



9. Chaudière de récupération de chaleur (HRSG)

9.1 Introduction

La chaudière de récupération de chaleur (HRSG) est conçue spécialement pour s'adapter aux caractéristiques de fonctionnement de la turbine à gaz GE et pour optimiser la performance du cycle total de la centrale. La chaudière est conçue pour s'intégrer totalement au système à cycle combiné et inclut les gaines, les supports de la structure, la tuyauterie et les accessoires nécessaires.

Parmi les caractéristiques importantes de la chaudière, on peut mentionner :

- Cycle d'installation rapide
- Capacité de démarrage et d'arrêt rapide
- Flexibilité opérationnelle
- Niveau élevé de fiabilité et de disponibilité
- Flexibilité dans le choix du combustible de la turbine à gaz
- Compatibilité environnementale

9.2 Description générale

La chaudière est un système sans feu additionnel à trois niveaux de pression, resurchauffe et circulation naturelle. Les gaz d'échappement de la turbine à gaz circulent horizontalement à travers les sections des échangeurs de chaleur composés de tubes verticaux. Les sections des échangeurs de chaleur sont configurées dans la direction de circulation des gaz d'échappement afin d'optimiser l'utilisation de l'énergie des gaz du point de vue thermo-économique. La configuration de base d'un échangeur de chaleur est illustrée dans le schéma de procédé « Chaudière de Récupération (HRSG) 131E8446 M104 » inclus au chapitre « Mécanique/Fluides : schémas des procédés ».

L'eau alimentaire circule à travers les différents échangeurs de chaleur dans le sens opposé à celui du gaz et est progressivement chauffée dans l'économiseur puis s'évapore dans l'évaporateur. La vapeur saturée part des ballons à haute et basse pression et arrive à la température de vapeur finale compatible à la turbine à vapeur dans les sections des surchauffeurs. La vapeur saturée partant du ballon de vapeur à moyenne pression est tout d'abord chauffée dans le surchauffeur à moyenne pression puis est combinée à la vapeur provenant de l'échappement de la turbine à vapeur haute pression. Cette vapeur combinée arrive à la température de vapeur finale dans la section de resurchauffe.

Le transfert de chaleur dans la chaudière s'effectue par convection dans les rangées de tubes à ailettes. Les tubes sont munis d'un système d'ailettes en spirale fixé par une soudure continue. La configuration du tube, la géométrie et le pas des ailettes ont été sélectionnés de manière à correspondre aux spécifications du combustible et à optimiser les performances. Les tubes en acier allié sont sans soudures longitudinales (étirés). Les tubes en acier carbone peuvent être soudés longitudinalement (ERW).

La partie sous pression de la chaudière est un assemblage mécano-soudé entre l'entrée de l'économiseur et les sorties des systèmes de surchauffe et de resurchauffe. Les joints directs entre les tubes et les ballons de vapeur sont éliminés grâce à l'utilisation d'une série de collecteurs d'épaisseur intermédiaire. Le changement progressif d'épaisseur permet à la chaudière de s'adapter aux changements de température liés à un fonctionnement transitoire de la turbine à gaz (démarrage, variations de charge, arrêt, etc.).

L'enveloppe et les gaines de la chaudière sont mécano-soudés, étanches et rigidifiés afin de pouvoir résister à la pression du gaz interne et aux charges externes. L'enveloppe et les gaines sont isolées afin de réduire les pertes de chaleur et pour la protection du personnel. L'isolation est appliquée à l'intérieur ou à l'extérieur selon l'emplacement du système dans la chaudière. Les matériaux d'isolation, l'aspect de surface et les méthodes d'application ont été sélectionnés en fonction des paramètres environnementaux et d'exploitation de la turbine à gaz. Les tuyauteries du ballon de vapeur et de la chaudière sont également munies d'une isolation conforme aux exigences de conception de la chaudière.

L'enveloppe isolée de l'intérieur et les gaines sont livrées peintes d'une couche primaire externe. Les gaines et les parties de l'enveloppe qui ont été munies d'une isolation extérieure sont recouvertes d'un bardage aluminium. L'isolation thermique est conçue pour maintenir la température de surface requise par le contrat et les conditions de travail sécuritaires. Cette température peut être dépassée et en particulier pour les éléments internes, l'inaccessibilité des zones par le personnel et les pénétrations au travers de l'enveloppe. Quand ces points chauds présentent un risque pour le personnel, des barrières seront fournies pour leur protection. L'isolation interne et le revêtement de l'isolation sont fournis avec la chaudière ; l'isolation externe est fournie par le monteur de la chaudière.

Toutes les vannes, dispositifs d'arrimage et accessoires nécessaires au démarrage et à l'exploitation de la chaudière sont fournis. Des connecteurs d'échantillonnage d'eau et de vapeur ainsi que des orifices d'injection de produits chimiques sont prévus.

Un système de plates-formes, d'escaliers et d'échelles est fourni afin de permettre l'inspection et la maintenance des vannes et de l'instrumentation et d'accéder aux trappes d'accès. Des chemins d'accès sont fournis dans la chaudière afin de permettre d'effectuer les inspections. Chaque chemin est desservi par une trappe d'accès.

La chaudière est conçue et fabriquée par « modules » de manière à satisfaire aux contraintes d'expédition et aux exigences d'installation sur le chantier.

La chaudière sera fournie par l'un des leaders du produit HRSG, testé et approuvé par GE et finalement inclus dans la liste des fournisseurs approuvés par GE. Les sous-systèmes incluant les vannes, instrumentations, fabrication etc seront fournis par le vendeur de la chaudière et ne seront pas restreints à une liste de vendeur approuvée par le client.

Les circuits d'eau, de vapeur et de gaz d'échappement du cycle combiné sont illustrés sur le schéma « Cycle eau/vapeur M190 » du chapitre « Mécanique/Fluides : schémas des procédés ». Les circuits d'eau, de vapeur et de gaz d'échappement ainsi que les dispositifs d'instrumentation et de contrôle de la chaudière qui sont fournis sont illustrés dans le schéma de procédé « Chaudière de Récupération (HRSG) 131E8446 M104 » inclus au chapitre « Mécanique/Fluides : schémas des procédés ».

9.3 Codes et réglementations

La chaudière est conçue, fabriquée et inspectée conformément aux règles de la section I de l'ASME « *Boiler and Pressure Vessel Code* » [Code pour les chaudières et les enceintes pressurisées] ou des normes et codes locaux, nationaux spécifiés par le client.

Les tuyauteries extérieures de la chaudière sont fournies conformément aux exigences de la norme ANSI/ASME B31.1 concernant la tuyauterie des systèmes d'énergie et de la section I du *ASME Boiler and Pressure Vessel Code* ou des normes et codes locaux, nationaux spécifiés par le client.

Les révisions des codes ASME, ANSI/ASME, normes et codes locaux, nationaux en vigueur à la date de rédaction d'origine de ce document seront retenues en tant que référence. Si des changements de conception des équipements s'avéraient nécessaires pour satisfaire aux exigences des codes et normes en vigueur à la date de signature du contrat ou postérieurement à cette date, le prix contractuel serait ajusté en fonction des coûts dus à ces changements.

9.4 Composants principaux de la chaudière

9.4.1 Section économiseur

La circulation d'eau alimentaire dans l'économiseur se fait dans le sens opposé à celui du gaz, de l'entrée au collecteur de sortie en passant plusieurs fois à travers un arrangement de tubes ailetés. L'économiseur a été conçu pour chauffer l'eau alimentaire de la température d'entrée à une température légèrement inférieure à la température de saturation correspondant à la pression du ballon vapeur. Cette température de sortie de l'économiseur réduit la possibilité de dépassement de la limite d'évaporation au cours d'un fonctionnement à faible charge ou d'un démarrage. La sortie de l'économiseur est raccordée directement au ballon vapeur.

9.4.2 Système de recirculation de l'économiseur basse pression

L'économiseur à basse pression est muni d'un système de recirculation afin de maintenir la température de sortie des gaz au-dessus du point de condensation acide et de protéger la chaudière d'une corrosion à froid. Le système de recirculation comprend une (1) pompe de recirculation motorisée de 100 % de capacité qui décharge à travers une vanne régulatrice modulée de recirculation permettant de fixer la température d'eau à l'entrée de l'économiseur à basse pression à une valeur prédéterminée. La température d'entrée des condensats est maintenue au dessus du point de rosée des gaz d'échappements. La pompe est protégée par un orifice de débit minimal en parallèle avec la vanne régulatrice.

9.4.3 Section(s) évaporateur(s) (Ballons vapeur et évaporateurs)

L'eau alimentaire venant de l'économiseur entre dans le ballon vapeur par un collecteur de distribution et se mélange avec de l'eau saturée venant de la section d'évaporation. L'eau est extraite du fond du ballon vapeur et s'écoule à travers la section d'évaporation par circulation naturelle.

L'eau saturée entre par le collecteur inférieur de l'évaporateur et circule vers le haut. La section d'évaporation fonctionne essentiellement à température constante, absorbant la chaleur des gaz d'échappement qui est égale à la chaleur latente de vaporisation à la pression de fonctionnement du ballon vapeur. Le mélange eau/vapeur sort du collecteur supérieur de l'évaporateur par de courts tuyaux, entre dans le ballon vapeur puis est dirigé vers le séparateur primaire où la première étape de la séparation eau/vapeur a lieu. L'eau est envoyée vers le bas tandis que la vapeur monte vers un autre séparateur où le niveau de pureté final de la vapeur est atteint.

Le ballon vapeur a été conçu pour fournir de la vapeur à haut degré de pureté au système de surchauffe et pour compenser l'effet subi par l'évaporateur au cours des transitoires de démarrage ou de fonctionnement. Un trou d'homme permet d'accéder à l'intérieur du

ballon vapeur et d'y effectuer les travaux d'inspection et de maintenance.

9.4.4 Section(s) surchauffeur(s)

La vapeur saturée passe du ballon vapeur au collecteur d'entrée du surchauffeur par une tuyauterie extérieure, puis circule plusieurs fois à travers un arrangement de tubes à ailettes vers le collecteur de sortie. La circulation de vapeur se fait dans le sens opposé à celui des gaz d'échappement. La partie surchauffeur permet d'élever la température de la vapeur de celle de saturation à une température surchauffée en accord avec les gaz d'échappement de la turbine à gaz et aux exigences de la turbine à vapeur.

Un régulateur de température intermédiaire du surchauffeur à haute pression permet le contrôle de la température de la vapeur en sortie du surchauffeur à haute pression.

9.4.5 Section resurchauffe moyenne pression

De la vapeur surchauffée provenant du surchauffeur moyenne pression est combinée avec la vapeur provenant de l'échappement haute pression de la turbine à vapeur. Cette vapeur combinée est dirigée vers la section du resurchauffeur moyenne pression où la vapeur est chauffée à la température indiquée dans le bilan thermique.

Un régulateur de température intermédiaire du resurchauffeur permet le contrôle de la température de la vapeur en sortie du resurchauffeur.

9.4.6 Gaines d'admission chaudière

Les gaines d'admission chaudière conduisent les gaz d'échappement de la turbine à gaz à la chaudière et comprennent tous les supports, joints d'expansion et gaines horizontales nécessaires. Les gaines ont été conçues pour minimiser la perte de pression et distribuer de manière uniforme les gaz d'échappement vers l'entrée du surchauffeur.

9.4.7 Gaines d'échappement et cheminée chaudière

Les gaines d'échappement, le joint d'expansion et la cheminée permettent d'évacuer les gaz d'échappement à l'atmosphère. La gaine de transition et la cheminée sont fournies avec des dispositifs de protection du personnel au niveau des échelles, des plates-formes et des orifices d'extraction. Des orifices d'échantillonnage sont fournis dans la cheminée afin de permettre les analyses antipollution.

9.4.8 Obturateur de la cheminée

Un système d'obturation de la cheminée multi-lames est fourni dans la cheminée. Ce système permet de conserver chaude la chaudière plus longtemps après un déclenchement et aussi de protéger des intempéries. Cet obturateur fonctionne au moyen d'un moteur électrique. Cette configuration permet également d'ouvrir l'obturateur

indépendamment de la position de la commande si le différentiel de pression est supérieur à 125 mm de colonne d'eau.

9.4.9 Charpentes (Structures), escaliers, échelles et plates-formes

Les sections des échangeurs de chaleur, le ballon vapeur, les gaines d'admission et d'échappement et la tuyauterie d'interconnexion de la chaudière sont supportés par des charpentes support (structures) conçues conformément aux données de l'équipement, aux conditions du site et aux codes et normes de structure en vigueur.

Des escaliers, des échelles et des plates-formes sont fournis pour permettre l'accès en fonctionnement et pour la maintenance des vannes, de l'instrumentation, des ballons vapeur, des trappes d'accès et des orifices d'échantillonnage. Tous les escaliers et toutes les plates-formes comportent des mains courantes et des plaques renforts au pied. Les caillebotis et les marches d'escaliers sont galvanisés à chaud.

9.4.10 Tuyauterie

La tuyauterie d'interconnexion de la chaudière permet de transférer l'eau et la vapeur entre les différentes sections d'échangeurs de chaleur et les ballons vapeur. La tuyauterie est soutenue par les charpentes support de la chaudière.

9.4.11 Purges

Un système de recueil des purges est fourni. Il inclut les ballons, les tuyauteries, la robinetterie et l'instrumentation comme précisé dans le schéma de procédé « Chaudière de Récupération (HRSG) M104 » inclus au chapitre « Mécanique/Fluides : schémas des procédés », Page 4.

Il y a trois (3) types de purge : démarrage, intermittente et continue. La purge continue est utilisée pendant le fonctionnement normal, en même temps que le système d'injection chimique pour contrôler la chimie de l'eau des ballons de vapeur.

La purge continue évite la concentration importante de solide dans les ballons. La connexion de purge continue est placée juste en dessus le niveau bas d'eau dans les ballons de vapeur à haute pression, moyenne pression. Le ballon BP ne dispose pas de purge continue car les pompes alimentaires aspirent dans le ballon et en conséquence éliminent les solides dans le ballon BP.

La purge intermittente est utilisée pour réduire les solides qui peuvent s'accumuler dans les ballons malgré la purge continue. Elle fonctionne de manière intermittente, en général peu après que la chaudière de récupération se soit arrêtée et soit encore sous pression. La purge intermittente permet aussi de vidanger les ballons.

La purge de démarrage est utilisée pour aider à contrôler le niveau d'eau dans les réservoirs pendant le démarrage.

Le ballon de purge reçoit d'autres purges eau/vapeur des économiseurs et surchauffeurs à haute, moyenne et basse pression, les purges des verres de jauge et les purges des colonnes d'eau des ballons à haute, moyenne et basse pression.

9.4.12 Accessoires

L'instrumentation, les systèmes de contrôle et les vannes sont conformes au schéma de procédé « Chaudière de Récupération (HRSG) 131E8446 M104 » inclus au chapitre « Mécanique/Fluides : schémas des procédés ».

L'instrumentation, les systèmes de contrôle et les vannes sont aussi conformes à la section I de la norme *ASME Boiler and Pressure Vessel Code*.

9.5 Inspection par le client

Le client a le droit d'inspecter tout ou partie de la chaudière au cours de sa fabrication afin de vérifier que les équipements et matériaux fournis sont conformes au présent document. Un calendrier de fabrication sera soumis au client afin de lui permettre de choisir des dates d'inspection adéquates.