
« REUSSIR L'INTEGRATION DE L'HYDRAULIQUE ET DE LA REGULATION D'UNE COGENERATION DANS UNE CHAUFFERIE »





Personne de contact :

Annick Lempereur & Didier Darimont
Facilitateur en Cogénération pour la Wallonie

@ :

faciliteurelectriciteser@spw.wallonie.be

Tél : +32 (0)2 209 04 02

Yves Lebbe & Didier Darimont
Expert Cogénération pour la Région de
Bruxelles-Capitale

@ : faciliteur@environnement.irisnet.be



Wallonie



Service public
de Wallonie

FACILITEUR

ÉNERGIES RENOUVELABLES

Electricité verte et Cogénération
Bâtiments non résidentiels



RÉGION DE BRUXELLES-CAPITALE
BRUSSELS HOOFDSTEDELIJK GEWEST
BRUSSELS CAPITAL-REGION



Commanditaire :

Bruxelles Environnement Institut
Bruxellois pour la Gestion de
l'Environnement (IBGE)

Gulledelle, 100
1200 BRUXELLES

Personne de contact :

Leen Van Lishout
Fonctionnaire Attaché
Tél : 02. 563.42.00

@ : lvnishout@environnement.irisnet.be

TABLE DES MATIERES

Préalable	3
1. Motivation et objectif	3
2. Avertissement	3
3. Public cible	4
4. Enjeux environnementaux	4
4.1. Contexte	4
4.2. Directive Européenne	4
4.3. Promotion de la cogénération de qualité	4
5. Remerciements	5
La base des chaudières	6
1. Volume et débit d'eau des chaudières	6
1.1. Chaudière à faible volume d'eau et à débit minimal	6
1.2. Chaudière à grand volume d'eau	7
2. Température de fonctionnement des chaudières	7
3. Qualité de l'eau	8
La base de la cogénération	9
1. Principe	9
1.1. Bilan énergétique	9
1.2. Bilan environnemental	10
2. Exigence de la cogénération	10
3. Intégration de la cogénération dans la chaufferie	11
3.1. Les pièges d'intégration	11
3.2. Vision globale d'intégration	12
3.3. Puissances thermiques mises en jeu	13
3.4. Stockage de chaleur ou pas ?	16
3.5. Configurations hydrauliques de base	18
3.6. Régulation de base	21
Chaufferie idéale	24
1. Départ des circuits secondaires	24
1.1. Circuits à températures de distribution identiques	24
1.2. Circuits à températures de distribution différentes	26
2. Les circuits primaires	26
3. Adéquation des débits primaires et secondaires	26
3.1. Les chaudières à faibles pertes de charge	27
3.2. Les chaudières à pertes de charge importantes	27
4. Intégration de la cogénération	29
4.1. Les chaudières à faibles pertes de charge	29
4.2. Les chaudières à pertes de charge importantes	30
Chaufferie existante	31
1. Identification des configurations courantes de chaufferie existante	31
1.1. Circuit primaire	31
1.2. Collecteur principal	33
1.3. Circuits secondaires	33

2. Identification des régulations courantes de chaufferie	33
3. Opérations URE préalables	33
3.1. Circuits secondaires	34
3.2. Collecteurs	35
3.3. Interface entre circuits primaire et secondaire	35
3.4. Chaudières	35
3.5. Régulation	37
3.6. Synthèse des actions URE préalables	40
4. Intégration de la cogénération	41
4.1. Intégration avec une seule chaudière existante	41
4.2. Intégration avec plusieurs chaudières existantes	44
les énergies renouvelables et la cogénération	47
1. Le solaire thermique	47
1.1. Hydraulique	47
1.2. Régulation	48
2. Les pompes à chaleur	48
2.1. Hydraulique	49
2.2. Régulation	49
3. La biomasse	49
3.1. Hydraulique	50
3.2. Régulation	50
Cas particulier de l'eau chaude sanitaire	50
1. Nouvelle installation	50
2. Installation existante	51
Interventions des acteurs et leurs responsabilités	52
1. Audit	52
2. Avant-projet	52
2.1. Pré-dimensionnement du cogénérateur	52
2.2. Intégration hydraulique et régulation du cogénérateur	53
3. Projet	54
3.1. Dimensionnement	54
3.2. Cahier des charges	55
4. Exécution	57
5. Réceptions	57
5.1. Réception provisoire	57
5.2. Période de garantie	58
5.3. Réception définitive	58
6. Exploitation	58
7. Maintenance	59
Références	60

1. Motivation et objectif

La rédaction de ce vadémécum n'est pas le fruit du hasard. Des zones d'ombre persistent sur la cohabitation des systèmes de production de chaleur et de cogénération. La plupart des projets d'intégration sont une réussite, c'est un fait ! Mais les raisons pour lesquelles certains projets ne donnent pas satisfaction ne sont actuellement pas clairement établies.

Les services Facilitateur Cogénération de la Région Wallonne et Spécialiste Cogénération pour la Région Bruxelles Capitale se devaient de tenter de chasser ces zones d'ombre.

L'intégration d'une cogénération dans une installation existante nécessite des aménagements hydrauliques pointus et une adaptation spécifique de la régulation d'ensemble des cascades des chaudières existantes, des circuits secondaires et de la cogénération sous une même supervision.

Pour que cette intégration soit une réussite, il est nécessaire que l'auteur du projet, le bureau d'études, l'installateur, le fabricant du cogénérateur et éventuellement l'intégrateur (régulation), l'exploitant et le prestataire de la maintenance soient « cogérants » dans cette aventure !

On ne répètera jamais assez, pour utiliser un terme à la mode, qu'il ne suffit pas de « pluger » le cogénérateur sur l'installation de chauffage existante sans prendre la peine de maîtriser toutes les implications d'un tel changement dans la chaufferie.

De même, dans un projet de nouvelle chaufferie directement associée à un cogénérateur, la « philosophie » de conception doit être la même que celle d'intégration d'une installation de cogénération dans une chaufferie existante : l'hydraulique et la régulation des systèmes de chauffage et du cogénérateur doivent être prises comme **un tout indissociable**.

On parlera beaucoup de chaudières dans ce vadémécum sachant qu'une grande majorité des chaufferies existantes en sont équipées. De même, il faut bien reconnaître que les chaudières de nouvelle génération sont souvent intégrées dans les projets de rénovation de chaufferie et des nouveaux projets. Ceci dit, les énergies renouvelables ne seront pas en reste. On abordera donc la cohabitation des cogénérateurs avec les installations solaires thermiques, les pompes à chaleur (PAC) et les chaudières de type biomasse.

2. Avertissement

Le présent vadémécum, ne remplace en aucun cas les études de pertinence (à la « grosse louche ») et de faisabilité (étude fine) d'une installation de cogénération qui s'effectuent, respectivement, au stade de l'avant-projet et au début du projet.

Les différents outils de calcul CogenCalc (pertinence) et CogenSim (faisabilité) ainsi que les guides sont téléchargeables sur les sites suivants :

- <http://energie.wallonie.be/>
- <http://www.bruxellesenvironnement.be/>

Seuls les systèmes de cogénération à combustion interne sont repris dans ce vadémécum. Les µcogénérateurs domestiques à combustion externe (moteur stirling) ne le sont pas sachant que la technologie est relativement « jeune ».

Un vadémécum qui se respecte est évolutif. N'hésitez donc pas à faire vos commentaires « constructifs ». Même si vous avez l'impression que votre « know how » va vous échapper, le partage et la diffusion des informations, des schémas « rôdés », ... ne seront que bénéfiques pour toute la « communauté cogen ».

3. Public cible

Pour favoriser la réussite d'intégration d'une cogénération dans la chaufferie, le vademécum se doit de sensibiliser les différents acteurs aux étapes clefs. Il s'adresse donc :

- Au **maître d'ouvrage** pour lui donner les outils nécessaires pour suivre le projet avec un œil critique ;
- A l'**auditeur** afin qu'il puisse évaluer l'impact URE nécessaire au bon dimensionnement d'un cogénérateur ;
- Au **bureau d'études** pour maîtriser les implications d'intégration du système de cogénération dans une chaufferie avec des répercussions sur le dimensionnement et sur la description dans les cahiers des charges du réseau hydraulique et de la régulation ;
- À l'**installateur** pour préciser ou repréciser les grands principes d'intégration de la cogénération afin de pouvoir remettre une offre qui tient la route et sans surprise lors de l'exécution du projet, pouvoir maîtriser la mutualisation des équipements lors de l'exécution ;
- De plus en plus souvent à l'**intégrateur** des systèmes de régulation globaux et de l'hydraulique des chaufferies et ce, afin qu'il puisse maîtriser la logique de combinaison équipement de production de chaleur/cogénération ;
- A l'**entreprise de maintenance** pour qu'elle puisse assurer la pérennité de la cogénération (contrôle de la qualité d'huile, du nombre d'heures de fonctionnement, du nombre de démarrages, ...) ;
- A l'**exploitant** de manière à ce qu'il maîtrise en « bon père de famille » la gestion énergétique en assurant aussi la pérennité de l'outil tout en garantissant le confort, la sécurité d'approvisionnement et la rentabilité environnementale et financière du projet.

4. Enjeux environnementaux

4.1. Contexte

L'Union Européenne (UE) doit pouvoir faire face à des défis majeurs :

- Accroître son indépendance énergétique ;
- Lutter contre le dérèglement climatique.

Pour y arriver, l'UE a adopté en 2008 le paquet «énergie-climat» fixant les objectifs «3 x 20 en 2020» suivants :

- une diminution de 20 % de la consommation énergétique ;
- une réduction de 20 % des émissions de gaz à effet de serre ;
- 20 % d'énergie produite à partir de sources renouvelables.

Pour atteindre ces objectifs, l'UE compte énormément sur l'Efficacité Energétique. En effet, dans sa communication «Energie 2020 – Stratégie pour une énergie compétitive, durable et sûre» du 10 novembre 2010, la Commission européenne souligne le rôle central de l'efficacité énergétique et la nécessité de dissocier la consommation énergétique et la croissance économique.

4.2. Directive Européenne

La directive européenne 2012/27/UE relative à l'efficacité énergétique définit des règles et fixe des exigences minimales à adopter par chaque Etat membre en terme d'efficacité énergétique en imposant, tant au niveau de ***l'utilisation de l'énergie*** que de ***l'approvisionnement énergétique***, des dispositions spécifiques et transversales.

4.3. Promotion de la cogénération de qualité

Dans le cadre de l'approvisionnement énergétique, parmi les réseaux de chaleur et de froid, la valorisation de la chaleur fatale¹, ... plus spécifiquement, la directive européenne veut promouvoir la **cogénération de qualité**. Elle impose aux Etats membres, pour le 31 décembre 2015, d'évaluer le potentiel d'application de ces technologies sur

¹ Chaleur fatale: chaleur dégagée par un processus dont la production de chaleur n'est pas l'objet. La production de chaleur est un effet «collatéral» du processus, non souhaité mais inévitable. Exemples : chaleur dégagée par l'incinération des déchets, par un processus industriel, etc.

leur territoire et d'adopter des politiques visant à encourager leur développement lorsqu'une analyse coûts-avantages démontre des avantages supérieurs aux coûts.

5. Remerciements

- CORETEC : Pascal CALIFICE et ses collègues ;
- BUREAU D'EXPERTS Ph. DEPLASSE ET ASSOCIES : Philippe Deplasse ;
- VMI : Sébastien Farinotti et ses collègues ;
- COGENGREEN : Christophe Henriet ;
- Les relecteurs internes, de la DGO4, de l'IBGE, des Cabinets des Ministres compétents en la matière.

LA BASE DES CHAUDIERES

Les caractéristiques des chaudières influencent la configuration de l'hydraulique et de la régulation de la chaufferie. L'intégration de la cogénération en chaufferie doit absolument tenir compte de cette configuration. Raison pour laquelle il est intéressant, à ce stade, de décrire brièvement les principaux types de chaudières existants sur le marché et leurs caractéristiques intrinsèques avant de se plonger dans la cogénération proprement dite.

Les caractéristiques des chaudières dans une chaufferie existante ou le choix de nouvelles chaudières ont souvent été ou sont motivés par plusieurs critères, à savoir principalement :

- La puissance ;
- Le vecteur énergétique disponible sur le site ;
- Les régimes de température qui conditionnent les chaudières à haute température, basse température, très basse température et à condensation ;
- Les technologies disponibles sur le marché (chaudière en fonte ou en acier, chaudière atmosphérique ou à brûleur pulsé, bas NOx, brûleur à plusieurs allures ou modulant, ...).

Suivant les critères énoncés ci-dessus, un type de technologie ressort et conditionne les caractéristiques intrinsèques de la chaudière comme le volume d'eau, les pertes de charge, les débits minimums à respecter, ...

Le choix qui en découle définit aussi la configuration hydraulique du circuit primaire et du collecteur principal. En effet, suivant le type de chaudière choisi, la configuration du circuit primaire et du collecteur principal est différente :

- Besoin de circulateurs ou pompes de circulation propres aux chaudières ou communes à l'ensemble des chaudières pour vaincre leurs pertes de charge ;
- Les circulateurs ou les pompes de circulation des circuits secondaires suffisent à assurer la circulation du fluide caloporteur dans le circuit primaire ;
- Besoin d'un retour chaud et, par conséquent, d'un bouclage primaire ou au niveau du collecteur principal pour éviter la condensation des fumées de combustion ;
- Besoin d'un débit minimum de circulation dans les chaudières pour éviter la vaporisation de l'eau.

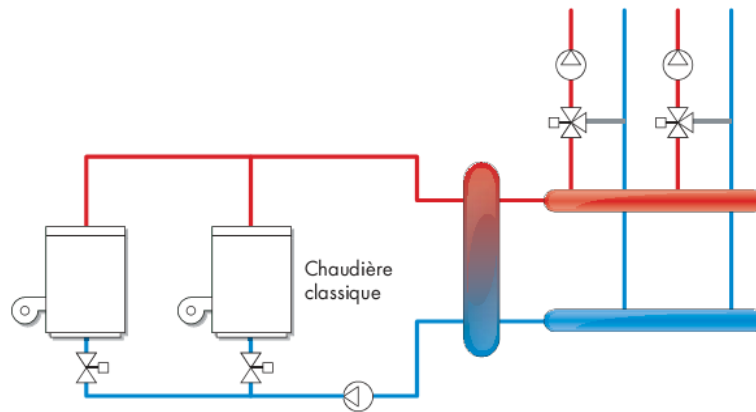
1. Volume et débit d'eau des chaudières

Les chaudières sont principalement de deux types :

- à **faible volume d'eau**. Les contenances sont de l'ordre de 0,15 à 0,2 litre/kW. Les pertes de charge sont importantes ;
- à **grand volume d'eau**. A l'inverse, ici les contenances dépassent 1 litres/kW et les pertes de charge sont faibles.

1.1. Chaudière à faible volume d'eau et à débit minimal

Une **chaudière à faible volume d'eau** a très peu d'inertie. Elle peut donc réagir très rapidement à toute demande de variation de puissance, par exemple dans le cas d'une demande d'eau chaude sanitaire (ECS) et d'une régulation avec priorité sanitaire. Par contre, ces chaudières sont souvent soumises à des impositions de débit minimal et leurs pertes de charge ont un rôle important sur le comportement hydraulique de l'installation. Ceci rend la conception des circuits de distribution plus complexe. En outre, les faibles sections de passage de l'eau rendent la chaudière plus sensible aux risques d'embouage. Ceci peut être un frein à son utilisation en rénovation dans des installations contenant des boues.



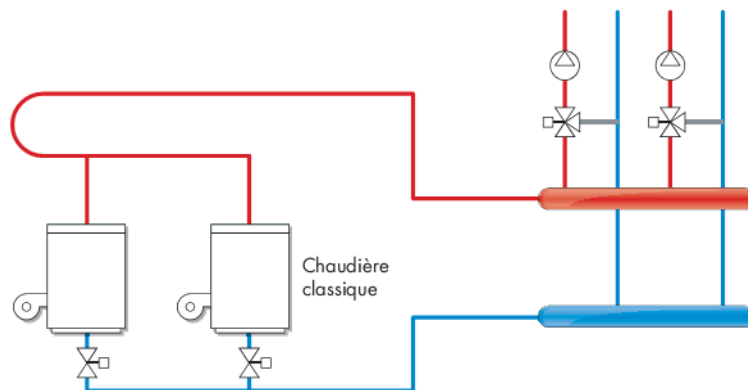
Dans le schéma ci-dessus, l'alimentation en eau des chaudières est permanente (bouteille casse-pression, circulateur de recyclage, ...) même lorsque les vannes mélangeuses sont fermées.

Cependant, les débits des chaudières modernes à faible volume d'eau peuvent être très faibles dans certains cas, lorsque notamment les brûleurs sont modulants en puissance dans une plage de 10-100 %.

Notons qu'il existe des technologies qui combinent la rapidité de réaction liée à un faible volume d'eau et la possibilité de se raccorder à un circuit hydraulique extrêmement simple. C'est la régulation intégrée à la chaudière qui coupe cette dernière en cas d'arrêt de la circulation ("flow switch" qui mesure le débit de chaque chaudière ou "aquastat" qui mesure une montée en température anormale de la chaudière).

1.2. Chaudière à grand volume d'eau

Une **chaudière à grand volume d'eau** a une plus grande inertie thermique. Ceci augmente les temps de fonctionnement des brûleurs et donc limite le nombre de démarrages du brûleur, source d'imbrûlés. Les chaudières à grand volume d'eau peuvent fonctionner sans circulation forcée. Lors du fonctionnement du brûleur, le débit d'eau interne circulant par thermosiphon est suffisant pour éviter tout risque pour la chaudière.



Dans la configuration reprise dans le schéma ci-dessus, il n'y a pas de pompe primaire (sauf si les collecteurs se trouvent dans une sous-station éloignée de la chaufferie). L'absence de débit dans les chaudières quand les vannes mélangeuses sont fermées ne pose en principe pas de problème.

2. Température de fonctionnement des chaudières

Au fil des développements de la technologie des chaudières, leurs températures de fonctionnement ont évolué en passant des chaudières à haute température vers les chaudières à condensation en passant par celles à « basse et très basse température ». Les chaudières à haute température exigeaient des retours d'eau suffisamment chauds

pour éviter la condensation. A l'inverse, les chaudières à condensation acceptent des retours d'eau froids et ce de manière à valoriser la chaleur de condensation.
Sans anticiper ce qui suit, la température de fonctionnement des chaudières influence donc l'intégration hydraulique et la façon dont la régulation de chaufferie en tiendra compte.

3. Qualité de l'eau

Dans tous les cas, la qualité de l'eau de chauffage est primordiale pour la pérennité des équipements. On en tiendra compte quel que soit le type de chaudière. Les principaux paramètres à contrôler sont :

- Le pH ou l'acidité de l'eau ;
- La dureté de l'eau en °F ;
- La composition des boues.

Si nécessaire, un traitement automatique de l'eau sera mis en place au niveau du circuit primaire du système de chauffage.

1. Principe

Pour comprendre simplement le fonctionnement d'un cogénérateur, le moteur de la cogénération s'apparente à un moteur thermique d'une voiture qui se déplace à vitesse constante quel que soit le profil de la route. Pour garder cette vitesse constante, en côte le conducteur appuierait sur l'accélérateur, en descente, le conducteur enlèverait son pied de l'accélérateur. L'analogie s'arrête à ce niveau sachant que les objectifs des deux moteurs thermiques sont différents. L'affront ne sera pas fait au lecteur de parler des objectifs d'un moteur de voiture. Le seul rappel des objectifs d'un moteur de cogénération est amplement suffisant : il a pour objectif, lui, de récupérer la chaleur perdue au niveau du « pot d'échappement » et celle évacuée par le « radiateur » de refroidissement du moteur pour chauffer un bâtiment tout en produisant **localement** de l'électricité grâce à un alternateur accouplé mécaniquement au moteur.

Le principe de la cogénération est donc de produire simultanément de la chaleur et de l'électricité.

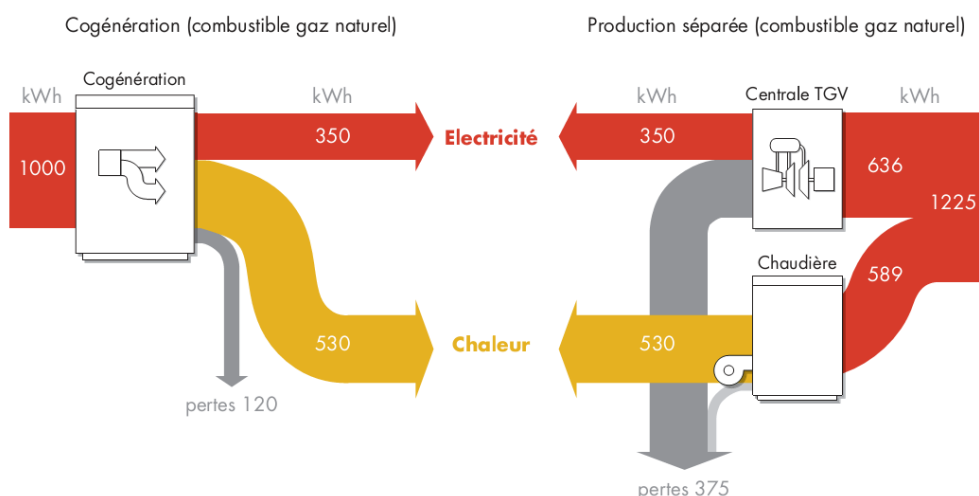
Son dimensionnement se base sur les besoins de chaleur !

1.1. Bilan énergétique

Grâce à cette production combinée, les pertes d'énergie se réduisent de manière significative. Ainsi, la cogénération permet d'économiser entre 15 et 20 % d'énergie primaire par rapport à la production séparée de ces mêmes quantités de chaleur et d'électricité par des systèmes de production énergétique de référence.

Par exemple, pour produire 350 kWh d'électricité et 530 kWh de chaleur ...

- En production combinée, une unité de cogénération au gaz, avec un rendement électrique de 35 % et un rendement thermique de 53 %, va consommer 1000 kWh d'énergie primaire ;
- En production séparée de référence, la meilleure centrale électrique (Turbine Gaz Vapeur), avec un rendement de 55 %, va consommer 636 kWh d'énergie primaire. Une bonne chaudière, avec un rendement saisonnier de 90 %, va consommer 589 kWh d'énergie primaire. Le total pour les filières séparées s'élève à 1 225 kWh d'énergie primaire.



L'économie d'énergie primaire devient alors égale à :

- En région Bruxelles Capitale, exprimée par rapport à la consommation totale d'énergie primaire, la fraction économisée est de :

$$\frac{1\,225 - 1\,000}{1\,225} = 18 \%$$

- En région Wallonne, exprimée par rapport à la consommation d'énergie primaire nécessaire pour la production d'électricité par la centrale TGV, la fraction économisée est de :

$$\frac{1\,225 - 1\,000}{636} = 35 \%$$

1.2. Bilan environnemental

L'objectif affiché des pouvoirs publics est de réduire les émissions de gaz à effet de serre, comme le CO₂. De par le bilan en énergie primaire, la cogénération permet de réduire de manière significative les émissions de gaz à effet de serre. Tout dépend naturellement du combustible utilisé pour faire fonctionner le système de cogénération. Les taux d'émission de CO₂ (exprimés en kg de CO₂ par MWh) sont définis par :

- La CWAPE en Région Wallonne ;
- Brugel en Région Bruxelles Capitale.

En fonction du vecteur énergétique choisi et du coefficient d'émission de CO₂ du combustible, les régions récompensent l'économie CO₂ réalisée par l'octroi de Certificats Verts. Pour plus de renseignement sur les CV, veuillez consulter les sites respectifs aux régions :

- <http://www.cwape.be/>
- <http://www.brugel.be/>

2. Exigence de la cogénération

Pour qu'un cogénérateur puisse fonctionner dans des bonnes conditions, il est nécessaire de respecter un certain nombre d'exigences :

- **Température de refroidissement suffisamment basse** : les différents échangeurs du cogénérateur ont été dimensionnés pour évacuer efficacement une certaine quantité de chaleur nécessaire au bon refroidissement du moteur. Cette quantité de chaleur est récupérée par le circuit de chauffage du bâtiment. Les températures de retour des circuits de chauffage doivent être **suffisamment froides** pour permettre aux échangeurs de remplir leur mission dans les meilleures conditions. Des températures de retour vers les échangeurs de 65-70°C sont courantes. Pour les cogénérateurs à condensation, les températures de retour peuvent être encore plus basses sachant que la chaleur de condensation doit être valorisée et représente une augmentation globale du rendement non négligeable (théoriquement de 10 % pour le gaz par exemple) ;
- **Besoins de chaleur et d'électricité suffisamment stables, élevés et simultanés** : le but est d'atteindre une rentabilité énergétique, environnementale et économique. De plus, la stabilité des besoins permet de garantir la pérennité « de la mécanique » en évitant les « courts cycles » et, par conséquent, un nombre de phases d'arrêts/démarrages important et néfaste. Lorsque les besoins sont parfois instables ou fluctuants, un ballon tampon permettra de limiter, d'une part les courts cycles et, d'autre part, d'augmenter la production énergétique.

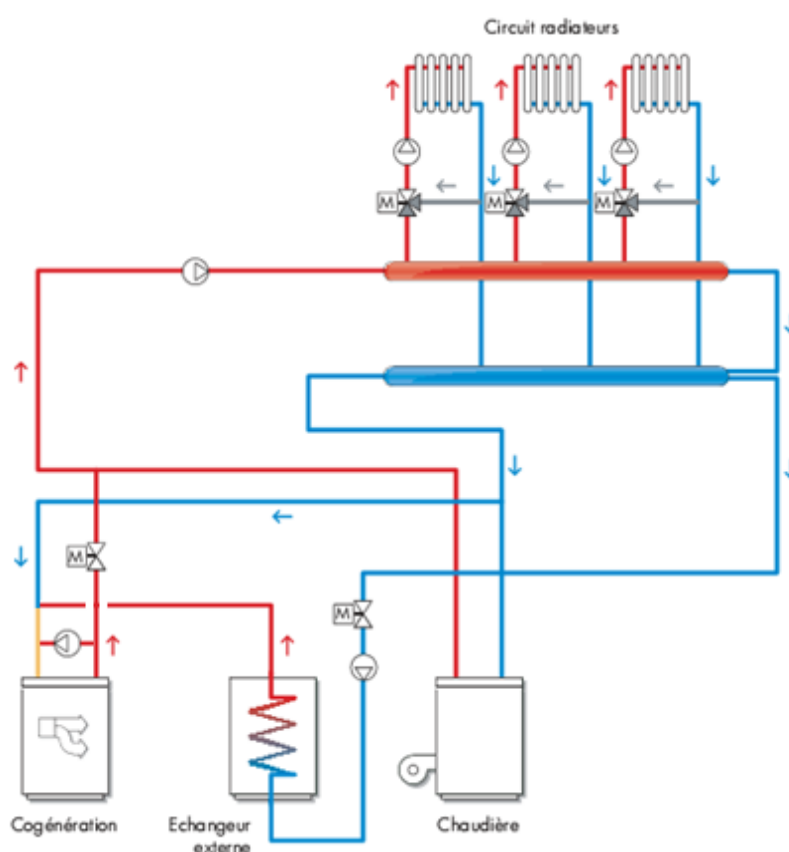
Ces exigences impliquent naturellement un dimensionnement précis en fonction des besoins. Un outil comme « CogenSim » permet un dimensionnement assez précis en fonction de profils de chaleur et d'électricité établis heure par heure.

CogenSim est disponible sur les sites suivants :

- <http://energie.wallonie.be/>
- <http://www.bruxellesenvironnement.be/>

Pour les cogénérateurs classiques, la **température de refroidissement doit être suffisamment haute** : « Eh oui, il faut éviter la condensation des gaz de combustion dans l'échangeur ; ce qui induirait des problèmes de corrosion ». De manière générale, les fabricants de cogénérateurs prévoient des dispositifs interne à l'équipement (vanne de recirculation entre le départ et le retour du cogénérateur) afin d'éviter la condensation dans les échangeurs. Indépendamment des problèmes de condensation, on précise de nouveau que la qualité de l'eau du circuit de refroidissement doit être contrôlée régulièrement et doit répondre aux prescriptions du constructeur.

Faisons remarquer que des cogénérateurs à condensation font partie de la gamme courante d'un nombre de plus en plus important de fabricants. De plus, pour les cogénérateurs existants de technologie classique (pas prévus pour condenser), tout comme les chaudières à haute température, des condenseurs externes peuvent être placés.



Le critère de température suffisamment haute pour éviter la condensation n'est donc valable que pour les cogénérateurs classiques non équipés de condenseur externe.

3. Intégration de la cogénération dans la chaufferie

3.1. Les pièges d'intégration

Les principaux constats des projets « piégés » sont les suivants :

- Le manque d'heures de production du cogénérateur par rapport aux prévisions. Les conséquences sont immédiates : un manque de rentabilité du projet aux niveaux énergétique, environnemental et financier ;
- Un nombre de cycles de démarrage et d'arrêt important qui implique une réduction de la durée de vie de l'installation de cogénération et une augmentation des frais d'entretien car les cogénérateurs, comme tout moteur, aiment les régimes stables.

Bien souvent, on pense que l'intégration d'un cogénérateur dans un projet de rénovation de chaufferie ou dans un nouveau projet peut se réaliser de manière indépendante. Dans la plupart des projets réalisés qui posent problème, c'est un peu réducteur et caricaturé, mais on a simplement demandé à l'installateur de fournir « deux conduites » sur lesquelles le constructeur ou le fournisseur de cogénérateur vient connecter son installation au moyen de flexible ; c'est ce que l'on appellera un « plug&play » du cogénérateur. Croire que tout va fonctionner comme prévu peut s'avérer, dans certains cas, être une erreur d'appréciation fatale.

3.2. Vision globale d'intégration

Pour éviter le piège d'intégration « sauvage » du cogénérateur en chaufferie, les acteurs du projet doivent prendre un certain recul de manière à visionner les productions de chaleur et le cogénérateur comme un tout en chaufferie.

Pour les équipements de production de chaleur, il faut arriver à trouver un compromis entre les différents impératifs des chaudières

En effet :

- Dans une chaufferie existante, un retour suffisamment chaud pour les chaudières classiques afin d'éviter la condensation de la vapeur d'eau contenue dans les gaz de combustion (corrosion accélérée des échangeurs des conduits d'échappement, ...) ;
- Dans une nouvelle chaufferie, un retour suffisamment froid pour faire condenser les chaudières à condensation ou garantir des bonnes performances aux pompes à chaleur (PAC) par exemple ;
- Un débit minimum avec certains types de chaudières.

Et la cogénération dans tout cela ? A première vue on peut la considérer comme une chaudière à part entière mais sous certaines conditions

A première vue, la cogénération doit être considérée comme une chaudière supplémentaire qui vient se « greffer » sur le circuit primaire. Force est de constater que son intégration n'est pas évidente ! En effet :

- Pour certaines configurations hydrauliques existantes, le rapport de puissance thermique entre les chaudières et le cogénérateur est déterminant pour le fonctionnement de ce dernier. Il n'est pas rare de constater qu'en hiver, lorsque les chaudières sont censées venir en appoint bivalent du cogénérateur, ce dernier se fasse « voler la vedette » par des chaudières surdimensionnées ;
- De même, la présence ou pas d'un ballon de stockage et sa position par rapport aux chaudières influencent le comportement du cogénérateur ;
- La configuration en série ou en parallèle convient à certaines installations de chaufferie et pas à d'autres. Il est impératif d'en tenir compte.

Impérativement, le cogénérateur doit s'intégrer de manière intelligente au niveau :

- **Hydraulique** en tenant compte de la configuration de l'installation de chaufferie, des caractéristiques des chaudières, du collecteur principal et des circuits secondaires ;
- **De la régulation** en partant du principe qu'une communication minimale doit exister entre les régulateurs des chaudières et le régulateur de l'installation de cogénération.

Des solutions existent ! Elles sont simples, efficaces et ne nécessitent pas, la plupart du temps, de gros investissement.

3.2.1. D'un point de vue hydraulique

3.2.1.1. Intégration dans une chaufferie existante

La grande majorité des chaufferies existantes sont équipées de chaudières. Hydrauliquement parlant, l'analyse de la configuration existante des chaudières est primordiale pour intégrer un cogénérateur dans de bonnes conditions. Quelques questions importantes à se poser. Les chaudières sont-elles :

- A haute, basse température, très basse température ou à condensation ?
- A faible pertes de charge ?
- A débit minimum ?
- ...

Dans tous les cas, si la conception a été bien réalisée, la configuration hydraulique du circuit primaire renseigne le type de chaudière. Par exemple, une ou plusieurs chaudières :

- A haute température impliquent souvent un collecteur principal bouclé ou une bouteille casse-pression entre le collecteur principal et les chaudières ou encore un bouclage direct des chaudières ;
- A condensation sont pourvues de deux retours (un chaud un froid) ou sont connectées sur des circuits type chauffage par le sol par exemple ;
- A forte pertes de charge sont équipées de circulateurs ou pompes de circulation.

Les résultats de l'analyse doivent permettre de pouvoir répondre aux questions suivantes :

- Où et comment placer hydrauliquement la cogénération en chaufferie pour éviter de perturber les équilibres hydrauliques initiaux ?
- Comment modifier le circuit hydraulique existant pour permettre le fonctionnement conjoint de chaudières à haute température ou, à l'inverse, de chaudières à condensation avec un cogénérateur ayant ses propres régimes de température ?

3.2.1.2. Intégration dans un nouveau projet de chaufferie

D'emblée lors d'un nouveau projet de chaufferie intégrant un système de cogénération, les acteurs doivent considérer des systèmes de production de chaleur à basse température, voire très basse température (pompe à chaleur (PAC), chaudière à condensation, ...). Hydrauliquement parlant, toute l'installation de la chaufferie, y compris le cogénérateur, doit être pensée pour ramener des retours d'eau chaude en chaufferie **les plus froids possibles**.

3.2.2. D'un point de vue régulation

Comme pour l'hydraulique, le même exercice doit être mené au niveau de la régulation. Les acteurs du projet doivent avoir une vision globale de la régulation et non pas de l'installation de cogénération comme un « appendice » capable de travailler de manière autonome.

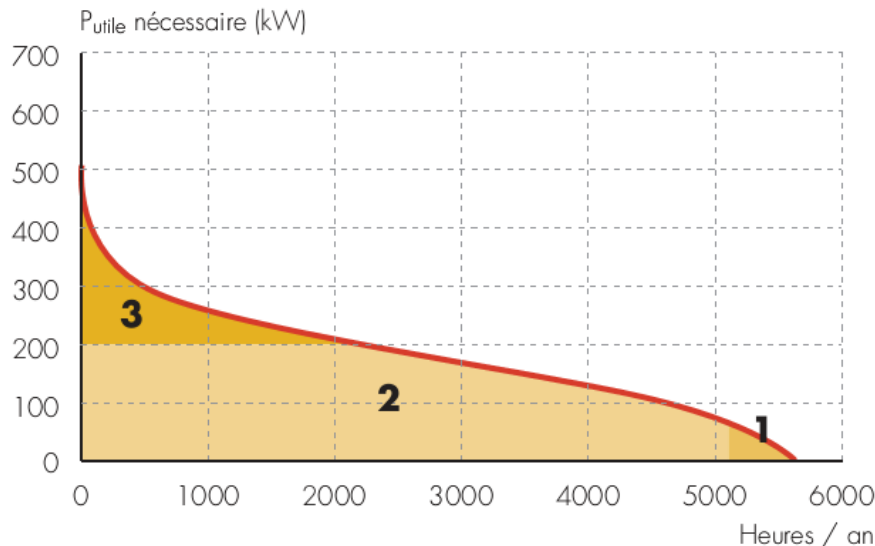
Le régulateur de la chaufferie existante ou des chaudières d'un nouveau projet et le régulateur de l'installation de cogénération doivent communiquer entre eux de manière à inscrire au minimum la cogénération dans la séquence de cascade des chaudières.

3.3. Puissances thermiques mises en jeu

Rappelons brièvement que l'objectif de l'installation d'une cogénération en chaufferie est de couvrir au mieux le besoin énergétique en chaleur tout en produisant simultanément de l'électricité. Au vu de l'allure de la monotone de chaleur représentée ci-dessous, l'optimum énergétique pour intégrer une cogénération se situe régulièrement en dimensionnant en puissance la cogénération au tiers de la puissance maximale enregistrée. Ce n'est naturellement qu'un ordre de grandeur et sûrement pas une règle générale établie ; tout dépend des profils des consommations de chaleur (liées à la performance de l'enveloppe du bâtiment) et d'électricité.

Rappelons ici que la « monotone » de chaleur est un classement par ordre décroissant des besoins en puissance du bâtiment à chauffer tout au long de l'année. Par exemple, une puissance de 200 kW doit être assurée en chaufferie pendant au moins 2300 heures pour assurer le confort des occupants.

Ce nombre d'heures peut être plus important que celui de la période de chauffe, dû à un besoin de chaleur pour l'eau chaude sanitaire (ECS). L'intérêt de parler de la monotone de chaleur ici, est que l'aire sous la courbe représente l'image des besoins thermiques du bâtiment.



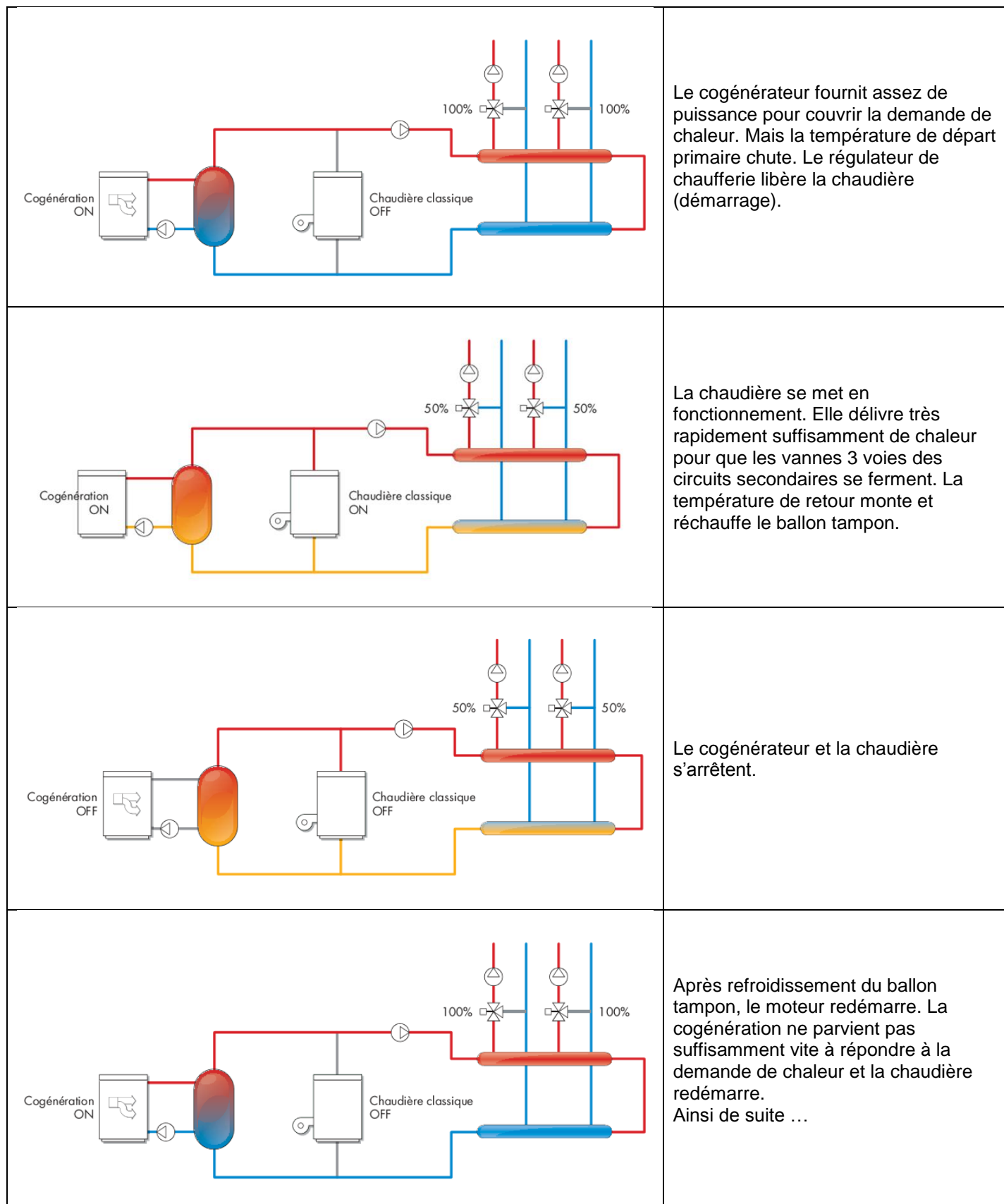
La cogénération, dans certains cas, est de très petite puissance par rapport à certaines chaudières qui généralement sont dimensionnées pour délivrer minimum 3 fois plus de puissance que le malheureux cogénérateur (c'est un ordre de grandeur). En théorie cela ne devrait pas poser trop de problèmes, mais en pratique, la cohabitation entre « Gulliver et les Lilliputiens » est parfois problématique surtout lorsque, dans les chaufferies courantes, le collecteur principal est bouclé ou une bouteille casse-pression réalise le découplage des circuits primaire et secondaire.

De plus, les facteurs aggravants sont souvent :

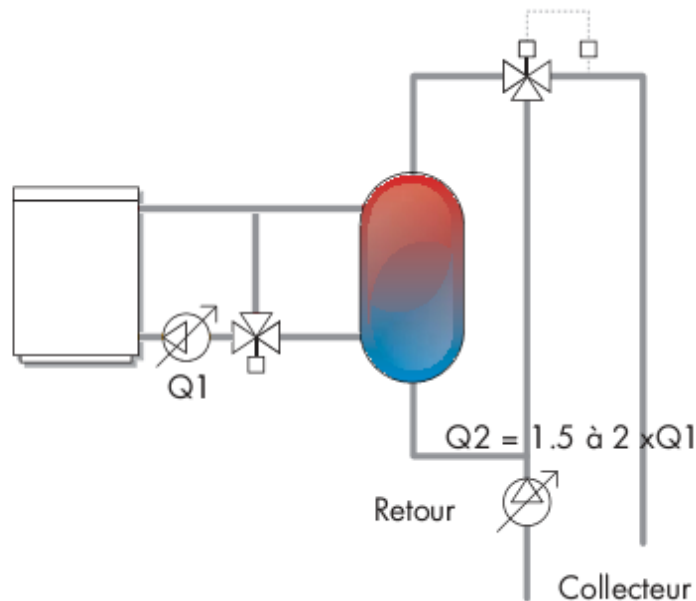
- des chaudières qui ne travaillent pas à puissance modulante ou qui ne démarrent pas en « petite flamme ». La puissance délivrée par une chaudière en relance d'appoint risque de délivrer un « boost » de chaleur capable d'imposer à la cogénération de s'arrêter ;
- des circulateurs ou des pompes de circulation d'équipements de production de chaleur fonctionnant à débit fixe. Dans ce cas, le débit du primaire n'est que trop rarement en adéquation avec les débits des circuits secondaires, ce qui favorise un retour chaud au primaire capable de réduire fortement le temps de fonctionnement de la cogénération.

Le risque majeur à éviter dans le raccordement hydraulique est donc une température de retour trop élevée. Ce phénomène est influencé par la température de départ des chaudières et apparaît surtout dans le cas de forte demande de chaleur.

On peut résumer le problème de la façon suivante :



3.4. Stockage de chaleur ou pas ?



Si la demande de chaleur est plus petite que la puissance thermique développée par la cogénération, celle-ci est normalement à l'arrêt. Les fonctionnements à marche partielle du cogénérateur sont bien sûr techniquement possibles mais néanmoins limités pour la raison suivante : à charge partielle (sous les 60 %), la diminution du rendement électrique du cogénérateur est non négligeable et une augmentation des coûts d'entretien spécifique (€/kWh) est à prévoir car le moteur tourne en effet le même nombre d'heures pour produire une plus faible quantité de kWh.

Une solution possible consiste à stocker temporairement l'énergie thermique excédentaire :

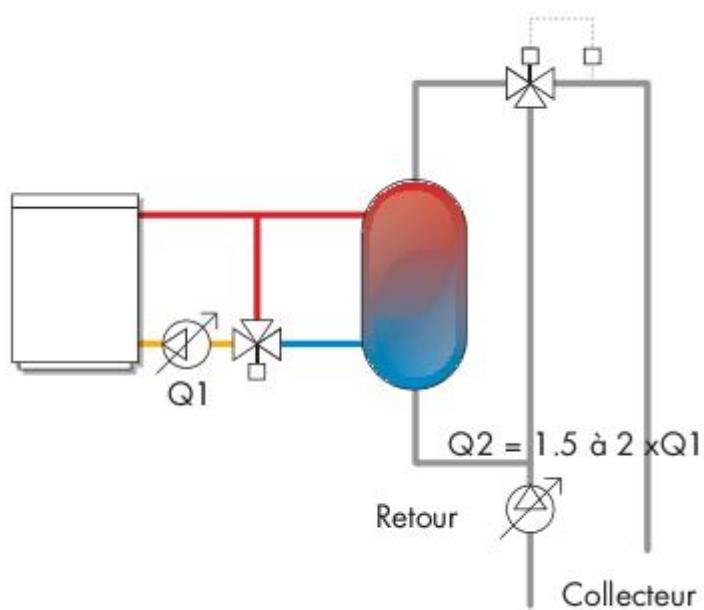
- En période de faible demande de chaleur, la chaleur en excès peut être stockée ;
- En période de forte demande de chaleur, la chaleur stockée peut être rendue et utilisée.

Les avantages du stockage sont, entre autres :

- La cogénération couvre une plus grande partie de la demande de chaleur ;
- La fréquence des cycles marche/arrêt de la cogénération est réduite, ce qui est favorable à la durée de vie (technique) de l'installation ;
- L'exigence de simultanéité entre la demande de chaleur et d'électricité est partiellement supprimée.

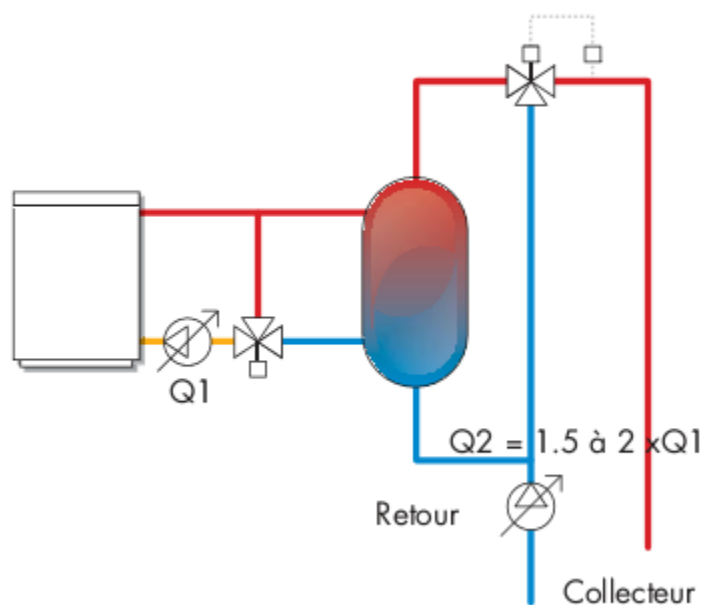
3.4.1. Une configuration courante

La méthode de stockage la plus appropriée est celle décrite ci-dessous. Cependant, sur le terrain, elle reste relativement peu courante. Peut-être pour une question financière ?



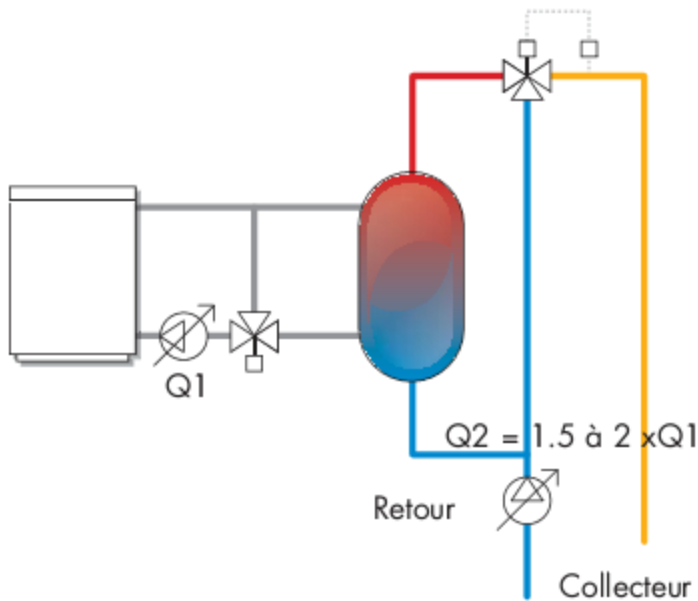
Stockage pur

- Pas de besoin, mais le ballon n'est pas à température
- Le cogénérateur fonctionne à régime nominal et charge le ballon (stockage)



Déstockage et boost de la cogénération

- Besoins importants
- Le cogénérateur fonctionne à régime nominal
- Le ballon déstocke



Déstockage pur

- Besoins moyens
- Seul le ballon déstocke

Les pompes de circulation ou les circulateurs peuvent être à débit variable. Tout dépend de la configuration à la fois des circuits primaire et secondaire, des types de chaudières installées ou à installer.

3.4.2. Isolation thermique des ballons

Dans toutes les applications de stockage, il faudra tenir compte des pertes thermiques du ballon. On signalera, par exemple, qu'en Région Bruxelles Capitale, les conditions d'octroi de la prime énergie dépendent du niveau des pertes thermiques du ballon de stockage. Dans toutes les applications de stockage, il faudra tenir compte de ces pertes.

3.5. Configurations hydrauliques de base

3.5.1. Configuration en série

L'intégration en série convient bien pour des configurations de chaufferie où :

- Le **réseau est de grande capacité** ;
- Les **débits d'eau sont importants** ;
- La **puissance du cogénérateur est faible par rapport la puissance de la ou des chaudières** ;
- Les **chaudières sont à haute température**.

De plus, dans une configuration en série, le cogénérateur agit en tant que préchauffage de l'eau de retour des chaudières. Dans le cas de chaudières nécessitant un retour chaud, c'est intéressant d'envisager cette configuration. Cependant, là où les chaudières sont irriguées en permanence par l'eau chaude du cogénérateur, il est important d'évaluer les pertes à l'arrêt des chaudières.

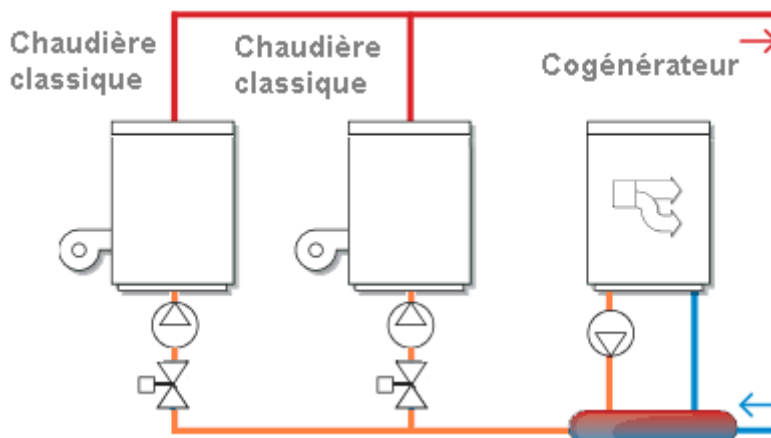
Dans les chaufferies existantes, l'intégration en série est intéressante d'un point de vue hydraulique sachant qu'il suffit de « couper un morceau de tuyau » du retour du circuit primaire et y insérer l'installation de cogénération. Donc, la configuration série possède de bons atouts pour séduire les bureaux d'études et les installateurs.

Lorsque les chaudières existantes sont à condensation, l'avantage de l'intégration en série s'amenuise car le réchauffement de l'eau chaude en amont d'une chaudière à condensation n'est pas vraiment une bonne idée. Néanmoins, si l'installation de cogénération fonctionne pendant un grand nombre d'heures avec une charge plus ou

moins constante (cas des piscines par exemple), l'impact de la non condensation des chaudières d'appoint pèse moins dans la balance sachant que ces dernières fonctionneront très peu. De plus, même si les chaudières ne condensent pas, leur rendement est de toute façon meilleur (échangeur de plus grande taille) par rapport à des chaudières classiques de type HR top. A voir au cas par cas !

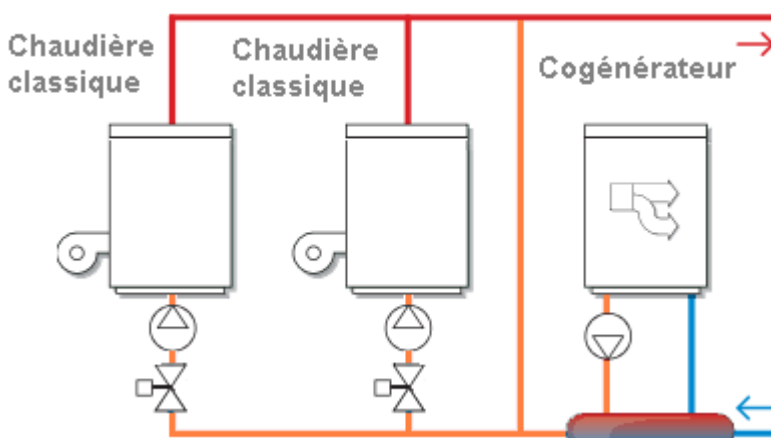
3.5.1.1. Configuration sans ballon tampon

Dans l'absolu, un cogénérateur de faible puissance par rapport à la puissance des chaudières n'a pas vraiment besoin de ballon tampon. De plus, certains profils de besoins de chaleur sont assez constants dans le temps (exemple : process).



Une petite partie du débit principal de retour est prélevée pour le cogénérateur et réinjectée sur l'élément hydraulique de by-pass à faible résistance hydraulique (en général, un « tuyau » de section plus importante sans aller jusqu'à la bouteille casse pression) avec, pour avantage, une très faible influence sur l'équilibre hydraulique des chaudières et du circuit primaire. Un circulateur est nécessaire dans le circuit du cogénérateur pour vaincre les pertes de charge de ses échangeurs.

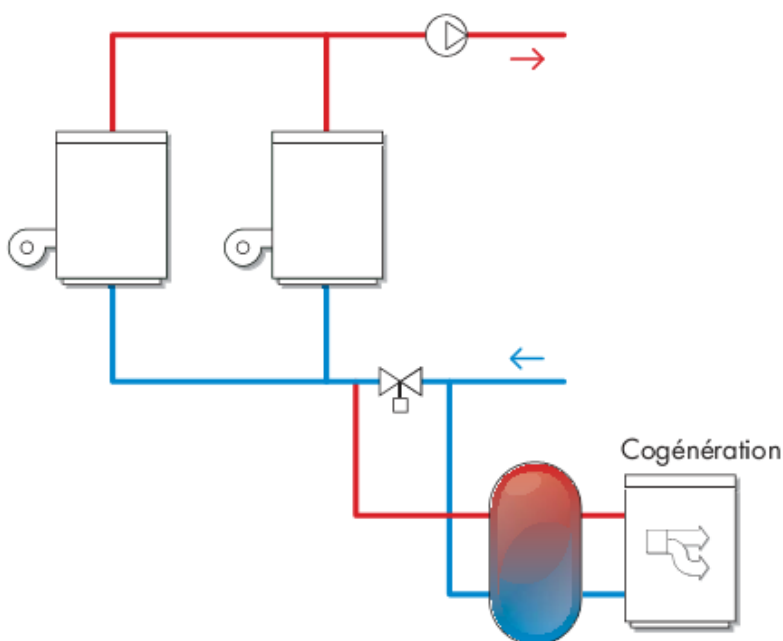
Une autre configuration qui évite les pertes à l'arrêt dans les chaudières est le placement avantageux d'un by-pass. Attention toutefois au coût des vannes 3 voies par rapport à l'avantage que l'on retire de ne pas générer des pertes à l'arrêt dans une des chaudières.



Un profil de chaleur constant ou peu variable prend toute son importance dans cette configuration.

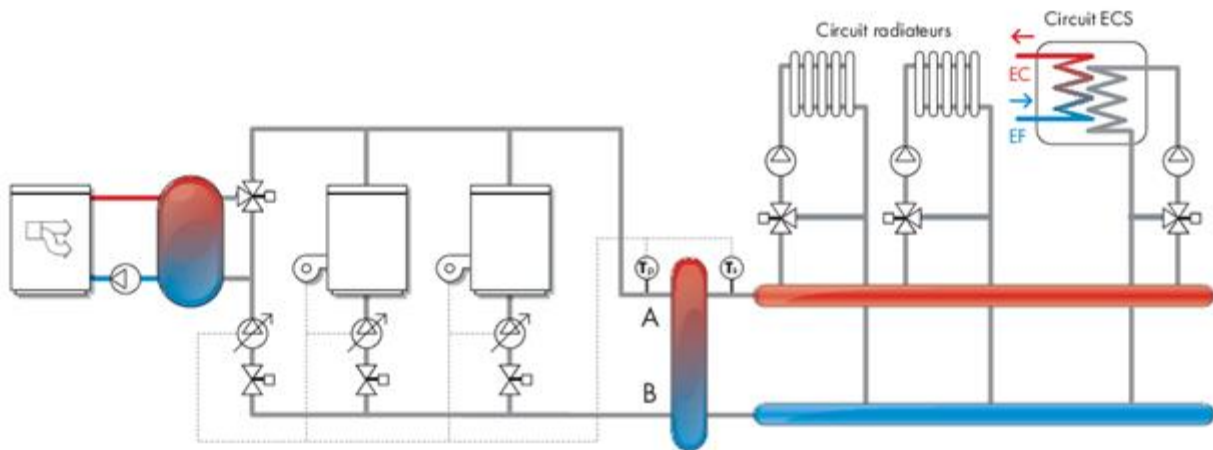
3.5.1.2. Configuration avec ballon tampon

Quelques constructeurs proposent une configuration série avec ballon tampon. Le débit total de retour du collecteur traverse le ballon. On ne peut pas vraiment parler de ballon de stockage vu qu'il n'y a pas de stratification. On parlera plutôt d'augmentation de l'inertie du réseau. Pour autant que les conduits d'entrée et de sortie du ballon soient bien dimensionnés, le ballon tampon agit comme un large collecteur à faibles pertes de charge et perturbant peu les équilibres hydrauliques de la chaufferie existante. On peut comprendre que cette configuration soit intéressante car hydrauliquement elle est simple et peut donner de bons résultats en terme de court cycle du cogénérateur.



3.5.2. Configuration parallèle

L'intégration hydraulique en parallèle dans une chaufferie existante demande plus de modifications de la « tuyauterie » qu'une intégration en série et une régulation plus fine. Cependant, on peut pointer plusieurs avantages importants de la mise en parallèle d'une cogénération : à l'inverse de la configuration série classique (sans by-pass des chaudières), il n'y a pas de passage de l'eau chaude dans les chaudières lorsque la cogénération seule fonctionne. On n'a donc pas de pertes à l'arrêt au niveau des chaudières si elles ne sont pas irriguées. Mais cela nécessite naturellement de dimensionner les conduites de raccordement du ballon de stockage de manière à laisser passer le débit total.



Dans des chaufferies modernes équipées de chaudières à condensation, pour autant que la température de retour au circuit primaire soit bien maîtrisée, la configuration parallèle permet de valoriser la chaleur de condensation lorsque les chaudières viennent :

- En support de la cogénération en période froide ;
- En remplacement de la cogénération en période chaude lorsque les besoins de chaleur deviennent trop faibles et ce pour éviter les court-cycle du cogénérateur.

3.6. Régulation de base

3.6.1. Principe

Sauf si vous avez hérité d'une installation « d'un autre âge », en général, quel que soit le type de chaudière, une régulation de chaudière classique comprend au minimum un mode de régulation « en température glissante » par rapport à la température externe. Sans rentrer dans les détails, la température de l'eau chaude de chauffage est adaptée aux conditions climatiques externes. Ce mode de régulation est très intéressant surtout pour les chaudières à condensation car il permet de valoriser la chaleur de condensation en faisant travailler les chaudières à basse température. Pour les autres types de chaudière, cette régulation permet de limiter les pertes thermiques qui sont générées lorsque les températures d'eau chaude sont élevées.

L'intégration d'une installation de cogénération dans une chaufferie constitue une modification assez importante de la régulation pour les raisons évidentes suivantes :

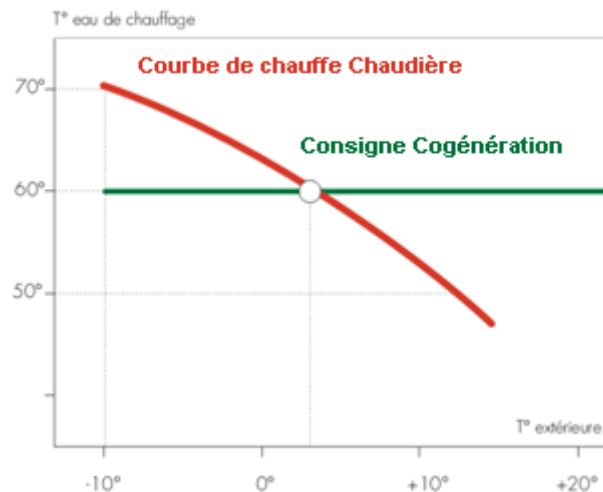
- Avec une seule chaudière existante, pour pouvoir placer le cogénérateur en tête de séquence, une régulation en cascade doit être programmée. Le régulateur de la chaudière est-il suffisamment évolué pour pouvoir intégrer cette cascade ? De manière générale, pour les chaudières d'une dizaine d'années, c'est faisable. Pour les chaudières de génération précédente, c'est du cas par cas ;
- Avec plusieurs chaudières, la cascade existante doit inclure le cogénérateur au même titre qu'une chaudière supplémentaire. Les régulateurs d'un ensemble de chaudières sont généralement prévus pour ajouter un équipement supplémentaire.

Donc, le régulateur d'une chaufferie (une ou plusieurs chaudières) doit au minimum « chapeauter » le régulateur de l'installation de cogénération, ne fût-ce que dans la séquence de cascade de libération du cogénérateur ET des chaudières. En effet, quelle que soit la configuration hydraulique, la difficulté d'intégration du cogénérateur est de concilier la ou les chaudières régulées par des courbes de chauffe, et donc des températures de consigne variables, avec un équipement de cogénération qui travaille avec une température de consigne constante. On constate dans certaines chaufferies les phénomènes suivants :

- En période froide, la consigne de température de départ appliquée par le régulateur aux chaudières est élevée (par exemple 80°C par -10°C de température externe). Les consignes de température de démarrage des chaudières sont, par exemple, respectivement de 75 et 70°C pour les chaudières « maître » et « esclave ». Par contre, la température de consigne de démarrage du cogénérateur est de l'ordre de 60°C en

fixe. Cette valeur de 60°C pour le démarrage est conditionnée par les caractéristiques intrinsèques du cogénérateur. En effet, elle pourrait être plus élevée, mais sachant que la température de retour au cogénérateur est maximum de l'ordre de 70-75°C, une valeur de consigne de démarrage du cogénérateur de 70°C entraînerait des cycles très courts marche/arrêt du cogénérateur et ne permettrait de toute façon pas un passage en tête de séquence de cascade (la consigne de démarrage en tête de séquence dans ce cas-ci est de 75°C) ;

- En mi- saison, lorsque les courbes de chauffe de régulation des chaudières définissent une consigne de température de départ primaire sous la consigne de température fixe du cogénérateur, soit dans l'exemple de 60°C, la cogénération va naturellement se placer en tête de cascade et démarrera avant les chaudières. C'est une bonne nouvelle, mais qui arrive un peu tard, comme les « carabiniers d'Offenbach », vu que les besoins de chaleur deviennent faibles. Il en résulte que le cogénérateur risque d'avoir des cycles marche/arrêt courts, ce qui n'est pas idéal.

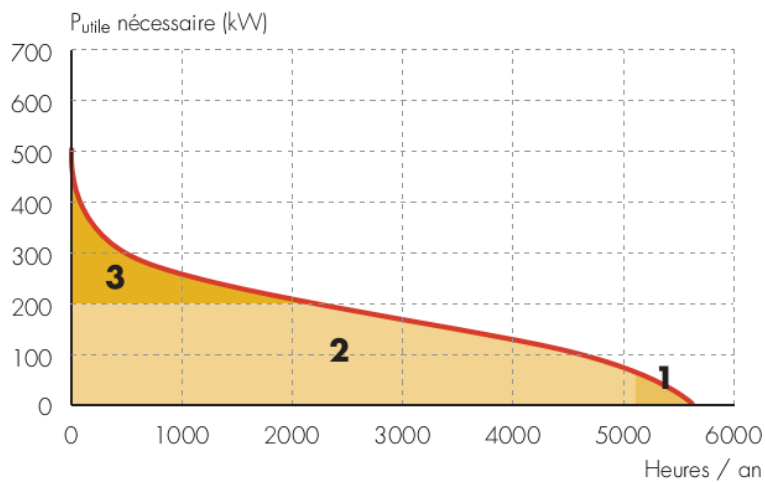


Régulation des chaudières et du cogénérateur

3.6.2. Régulation d'une cascade de chaudières

Une régulation de cascade doit être mise en place sachant qu'il faut pouvoir gérer la « libération » des différents équipements de production de chaleur en fonction des besoins et ce au bon moment. On tiendra à l'esprit que c'est la cogénération qui doit être en tête de cascade de manière à couvrir le maximum des besoins de chaleur. La monotone de chaleur représentée ci-dessous est très didactique pour montrer l'importance de la programmation d'une cascade séquentielle pour l'ensemble des équipements de production de chaleur.

On rappelle qu'une monotone de chaleur exprime surtout une représentation des besoins de chaleur au cours de l'année. On voit tout de suite que pour rentabiliser une cogénération d'un point de vue « énergétique-environnemento-financier », on a intérêt à programmer une cascade des chaudières et du cogénérateur pour que ce dernier couvre la plage 2 de la monotone de chaleur.



Monotone de chaleur

- 1- Libération d'une des chaudières à faible régime. Pour les anciennes chaudières, leur fonctionnement à faible charge entraîne une dégradation du rendement non négligeable. Pour les chaudières à condensation modulantes, elles travaillent dans des bonnes conditions de rendement (optimum autour des 30 % de taux de charge) ;
- 2- Libération du cogénérateur seul avec une modulation de puissance entre 100 et 70 % ;
- 3- Libération simultanée du cogénérateur et d'une des chaudières.

CHAUFFERIE IDEALE

Certains puristes diront : « une chaufferie idéale est un espace vide de tout système de production de chaleur ». Ils ont raison dans le sens où avant de concevoir une chaufferie idéale, il faut penser au concept de bâtiment sans besoin de chaleur.

Mais restons les pieds sur terre ! Ne fusse que faible, notre confort occidental demande malgré tout un besoin de chaleur !

Par exemple :

- dans un bâtiment passif, les besoins de chaleur sont de 15 kWh/(m².an) ;
- dans un bâtiment presque zéro énergie (NZE ou Nearly Zero Energy)

D'un point de vue énergétique, environnemental et économique, la chaufferie idéale est celle qui permettra de couvrir les besoins de chaleur au plus près sans perte. Ce qui signifie que les niveaux de puissance des systèmes de production doivent être adaptés en permanence en fonction des niveaux de puissance des systèmes d'émission. Pour y arriver, avec les régulations modernes, on peut « jouer » à la fois sur les températures et/ou sur les débits.

Comme annoncé dans l'avertissement, dans ce qui suit, on parle plutôt de chaudières et surtout de chaudières à condensation. C'est vrai que du point de vue de la chaufferie idéale, les chaudières à condensation ne sont pas nécessairement la panacée car on reste dans le domaine des énergies fossiles. Mais elles représentent toujours le système de production de chaleur qui équipe une grande majorité des chaufferies.

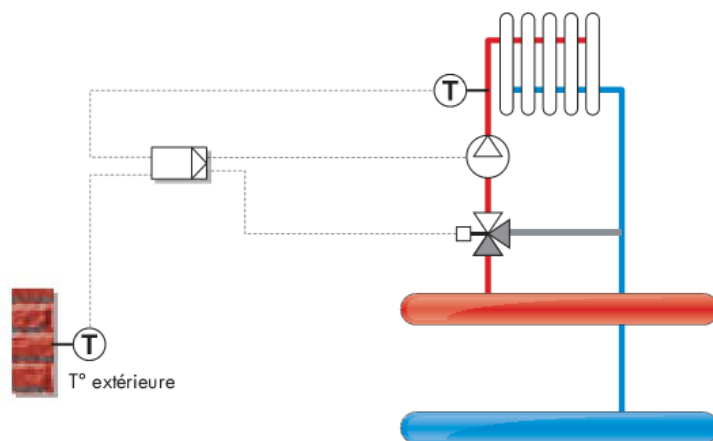
Une alternative qualifiée de source à énergie renouvelable est, par exemple, la pompe à chaleur. Tout comme les chaudières à condensation, la performance énergétique des pompes à chaleur (PAC) est atteinte pour des températures de retour en chaufferie les plus froides possibles. Un régime de température de pompe à chaleur de 50-30°C voire 25°C est couramment admis pour des bâtiments énergétiquement performants et revendiqué pour atteindre de bonnes performances au niveau de la pompe à chaleur.

1. Départ des circuits secondaires

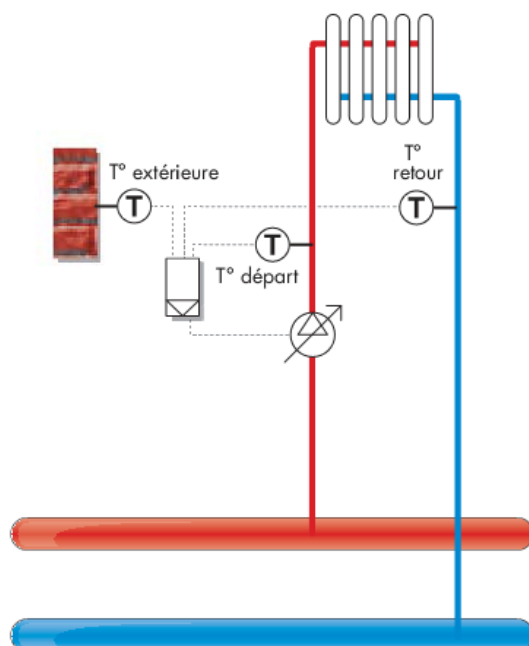
1.1. Circuits à températures de distribution identiques

Outre la régulation terminale comme les vannes thermostatiques (qui est une adaptation du débit d'eau chaude passant dans le radiateur), la modulation des puissances d'émission au départ du collecteur principal de chaufferie peut être généralement réalisée de deux manières différentes :

- Par une modulation des températures de départ en fonction du niveau d'ouverture de la vanne trois voies. Cette modulation s'effectue à débit constant en aval de la vanne trois voies. L'objectif étant clairement de fournir de la chaleur à température la plus basse possible pour des questions évidentes d'efficacité énergétique des systèmes de production de chaleur et de confort thermique, les températures des circuits secondaires sont toujours adaptées grâce aux courbes de chauffe, elles-mêmes liées à la température externe. Petit bémol par rapport à ce système, les circulateurs ou pompes de circulation fonctionnent en permanence à débit nominal, ce qui engendre des consommations électriques non négligeables. Pour la chaufferie idéale, on peut mieux faire !



- Par modulation du débit. L'objectif étant toujours de fournir la chaleur aux émetteurs à la température la plus basse possible, ce sont les systèmes de production de chaleur qui doivent moduler leur puissance au brûleur de manière à adapter la température de consigne primaire en fonction de la température externe. La modulation en débit du circuit secondaire adapte la puissance délivrée à l'émetteur. Le retour est plus ou moins froid en fonction de la puissance soutirée au niveau de l'émetteur. On pourrait donc parler de modulation mixte en débit et température. Actuellement, avec les variateurs de vitesse (variateurs de fréquence), les débits peuvent être adaptés facilement dans une plage entre 30 et 100 %.

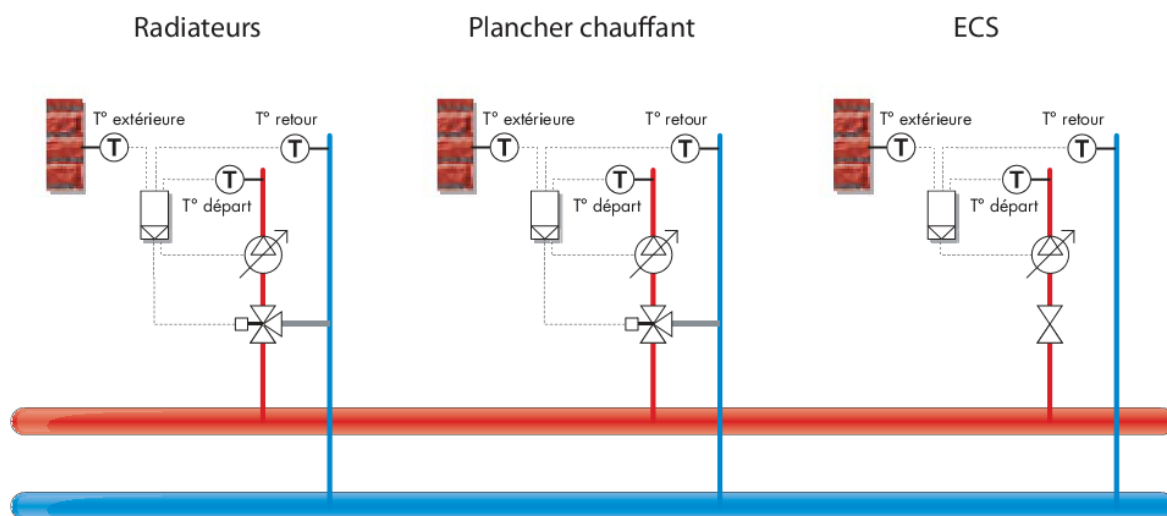


La modulation des températures et des débits est un gage de la performance énergétique des équipements. En effet, la gestion au plus près des besoins :

- Des débits réduit les consommations électriques des pompes de circulation ou des circulateurs ;
- Des températures minimise les consommations de combustible des chaudières à condensation et les consommations électriques des pompes à chaleur (PAC).

1.2. Circuits à températures de distribution différentes

Pour les circuits dont les régimes de température sont différents (par exemple un circuit de radiateur et un circuit de chauffage sol), il est possible de combiner avantageusement la régulation en débit avec celle en température, comme le montre le schéma suivant :



2. Les circuits primaires

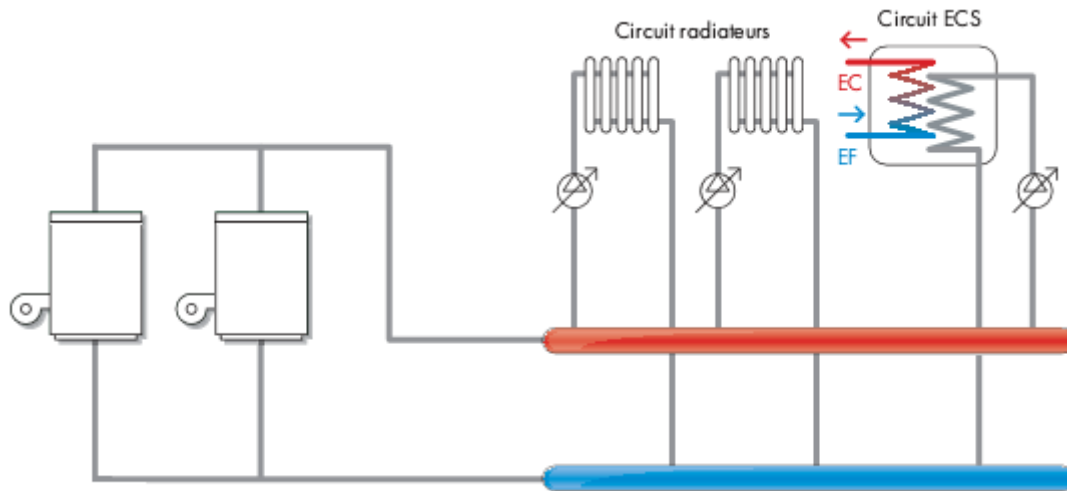
L'adaptation de la puissance de chauffe peut aussi être réalisée côté primaire au moyen, par exemple, de la modulation de puissance d'un brûleur de chaudière, de vitesse du compresseur d'une pompe à chaleur (PAC), ... En général, la régulation des systèmes de production de chaleur s'appuie sur les courbes de chauffe qui permettent de fixer la consigne de la température de départ primaire en fonction de la température extérieure. En pratique, il existe encore beaucoup de modèles de chaudières ou de PAC qui modulent la puissance de chauffe suivant le temps de fonctionnement du système de chauffage à puissance nominale (100 % de charge).

3. Adéquation des débits primaires et secondaires

Pour s'approcher du concept de chaufferie idéale, l'adéquation des débits primaire et secondaire est primordiale. Non seulement elle est importante d'un point de vue de l'hydraulique et de la régulation du système de chauffage, mais aussi au niveau de l'efficacité énergétique des systèmes de production. En effet, lorsque les retours des circuits secondaires sont froids, l'adéquation des débits des circuits primaires avec ceux des circuits secondaires garantit un retour froid aux systèmes de production de chaleur.

3.1. Les chaudières à faibles pertes de charge

Certains systèmes de production de chaleur sont à faibles pertes de charge comme par exemple les chaudières à grand volume d'eau. Ce type de système permet de simplifier les schémas hydrauliques et, par conséquent, la régulation.



Ce système de chauffage est idéal de par la simplicité de l'hydraulique et de la régulation qui en découle. D'un point de vue énergétique, pour autant que les chaudières soient modulantes dans une plage importante de puissance et que les circulateurs ou pompes de circulation des circuits secondaires soient à débit variable :

- Les consommations de combustibles sont réduites. Dans le cas de chaudière à condensation, les basses températures de retour favorisent la condensation ;
- Les consommations électriques des équipements à vitesse variable sont réduites.

3.2. Les chaudières à pertes de charge importantes

La bouteille casse-pression est souvent nécessaire lorsque les chaudières ont des pertes de charge telles qu'elles nécessitent des circulateurs ou des pompes de circulation.

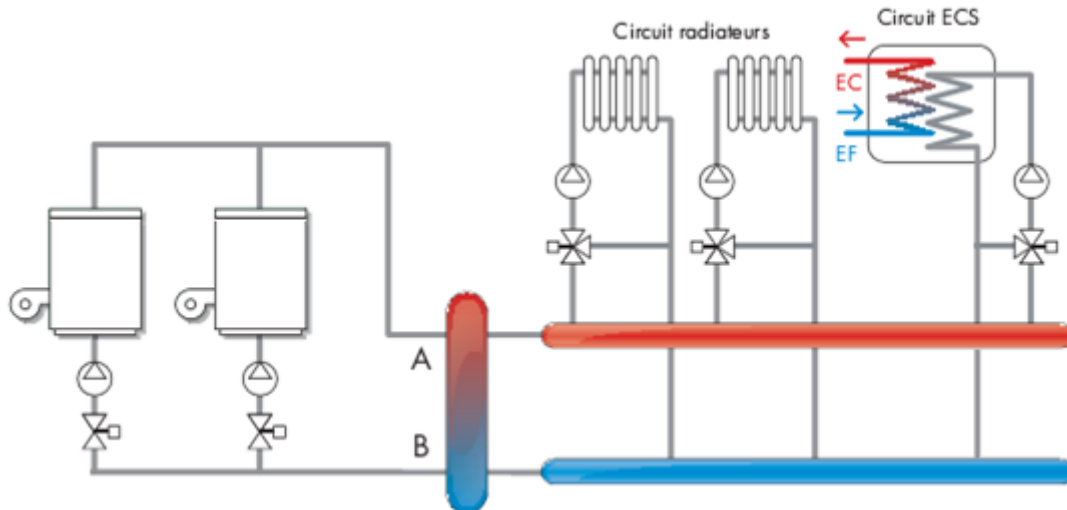
Vous trouverez beaucoup de schémas hydrauliques de chaufferie incluant une bouteille casse-pression. Cette configuration arrange bien les bureaux d'études en techniques spéciales et les installateurs car elle permet de pallier aux différents problèmes d'équilibrage et de régulation dus à la « disconcordance » des débits primaires et secondaires de la chaufferie. En d'autres termes, l'expérience de terrain montre que les débits des circuits secondaires (souvent équipés de vannes 3 voies) varient en permanence alors que les débits primaires des chaudières sont souvent fixes ou ne varient pas dans les mêmes proportions. Le « dérangement » hydraulique qui en découle est un phénomène bien connu des chauffagistes. Les symptômes classiques de dysfonctionnement se manifestent :

- par la difficulté à piloter et réguler les vannes 3 voies des départs secondaires ;
- par des inversions de sens de débit dans certains circuits secondaires ;
- par un manque de débit dans des circuits secondaires défavorisés ;
- ...

Différents systèmes permettent d'accorder les débits primaire et secondaire. Un des systèmes qui met souvent tout le monde d'accord est la bouteille casse-pression.

3.2.1. Non contrôle des débits primaires

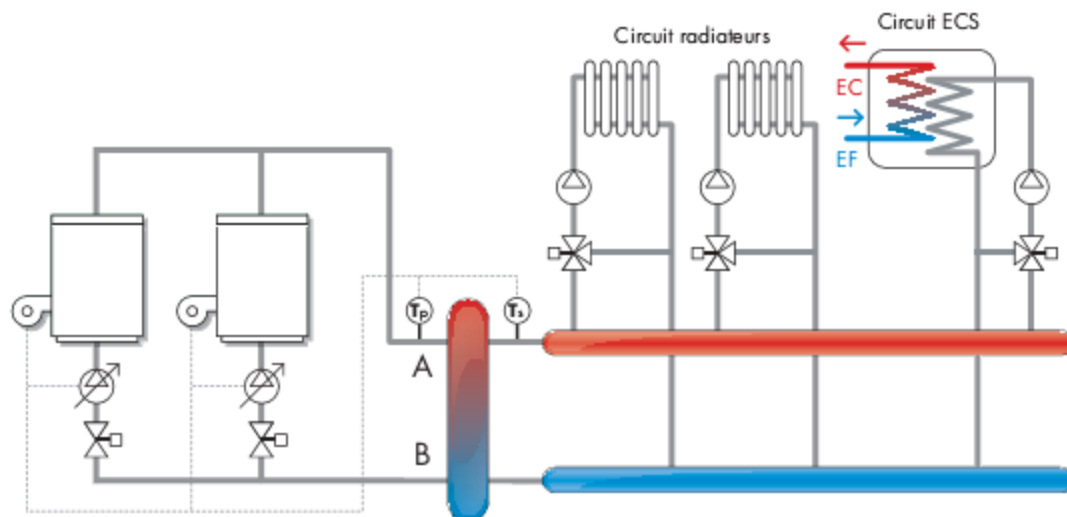
C'est vrai que la bouteille casse-pression résout beaucoup de problèmes hydrauliques et de régulation des circuits secondaires. Mais, cependant, cette solution « miracle » a, comme tout chose, des limites. En effet, celle-ci convient bien pour les chaufferies classiques ne nécessitant pas de contrôle des températures de retour aux chaudières. Il n'en est pas de même depuis la venue des chaudières à condensation, des pompes à chaleur (PAC) et des cogénérateurs à condensation : les températures de retour aux systèmes de production de chaleur doivent être les plus froides possibles.

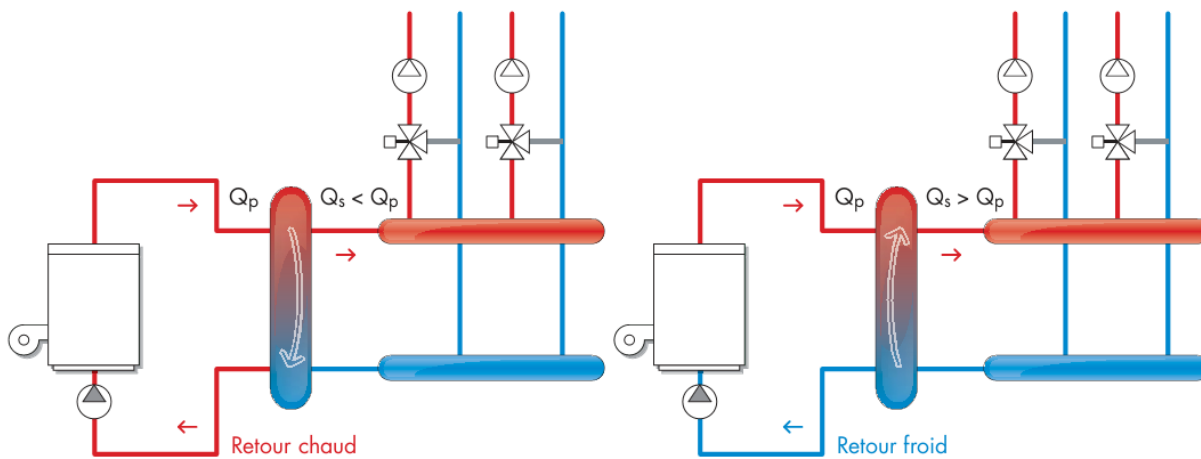


3.2.2. Contrôle des débits primaires

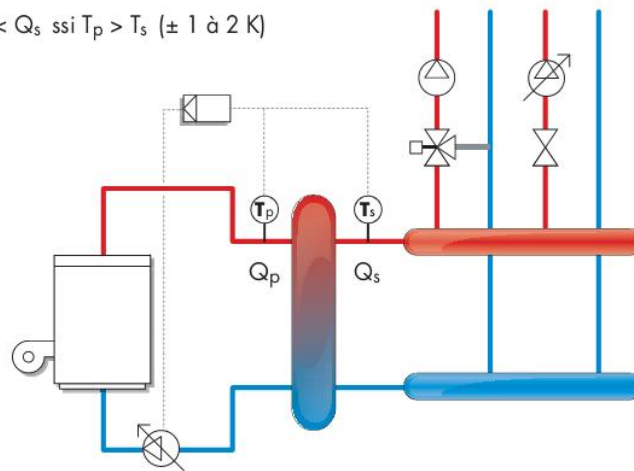
Le contrôle de la bouteille casse-pression permet d'optimiser les températures de retour aux systèmes de production de chaleur, ce qui garantit une meilleure performance énergétique pour des systèmes de production de chaleur comme les chaudières à condensation, les PAC, ...

Pour y arriver, le système de régulation de la chaufferie doit faire varier les débits primaires de manière à maintenir ceux-ci légèrement inférieurs à la somme des débits secondaires. On y arrive en contrôlant l'écart de température entre la température T_p au primaire et la température T_s au secondaire. En pratique, un écart de 1 à 2K est admis.





$$Q_p < Q_s \text{ ssi } T_p > T_s (\pm 1 \text{ à } 2 \text{ K})$$



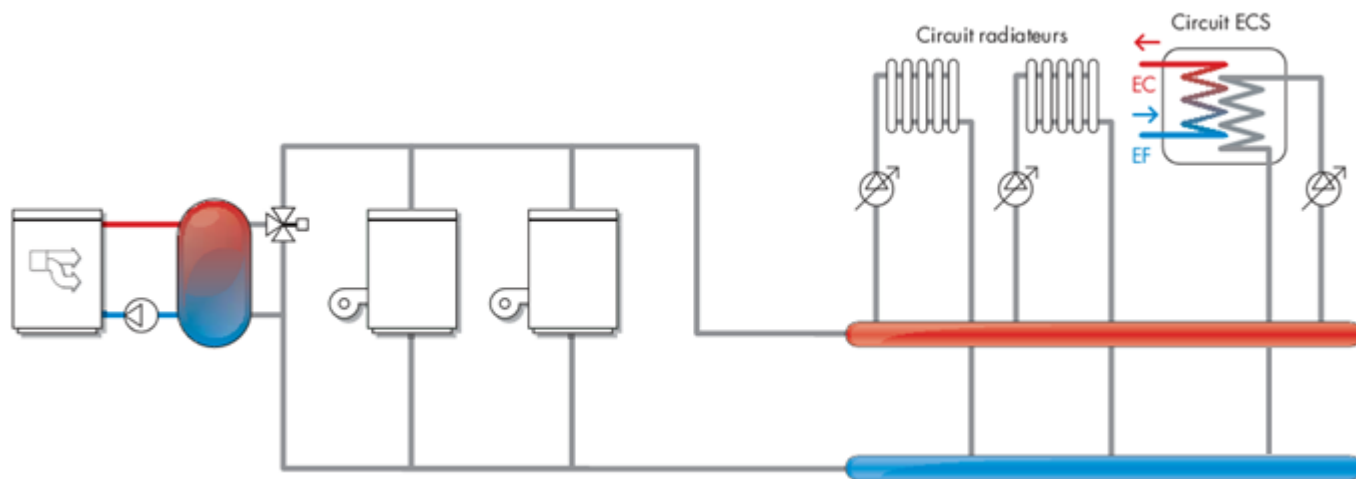
4. Intégration de la cogénération

Il est clair que dans des projets de conception de nouvelles chaufferies, l'intégration de la cogénération devrait présenter moins de contraintes. En effet, on peut partir d'une feuille blanche sans a priori. Les chaudières d'appoint seront immanquablement à condensation sachant que ce type de chaudière, même si elles ne condensent pas, ont un meilleur rendement que les chaudières type HR Top ou Optimaz.

4.1. Les chaudières à faibles pertes de charge

Le fait de prévoir d'emblée des chaudières à condensation à faibles pertes de charge en appoint entraîne :

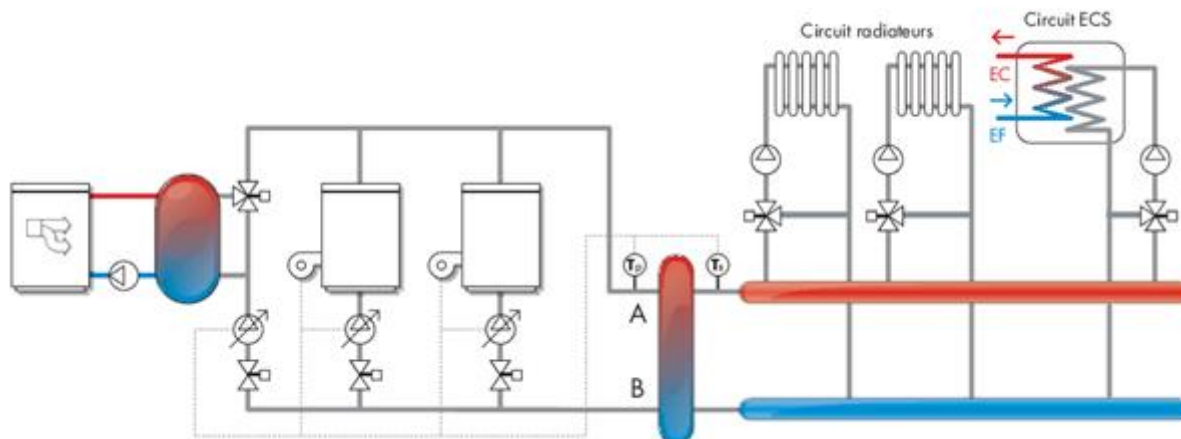
- Une configuration en parallèle pour le cogénérateur ;
- Des circulateurs à débit variable au niveau des circuits secondaires.



4.2. Les chaudières à pertes de charge importantes

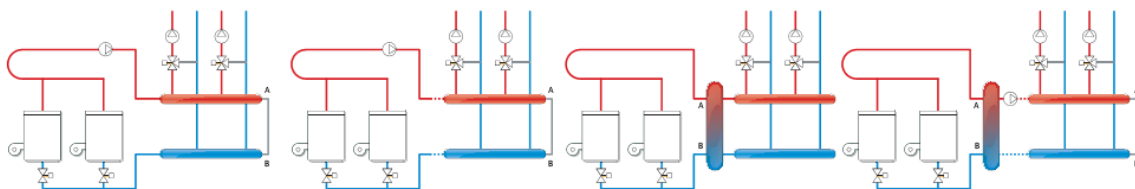
Le placement de chaudières à condensation à pertes de charge importantes en appoint entraîne :

- Une configuration en parallèle pour le cogénérateur ;
- Une bouteille casse-pression pour assurer la disconnexion hydraulique. De plus, elle devra être contrôlée pour maintenir la température de retour la plus froide possible ;
- Des circulateurs ou pompes de circulation à débit variable pour pouvoir contrôler la température de retour en sortie de bouteille casse-pression.



1. Identification des configurations courantes de chaufferie existante

La configuration hydraulique de départ va immanquablement conditionner l'intégration du cogénérateur. Le principe de base consiste à hydrauliquement faire en sorte que l'introduction d'un équipement ne génère pas trop de perturbations au niveau des chaudières, des circuits primaires et secondaires, ...



1.1. Circuit primaire

1.1.1. Limite entre les circuits primaire et secondaire

Pour que tout le monde parle le même langage, considérons arbitrairement que le circuit primaire soit composé des chaudières et de leurs accessoires (pompe, circulateur, vanne d'isolement,...), des conduites de départ et de retour reliant les chaudières au collecteur principal.

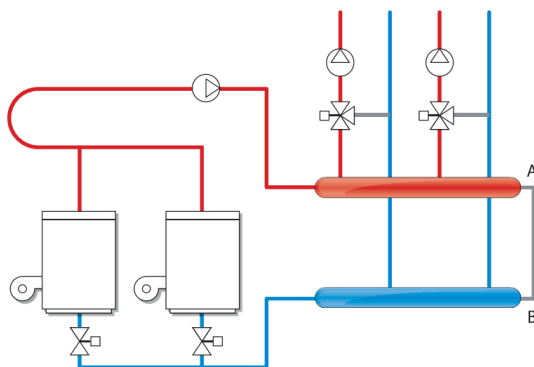
La limite hydraulique entre le circuit primaire et le circuit secondaire se situe donc au niveau du collecteur principal ou de la bouteille casse-pression.

1.1.2. Configurations

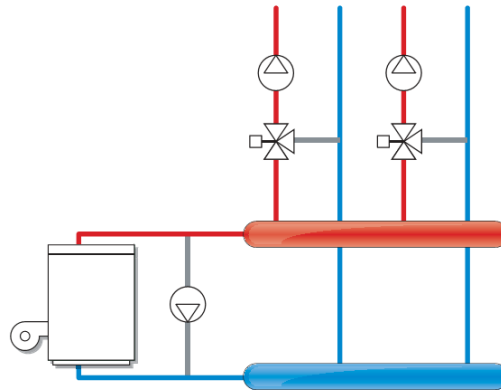
Les configurations hydrauliques existantes côté primaire dépendent souvent des caractéristiques des chaudières choisies au départ et de la distance entre les circuits primaire et secondaire.

L'identification de la configuration de la chaufferie est essentielle dans un projet d'intégration de système de cogénération. Il est impératif de se poser les questions suivantes :

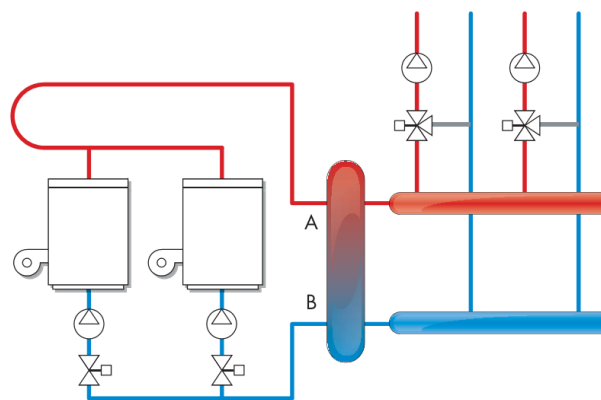
- La ou les chaudières sont-elles de type à **haute température** ou à **condensation** ? Lorsque les chaudières sont à haute température, un dispositif hydraulique est mis en place pour éviter de revenir avec des retours trop froids. C'est souvent le cas des chaudières existantes d'un certain âge. On peut identifier ces dispositifs de la manière suivante :
 - Le collecteur principal est bouclé ;



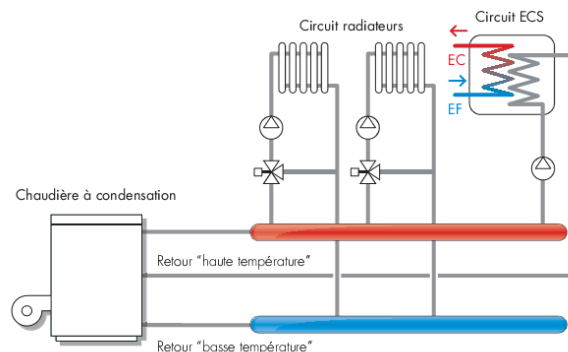
Un bouclage individuel de la chaudière est présent. Il se présente sous forme d'un by-pass avec circulateur qui renvoie une partie de l'eau chaude de sortie de chaudière sur le retour de celle-ci ;



- Une bouteille casse-pression peut aussi servir de retour chaud pour des chaudières à haute température.



- Le retour des chaudières à condensation est-il unique ou dédoublé en retour chaud et retour froid ? Certaines chaudières à condensation de première génération sont équipées de deux retours (c'est de moins en moins le cas) ;



- Les chaudières sont-elles à grand ou faible volume d'eau ?
 - Les chaudières à **grand volume d'eau** sont souvent imposantes en taille et n'ont pas nécessairement de pompe de circulation ou de circulateur propre car leurs pertes de charge sont relativement faibles. Aussi, ce sont souvent des chaudières de grande puissance et pouvant fonctionner à débit faible ;
 - A l'inverse, les chaudières à **faible volume d'eau** sont relativement compactes et à pertes de charge importantes. Elles sont souvent associées à des circulateurs ou pompes de circulation propres.

En ce qui concerne la distance entre les circuits primaire et secondaire, il n'est pas toujours possible de placer la chaufferie à proximité du collecteur principal. Dans ce cas, une pompe de circulation est nécessaire. Cette pompe est souvent à débit fixe et surdimensionnée.

1.2. Collecteur principal

Le collecteur principal assure le « dispatching » de la chaleur issue du circuit primaire et de ses chaudières vers les circuits secondaires qui alimentent les émetteurs.

Pour rappel, suivant le type de chaudières, le collecteur est bouclé ou pas de manière à « ramener » de l'eau suffisamment chaude au retour des chaudières qui ne peuvent pas condenser.

1.3. Circuits secondaires

Au départ du collecteur principal, les circuits secondaires alimentent les émetteurs. Ils peuvent être de tout type comme, par exemple, des radiateurs, des convecteurs, des batteries de chauffe et de post-chauffe dans les centrales de traitement d'air (CTA), ... Quel que soit le type de circuit secondaire, proche ou éloigné, son débit varie en permanence en fonction des besoins thermiques nécessaires. Cette variation permanente des débits représente LA source principale des complications hydrauliques lorsqu'on se lance dans des améliorations URE et/ou l'intégration d'une installation de cogénération.

2. Identification des régulations courantes de chaufferie

Si on parle de régulation de chaufferie avec orientation URE de base (Utilisation Rationnelle de l'Energie) digne de ce nom, elle doit au minimum intégrer :

- Des courbes de chauffe en fonction de la température donnée par une sonde extérieure adaptant la température d'eau chaude des chaudières et des circuits secondaires en fonction du climat externe ;
- Une horloge permettant de pratiquer l'intermittence ou le ralenti de nuit ;
- Des vannes thermostatiques pour les radiateurs des circuits statiques ;
- ...

Si ce n'est pas le cas, c'est que votre chaufferie fait partie des vrais ancêtres et qu'un « lifting » (ravalement de façade en français) minimum serait nécessaire !

3. Opérations URE préalables

L'intégration d'un système de cogénération dans une chaufferie existante doit tenir compte des opérations d'Utilisation Rationnelle de l'Energie (URE). En effet l'isolation de l'enveloppe, le remplacement des chaudières classiques par des chaudières à condensation, ... influence le dimensionnement du cogénérateur.

Du point de vue de l'éthique énergétique et environnementale, il est préalablement impératif de considérer qu'un potentiel URE doit toujours être exploité avant d'entamer les démarches d'intégration d'une cogénération. Cette démarche URE risque d'avoir (ou a) des répercussions sur la gestion de la production de chaleur au sens large du terme.

Plus particulièrement Il faut se poser la question :

- Du surdimensionnement ou du sous-dimensionnement de la cogénération en fonction du niveau de mesures URE pris. Un manque « d'ambition URE » se traduit par un surdimensionnement de la cogénération. A terme, si des mesures URE drastiques sont quand même prises, le surdimensionnement de départ se révèle être un problème sachant que la cogénération va voir augmenter son nombre de démarrages et d'arrêts car elle devient « surpuissante » par rapport aux besoins en puissance de chaleur. A l'inverse, un sous-dimensionnement peut rendre la cogénération vulnérable par rapport aux chaudières existantes lorsque celles-ci viennent en appoint de la cogénération. En effet, une différence importante de puissance entre les chaudières et la cogénération peut aussi être une source de perturbation dans le fonctionnement de cette dernière ;
- De la température de retour de l'eau de chauffage. En effet, sa valeur va conditionner l'intégration du cogénérateur au niveau de la production ou même le maintien ou pas des chaudières dans leur contexte. En effet, faudra-t-il les remplacer par des chaudières à condensation ? Dans cette optique, les chaudières à

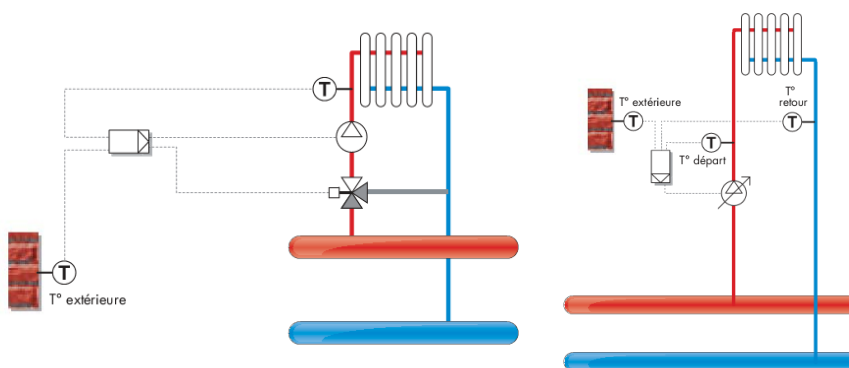
condensation et les cogénérateurs peuvent-ils cohabiter ? Bref, toute une série de questions auxquelles ce vademécum donne des éléments de réponse !

3.1. Circuits secondaires

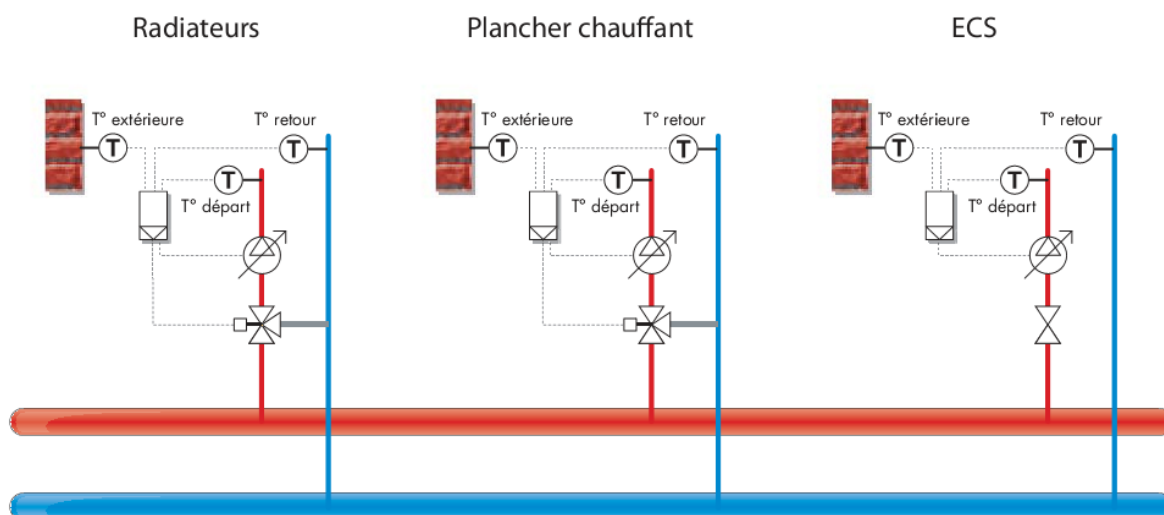
Suite à une action URE, les régimes de température des circuits secondaires peuvent ou doivent être revus à la baisse sachant qu'une amélioration de l'enveloppe du bâtiment réduit les déperditions des parois et, par conséquent, les températures d'eau chaude en fonction des températures externes peuvent être revues à la baisse. L'impact énergétique est immédiat puisqu'on peut favoriser les retours froids vers la chaufferie et, plus spécifiquement, vers les chaudières à condensation ou des pompes à chaleur (PAC).

Depuis la venue sur le marché des techniques de variation de vitesse pour des équipements comme les pompes de circulation et les circulateurs, une manière efficace de répondre à la demande de chaleur et de simplifier les circuits hydrauliques est de travailler à débit variable. Les vannes 3 voies modulantes ne sont plus nécessaires puisque les besoins thermiques peuvent être assurés en travaillant essentiellement à débit variable et ce en fonction, par exemple du ΔT entre le départ et le retour du circuit secondaire.

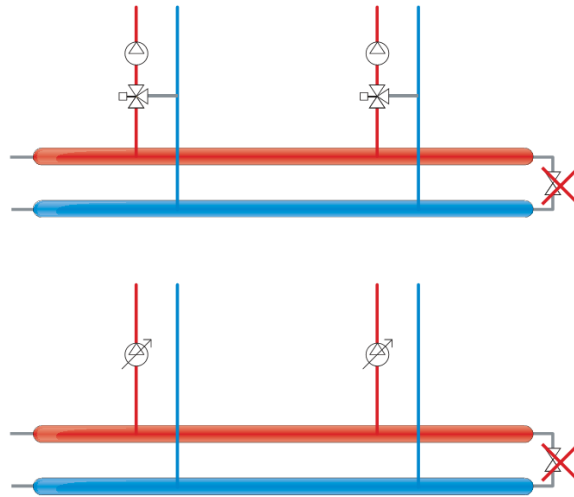
Comme on l'a vu précédemment, les avantages résident surtout dans la réduction des consommations électriques des circulateurs, ce qui est en soi une action URE non négligeable.



Seul désavantage des circuits secondaires à circulateur ou pompe de circulation à débit variable, c'est lorsque plusieurs circuits secondaires ont des régimes de température différents. On pense à la combinaison de circuits de radiateurs, de plancher chauffant ou encore de production d'eau chaude sanitaire (ECS). Le schéma suivant montre une manière de traiter les circuits à régimes de température différents :



3.2. Collecteurs



Avec toujours en ligne de mire l'objectif de « ramener » aux chaudières à condensation une eau chaude la plus froide possible, le collecteur sera avantageusement ouvert s'il est bouclé. Il est clair que l'ouverture du collecteur doit être accompagnée d'une série de mesures en amont. En effet, l'ouverture du collecteur ne garantit plus de retour chaud vers les chaudières classiques restantes ainsi qu'un débit minimal pour les chaudières qui en ont besoin.

3.3. Interface entre circuits primaire et secondaire

L'équilibrage hydraulique entre les circuits secondaires comprenant le collecteur, les circuits secondaires proprement dits et le circuit primaire des chaudières est un élément essentiel dans un circuit de chauffage. Pour les électroniciens, on parlerait « d'accorder les impédances », si c'est plus parlant pour les non hydrauliciens. Non toujours pas ? La plupart du temps, les débits des pompes primaires et l'ensemble des débits des circuits secondaires sont pratiquement toujours différents. Ces différences entraînent à coup sûr des perturbations hydrauliques pouvant déstabiliser la régulation des circuits secondaires, déséquilibrer la répartition des débits entre les circuits secondaires avec pour conséquence un risque de ne pas pouvoir assurer le confort requis. Les principaux symptômes sont le « pompage » des vannes 3 voies, des circuits froids alors qu'ils devraient être chauds, ...

A moins que les chaudières existantes et nouvelles soient à faible perte de charge (grand volume d'eau), ce qui est rarement le cas, des pompes de circulation sont presque toujours nécessaires au niveau du circuit primaire. Automatiquement, il y a lieu « d'accorder » (ils doivent avoir plus ou moins les mêmes valeurs) les débits primaires et secondaires.

Pour des chaudières à faible perte de charge et pouvant fonctionner à très faible débit, on pourrait se contenter d'utiliser les pompes de circulation ou les circulateurs des circuits secondaires pour assurer la circulation de l'eau chaude dans l'ensemble de l'installation de chauffage.

Hydrauliquement parlant, c'est le cas décrit dans la chaufferie idéale ci-avant.

3.4. Chaudières

A ce stade de la réflexion, une intervention URE conditionne souvent l'évaluation de l'état des chaudières, l'intérêt d'exploiter les retours froids d'un bâtiment en demande réduite de besoins de chaleur (exploitation de la condensation des chaudières à condensation), bref, d'analyser l'intérêt du remplacement ou pas d'une ou de plusieurs chaudières. Si pour une raison financière, la programmation de l'ensemble du remplacement des chaudières usagées par des chaudières performantes doit être étalée dans le temps, il sera nécessaire de faire cohabiter des chaudières de nouvelle et d'ancienne génération avec les contraintes de prévoir au niveau hydraulique des astuces :

- Exploiter les retours froids par la ou les chaudières à condensation ;
- Garantir un retour suffisamment chaud pour les chaudières classiques existantes qui ne peuvent pas condenser ;
- Garantir un débit suffisant dans les chaudières qui nécessitent un débit de circulation minimum ;
- ...

L'idéal naturellement est de rénover complètement la chaufferie avec des chaudières performantes sachant

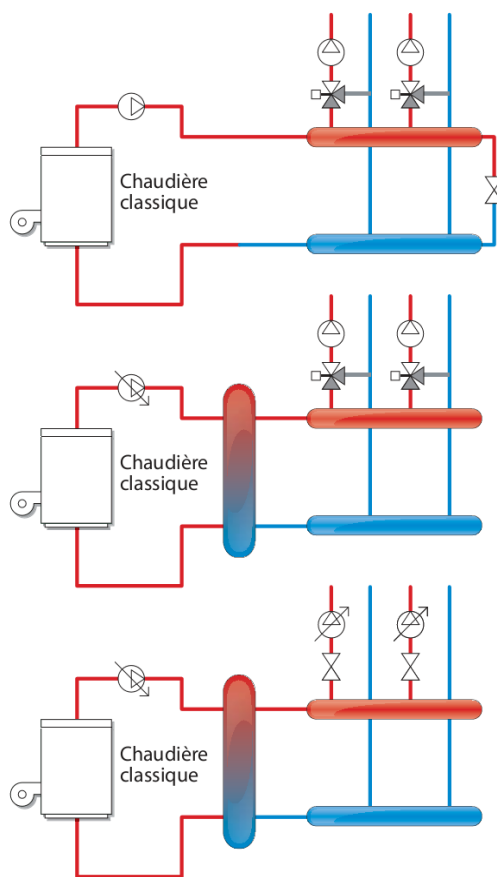
que lorsqu'une chaudière d'un certain âge vient « à rendre l'âme », sa sœur jumelle ou sa petite sœur (pour les bâtiments de taille moyenne ou de grande taille) se trouve souvent dans le même état de vétusté. C'est d'autant plus vrai que des primes à la rénovation sont souvent disponibles au niveau des régions.

3.4.1. Maintien de la production et de la distribution existantes

Lorsque les chaudières sont encore dans un état acceptable, la seule satisfaction énergétique et environnementale réside dans l'action URE menée en amont par rapport à la diminution des besoins de chaleur. La seule intervention nécessaire est malgré tout l'adaptation des débits primaires par rapport aux débits secondaires. Cette adaptation permettrait de réduire les consommations d'électricité des pompes ou des circulateurs.

Le placement d'une bouteille casse-pression n'est pas impératif dans ce cas de figure mais permet :

- De maintenir un retour chaud et un débit minimum au niveau des chaudières ;
- De préparer l'avenir lorsqu'il faudra envisager le remplacement d'une ou de plusieurs chaudières ;
- ...



3.4.2. Remplacement d'une ou de plusieurs chaudières

Le remplacement d'une des chaudières existantes par une chaudière plus performante peut être motivé par :

- La vétusté de la chaudière ;
- La réduction des besoins de chaleur (suite à une action URE) et la nécessité de revoir à la baisse la puissance de chauffe. Toutes ces actions impliquent le choix d'une chaudière à condensation de manière à sensiblement augmenter le rendement saisonnier de la chaufferie. On rappelle ici que ce choix se justifie amplement sachant que le prix des chaudières à condensation est sensiblement identique à celui des chaudières classiques voire, dans certaines gammes de puissance, moins cher. De plus, même si la finalité de ce vadémécum est d'installer une cogénération, et que par conséquent la chaudière à condensation risque

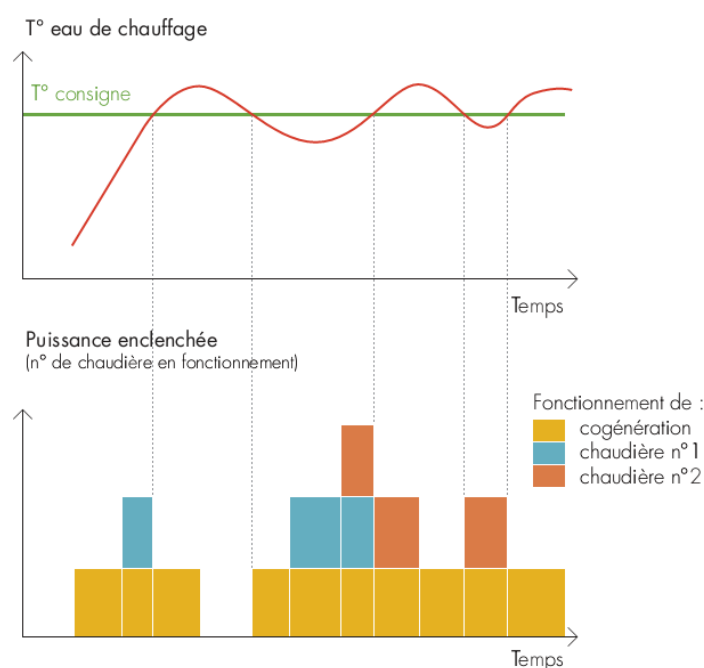
dans sa configuration hydraulique de ne pas condenser, son rendement sera malgré tout meilleur qu'une chaudière classique (l'échangeur de la chaudière à condensation est plus grand que celui des chaudières classiques).

Bien évidemment si le retour est froid, le remplacement d'une des chaudières par une chaudière à condensation, combiné ou pas avec une action URE, implique souvent une revue à la baisse dans le dimensionnement de la puissance de la nouvelle chaudière.

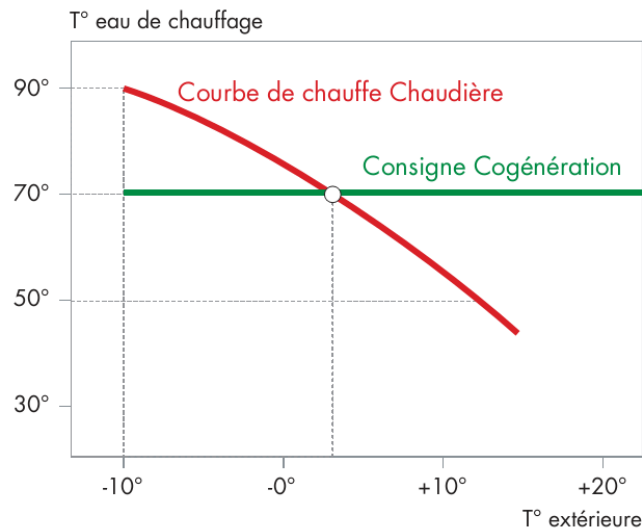
3.5. Régulation

3.5.1. Séquence classique de libération des chaudières seules

La plupart du temps, un besoin de chaleur au niveau secondaire se traduit par une diminution de température au niveau de la sonde de départ du primaire. Tenant compte du fait que le régulateur adapte souvent la température de consigne de départ en fonction de la température externe (fonctionnement en température glissante), la comparaison entre la température du départ et sa consigne glissante doit permettre de libérer les différents équipements de production suivant une séquence dans la cascade bien définie comme le représente la figure suivante :



Source E+



- Lorsque le bâtiment est en demande de chaleur, pour une consigne de 70°C de température d'eau chaude et une température externe de 0°C par exemple, la chaudière en tête de cascade démarrera pour une température de sonde de départ primaire de 65°C. Si le besoin de chaleur est supérieur à la capacité de la chaudière de tête, la température de sonde de départ continuera de baisser. À partir d'une température de sonde de départ de 60°C, par exemple, la seconde chaudière démarrera pour donner le complément de chaleur ;
- À l'inverse, lorsque la demande de chaleur du bâtiment diminue, le régulateur de cascade permettra l'arrêt successif des différentes chaudières dans l'ordre inverse d'enclenchement. Par exemple : pour une température de sonde de départ de 67°C, le régulateur permet l'arrêt de la seconde chaudière et pour une température de 72°C l'arrêt de la première chaudière.

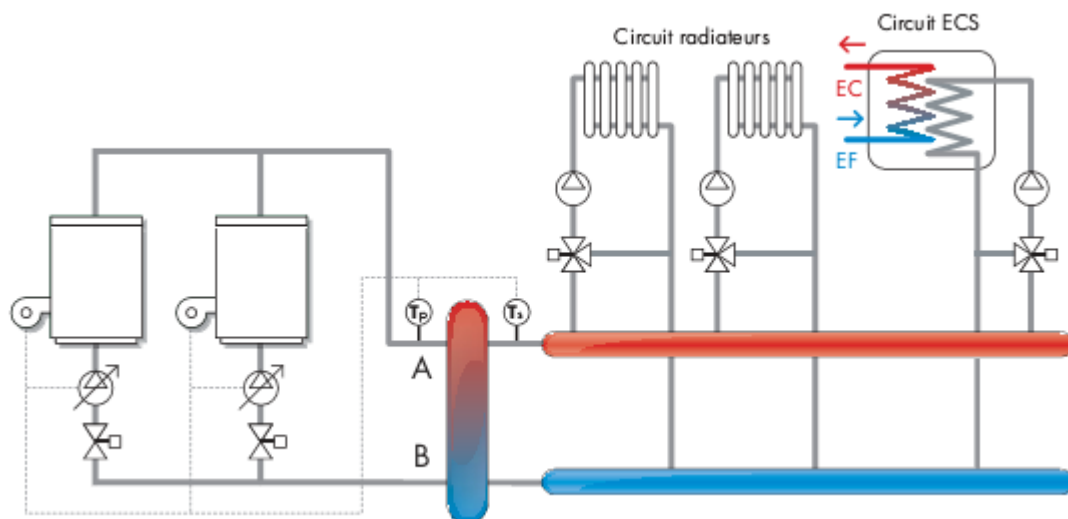
Il est important de signaler que les comparaisons entre la consigne et la mesure de température ne peuvent s'effectuer que s'il existe un débit primaire. Cette remarque prend toute son importance lorsqu'une bouteille casse-pression est présente.

3.5.2. Séquence évoluée de libération des chaudières

Dans une configuration URE poussée avec bouteille casse-pression, les réductions de consommation énergétique peuvent être valorisées sur plusieurs plans, à savoir :

- Une diminution de la température de retour au niveau primaire de manière à favoriser la condensation des chaudières ;
- Une réduction de la vitesse des circulateurs ou des pompes de circulation afin de diminuer les consommations électriques.

Idéalement, lorsqu'il n'y a pas de demande thermique au secondaire, les circulateurs ou pompes de circulation du circuit primaire devraient être à l'arrêt, qu'ils soient ou pas à vitesse variable. Pratiquement parlant, une sonde de température placée au primaire sans débit primaire ne réagira pas à une demande thermique au niveau des circuits secondaires. Pour cette simple raison, c'est la sonde de température du circuit secondaire qui doit commander la libération des chaudières :



3.6. Synthèse des actions URE préalables

	Situation existante		Action URE équipement	Action URE hydraulique primaire	Action URE régulation primaire et secondaire (cohérence des t° des circuits secondaires)
Configuration 1	<ul style="list-style-type: none"> grand ou faible volume d'eau débit minimum nécessaire retour chaud nécessaire faible distance entre les chaudières et le collecteur principal 		<ul style="list-style-type: none"> remplacement d'une chaudière classique par une chaudière à condensation placement de pompe à débit variable ... 		
Configuration 2	<ul style="list-style-type: none"> grand ou faible volume d'eau débit minimum nécessaire retour chaud nécessaire distance importante entre les chaudières et le collecteur principal 		<ul style="list-style-type: none"> remplacement d'une chaudière classique par une chaudière à condensation placement de pompe à débit variable ... 		
Configuration 3	<ul style="list-style-type: none"> pompe individuelle par chaudière faible volume d'eau débit minimum nécessaire retour chaud nécessaire faible distance entre les chaudières et le collecteur principal découplage primaire-secondaire par bouteille casse-pression 		<ul style="list-style-type: none"> remplacement d'une chaudière classique par une chaudière à condensation placement de pompe à débit variable ... 		
Configuration 4	<ul style="list-style-type: none"> pompe individuelle par chaudière faible volume d'eau débit minimum nécessaire retour chaud nécessaire faible distance entre les chaudières et le collecteur principal découplage primaire-secondaire par bouteille casse-pression 		<ul style="list-style-type: none"> remplacement d'une chaudière classique par une chaudière à condensation placement de pompe à débit variable ... 		

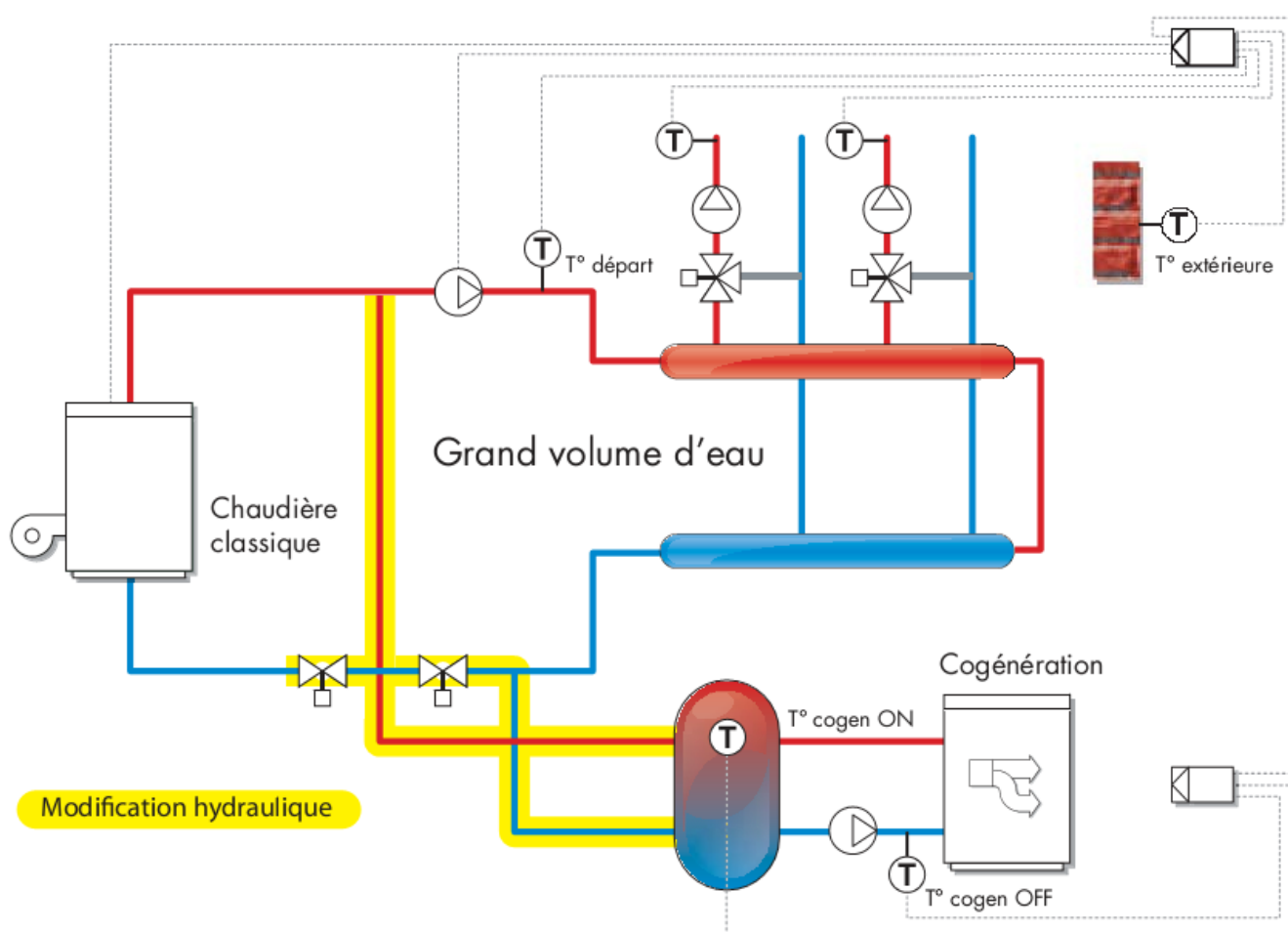
4. Intégration de la cogénération

4.1. Intégration avec une seule chaudière existante

Lorsque la chaufferie couvre des besoins de chaleur de petits bâtiments ou des bâtiments ne nécessitant pas de redondance de sécurité d'alimentation par exemple, on se trouve en général face à une seule chaudière. L'intégration d'une installation de cogénération nécessite des modifications hydrauliques ainsi qu'au niveau de la régulation de la chaudière. Le défi d'une telle intégration est de perturber le moins possible l'équilibre hydraulique de l'installation existante.

4.1.1. Chaudière à grand volume d'eau et température minimale de retour

Comme on l'a vu précédemment, les chaudières d'ancienne génération nécessitent un retour chaud pour éviter que les gaz de combustion ne condensent. C'est la raison pour laquelle, en général, le collecteur principal était bouclé. Si on n'envisage pas d'action URE à court ou moyen terme, la configuration représentée ci-dessous peut convenir.



4.1.1.1. Hydraulique

Pour éviter d'importantes modifications hydrauliques du circuit existant avec les éternels problèmes d'équilibrage qui en découlent, une intégration simple réside dans la mise en série de l'installation de cogénération. La configuration ci-dessus permet de ne pas trop se soucier des risques de déséquilibre de l'installation existante. Pour éviter les courts cycles, un ballon tampon est préférable mais non obligatoire. Le grand volume d'eau des chaudières permet d'éviter souvent le ballon tampon au niveau du cogénérateur, ce qui représente un gain financier non négligeable.

Néanmoins, un des seuls inconvénients est le risque que les pertes thermiques à l'arrêt de la chaudière soient non-négligeables. On entend par chaudières à faibles pertes thermiques à l'arrêt, les chaudières à brûleur pulsé avec clapet d'air fonctionnel et une « jaquette » bien isolée.

Attention cependant qu'à terme la chaudière risque d'être remplacée par une plus performante (chaudière à condensation). La configuration série est moins intéressante vu que le cogénérateur réchauffe le retour des chaudières à condensation et, par conséquent, elle risquera de ne pas condenser. La configuration série pourra être envisagée lorsque la chaudière est encore en bon état et que l'on n'envisage pas de faire des modifications importantes de la chaufferie.

Rappelons que la rénovation globale de la chaufferie est toujours préférable.

4.1.1.2. Régulation

Par rapport à la régulation, la configuration du système de cogénération en série devrait rester simple. Certains constructeurs envisagent même de rendre la régulation du cogénérateur indépendante de celle de la chaufferie existante. Théoriquement c'est vrai ! En effet, on peut imaginer que la régulation de la chaudière est suffisamment évoluée pour moduler en puissance pour juste donner le complément de chaleur au cogénérateur. En pratique, tout dépend, d'une part, du rapport de puissance du cogénérateur et de la chaudière, d'autre part, de la capacité à moduler en puissance de la chaudière. En d'autres termes, une chaudière deux à trois fois plus puissante que le cogénérateur (ordre de grandeur couramment rencontré) et peu modulable (petite et grande flamme existent toujours) risque de créer, lorsqu'elle s'enclenche, un front de chaleur raide capable de réchauffer le ballon du cogénérateur via le bouclage du collecteur. Il n'y pas beaucoup de parade à ce problème si ce n'est envisager un brûleur modulant pour la chaudière.

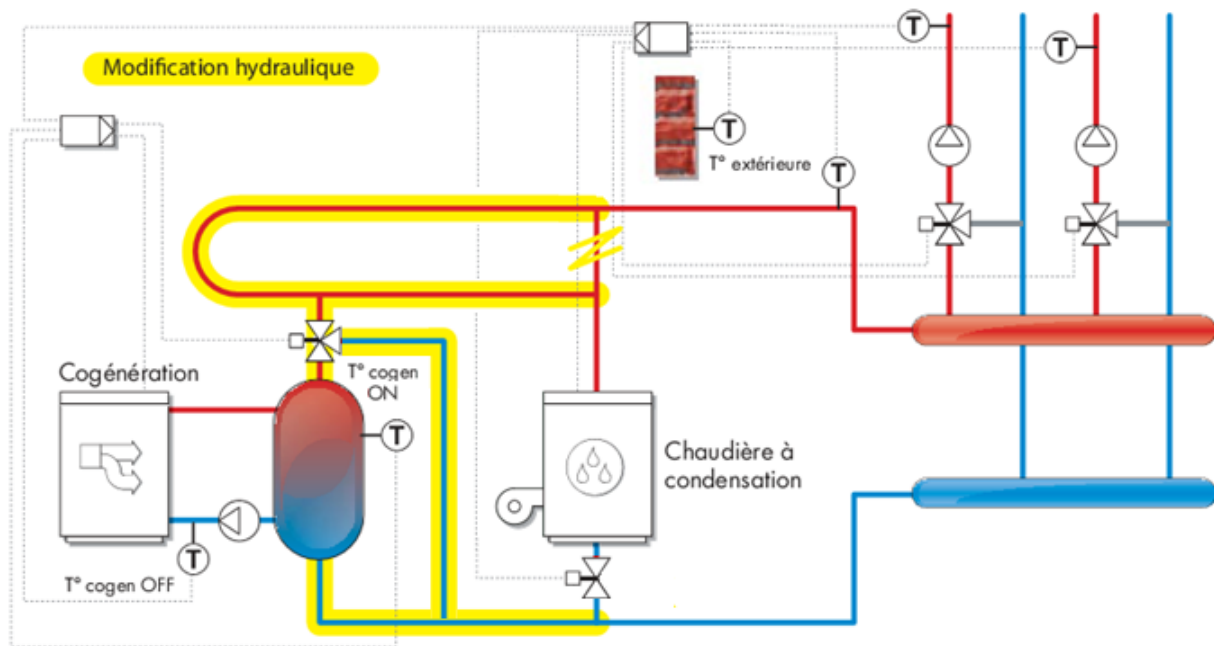
Autre problématique, même les chaudières d'ancienne génération sont régulées par des courbes de chauffe qui adaptent la température de départ du circuit primaire en fonction de la température externe. Vu qu'en hiver la chaudière risque d'avoir des consignes de température d'enclenchement plus élevées que celle du cogénérateur (consigne fixe), elle s'enclenchera plus rapidement que le cogénérateur. Comme elle est capable de reprendre toute la charge, elle risque de réchauffer le ballon tampon du cogénérateur et donc de précipiter l'arrêt prématuré de ce dernier.

Une parade est de permettre au régulateur de chaufferie de dialoguer avec celui du cogénérateur et de l'inscrire dans une cascade classique de chaudières.

4.1.2. Chaudières à condensation à faibles pertes de charge

Les chaudières à condensation à faibles pertes de charge peuvent fonctionner sans besoin de circulateur ou pompes de circulation primaire. Pour autant que les circulateurs des circuits secondaires soient surdimensionnés (et c'est souvent le cas), la figure suivante illustre une intégration en parallèle qui permet :

- D'éviter de faire repasser le débit de cogénération dans la chaudière ;
- Contrairement à la configuration en série, d'éviter de réchauffer le circuit de retour d'eau de la chaudière à condensation.



4.1.2.1. Hydraulique

D'un point de vue hydraulique, les adaptations ne sont pas négligeables. Il faudra en tenir compte dans l'étude du projet. Le dimensionnement des conduites qui seront connectées au système de cogénération est très important dans le sens où les pertes de charge doivent être les plus faibles possibles. Dans le cas contraire, le risque de déséquilibre hydraulique deviendra important au risque de devoir remplacer les circulateurs ou pompes de circulation des circuits secondaires ou le placement de vannes de réglage des débits côté primaire. Par exemple, une vanne de réglage dans le circuit de retour de la chaudière garantira son débit nominal à la cogénération lorsque la chaudière est à l'arrêt.

4.1.2.2. Régulation

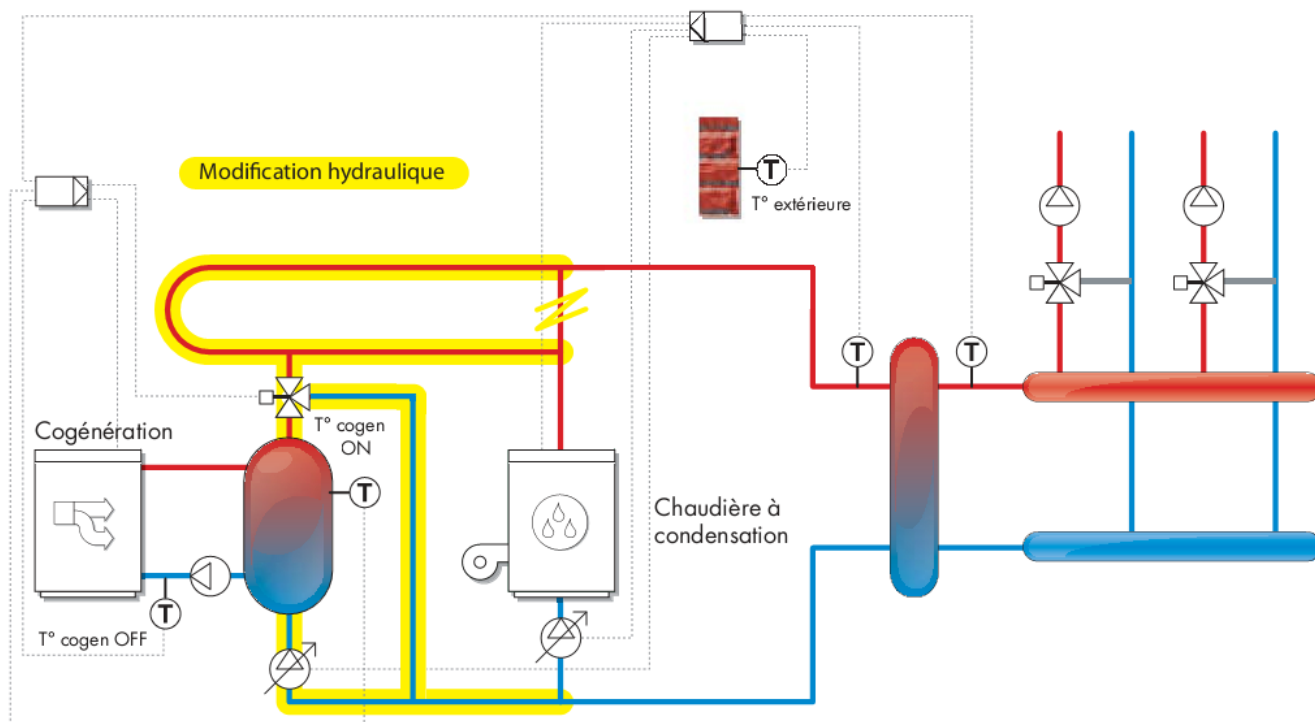
Point d'attention : la vanne de réglage est commandée par le régulateur de chaufferie lorsque l'appoint de la chaudière est nécessaire à la cogénération.

La régulation d'une telle installation est naturellement plus fine vu qu'il faut intégrer le cogénérateur dans la cascade existante et ce comme une chaudière à part entière. C'est de nouveau du cas par cas !

4.1.3. Chaudières à condensation et pertes de charge importantes

Les chaudières à condensation à pertes de charge importantes nécessitent des circulateurs ou pompes de circulation dans le circuit primaire. Comme on l'a vu précédemment, la bouteille casse-pression est une solution. La figure suivante illustre une intégration en parallèle qui permet :

- D'éviter de faire repasser le débit de cogénération dans la chaudière et, par conséquent, de faire fonctionner le circulateur de la chaudière ;
- Contrairement à la configuration en série, d'éviter de réchauffer le circuit de retour d'eau de la chaudière à condensation.



4.1.3.1. Hydraulique

Par rapport au cas précédent, le circuit du ballon tampon devra faire appel à un circulateur à débit variable de manière à toujours permettre à la bouteille casse-pression de favoriser les retours froids.

4.1.3.2. Régulation

La régulation d'une telle installation nécessite :

- D'intégrer le cogénérateur dans la cascade si le régulateur de la chaudière le permet. Si ce n'est pas le cas, il faudra le réaliser par l'utilisation d'un régulateur superviseur ;
- Réguler les débits des circulateurs de manière à assurer en permanence un retour froid au niveau de la bouteille casse-pression.

4.2. Intégration avec plusieurs chaudières existantes

Le raisonnement d'intégration d'un système de cogénération dans une chaufferie équipée d'une seule chaudière reste valable pour une chaufferie avec plusieurs chaudières.

4.2.1. Remplacement d'une des chaudières existantes par une cogénération

Le remplacement d'une chaudière classique par une installation de cogénération est-il pertinent ? A priori oui pour autant que la chaudière restante soit une chaudière déjà performante et que les besoins de chaleur aient été réduits par des actions URE sur l'enveloppe du bâtiment. En effet, en général dans les chaufferies existantes composées de plusieurs chaudières, celles-ci sont de même génération. Lorsque le gestionnaire technique se pose la question de remplacer une des chaudières existantes par une cogénération, c'est qu'il estime que sa chaudière mérite une

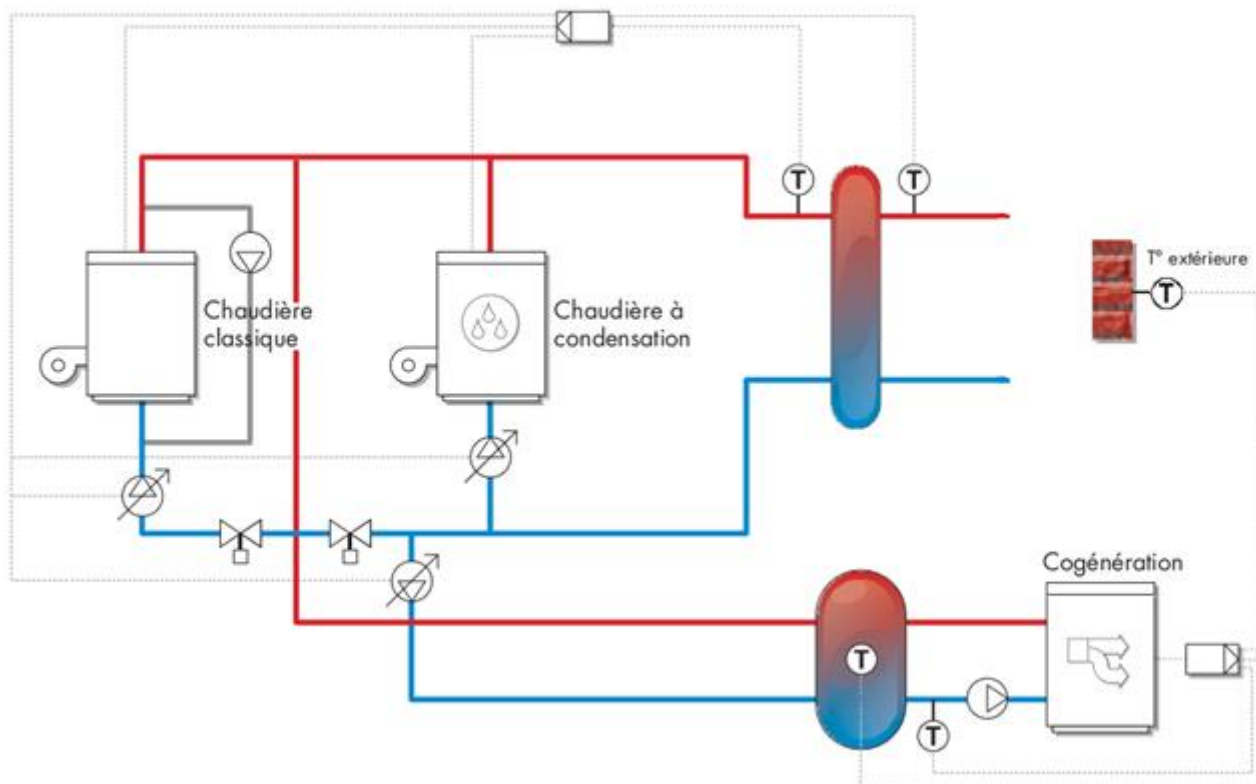
« retraite bien méritée ». « Mais ce n'est jamais bon de faire des jalouses ! ». L'auteur de projet devra nécessairement se poser la question du remplacement éventuel de la seconde chaudière. Dans le cas où cette seconde chaudière peut encore « tenir » quelques années, l'intégration de l'installation de cogénération à la place de la chaudière à remplacer (configuration parallèle) ne pose que très peu de problèmes tant au niveau hydraulique qu'au niveau de la régulation.

A posteriori, le remplacement de la seconde chaudière par une chaudière à condensation, par exemple, perturbera peu le fonctionnement du système de cogénération. S'il est nécessaire de modifier l'installation en « aval » pour une question de retour froid, on se retrouve dans le cas de figure des interventions URE (bouclage du collecteur principal à supprimer, placement d'une bouteille casse-pression, régulation des débits primaires en fonction des débits secondaires, ...).

4.2.2. Remplacement d'une des chaudières par une chaudière à condensation

C'est l'action URE classique suite à l'amélioration de la performance de l'enveloppe du bâtiment. Les besoins sont moindres et donc la puissance nécessaire en chaufferie moindre, une modulation de puissance plus importante à un rendement acceptable, ... Bref, et pour autant qu'une des chaudières soit en fin de vie, une nouvelle chaudière à condensation est souhaitable.

Lorsqu'un cogénérateur est adjoint à une ou plusieurs chaudières à condensation, la configuration en série pose certaines difficultés. On pointera principalement le réchauffement du retour de chaudière à condensation par le cogénérateur placé hydrauliquement en amont. C'est le cas lorsque la chaudière à condensation n'a qu'un seul retour. A l'heure actuelle ces chaudières à condensation sont très courantes sur le marché.



4.2.2.1. Hydraulique

Une installation de cogénération placée en amont du retour des chaudières a pour effet, on s'en doute, de « réchauffer » ce retour, empêchant la chaudière à condensation de condenser. A ce niveau, l'objectif URE est partiellement « loupé ». En effet, d'un côté la cogénération va permettre de réduire les émissions de gaz à effet de serre, de l'autre, le manque de condensation de la chaudière va augmenter ces émissions. Il y a naturellement des solutions.

Dans la configuration hydraulique précédente, la cogénération ne réchauffe plus le retour de la chaudière à condensation. Pour autant que la bouteille casse-pression soit bien régulée, le retour froid irrigue bien à la fois la chaudière à condensation ET le cogénérateur. De plus, l'installation de cogénération réchauffe le retour de la chaudière classique. Au cas où cette dernière devrait donner un appoint en période très froide, son retour serait suffisamment chaud. Dans le cas contraire, le retour de la chaudière classique pourrait être réchauffé par son by-pass.

Cependant, si la chaudière classique existante est mal isolée, les pertes par rayonnement et à l'arrêt seront loin d'être négligeables (de l'ordre de 3 %). Dans ce cas, le by-pass avant la chaudière classique permet d'avantageusement faire passer l'eau chaude issue du cogénérateur en dehors de celle-ci.

4.2.2.2. Régulation

Pour autant que la température du retour primaire soit suffisamment froide, la chaudière à condensation perturbe peu les séquences de démarrage/arrêt du cogénérateur vu que sa consigne d'enclenchement est modulée par régulateur de chaufferie qui agit selon une courbe de chauffe à température plus basse.

Cependant, pour les mêmes raisons que dans le cas précédent de chaudières classiques, en hiver il faudra aussi prévoir de retarder la libération des chaudières par le régulateur de chaufferie pour donner au régulateur de l'installation de cogénération la possibilité de démarrer le cogénérateur.

LES ENERGIES RENOUVELABLES ET LA COGENERATION

Les systèmes à énergie renouvelable peuvent être complémentaires à la cogénération. Cela reste du cas par cas ! D'un point de vue hydraulique et de la régulation sont-ils compatibles ? Nous tentons d'y répondre dans ce qui suit !

Nous traiterons essentiellement les systèmes suivants :

- Le solaire thermique ;
- Les pompes à chaleur (PAC) ;
- La biomasse comme les chaudières bois par exemple.

1. Le solaire thermique

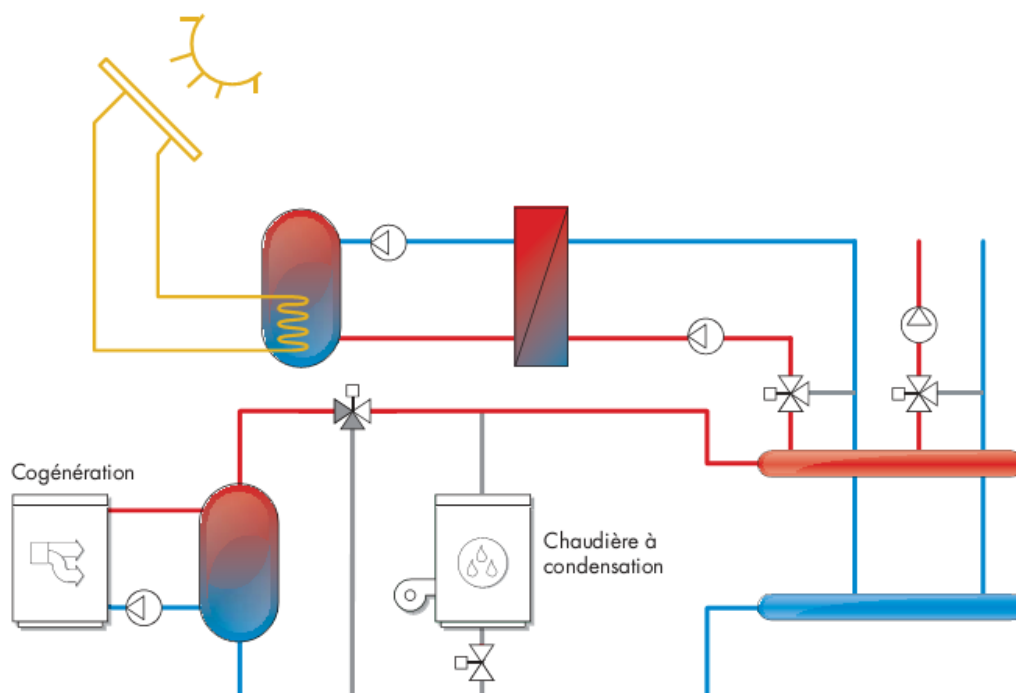
Energétiquement parlant, le solaire thermique et la cogénération sont intuitivement compatibles dans le sens où la cogénération est parfois arrêtée en période chaude et que les panneaux solaires thermiques sont sollicités au même moment pour donner le complément de chaleur pour chauffer l'eau chaude sanitaire (ECS). C'est une solution d'autant plus intéressante que les sociétés de maintenance pourraient profiter de cette période pour réaliser l'entretien du système de cogénération.

En mi-saison, quand le cogénérateur fonctionnera et qu'il y aura du soleil, les deux systèmes entreront en compétition diminuant par la même occasion leur rentabilité financière individuelle.

Il faut aussi noter qu'un appoint chauffage classique est toujours nécessaire. Cela peut être un système de chauffage à combustible fossile comme la chaudière gaz à condensation par exemple. On se retrouve en présence de trois systèmes de production de chaleur. D'un point de vue énergétique, le bilan est forcément favorable mais il est impératif de considérer l'aspect financier sachant que les installations deviennent vite des « usines à gaz » et que les rentabilités financières sont mises à rude épreuve.

1.1. Hydraulique

Les installations d'ECS dans le tertiaire et le logement collectif sont souvent de type semi-instantané. Cette configuration convient bien aux systèmes solaires thermiques qui viennent se raccorder au ballon tampon d'ECS au travers d'un échangeur dans le bas du ballon tampon. L'installation solaire thermique et celle de cogénération n'étant pas hydrauliquement interconnectées, la cohabitation hydraulique des deux systèmes ne devrait pas poser de problème.



Dans les installations d'ECS en accumulation pure, le ballon tampon « solaire » est souvent équipé de deux échangeurs hydrauliquement indépendants :

- Le serpentin du haut est raccordé au système de production de chaleur (chaudière et cogénérateur par exemple) ;
- Le serpentin du bas est raccordé à l'installation solaire thermique.

1.2. Régulation

L'apport thermique de l'installation solaire thermique à la production d'ECS vient réduire le temps de fonctionnement du cogénérateur, ce qui réduit la rentabilité de celui-ci. Cependant, la production d'ECS est souvent l'élément perturbateur du bon fonctionnement de l'installation de cogénération. En effet, l'augmentation de la consigne de température du départ primaire pour produire de l'ECS favorise les retours primaires chauds et augmente le nombre de séquences de démarrage/arrêt du cogénérateur. Le fait de moins solliciter l'installation de production de chaleur par l'apport thermique de l'installation solaire thermique est, par conséquent, un avantage non négligeable pour le cogénérateur qui verra son nombre de séquences de démarrage/arrêt diminuer.

Sans rien investir au niveau régulation de supervision, « l'autorégulation » des deux systèmes est favorable à leur cohabitation.

2. Les pompes à chaleur

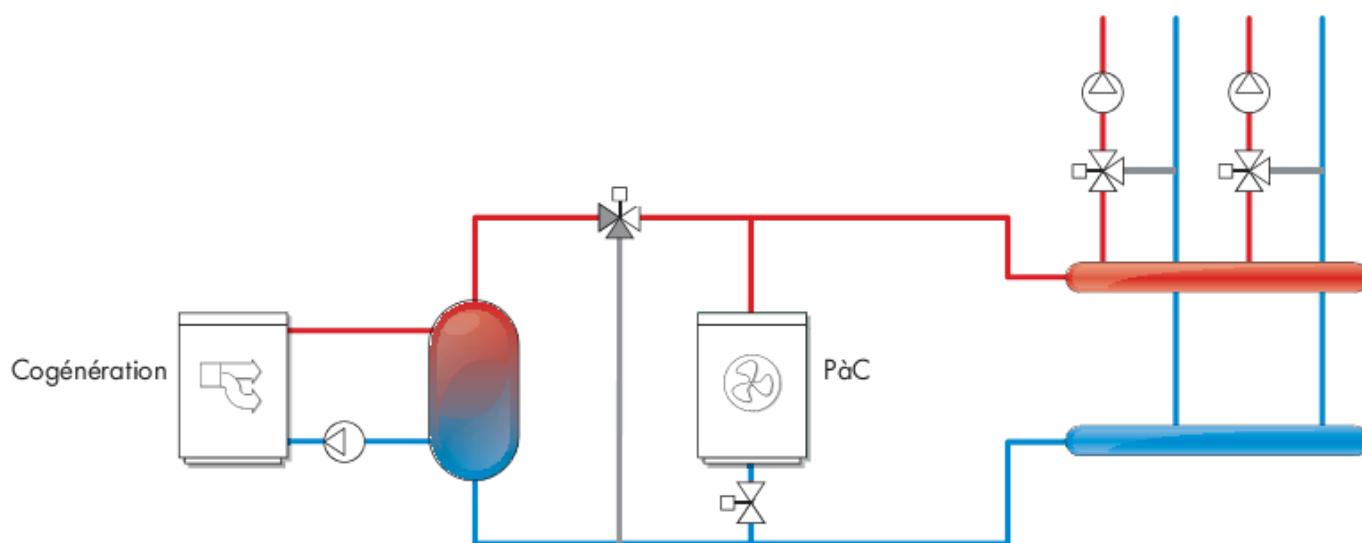
Lorsqu'on parle de cohabitation d'une ou de plusieurs pompes à chaleur (PAC) avec un système de cogénération, on pense tout de suite à l'incompatibilité des régimes de température :

- D'une part, les PAC sont d'autant plus performantes (COP élevé) que la température de la source chaude (circuits de chauffage) est basse. des régimes de température de 45/40°C ou 40/35°C sont couramment rencontrés ;
- D'autre part, les cogénérateurs travaillent à plus haute température. Un régime 75-55°C caractérise ce type d'équipement.

Pour pouvoir associer les deux systèmes il est donc nécessaire de faire preuve d'imagination. La configuration ci-dessous pourrait théoriquement fonctionner. Mais elle n'a pas été testée.

A vous de la critiquer « positivement », de proposer des améliorations ou encore d'autres configurations qui « marchent » !

Lorsque l'installation de chauffage alimente un bâtiment basse énergie, les régimes de température des émetteurs peuvent être très bas (50-30°C) au point que la température de retour dans le ballon tampon risque d'être trop basse pour le cogénérateur. Cependant, la plupart des cogénérateurs modernes sont capables de gérer cet inconvénient.



2.1. Hydraulique

Si on veut que cette configuration fonctionne, le circuit hydraulique doit être équipé de vannes trois voies qui permettent de mitiger l'eau de sortie du ballon tampon avec l'eau de retour primaire. En effet, la température d'eau dans le ballon tampon risque d'être trop élevée par rapport à la température de départ réellement nécessaire à envoyer aux circuits secondaires.

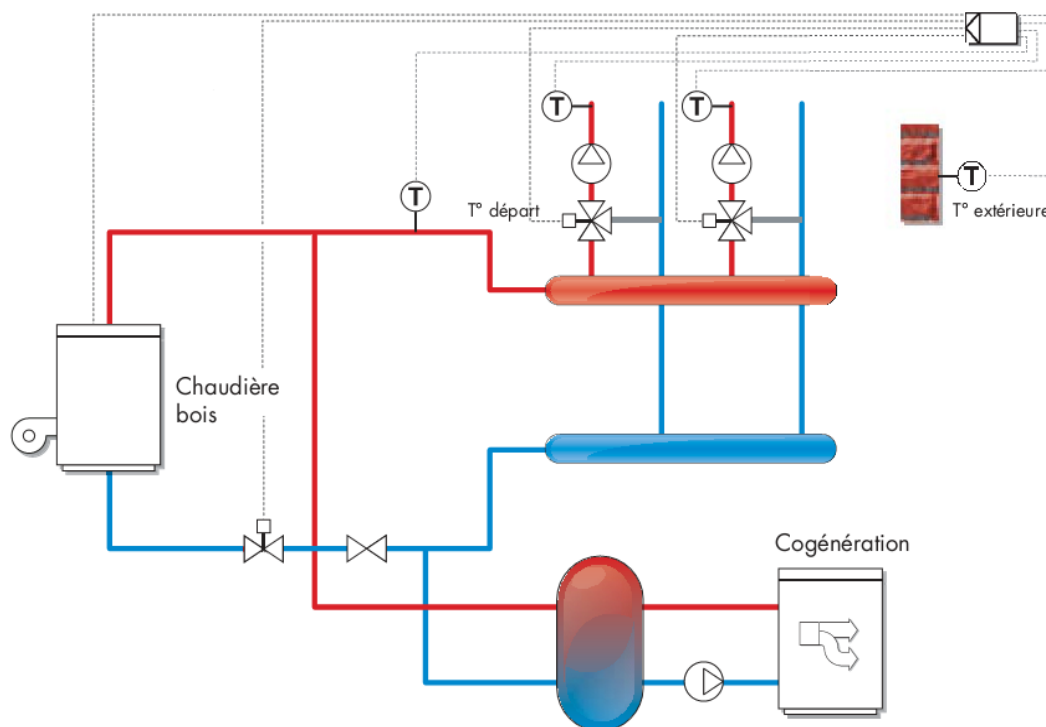
Energétiquement parlant, ce type de configuration est moyennement satisfaisant pour la simple raison que produire de l'eau à haute température pour ensuite la mitiger génère des pertes thermiques dans le ballon. Ceci dit, ces pertes peuvent être limitées par un bon calorifugeage.

2.2. Régulation

Point d'attention : le système de « mitigeage » nécessite une régulation en température. L'ouverture de la vanne trois voies du circuit primaire est régulée en fonction de la température de départ primaire. La consigne est donnée par les courbes de chauffe du régulateur chaufferie et ce en fonction de la température externe.

3. La biomasse

On pense ici aux chaudières bois (pellets, plaquettes principalement). Rappelons que l'exploitation d'une source renouvelable fait appel à la notion de proximité de cette source par rapport à l'emplacement du bâtiment à chauffer.



3.1. Hydraulique

La configuration hydraulique proposée ci-avant montre que le système de cogénération est en série avec la chaudière bois. Le cogénérateur est placé en amont de la chaudière et lui sert de préchauffage. Cela se justifie par le fait que la chaudière bois travaille, en général, à plus haute température. Il n'est donc pas nécessaire de lui garantir un retour froid comme pour la chaudière à condensation de manière à exploiter l'énergie de condensation.

3.2. Régulation

Point d'attention : le régulateur central de la chaufferie doit intégrer le fait que :

- la cogénération est prioritaire. Le by-pass de la chaudière bois est privilégié ;
- la chaudière bois est libérée lorsque la sonde de température de départ du circuit primaire détecte une diminution de la température malgré la production du cogénérateur. La vanne deux voies de la chaudière bois est alors commandée en ouverture.

CAS PARTICULIER DE L'EAU CHAUDE SANITAIRE

L'eau chaude sanitaire (ECS) vient souvent perturber le bon fonctionnement de la cogénération si elle n'est pas prévue pour fonctionner à haute température. En effet, l'ECS est la plupart du temps plus exigeante en termes de température. Des températures de 60/70°C (voire 80°C) sont nécessaires pour éviter la prolifération des légionnelles dans le réseau d'ECS. Ceci implique, lorsqu'un besoin d'ECS apparaît, que la consigne de température de départ primaire augmente momentanément : c'est la priorité ECS. Automatiquement, pendant cette période, le retour primaire devient plus chaud et risque de réduire le temps de fonctionnement de la cogénération. Dans des bâtiments tertiaires de type centre sportif, hôpital, ... où la consommation d'ECS peut être importante et régulière, la rentabilité de la cogénération risque de chuter.

1. Nouvelle installation

Le premier réflexe est de surdimensionner l'échangeur à plaque d'une installation semi instantanée. Un écart de température de 20 K ou plus et un « pincement » faible de l'ordre de 3 K peuvent être envisagés. Le surdimensionnement permet de nouveau de générer un retour primaire à basse température autorisant :

- D'une part, de maintenir l'installation de cogénération plus longtemps en fonctionnement ;
- D'autre part, de permettre aux chaudières à condensation de condenser.

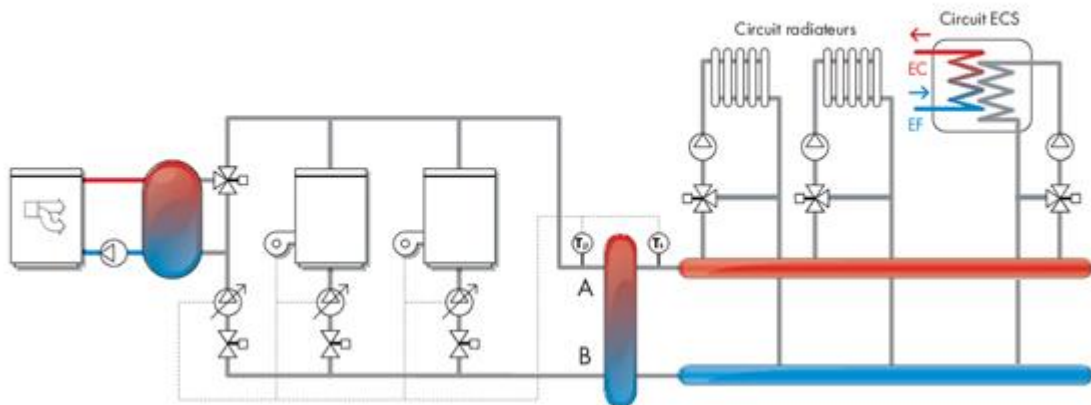


Schéma de principe

2. Installation existante

Le seul degré de liberté que l'on possède face à une installation existante est de réduire tant que possible la consigne de température lorsqu'on passe en mode ECS. Il n'est pas nécessaire d'avoir une consigne de 70°C comme on peut l'observer dans certaines chaufferies. Tout dépend naturellement de la puissance de l'échangeur. L'idéal pour un échangeur à plaques placé dans une installation semi instantanée est d'opter si possible :

- Pour une augmentation du nombre de plaques de l'échangeur ;
- Et conjointement pour une réduction de la consigne de température en mode ECS : par exemple 65°C.

Cette méthode permet de travailler au niveau du retour primaire avec des températures plus basses qui permettent au cogénérateur de continuer à fonctionner, la consigne d'arrêt du cogénérateur étant souvent réglée à une valeur de 70°C.

INTERVENTIONS DES ACTEURS ET LEURS RESPONSABILITES

MO	AUD	FAC	BE	INST	MAIN
----	-----	-----	----	------	------

Maître d'Ouvrage	MO
Auditeur	AUD
Facilitateur	FAC
Bureau d'Etudes	BE
Installateur	INST
Maintenance	MAIN
Exploitation	EXPL

Un projet d'implantation d'un système de cogénération dans une chaufferie existante ou dans une nouvelle chaufferie nécessite de bien définir l'intervention des différents acteurs et leurs limites d'entreprise.

Ce vadémécum n'aurait aucune raison d'exister si tous les projets se déroulaient « comme sur des roulettes ».

Les responsabilités et les limites d'entreprise doivent donc être définies de la manière la plus claire possible à chaque étape du projet, à savoir au niveau :

- D'un **audit** éventuel ;
- De l'**avant-projet** à travers les études de pertinence et de faisabilité ;
- Du **projet** par la réalisation de l'engineering et la rédaction des cahiers de charge ;
- De l'**exécution** par la réalisation correcte et critique de l'installation en collaboration étroite avec le bureau d'études ou/et le maître d'ouvrage ;
- De l'**exploitation** par le suivi des performances et optimisation de l'installation ;
- De la **maintenance** par la réalisation des différentes tâches définies dans les cahiers de charge de maintenance (entretien à temps et à heure).

Le facilitateur cogénération peut accompagner le projet tout au long de ces différentes phases (relectures, URE, questions spécifiques, ...)

1. Audit

MO	AUD	FAC
----	-----	-----

Le maître d'ouvrage dans sa démarche d'amélioration de son installation existante a, à sa disposition, toute une série de services lui permettant de mieux appréhender « ce qui va lui tomber sur la tête » en termes de rénovation de chaufferie.

La première étape conseillée est souvent d'effectuer un audit de son installation. L'auditeur va pointer surtout les sources d'amélioration URE possibles de manière à réduire les consommations énergétiques. C'est à ce moment-là que l'auditeur peut évaluer le potentiel de réduction de la facture énergétique thermique. Cette analyse de potentiel influence fondamentalement le pré dimensionnement et le dimensionnement d'un cogénérateur.

2. Avant-projet

2.1. Pré-dimensionnement du cogénérateur

MO	FAC	BE
----	-----	----

Dans tout projet d'installation de cogénération, des études de pertinence (« à la grosse louche ») et de faisabilité (étude fine) doivent être réalisées de manière à savoir si ce projet est viable ou pas d'un point de vue :

- énergétique : comparaison en énergie primaire de la production de chaleur et d'électricité de la cogénération par rapport à une centrale électrique TGV (rendement de référence de 55 %) et une chaudière gaz (rendement de référence de 90 %) pour répondre au même besoin de chaleur et d'électricité du bâtiment considéré ;
- environnemental : la réduction des émissions de gaz à effet de serre (CO₂) doit être significative. En Wallonie, le taux d'économie sur les émissions de CO₂ doit être supérieur à 10 % et à Bruxelles d'au moins 5% pour avoir droit aux primes et aux certificats verts (CV). On parle de cogénération de qualité quand le dimensionnement du cogénérateur est basé sur les besoins de chaleur, génère une économie d'énergie primaire et une réduction des émissions de gaz à effet de serre comme indiqué ci-avant en fonction de la région ;
- économique : le projet doit être rentable économiquement. Tous les indicateurs de rentabilité devront être au vert (temps de retour simple sur investissement TRS, valeur actualisée nette VAN, taux de rentabilité interne TRI).

Le facilitateur cogénération est naturellement disponible pour ce genre d'accompagnement. Des outils sont mis à la disposition des responsables du projet : le **guide de pertinence** aide les auteurs de projet dans leurs premiers pas dans la technique de cogénération. L'outil de calcul **CogenCalc**, lui, permet, suivant des profils types de consommation de se faire une idée de la viabilité du projet avec une précision relative (de l'ordre de 20 à 30 %).

Tous les outils sont disponibles sur les sites :

- <http://energie.wallonie.be/>
- <http://www.bruxellesenvironnement.be/>

2.2. Intégration hydraulique et régulation du cogénérateur



2.2.1. Cas d'une nouvelle chaufferie

Ce cas de figure est plus facile à aborder sachant que, de toute façon, un nouveau régulateur doit être prévu. La seule contrainte est de s'assurer que le module de régulation de l'installation de cogénération puisse communiquer avec le régulateur de chaufferie et s'intégrer dans la cascade

2.2.2. Cas d'une chaufferie existante

2.2.2.1. Hydraulique

Pour que l'intégration de la cogénération dans l'installation hydraulique d'une chaufferie existante soit une réussite, l'analyse de la situation par le bureau d'études en technique spéciale (ou par l'installateur pour les petits projets) doit être fine. Les contraintes d'intégration ne manquent pas. Celles qui sont à pointer sont généralement :

- L'espace disponible dans la chaufferie pour les différents équipements comme le cogénérateur, le ou les ballons de stockage, l'armoire de régulation ;
- L'espace sur le circuit hydraulique pour placer les points d'injection de la chaleur du cogénérateur. Il doit bien être choisi par rapport aux chaudières existantes de manière à ne pas ou peu perturber l'équilibre hydraulique existant. L'intégration hydraulique doit tenir compte aussi des caractéristiques des chaudières. Par exemple :
 - lorsque les chaudières existantes sont des **chaudières à condensation**, idéalement, le cogénérateur doit être placé en parallèle et ce afin d'éviter de réchauffer le retour des chaudières. Lorsque les équilibres hydrauliques ne sont plus assurés par l'insertion d'un cogénérateur, il y aura lieu de redimensionner complètement le circuit primaire de manière à tenir compte de la redistribution des débits et des pertes de charge en fonction des caractéristiques hydrauliques des équipements en présence sur le circuit primaire ;
 - lorsque les chaudières existantes sont des **chaudières à haute température**, la configuration série est envisageable.

Il est toujours intéressant d'avoir un avis sans engagement d'un installateur sachant qu'in fine, c'est lui qui aura les contraintes d'une bonne intégration de l'installation de cogénération en partenariat avec le bureau d'études.

2.2.2.2. Régulation

La régulation existante de la chaufferie doit pouvoir au minimum intégrer la cogénération dans la séquence de cascade des chaudières. Si ce n'est pas le cas, cette absence de communication des régulateurs des chaudières et de la cogénération risque de compromettre le bon fonctionnement du cogénérateur. En effet, on observe en pratique que l'installation de cogénération fonctionne moins d'heures que prévu et effectue des cycles de démarrage/arrêt importants.

C'est essentiellement dû au fait que les chaudières sont régulées sur base de courbes de chauffe à températures de consigne glissantes en fonction de la température externe, donc variables. La consigne de température pour réguler le fonctionnement de la cogénération est, quant à elle, fixe. Il en résulte que lorsque les deux systèmes ne communiquent pas :

- En période froide, les consignes de démarrage des chaudières sont élevées par rapport à celles de la cogénération. Les chaudières sont donc mises en avant par rapport à la cogénération ; ce qui n'est pas le but recherché ;
- En mi- saison, les consignes des chaudières sont basses et en-dessous de celles du cogénérateur et, par conséquent, le cogénérateur démarrera avant les chaudières. C'est bien mais trop tard dans la saison de chauffe.

Dans le cas où la régulation existante des chaudières ne peut pas intégrer cette séquence de cascade et, pour autant qu'individuellement les régulateurs des différents équipements puissent accepter de l'être, il est donc impératif de prévoir un élément de régulation qui chapeaute les deux régulateurs.

Un autre moyen d'intégration est de prévoir un nouveau régulateur qui permette d'intégrer l'ensemble des équipements.

3. Projet

3.1. Dimensionnement

BE

En appui du cahier des charges pour la cogénération, le vadémécum se doit d'insister sur le dimensionnement de la cogénération surtout en tenant compte de la composante URE :

- Un cogénérateur surdimensionné effectuera des cycles courts marche/arrêt ; ce qui réduira sa durée de vie. Le surdimensionnement d'une cogénération vient souvent du fait que l'on n'a pas tenu compte à moyen terme de l'amélioration énergétique de l'enveloppe du bâtiment (changement des châssis vitrés, isolation des murs et des toitures, ...) et des systèmes de production de chaleur et d'ECS ;
- Un sous-dimensionnement réduit la rentabilité du projet.

L'**étude de faisabilité** donne la méthodologie et les bonnes hypothèses aux auteurs de projet pour dimensionner et choisir une installation de cogénération dans les règles de l'art. Les outils de calcul **CogenSim** et **CogenExtrapolation** arrivent à un degré de précision suffisant (10 %) pour déterminer des points de vue énergétique, environnemental et économique si un projet de cogénération est viable.

Attention que ces outils se basent sur une mesure des besoins thermiques et électriques

3.2. Cahier des charges

BE

Un cahier des charges pour la cogénération est disponible sur le site de la RW :

- <http://energie.wallonie.be/>
- <http://www.bruxellesenvironnement.be/>

Ici, on voudrait juste pointer les petites inclusions à réaliser dans les cahiers des charges de manière à éviter les pièges de l'intégration hydraulique et de la régulation. Attention cependant que le cahier spécial des charges est à utiliser avec précaution sachant que chaque projet est un cas particulier. Le « copier/coller » pur et dur est à proscrire.

3.2.1. URE

3.2.1.1. Sensibilisation à l'URE

Si on veut rester cohérent par rapport à la notion de durabilité dans le bâtiment, l'URE doit être envisagée en premier lieu de manière à réduire les besoins de chaleur ET d'électricité.

Si des actions URE sont prévues dans le cadre du projet, il est impératif de le préciser dans le cahier des charges. En général, l'entreprise en techniques spéciales effectue un redimensionnement de contrôle ; c'est souvent demandé par le bureau d'études. Régulièrement, l'action URE ne s'arrête pas à l'amélioration énergétique de l'enveloppe mais aussi au niveau des techniques spéciales :

- On en profite pour remplacer une, voire toutes les chaudières de la chaufferie. La chaudière à condensation, dans ce cas-là, est souvent préconisée ;
- On enlève le bouclage de collecteur ;
- On prévoit une bouteille casse-pression pour mettre en place un découplage hydraulique des circuits primaire et secondaire ;
- Pour assurer un retour froid aux chaudières à condensation et au cogénérateur, on prévoit de réguler les débits primaires par des variateurs de vitesse et ce sur base de la différence de température de part et d'autre de la bouteille casse-pression.

Au travers de son cahier des charges, le bureau d'étude devra sensibiliser par une remarque générale l'entreprise en technique spéciale de l'intention rapide, à court ou moyen terme, du maître d'ouvrage d'entamer une action URE.

Cette précision permet d'anticiper la configuration hydraulique adéquate en fonction de cette action URE.

Par exemple, le fait d'envisager à court ou moyen terme de remplacer une chaudière classique par une chaudière à condensation conditionne le positionnement hydraulique du cogénérateur vers une configuration parallèle.

3.2.1.2. Adaptation des débits primaires aux débits secondaires

Bien souvent, et à juste titre, les bureaux d'études en techniques spéciales aiment bien le concept de bouteille casse-pression, car elle permet d'éviter pas mal de problèmes de perturbation (ou « dérangement ») hydraulique et de régulation entre les circuits primaires et secondaires. Cependant, la faiblesse de ce découplage hydraulique qu'est la bouteille casse-pression réside dans le risque de ruiner tous les efforts réalisés pour mettre en place une politique URE. Comme on l'a vu précédemment, sans régulation des débits en amont et aval de la bouteille casse-pression, le retour primaire risque d'être chaud. La plupart des installations qui ont des problèmes de chaudières à condensation ne condensant pas et/ou des cogénérateurs fonctionnant peu d'heures sont équipées de bouteilles casse-pressions non régulées. Il y a donc lieu de prévoir dans le cahier des charges une clause énergétique qui décrit la régulation autour de la bouteille casse-pression.

3.2.2. Hydraulique

Les clauses du cahier des charges relatives à l'hydraulique devront être écrites différemment en fonction de différents paramètres :

- La configuration hydraulique existante et future en fonction des actions URE envisagées ;
- Le type de chaudière maintenu ou nouveau envisagé. Par exemple, on préférera la configuration en parallèle lorsqu'on prévoit le placement en chaufferie de chaudières à condensation.

3.2.3. Régulation

Maintes fois soulignée dans ce vadémécum, l'importance de la communication entre les régulateurs des chaudières et du cogénérateur ne fait pas l'ombre d'un doute. Le bureau d'études devra la décrire dans son cahier des charges de manière détaillée.

Lorsque les circulateurs ou pompes de circulation à vitesse variable des chaudières et du ballon de stockage débitent dans le circuit primaire en amont d'une bouteille casse-pression, ils peuvent fonctionner à faible débit ou carrément être mis à l'arrêt quand les besoins de chaleur côté secondaire sont faibles. Lorsque ces derniers redeviennent importants, il est nécessaire de redémarrer les pompes ou les circulateurs. Cela ne peut se faire qu'en intégrant les variations de température au secondaire de la bouteille casse-pression. Il faudra donc décrire ce point de régulation dans le cahier des charges.

3.2.4. Gestion Technique Centralisée (GTC)

Normalement quand la cogénération est de qualité, des compteurs d'énergie thermique, électrique ainsi qu'un compteur combustible peuvent être « télégérés ». Ces compteurs sont indispensables dans toutes les installations de cogénération si le maître d'ouvrage veut valoriser son économie de CO₂ sous forme de Certificat Vert CV (voir les prescriptions de la Cwape et de Brugel).

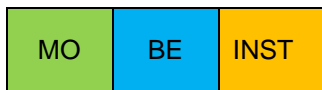
Indépendamment de cela, une supervision (GTC) peut être envisagée pour affiner la gestion de la cogénération. Vu que la période de garantie permet d'analyser le comportement de l'installation de cogénération intégrée dans la chaufferie en situation réelle, on conseillera de décrire la télégestion du cogénérateur dans le cahier des charges. C'est vrai que c'est un coût complémentaire, mais il rendra inmanquablement d'énormes services au maître d'ouvrage. En effet, moyennant la description d'un protocole précis d'analyse des paramètres du cogénérateur (« Commissioning »), d'emblée, pendant la période de garantie, l'enregistrement des valeurs de ces paramètres permettra de se faire une idée précise du bon fonctionnement de l'ensemble de l'installation. Voici une liste non exhaustive des paramètres que le bureau d'études pourrait décrire dans son cahier des charges :

- Nombre d'heures de fonctionnement de la cogénération avec les dates et heures ;
- En fonction du temps :
 - Les températures du ballon, du retour du cogénérateur, ... ;
 - L'état de fonctionnement de la cogénération ;
 - L'état des alarmes ;
 - ...

Lorsque la communication est possible entre les régulateurs de la chaufferie et de la cogénération, on conseille aussi de décrire dans le cahier des charges la télégestion du régulateur de chaufferie de manière à avoir une vue d'ensemble du fonctionnement de la chaufferie y compris le cogénérateur. Voici de nouveau une liste non exhaustive des paramètres que le BE pourrait intégrer dans son cahier des charges :

- Température externe ;
- Températures aux entrées et sorties de la bouteille casse-pression si présentes ;
- Températures des départs des circuits secondaires ;
- Températures de consigne de la cascade de chaudières ;
- Niveau d'ouverture des vannes des circuits secondaires ;
- Etats des chaudières ;
- ...

4. Exécution

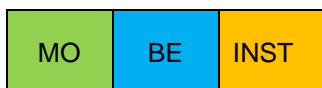


L'exécution du chantier d'intégration de la cogénération est une phase très importante. En effet, c'est à ce niveau que le dimensionnement, la rédaction des cahiers des charges, l'exécution des plans, ... sont confrontés à la réalité de terrain qui nécessite souvent des compromis comme :

- L'arbitrage des choix d'équipements sur base des fiches techniques. Les caractéristiques ne correspondent pas toujours « tip top » aux prescriptions des cahiers des charges, aux dimensionnements, ...
- L'adaptation des tracés des circuits hydrauliques en fonction des modifications en cours de chantier qui peuvent intervenir ;
- ...

Les réunions de chantier sont là pour trouver les compromis nécessaires à la bonne réalisation du projet d'intégration.

5. Réceptions



5.1. Réception provisoire

La réception provisoire n'est pas toujours exécutée à la période idéale ; c'est-à-dire lorsque les besoins de chaleur sont suffisants pour faire fonctionner l'installation de cogénération. La période idéale pour réceptionner l'installation est en mi-saison sachant que l'on peut réellement observer le bon fonctionnement du régulateur du système de cogénération et de la communication entre ce dernier et le régulateur de chaufferie. En hiver, la réception ne devrait pas poser trop de problèmes. Par contre en été, la réception pose réellement un problème car, même si des besoins d'Eau Chaude Sanitaire (ECS) sont présents, les tests d'interaction entre la ou les chaudières et l'installation de cogénération sont limités vu les faibles besoins de chaleur.

Dans la mesure du possible il faut éviter cette période.

Toute une série de tests devront être réalisés lors de la réception provisoire. Ils devront être décrits de manière précise dans le cahier des charges si l'on veut éviter que « pleuvent les suppléments ». Les grandes lignes des tests à réaliser sont reprises ci-dessous en mi saison par exemple. Outre les tests classiques inhérents aux installations de chauffage (sécurités sur les équipements, équilibrage des circuits, autorité réelle des vannes motorisées, tests des pompes de circulation ou des circulateurs, ...), à l'installation de cogénération (sécurités, marche/arrêt du cogénérateur sur base des consignes de température, ...), on pointera les tests spécifiques à réaliser sur les interactions entre la chaufferie et l'installation de cogénération (liste non exhaustive) :

- Tester la séquence de cascade du cogénérateur par rapport aux chaudières :
 - Le cogénérateur doit être en tête de cascade lorsque des besoins de chaleur réapparaissent après une période de non demande ;
 - Lorsque le cogénérateur ne couvre pas les besoins de chaleur, les chaudières doivent s'enclencher séquentiellement de manière optimale. A l'inverse, quand les besoins diminuent, la séquence d'arrêt des chaudières doit être opérationnelle. Le cogénérateur devra être arrêté en dernier lieu si les besoins deviennent faibles ;
- Tester l'adaptation des débits primaires en fonction des débits secondaires. Lorsqu'une bouteille casse-pression est présente avec des sondes de température de part et d'autre de celle-ci, les débits primaires

doivent bien s'adapter au Δ de température donné par les sondes. On pourra mesurer aussi à différents moments de la journée les quatre températures des conduites d'alimentation de la bouteille casse-pression ;

- Analyser le comportement de l'installation de cogénération en fonction d'une demande importante d'ECS. L'augmentation temporaire de la consigne de température du départ primaire pour satisfaire ce type de besoin ne doit pas permettre le réchauffement du retour primaire au-dessus de la consigne d'arrêt du cogénérateur. C'est une manière de constater que l'échangeur du circuit ECS est bien surdimensionné pour pouvoir ramener sur le retour primaire de l'eau chaude la plus froide possible (c'est un paradoxe !) ;
- Vérifier que les puissances et rendements électrique et thermique soient conformes au cahier des charges.

En cas de réception provisoire pendant la période d'été, on ne peut évidemment pas analyser et tester les installations dans des conditions optimales. Les seuls tests qui peuvent être réalisés sont principalement :

- L'équilibrage des circuits ;
- La vérification des débits nominaux.

5.2. Période de garantie

MO	BE	INST
----	----	------

Comme signalé précédemment, dans le cahier des charges, il est important de décrire une période de garantie d'un an au minimum pour pouvoir couvrir une saison de chauffe complète et deux mi saisons.

Pendant cette période, si une installation de Gestion Technique Centralisée (GTC) a été décrite dans le cahier des charges, un protocole de « commissioning » (sur base d'une analyse fonctionnelle) devra être mis en place de manière à contrôler le bon fonctionnement de la cogénération. Lorsqu'une GTC n'a pas été décrite dans le cahier des charge, Il faudra prévoir un relevé manuel des paramètres de fonctionnement principaux du cogénérateur et ce à intervalles réguliers. On conseille aussi de décrire dans le cahier des charges le protocole d'analyse et de présentation des résultats issus des « trends » (enregistrements).

5.3. Réception définitive

MO	BE	INST
----	----	------

La réception définitive en fin de garantie représente la dernière chance de pouvoir définitivement optimiser l'intégration en chaufferie de l'installation de cogénération. Elle n'est en fait qu'une « deadline » ! Le gros des remarques par rapport à l'intégration du cogénérateur aura dû être résolu pendant la période de garantie.

6. Exploitation

MO	EXPL
----	------

Une installation de cogénération nécessite un suivi régulier. On n'oubliera pas cet aspect des choses pour garantir que l'intégration de la cogénération en chaufferie sera positive non seulement d'un point de vue énergétique, environnemental et économique, mais aussi d'un point de vue de la pérennité et ce tout au long de la durée de vie du cogénérateur.

L'exploitation de l'installation peut être réalisée par le maître d'ouvrage lui-même ou par un tiers qui est, en général, l'entreprise de maintenance.

Outre les Certificats Verts qui représentent le « baromètre » de bonne gestion énergétique, environnementale et financière de l'installation, il est nécessaire que l'exploitant tienne compte du nombre de cycles de démarrage/arrêt du cogénérateur. C'est en quelque sorte « l'électrocardiogramme » du moteur sachant qu'un nombre important de cycles ON/OFF réduit sa durée de vie de manière significative. Certains constructeurs avancent le chiffre de maximum 6 cycles par jour.

Il est tentant d'augmenter la rentabilité du projet de cogénération en faisant fonctionner le système de cogénération en été. Dans certaines installations, heureusement elles ne sont pas majoritaires, on peut observer une fréquence importante de cycles de démarrage/arrêt par jour ! Un chiffre de 80 cycles/jour a déjà été observé. Dans ces conditions, l'installation génère des CV mais à quel prix ?

Sur ce type d'installation, on peut observer les problèmes suivants :

- S'il y a un turbo, celui s'encrasse vite et casse ;
- Les bougies sont à changer plus souvent ;
- La batterie est à remplacer plus régulièrement que prévu ;
- La consommation d'huile est plus importante ;
- ...

De plus, à chaque cycle ON/OFF, le rendement global moyen de l'installation diminue par rapport à une installation qui tourne en continu.

Sans pouvoir montrer des chiffres précis sur la réduction de la durée de vie du cogénérateur en fonction du nombre de cycles de démarrage/arrêt, intuitivement, cette démarche n'est pas recommandée.

Si, lors des étapes précédant l'exploitation, les différents intervenants ont bien fait leur job, c'est ici que la GTC devient très utile à l'exploitant. En effet, il peut en permanence contrôler les paramètres de l'installation, effectuer des enregistrements de données, ... Même pour les petites installations, il est possible d'interagir à distance avec le régulateur de chaufferie (via les multimédias) et ce afin de contrôler régulièrement le fonctionnement de l'installation de cogénération.

7. Maintenance



Différents contrats de maintenance existent. En voici les deux extrêmes :

- Le contrat de maintenance simple : sur base du nombre d'heures de fonctionnement qui est variable en fonction du type de cogénérateur (contrôle de la qualité de l'huile, remplacement filtre, ...). En général, pour ce type de contrat, les délais d'intervention en maintenance curative sont plus larges.
- Le contrat de maintenance de type Omnium : outre les entretiens classiques, ce type de contrat propose souvent un suivi ou une exploitation « 24h/24 » avec des délais d'intervention négociables en cas de panne. C'est le cas des installations de cogénération de taille importante. Dans le cadre des contrats omnium, l'installation est souvent équipée d'une gestion technique centralisée (GTC), ce qui permet d'optimiser le fonctionnement de l'installation.

Comme mentionné ci-avant, l'exploitant et la société de maintenance ont tout intérêt à collaborer pour mettre en évidence différents dysfonctionnements. En effet, certaines erreurs d'exploitation sont souvent mises en évidence lors des opérations de maintenance.

REFERENCES

- « Energie+ » ; <http://www.energieplus-lesite.be>
- « Hydraulique pratique » ; Christian ROUX, édition PYC, 1989
- « Manuel de la régulation et de la gestion technique » ; René CYSSAU (CoSTIC) ; édition PYC, 1995
- « L'équilibrage hydraulique global » ; Robert PETITJEAN ; édition Tour et Andersson AB, 1994