- Vérification visuelle des raccordements et/ou des soudures ;
- Présence des équipements requis.

11.4. • Gaz de travail du moteur Stirling

Sur les chaudières disposant d'une prise de pression, la vérification de la pression du gaz de travail du moteur Stirling peut être effectuée. Cette opération est réalisée conformément aux prescriptions du fabricant qui peut demander un éventuel appoint de gaz de travail.

Commentaire

Lorsque le gaz de travail est de l'azote, les chaudières disposent généralement d'une prise de pression pour le contrôle et le réajustement de la pression.



Sur les chaudières disposant d'une prise de pression, l'appoint de gaz de travail doit être effectué avec le gaz prescrit par le fabricant sans quoi des risques de pannes peuvent survenir.

11.5. • Essais

11.5.1. • Essais sur l'eau

L'ensemble de l'installation doit être soumis à un essai d'étanchéité. Les épreuves de pression se font en cours de montage, par réseau ou tronçon de réseau, avant peinture, calorifugeage et calfeutrement des brèches.

La pression d'essai est de 2 fois la pression de service pendant 48 h.

L'absence de fuites et la pression d'essai doivent être inscrites dans un rapport d'essai.



Lorsqu'il y a risque de gel, des mesures appropriées telles que l'utilisation d'antigel ou le chauffage du bâtiment doivent être prises.

Si la protection antigel n'est plus nécessaire dans les conditions normales de fonctionnement, l'antigel doit être vidangé et l'installation doit être rincée trois fois avec de l'eau propre.

11.5.2. • Essais sur la chaudière à micro-cogénération

Il est nécessaire d'effectuer la mise en route selon les indications du fabricant et a minima de vérifier les points suivants :

- Fonctionnement de la régulation de température. Après avoir modifié la température de consigne de la chaudière à micro-cogénération, vérifier l'enclenchement et l'arrêt du brûleur ;
- Fonctionnement des sécurités ;
- Intensité absorbée et puissance de production d'électricité ;
- Tension d'alimentation ;
- Réglage du brûleur principal (rapport air/gaz) par analyse de combustion ;
- Réglage du brûleur auxiliaire (rapport air/gaz) par analyse de combustion ;
- Contrôle de la pression d'eau de l'installation de chauffage.

11.5.3. • Essais sur les radiateurs

Il est nécessaire de vérifier les points suivants :

- La température ambiante atteinte dans la pièce ;
- Le fonctionnement des robinets thermostatiques (absence de blocage).

11.5.4. • Equilibrage des circuits de distribution

L'équilibrage de l'installation doit être réalisé à partir des éléments de l'étude technique.

Commentaire

L'étude technique donne notamment le débit d'eau dans chaque boucle et le nombre de tours à effectuer sur l'élément de réglage...

L'équilibrage consiste à régler le nombre de tours des vannes d'équilibrage.

Pour les radiateurs, l'équilibrage aussi consiste à régler les tés de réglage de chaque émetteur.



Pour les circuits de plancher chauffant, l'équilibrage se réalise en deux étapes :

- Equilibrage de chaque boucle entre elles au niveau du collecteur ;
- Equilibrage des différents collecteurs entre eux.

11.5.5. • Paramétrage du régulateur

Le paramétrage du régulateur consiste à régler principalement :

- La pente de la courbe de chauffe (loi d'eau) ou à la sélectionner ;
- Les consignes de température ambiante de confort et de réduit ;
- La programmation horaire des périodes de confort et de réduit ;
- La consigne de température d'eau chaude sanitaire ;
- Les seuils d'alarmes.

11.6. • Contrôle du fonctionnement de l'installation complète

Après les différents essais et réglages, les paramètres suivants sont vérifiés :

- Les températures d'eau en différents points ;
- Les températures ambiantes des pièces ;
- Le fonctionnement silencieux de l'installation ;
- Le fonctionnement de la régulation et des sécurités ;
- La puissance absorbée et produite par la chaudière.

Un relevé du fonctionnement est alors consigné sur la fiche de mise en route. Les résultats sont vérifiés par rapport aux données du fabricant.

Commentaire

Ce relevé constitue une référence comparative pour les contrôles ultérieurs et doit servir de base pour le carnet d'entretien de la machine.

11.7. • Mise en main de l'installation

A la fin des travaux, lorsque l'installation fonctionne, l'entreprise remet les résultats des réglages et essais.



Elle fournit au maître d'ouvrage ou à l'utilisateur a minima les éléments suivants :

- La documentation technique en langue française de l'appareil installé ;
- Les schémas électriques ;
- Les fiches de mise en route ;
- Un schéma de principe de l'installation ;
- Une notice de fonctionnement de la régulation (avec les réglages de la pente et des points de consignes) ;
- Une notice de fonctionnement claire et précise de l'ensemble de l'installation.

Une personne qualifiée ayant participé à la mise en œuvre doit préciser à l'utilisateur les conditions d'installation et les limites d'emploi de l'installation.

L'installation doit être réalisée par une entreprise qualifiée et ayant reçu une formation adéquate de la part du fabricant du système.

Commentaire

Pour mémoire, le Code civil impose les caractéristiques de responsabilités suivantes :

Article 1792-3 : Les autres éléments d'équipements de l'ouvrage (ceux ne faisant pas corps avec les ouvrages de viabilité, de fondation, d'ossature, de clos ou de couvert) font l'objet d'une garantie de bon fonctionnement d'une durée minimale de deux ans à compter de sa réception.

Article 1792-4-1 : Toute personne physique ou morale dont la responsabilité peut être engagée en vertu des articles 1792 à 1792-4 est dégagée des responsabilités et garanties pesant sur elle, en application des articles 1792 à 1792-2, après dix ans à compter de la réception des travaux ou, en application de l'article 1792-3, à l'expiration du délai visé à cet article.

Informations et conseils à l'utilisateur

12



12.1. • Particularités des chaudières à micro-cogénération

Avant installation, les principaux matériels sont présentés au client final au travers de documentations de fabricants et/ou de fiches produits. Certains de ces équipements comme la chaudière à micro-cogénération sont installés à l'intérieur du bâtiment avec une implantation définie en accord avec l'utilisateur.

Par la signature de la commande de réalisation de l'installation, le client reconnaît avoir eu connaissance de l'aspect esthétique de la chaudière à micro-cogénération et accepté l'emplacement qui a été choisi d'un commun accord. En aucun cas, il ne peut être reproché à l'installateur le caractère inesthétique ou disgracieux de l'équipement.

Il en est de même concernant les équipements installés à l'intérieur de l'habitation pour lesquels les documentations de fabricants et/ou de fiches produits spécifiques ont été également présentées au client final et leur emplacement choisi d'un commun accord entre les parties.

Commentaire

Il convient d'informer le client final des précautions à prendre pour le bon fonctionnement de l'installation.

A titre d'exemples, les précautions suivantes sont à suivre :

- L'alimentation électrique doit être conservée en cas d'absence prolongée en hiver. L'installation est alors mise en mode hors gel ;
- Seul un technicien rajoute de l'eau dans l'installation.

Une chute de pression d'eau dans l'installation est le signe d'une fuite. Il convient de faire appel à un technicien afin de rechercher la cause du manque d'eau.

Dans le cas d'une installation avec un produit formulé, une eau traitée ou contenant un antigel, l'ajout d'eau brute engendre des conséquences non négligeables : corrosion, risque de gel...

12.2. • *Obligations d'entretien annuel*

Les obligations d'entretien et de maintenance sont :

- l'entretien annuel d'une chaudière dont la puissance nominale est comprise entre 4 et 400 kW (arrêté du 15 septembre 2009) ;
- le ramonage du conduit d'évacuation des produits de combustion imposé au moins une fois par an par le RSDT (Règlement Sanitaire Départemental Type) pour les installations individuelles.



Il convient d'informer par écrit le client final des obligations d'entretien et de maintenance nécessaires pour assurer la pérennité de l'installation.

12.3. • *Préconisations d'un entretien et d'une maintenance régulière*

Commentaire

L'installateur doit informer le client final de la nécessité d'un entretien et d'une maintenance de son installation.

Les principaux arguments à faire valoir sont :

- L'entretien annuel est obligatoire et de la responsabilité du propriétaire ;
- Les opérations de maintenance permettent de maintenir dans le temps les performances, assurer la fiabilité de l'installation et allonger la durée de vie du matériel.

Ces arguments sont accompagnés des exemples suivants :

- A chaque visite périodique, il est effectué un relevé des données utiles au contrôle du bon fonctionnement de l'installation (températures, intensités...). Ce relevé est reporté sur le carnet d'entretien et comparé avec les données consignées sur la fiche de mise en route. Toute anomalie est signalée ;
- A chaque visite périodique, il est effectué des vérifications et des contrôles sur l'installation (pot de décantation, filtre...) pour son bon fonctionnement.

Annexe

13



[ANNEXE 1]: EXEMPLE DE FICHE D'AUTOCONTROLE POUR LA VERIFICATION DE L'INSTALLATION DE MICRO-COGENERATION



ANNEXE 1 : EXEMPLE DE FICHE D'AUTOCONTROLE POUR LA VERIFICATION DE L'INSTALLATION DE MICRO-COGENERATION

L'exemple de fiche d'autocontrôle présentée ci-après permet de vérifier la mise en œuvre de l'installation de chaudière à micro-cogénération.

Repère :	CHAUDIÈRE À MICRO-COGÉNÉRATION Fiche d'autocontrôle	Date :
Coordonnées installateur :	Coordonnées utilisateur :	
Ets :	Nom :	
Adresse :	Adresse :	
CP + ville :	CP + ville :	
Pose et fixation de la chaudière		
Appareil non endommagé à réception		<input type="checkbox"/> oui
Solidité du support		<input type="checkbox"/> oui
Absence de contact avec des zones sensibles aux vibrations (chambres, voisins)		<input type="checkbox"/> oui
Revêtement du support adapté (pour une pose au sol)		<input type="checkbox"/> oui
Pose de matériau anti-vibratile		<input type="checkbox"/> oui
Fixation soignée et étanche		<input type="checkbox"/> oui
Fixation solide, sans jeu		<input type="checkbox"/> oui
Respect du nombre et du type de fixations imposés par le fabricant		<input type="checkbox"/> oui
Respect des distances autour de l'appareil		<input type="checkbox"/> oui
Raccordement hydraulique de la chaudière		
Installation correcte du circulateur (sens de circulation, vitesse...)		<input type="checkbox"/> oui
Installation d'une vanne d'équilibrage		<input type="checkbox"/> oui
Installation correcte de la vanne directionnelle de priorité ECS		<input type="checkbox"/> oui
Réseau hydraulique de distribution		
Installation d'un dispositif anti-pollution et évacuation correcte vers l'égout		<input type="checkbox"/> oui
Installation d'une soupape de sécurité et évacuation correcte vers l'égout P tarage [bar] :		<input type="checkbox"/> oui
Installation correcte du ou des circulateurs (sens de circulation, vitesse...)		<input type="checkbox"/> oui
Installation d'une vanne d'équilibrage		<input type="checkbox"/> oui
Installation d'un vase d'expansion Volume [l] : P gonflage [bar] :		<input type="checkbox"/> oui
Installation d'un robinet d'isolement ou autre dispositif pour la maintenance		<input type="checkbox"/> oui
Serrage des colliers de fixation sur les tuyauteries		<input type="checkbox"/> oui
Pose des fixations et accrochages des tuyauteries		<input type="checkbox"/> oui
Pot de décantation sur le retour chaudière		<input type="checkbox"/> oui
Filtre à tamis		<input type="checkbox"/> oui
Vidanges en points bas		<input type="checkbox"/> oui
Bouteille de dégazage ou séparateur d'air (associé à un purgeur)		<input type="checkbox"/> oui
Purgeurs d'air en points hauts		<input type="checkbox"/> oui
Installation des collecteurs pour le passage des tubes en dalle		<input type="checkbox"/> oui
Installation du distributeur-collecteur pour plancher chauffant		<input type="checkbox"/> oui
Traversées des parois avec fourreau		<input type="checkbox"/> oui
Étanchéité des passages de tuyauteries dans les parois		<input type="checkbox"/> oui
Évacuation des produits de combustion		
Conformité du matériel posé avec les préconisations du fabricant		<input type="checkbox"/> oui
Conformité de la liaison entre la chaudière et le conduit		<input type="checkbox"/> oui



Repère :	CHAUDIÈRE À MICRO-COGÉNÉRATION Fiche d'autocontrôle	Date :
	Conformité de la jonction entre les différents éléments du conduit (joint d'étanchéité, profondeur d'emboîtement...)	<input type="checkbox"/> oui
	Conformité des traversées de paroi (étanchéité...)	<input type="checkbox"/> oui
	Conformité des accessoires de débouché du conduit	<input type="checkbox"/> oui
	Protection mécanique du débouché du conduit	<input type="checkbox"/> oui
	Conformité de la fixation du conduit (nombre, type et espacement des fixations...)	<input type="checkbox"/> oui
	Respect des pentes d'inclinaison du conduit	<input type="checkbox"/> oui
	Présence de purge des condensats à chaque point bas	<input type="checkbox"/> oui
	Présence d'un point d'analyse de la combustion	<input type="checkbox"/> oui
	Conformité du raccordement de l'évacuation des condensats	<input type="checkbox"/> oui
Raccordement électrique		
	Vérification de la tension d'alimentation	<input type="checkbox"/> oui
	Présence d'un disjoncteur différentiel ou d'un interrupteur différentiel (30 mA)	<input type="checkbox"/> oui
	Présence d'un disjoncteur ou d'un fusible Calibre [A] :	<input type="checkbox"/> oui
	Présence d'un interrupteur de proximité de la chaudière	<input type="checkbox"/> oui
	Vérification des sections de câbles	<input type="checkbox"/> oui
	Vérification des isolements	<input type="checkbox"/> oui
	Bon serrage des connexions électriques	
	Bon raccordement à la terre	<input type="checkbox"/> oui
	Étanchéité des passages de câbles en parois	<input type="checkbox"/> oui
	Étiquetage des câbles	<input type="checkbox"/> oui
	Repérage des bornes en armoire	<input type="checkbox"/> oui
Mise en eau		
	Désembouage de l'installation	<input type="checkbox"/> oui
	Rinçage de l'installation	<input type="checkbox"/> oui
	Remplissage de l'installation	<input type="checkbox"/> oui
	Présence de traitement dans le circuit	<input type="checkbox"/> oui
	Produit antigel/anticorrosion formulé Nature : Volume [l] :	<input type="checkbox"/> oui
	Mélange eau + antigel/anticorrosion réalisé sur site Nature du produit : Proportion produit [%] :	<input type="checkbox"/> oui
Essais		
	Essais sur l'eau : pression d'essai = 2 x pression de service	<input type="checkbox"/> oui
	Essais plancher : pression d'essai = 2 x pression de service avec une pression minimale de 6 [bar]	<input type="checkbox"/> oui
	Essais sur la chaudière à micro-cogénération	<input type="checkbox"/> oui
	Essais sur les émetteurs	<input type="checkbox"/> oui
	Équilibrage hydraulique	<input type="checkbox"/> oui
	Contrôle du fonctionnement de l'installation complète	<input type="checkbox"/> oui
	Mise en main de l'installation	<input type="checkbox"/> oui

Cette fiche est un outil à l'attention de l'entreprise, à utiliser pour contrôler ses propres travaux. Si l'installation a été correctement mise en œuvre, toutes les réponses doivent être « Oui ». La liste des points à vérifier dans cet exemple de fiche n'est pas exhaustive. Elle peut être complétée ou modifiée. Certains points peuvent être sans objet.

PARTENAIRES du Programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

- Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) ;
- Association des industries de produits de construction (AIMCC) ;
- Agence qualité construction (AQC) ;
- Confédération de l'artisanat et des petites entreprises du bâtiment (CAPEB) ;
- Confédération des organismes indépendants de prévention, de contrôle et d'inspection (COPREC Construction) ;
- Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) ;
- Électricité de France (EDF) ;
- Fédération des entreprises publiques locales (EPL) ;
- Fédération française du bâtiment (FFB) ;
- Fédération française des sociétés d'assurance (FFSA) ;
- Fédération des promoteurs immobiliers de France (FPI) ;
- Fédération des syndicats des métiers de la prestation intellectuelle du Conseil, de l'Ingénierie et du Numérique (Fédération CINOV) ;
- GDF SUEZ ;
- Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie ;
- Ministère de l'Égalité des Territoires et du Logement ;
- Plan Bâtiment Durable ;
- SYNTEC Ingénierie ;
- Union nationale des syndicats français d'architectes (UNSFA) ;
- Union nationale des économistes de la construction (UNTEC) ;
- Union sociale pour l'habitat (USH).

Les productions du Programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont le fruit d'un travail collectif des différents acteurs de la filière bâtiment en France.



GUIDE

CHAUDIÈRES À MICRO-
COGÉNÉRATION À MOTEUR
STIRLING FONCTIONNANT
AU GAZ NATUREL EN HABITAT
INDIVIDUEL

INSTALLATION ET MISE
EN SERVICE

SEPTEMBRE 2015

RÉNOVATION

Ce guide concerne les installations de chaudières à micro-cogénération, d'une puissance électrique produite de l'ordre du kilowatt, à moteur Stirling et fonctionnant au gaz naturel, destinées au chauffage et à la production d'eau chaude sanitaire en habitat individuel existant, lors d'une rénovation.

Il fournit les prescriptions relatives à l'installation et à la mise en service de la chaudière à micro-cogénération mais aussi des composants du circuit hydraulique (circulateur...) ainsi que de la régulation.

Les spécifications des raccordements aux réseaux de gaz et d'électricité ainsi que la fumisterie sont également traitées.

Bien que ces produits puissent être installés en production centrale (mini-chaufferie) ou en production individuelle en logement collectif, ces applications ne sont pas traitées dans ce guide.

Afin d'aider le professionnel, une fiche d'autocontrôle est proposée.



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS

« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

Ce programme est une application du Grenelle Environnement. Il vise à revoir l'ensemble des règles de construction, afin de réaliser des économies d'énergie dans le bâtiment et de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

