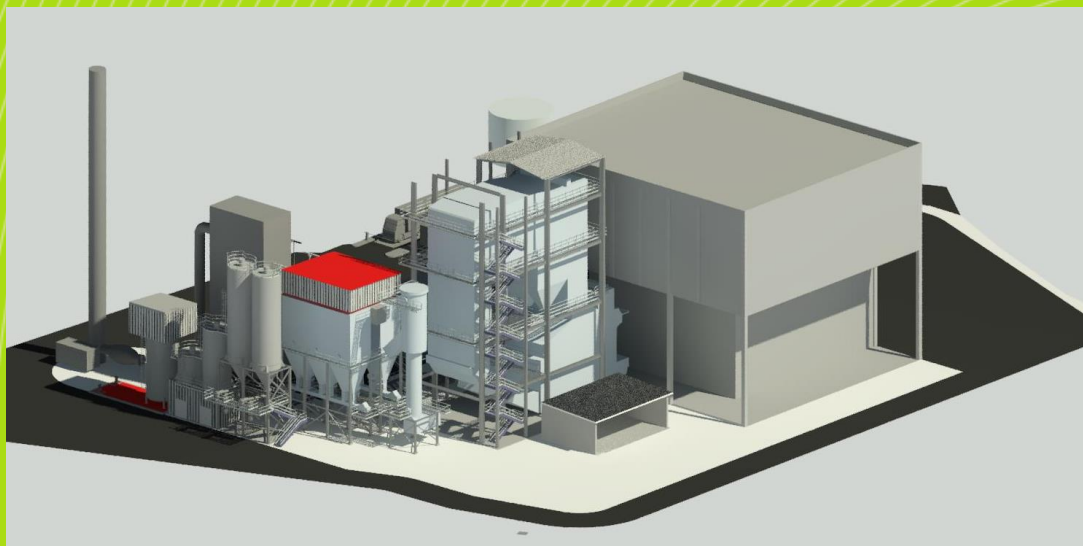


VALORISATION ENERGETIQUE DES DECHETS MENAGERS ET ASSIMILES



17/01/2025

SOMMAIRE

GENERALITES

- Présentation d'une installation type
- Réglementations applicables
- Principales caractéristiques des déchets

FOUR-CHAUDIÈRE

- Bilan thermique, rendement
- Circuits combustible et résidus
- Circuits eau vapeur
- Circuits air fumées
- Nettoyage des surfaces d'échange

POSTE D'EAU

- Valorisation énergétique
- Circuits vapeur HP, MP, BP
- Circuits condensats, eau alimentaire
- Principaux équipements
- Systèmes auxiliaires

Généralités

- ➔ **Présentation d'une installation type**
- ➔ **Principales caractéristiques des déchets**
- ➔ **Réglementations applicables**

OBJECTIFS ET CRITÈRES DE CONCEPTION DES CVE

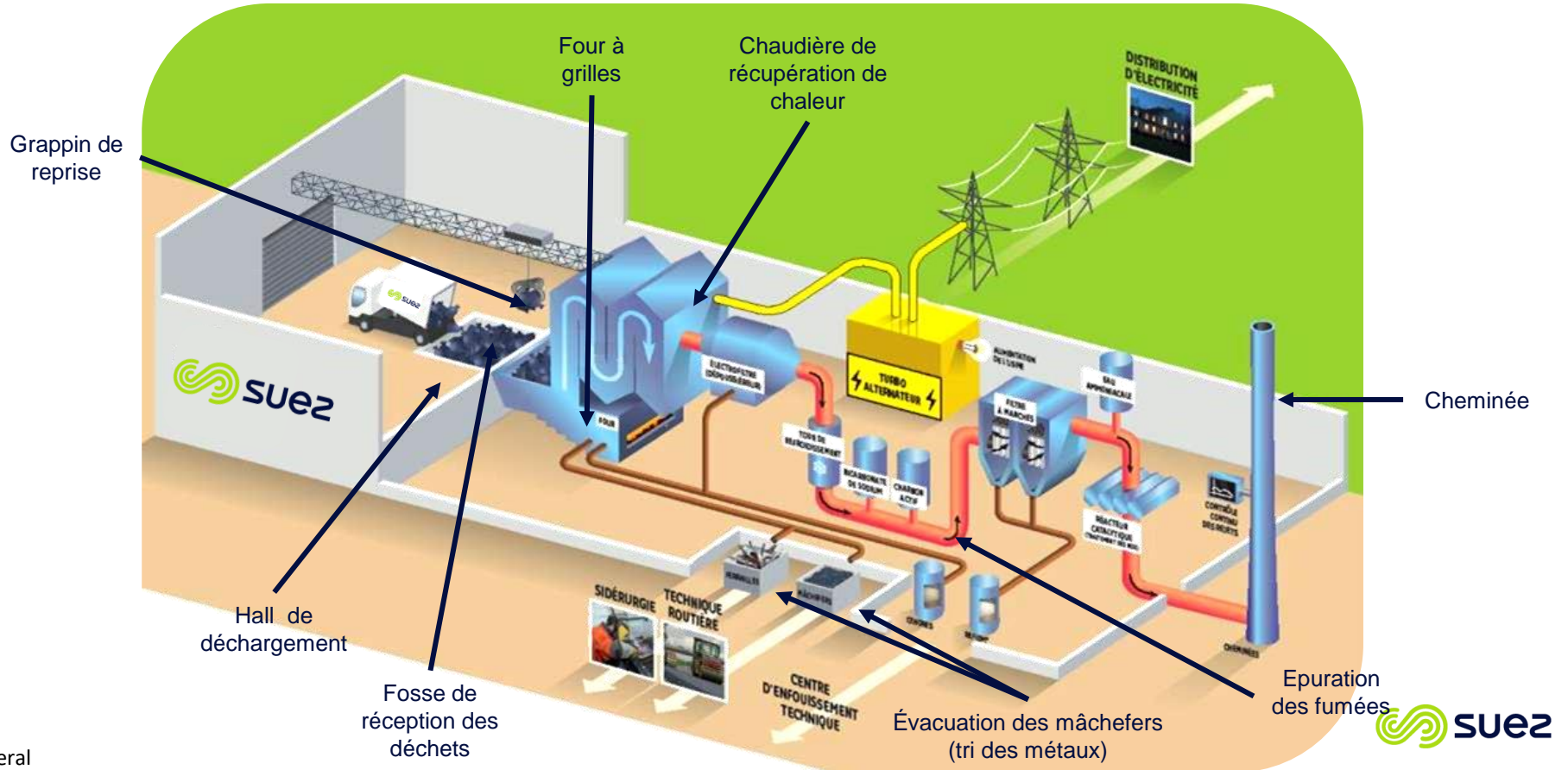
Objectifs:

- ➔ Réceptionner et stocker les déchets
- ➔ Eliminer les déchets par incinération
- ➔ Traiter les résidus
- ➔ Valoriser l'énergie thermique produite

Critères:

- ➔ Gisement disponible : quantité et nature des déchets
- ➔ Possibilités offertes de valorisation énergétiques : production d'électricité et/ou de chaleur livraison de vapeur
- ➔ Disponibilité de fonctionnement : service continu 24/7
- ➔ Respect de la réglementation

PRESENTATION D'UN CVE



PRINCIPAUX SYSTEMES DE PROCEDE

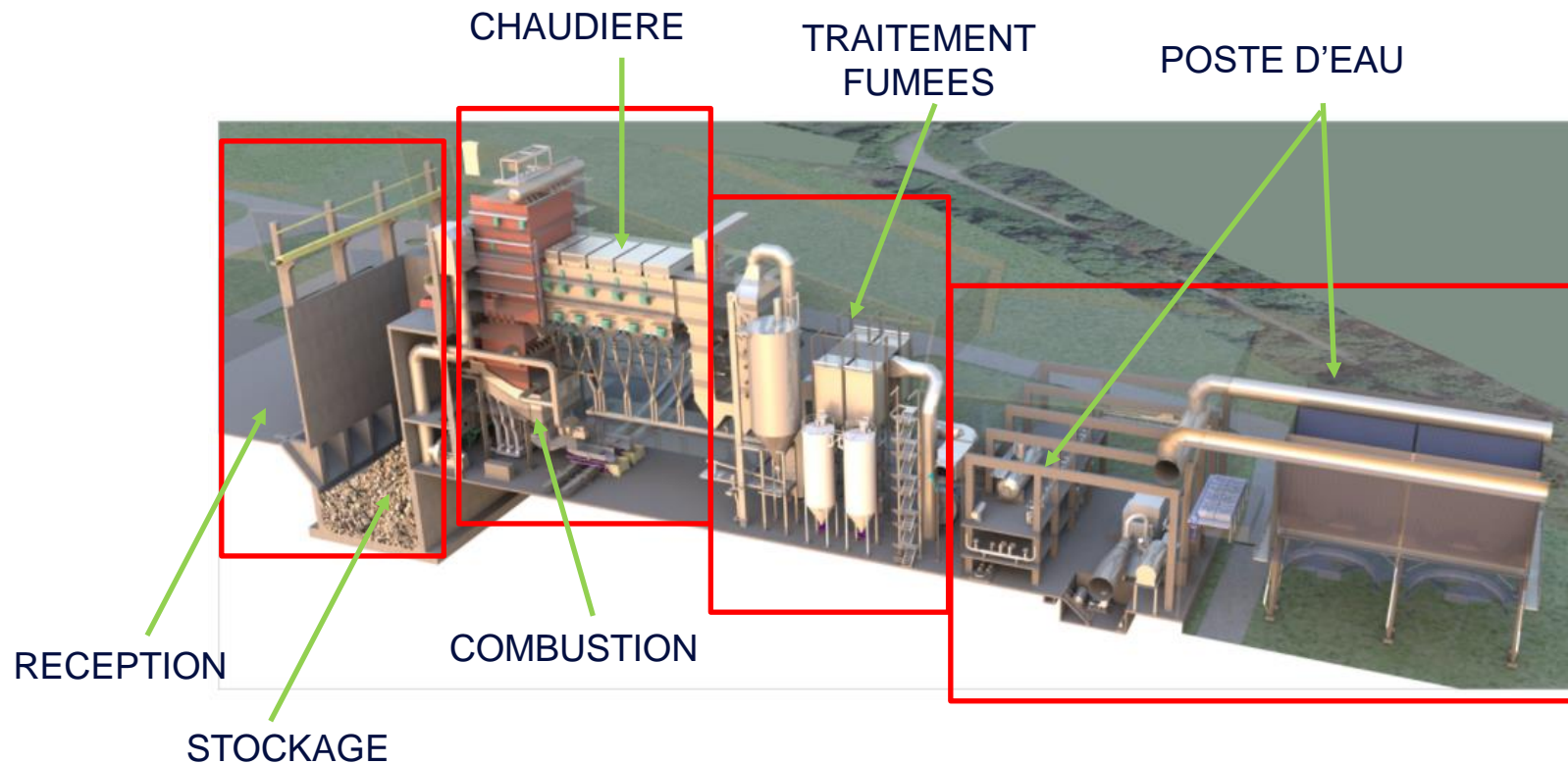
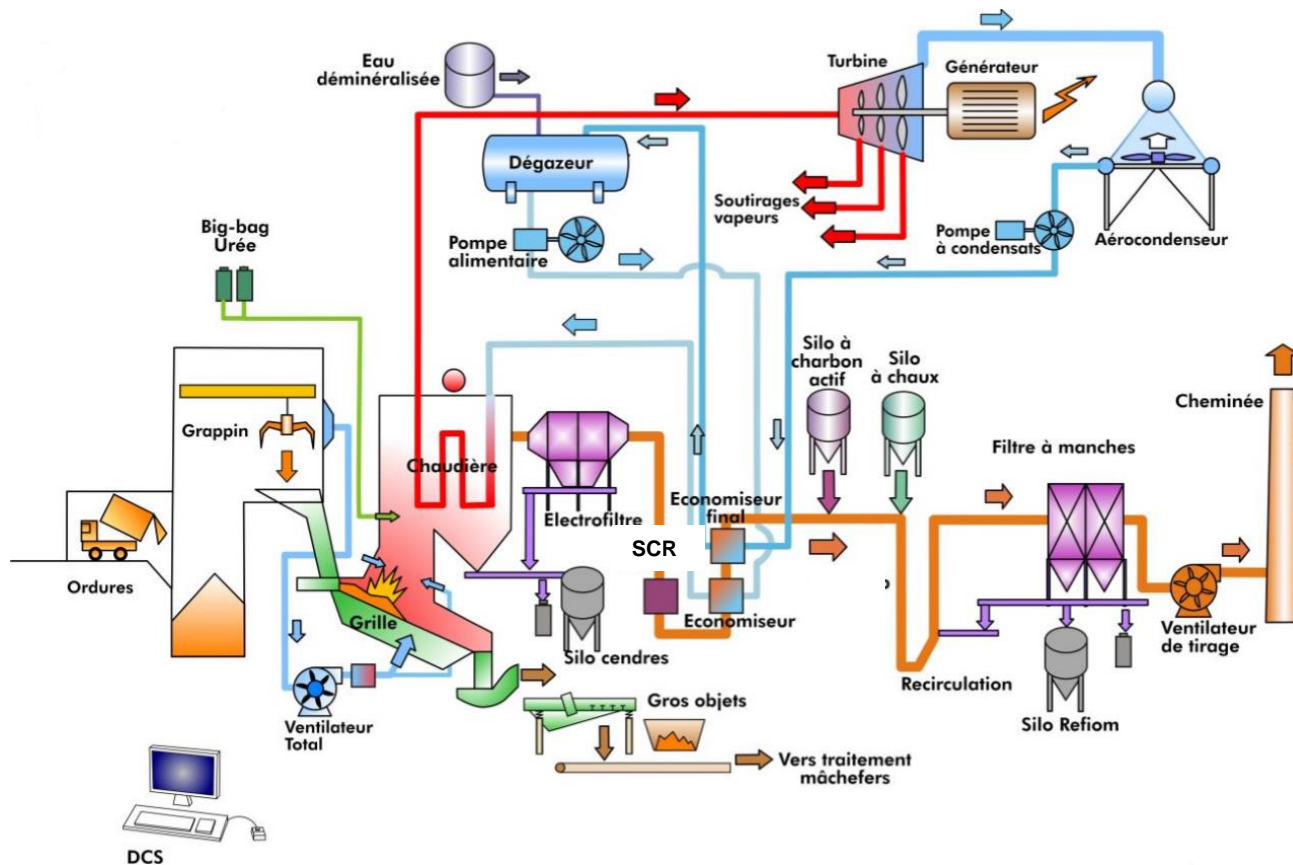
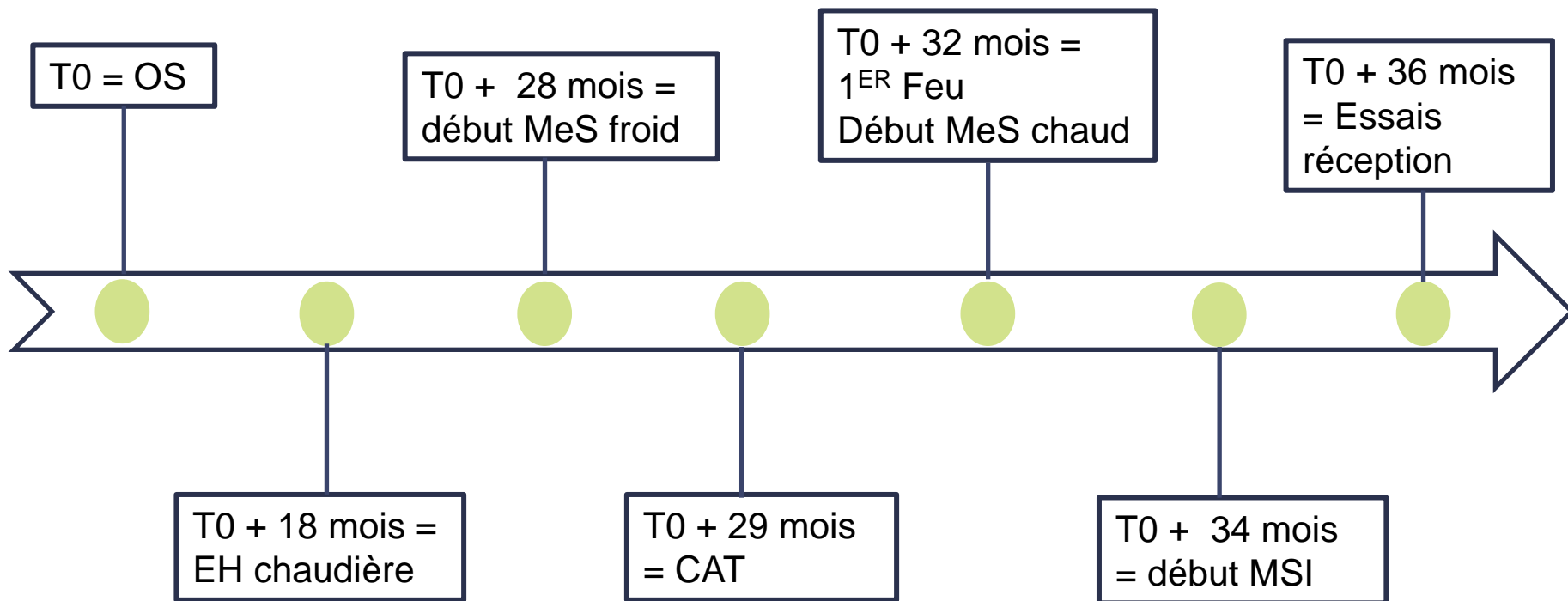


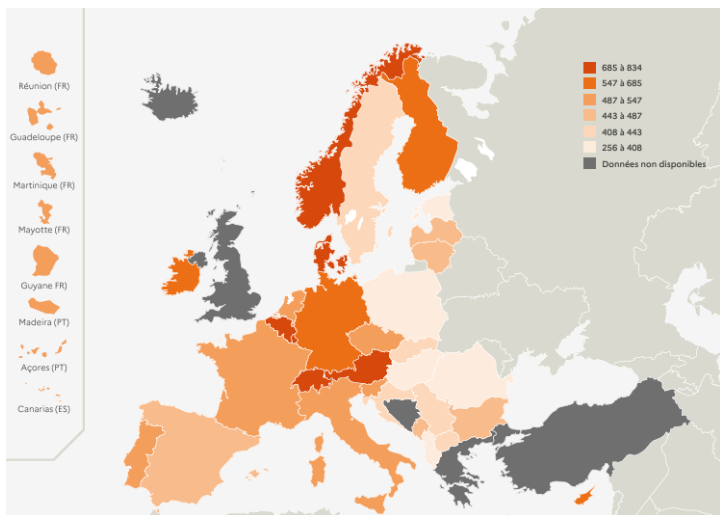
SCHÉMA DESCRIPTIF DU PROCESS (PFD)



DEROULEMENT D'UN PROJET CONSTRUCTION



SITUATION EN EUROPE



(hors déblais et gravats)
Source ADEME

Waste-to-Energy in Europe

- WtE Plants operating in Europe
(not including hazardous waste incineration plants) : **492**
- Waste thermally treated in WtE plants
(in million tonnes): **96**

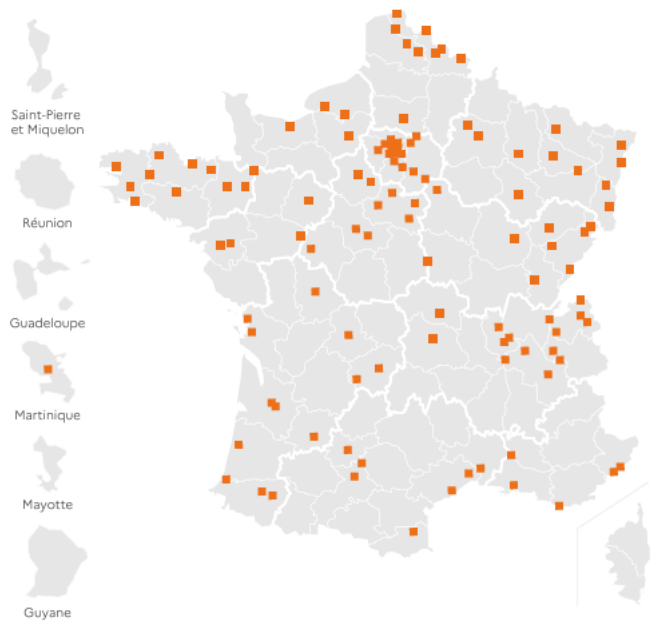
Data supplied by CEWEP members and national sources

* Includes plant in Andorra and SAICA plant



SITUATION EN FRANCE

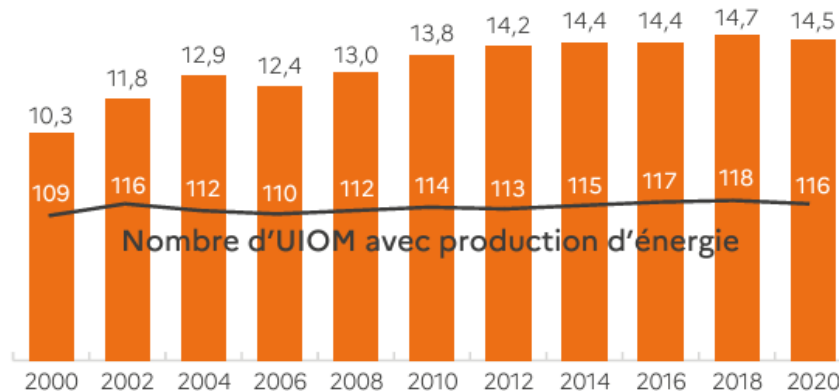
Parc français des CVE avec production énergétique



Source: ADEME, Enquête ITOM 2020

Évolution des tonnages incinérés avec production énergétique (Mt)

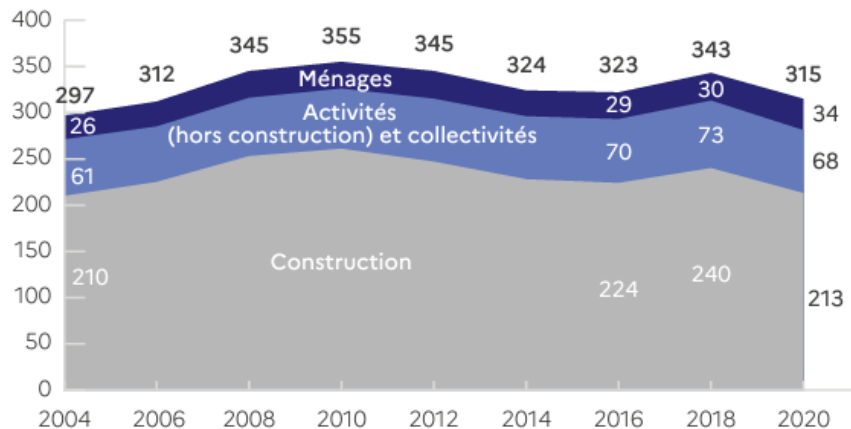
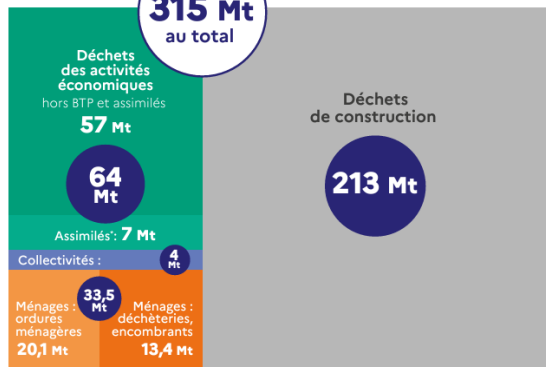
Millions de tonnes



Source: ADEMI

En 2020, les CVE ont produit 15 284 GWh, dont 21 % autoconsommés (3 214 GWh). L'énergie produite par les CVE est principalement valorisée sous forme thermique

LES FLUX DE DECHETS ET EVOLUTION (source ADEME)



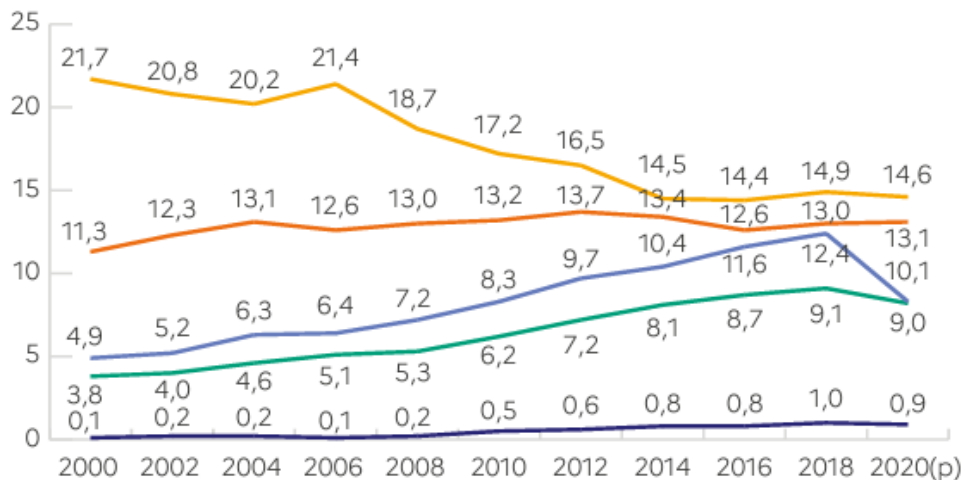
- Construction
- Activités (hors construction) et collectivités
- Ménages **278 kg/an/habitant**

Source: Règlement Statistiques sur les Déchets, 2020; ADEME, Enquête Collecte 2019; Estimations IN NUMERI par calage des résultats de l'enquête collecte 2019 sur les données du RSD 2020.

Évolution des tonnages traités selon la nature du traitement

Source : ADEME

Millions de tonnes



Déchets (évolution depuis 2000 / évolution depuis 2018)

- Déchets stockés (- 30% / - 7%)
- Déchets incinérés (+ 16% / + 1%)
- Déchets triés* (+ 105% / - 18%)
- Déchets compostés* (+ 139% / - 1%)
- Déchets méthanisés* (x 10 / - 11%)

CARACTÉRISTIQUES DES DÉCHETS EN FRANCE



Composition des ordures ménagères résiduelles
Source ADEME

PCI des déchets : 8 à 14 MJ/kg (en mélange)

Composition (%)

Matière combustible	36 à 59
Matière inerte	20 à 26
eau	21 à 38

Déchets acceptables :
ménagers (8 à 9 MJ/kg),
DAC (8 à 20 MJ/kg),
DASRI (12 à 17 MJ/kg) *

Déchets non acceptables : déchets dangereux,
déconstruction, provenant des abattoirs

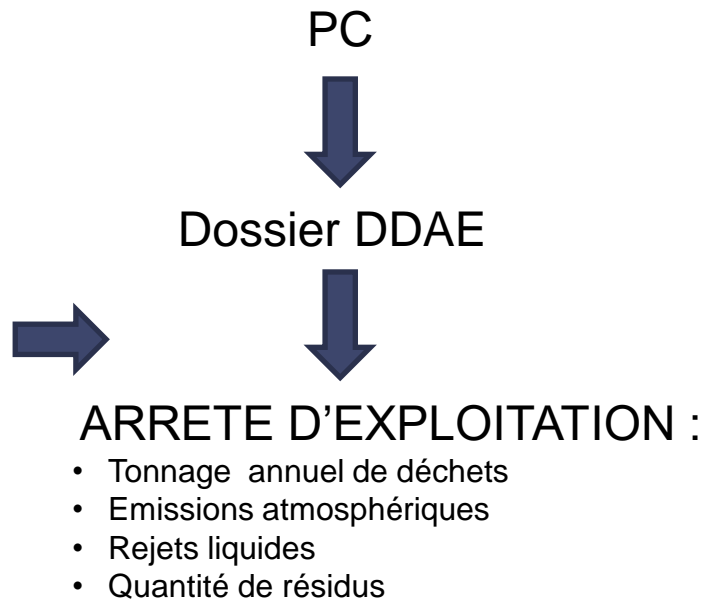
RÉGLEMENTATIONS

ENVIRONNEMENT :

- Rubrique ICPE 2771 : installation de traitement thermique de déchets non dangereux
- Rubrique ICPE 3520 ; élimination et valorisation de déchets
- Arrêté Ministériel du 12 janvier 2021 relatif aux Meilleures Techniques Disponibles

EQUIPEMENTS SOUS PRESSION:

- Directive 97/23/CE Mai 1997
- EN 12952 : Chaudières à tubes d'eau et installations auxiliaires



CONDITIONS D'AUTORISATION D'EXPLOITATION DES CVE

3 décembre 2019: publication au Journal Officiel de l'Union Européenne (JOUE) des conclusions sur les Meilleures Techniques Disponibles (MTD) du BREF (Best REFerence document) sur l'incinération des déchets : **19 MTD**

- **Gestion des flux de déchets : stockage**
- **Efficacité énergétique**
- **Gestion des conditions de fonctionnement**
- **Surveillance des émissions**
- **Gestion des résidus**

12 janvier 2021: Arrêté Ministériel relatif aux Meilleures Techniques Disponibles



DÉCISION D'EXÉCUTION (UE) 2019/2010 DE LA COMMISSION

du 12 novembre 2019

établissant les conclusions sur les meilleures techniques disponibles (MTD) pour l'incinération des déchets, au titre de la directive 2010/75/UE du Parlement européen et du Conseil

[notifiée sous le numéro C(2019) 7987]

Décrets, arrêtés, circulaires

TEXTES GÉNÉRAUX

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

Arrêté du 12 janvier 2021 relatif aux meilleures techniques disponibles (MTD) applicables aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets relevant du régime de l'autorisation au titre de la rubrique 3520 et à certaines installations de traitement de déchets relevant du régime de l'autorisation au titre des rubriques 3510, 3531 ou 3532 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement

Four- Chaudière

- **bilan thermique**
- **Circuits combustibles**
- **Equipments de combustion et brûleur(s) de soutien**
- **Circuits eau-vapeur**
- **Circuits air-fumées**
- **Nettoyage des surfaces d'échange**
- **Corrosion, érosion**

Four-Chaudière

BILAN THERMIQUE

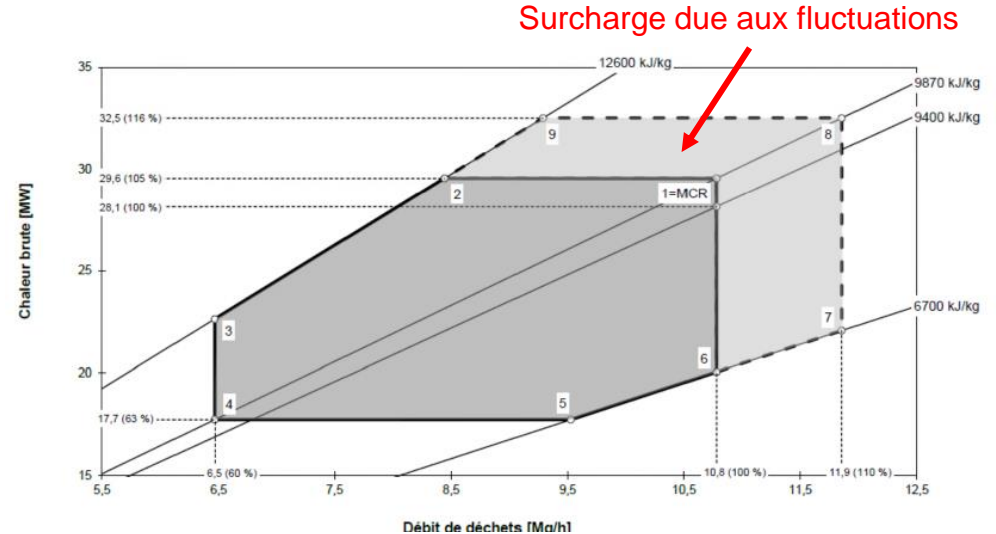
PRINCIPALES DONNEES DE DIMENSIONNEMENT

Tonnage de déchets
PCI des déchets

Caractéristiques de la vapeur :
- température
- pression
- saturée ou surchauffée

Température EA

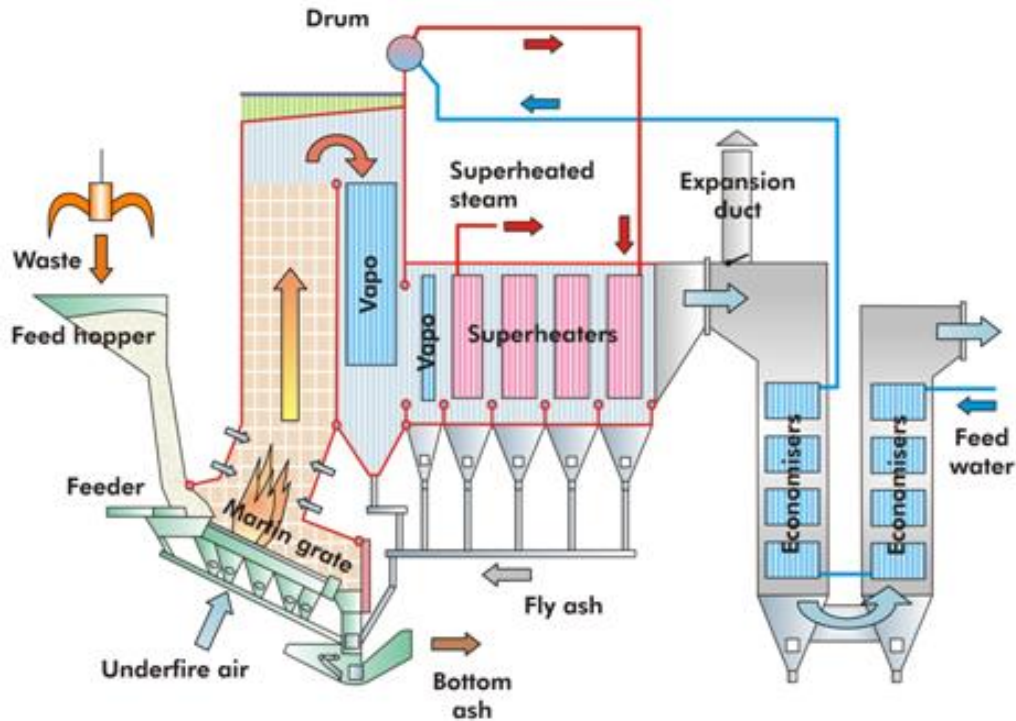
Température des fumées en sortie



SCHÉMAS DESCRIPTIFS

Chaudière horizontale

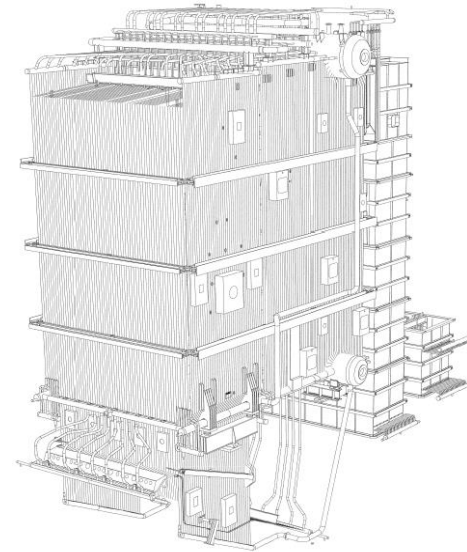
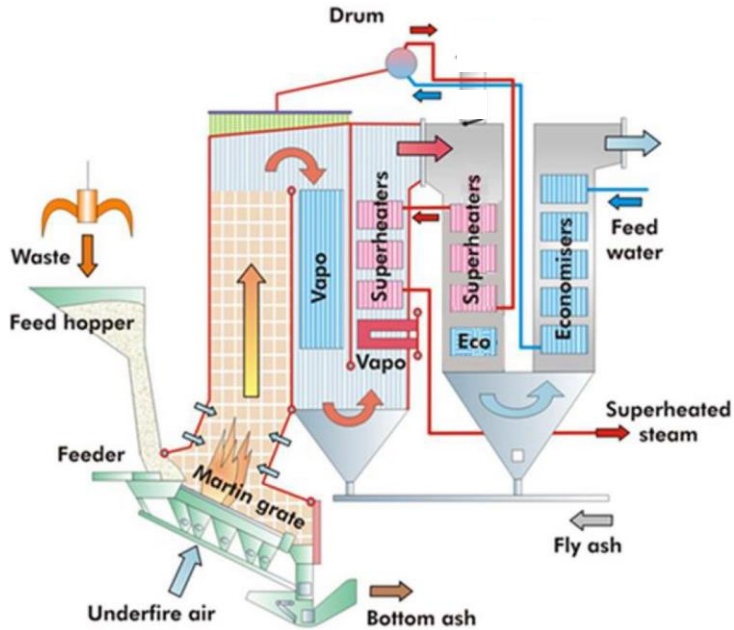
20 à 80 MWth



SCHÉMAS DESCRIPTIFS

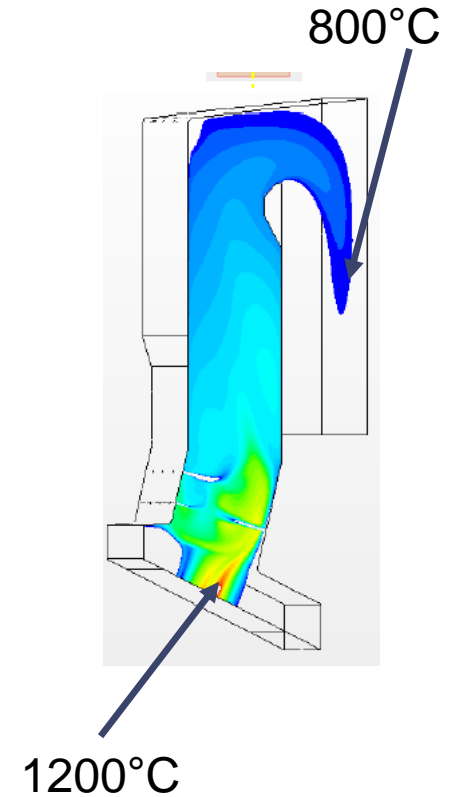
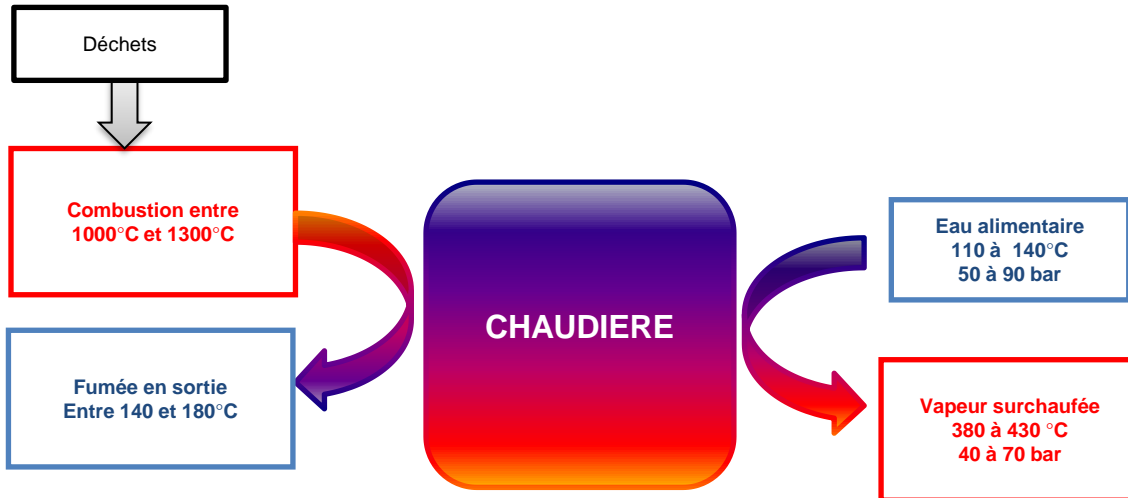
Chaudière verticale

20 à 45 MWth

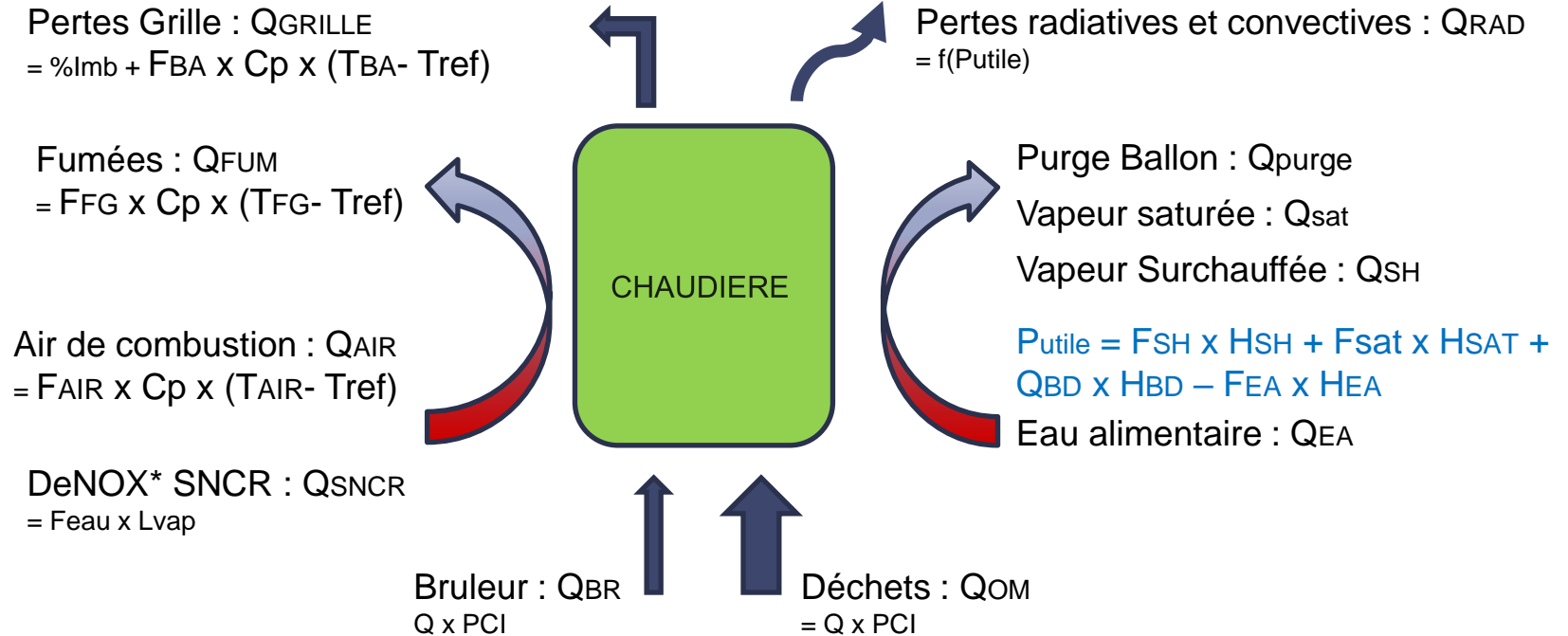


PRINCIPES DES ECHANGES DE CHALEUR

Echangeur de chaleur eau ↔ fumées



BILAN THERMIQUE – PCI- RENDEMENT (1/3)



BILAN THERMIQUE – PCI- RENDEMENT (2/3)

Le bilan thermique est donné par :

$$(Q_{OM} + Q_{BR}) + (Q_{AIR} + Q_{SNCR}) = Q_{SH} + Q_{SAT} + Q_{PURGE} + (Q_{FUM} + Q_{GRILLE} + Q_{RAD})$$

Le PCI des déchets est donné par :

$$Q_{OM} = PCI_{OM} \times W_{OM}$$

$$PCI_{OM} = [Q_{SH} + Q_{SAT} + Q_{PURGE} + (Q_{FUM} + Q_{GRILLE} + Q_{RAD}) - (Q_{BR} + Q_{AIR} + Q_{SNCR})] / W_{OM}$$

Le rendement est donné par :

$$\eta (\%) = 100 \cdot (1 - \text{Pertes} / (\text{Chaleur combustibles} + \text{Apports chaleur}))$$

$$\eta (\%) = 100 \cdot (1 - (Q_{FUM} + Q_{GRILLE} + Q_{RAD}) / (Q_{OM} + Q_{BR} + Q_{AIR} + Q_{SNCR}))$$

Bilan thermique – PCI- Rendement (3/3)

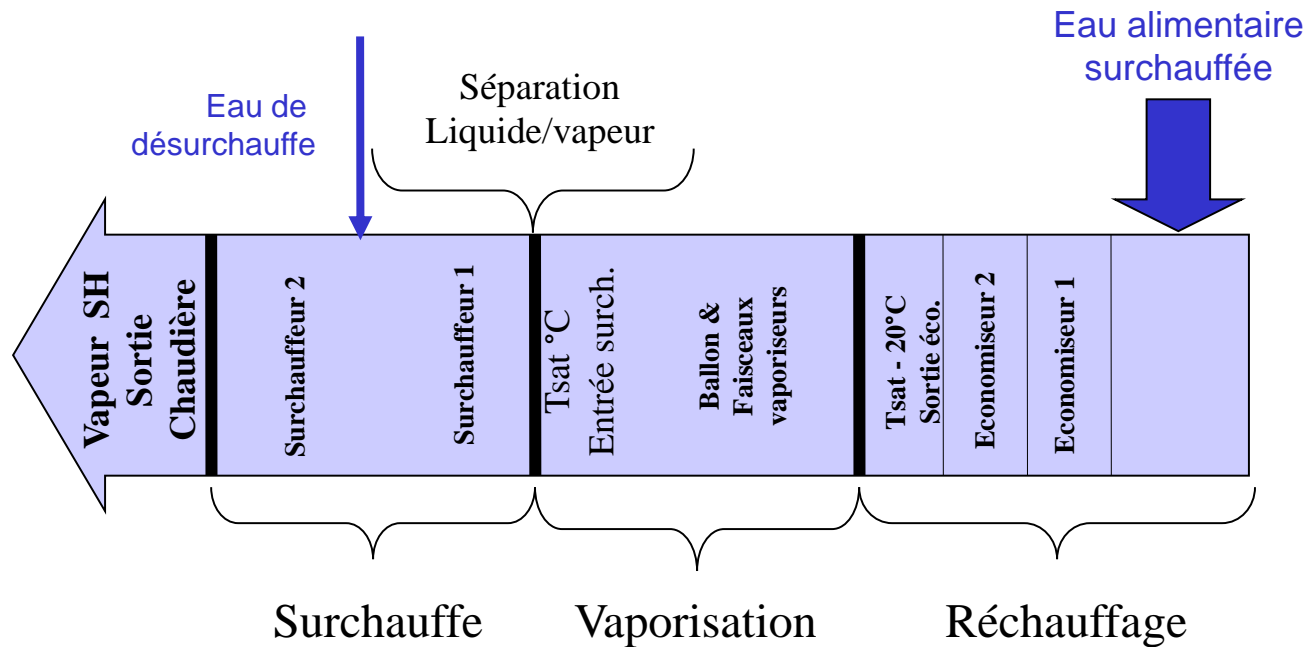
Sur base $Q_{OM} = 100$, le tableau suivant présente en % les différents quantités de chaleur et la valeur du rendement. En fonctionnement courant le brûleur est à l'arrêt.

	Chaleur apportée par les déchets (Q_{OM})	100	
	Chaleur apportée par le brûleur (Q_{BR})	0	
Crédit →	Chaleur apportée par l'air de combustion (Q_{AIR})	7,7	
	Chaleur apportée par l'injection SNCR (Q_{SNCR})	-0,7	
	Chaleur utile eau-vapeur Q_N	83,7	
	Perte sur les fumées (Q_{FUM})	12,6	→ { - Optimiser la combustion - Limiter l'encrassement
	Perte par les imbrûlés et les cendres de la grille (Q_{GRILLE})	2,2	
	Perte rayonnement et convection (Q_{RAD})	1,0	
	Rendement (%)	84,3	

Four-Chaudière

CIRCUITS EAU-VAPEUR

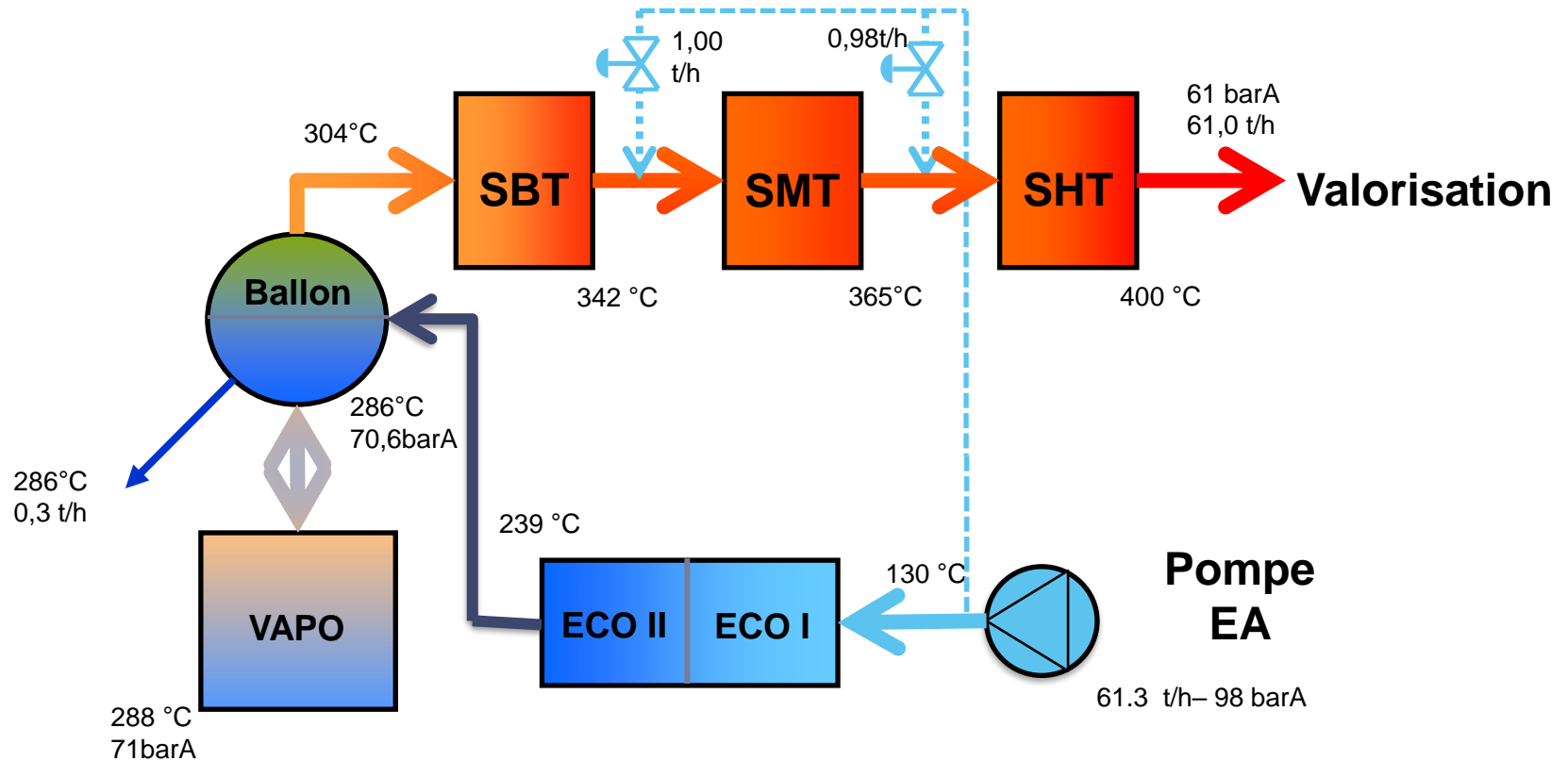
RÉPARTITION DES APPORTS DE CHALEUR



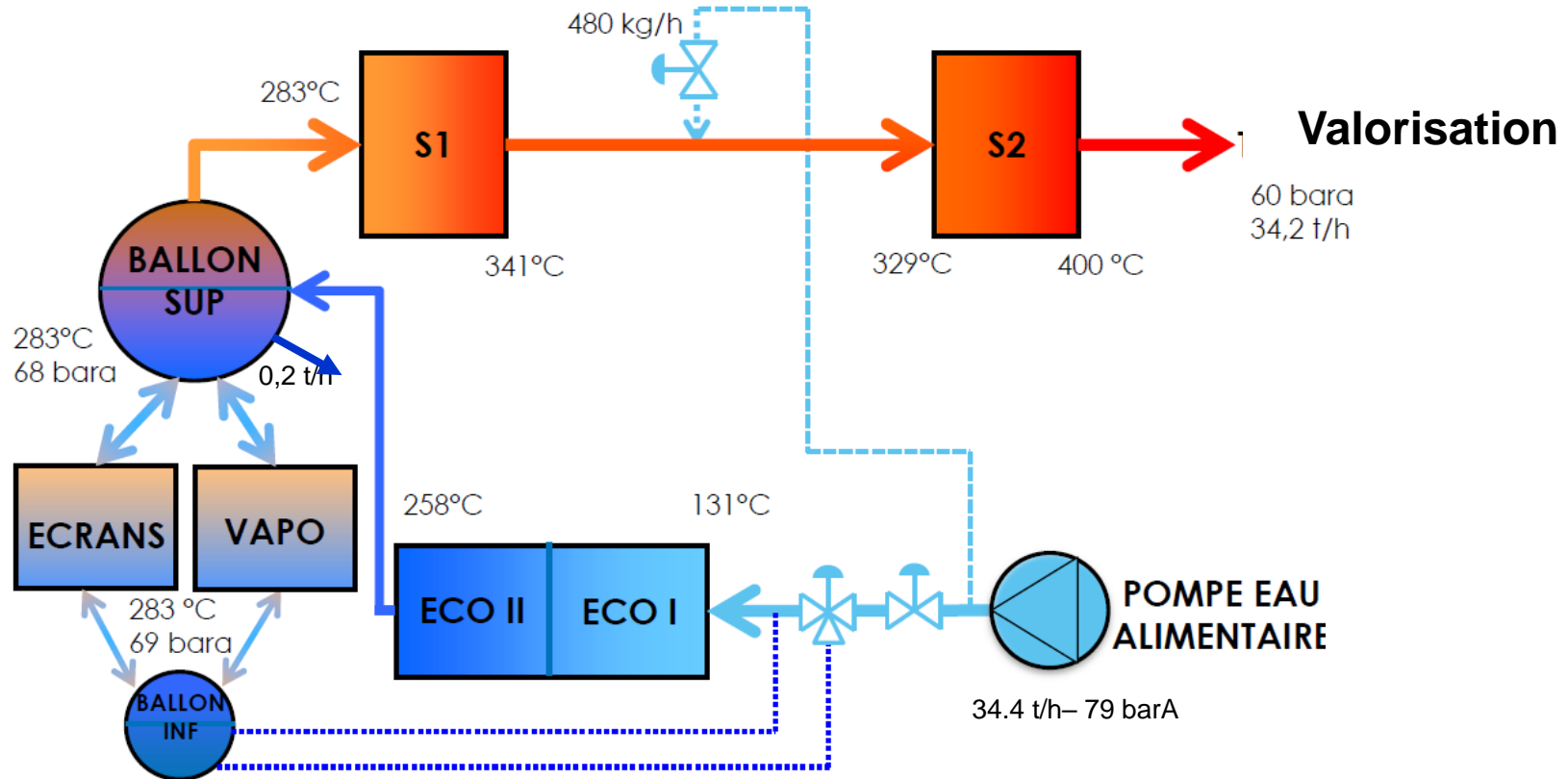
Pression ↗

➡ + réchauffage & - vaporisation

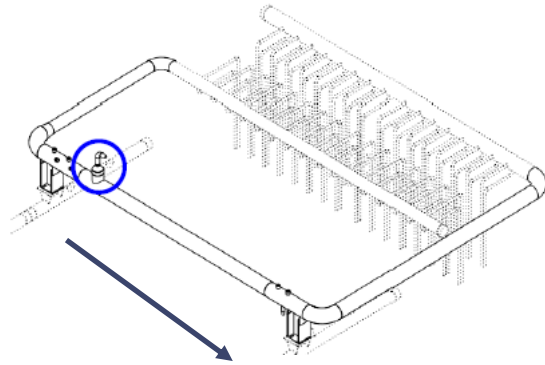
EVOLUTION DES TEMPERATURES : CHAUDIÈRE HORIZONTALE



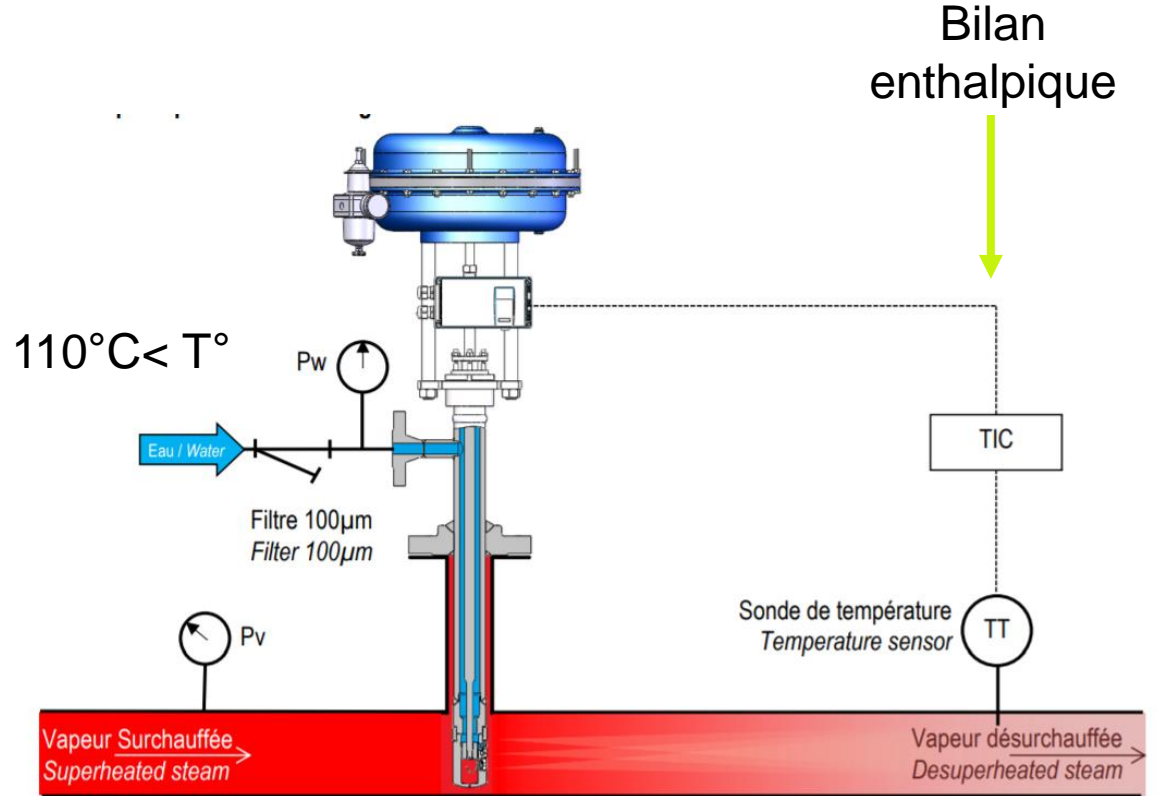
EVOLUTION DES TEMPERATURES : CHAUDIÈRE VERTICALE



DÉSURCHAUFFE PAR INJECTION D'EAU



**Durée d'évaporation
et mélange < 1s**



CARACTÉRISTIQUES DE L'EAU D'ALIMENTATION DE CHAUDIÈRE

Valeurs usuelles pour le remplissage et le fonctionnement des chaudières



Contrôle des valeurs par mesure continue ou périodique sur des échantillons :

- Eau alimentaire : O₂, pH, conductivité
- Eau chaudière: pH, conductivité
- Vapeur SH : Na, SiO₂, conductivité

Conductivité directe : salinité de l'eau (sel + ammoniac + CO₂)

Conductivité cationique : amplification de la conductivité liée à la présence des sels + CO₂

Conductivité cationique dégazée : présence des sels seulement, élimination du CO₂

Grandeur		Valeurs limites
pH	SÖR	8,5 à 9,5
O ₂ dissous	mg/kg	< 0,01
Conductivité directe	µS/cm	< 12
Conductivité cationique dégazée	µS/cm	< 0,2
pH	SÖR	8,5 à 9,5
Teneur en fer	Fe mg/kg	< 0,02
Teneur en silice	SiO ₂ mg/kg	< 0,02
Teneur en sodium	Na+K mg/kg	< 0,01
Teneur en chlorures	Cl ⁻ mg/kg	< 0,02
Teneur en cuivre	Cu mg/kg	< 0,003
Teneur en huile	mg/kg	< 0,05

CONDITIONNEMENT DE L'EAU D'ALIMENTATION DE CHAUDIÈRE

Réduction de la teneur en oxygène dissous:

- **Dégazage thermique ($O_2 < 20$ ppb) + injection de carbohydrazide à l'aspiration des pompes alimentaires, ou**
- **Dégazage thermique poussé ($O_2 < 10$ ppb)**

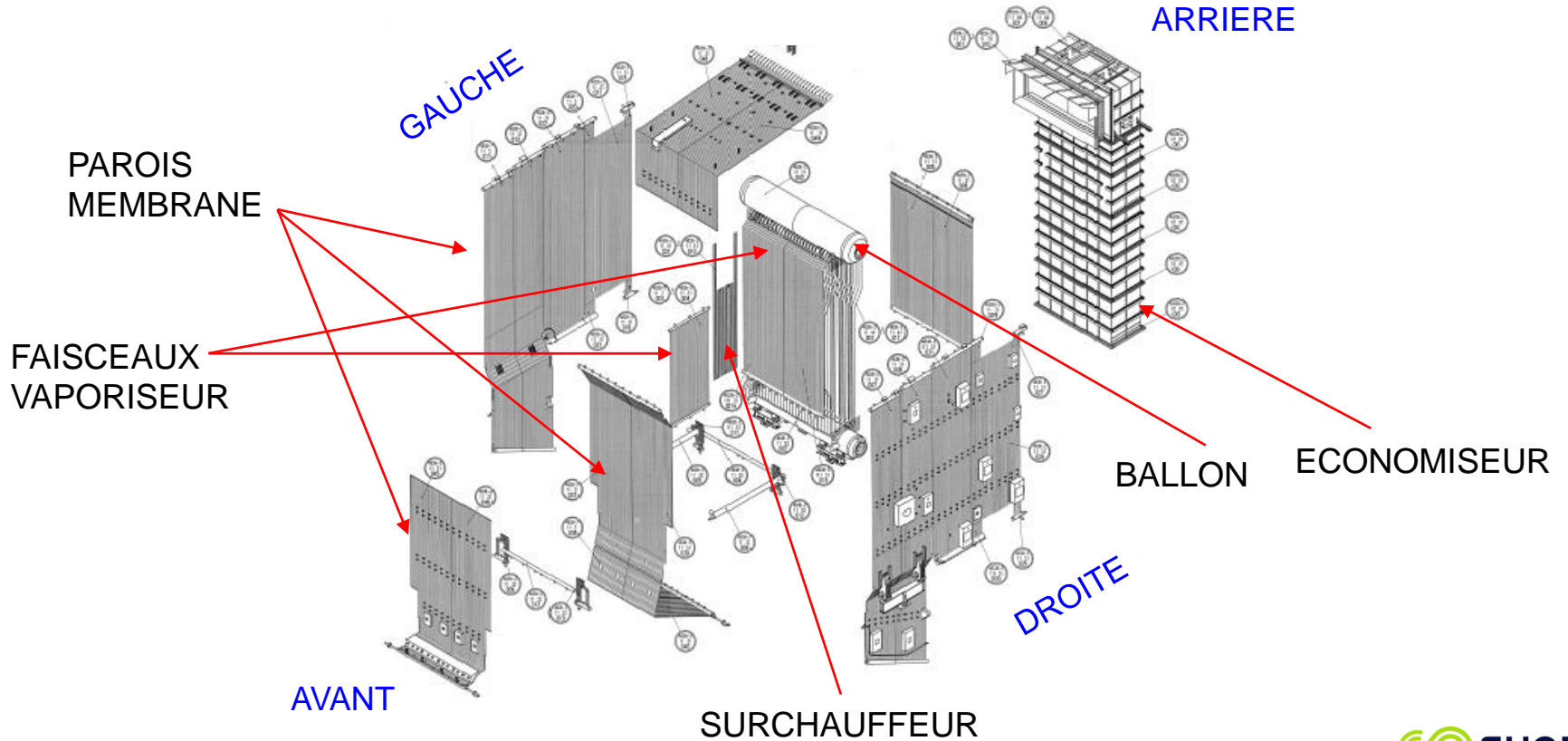
Maintenir le pH dans l'eau du ballon chaudière et dans la vapeur:

- **Injection de Phosphate trisodique ($Na_3PO_4, 12H_2O$) à l'entrée du ballon chaudière**
- **Injection d'ammoniaque (10%) à l'aspiration des pompes alimentaires ou excès de carbohydrazide $\rightarrow NH_3$**

Limiter les phénomènes de corrosion :

- **Dégagement O_2 avec la T° : corrosion par piqure des tubes**
- **pH insuffisant dû à l'acide carbonique corrosif**

CHAUDIÈRE VERTICALE : VUE ISOMÉTRIQUE

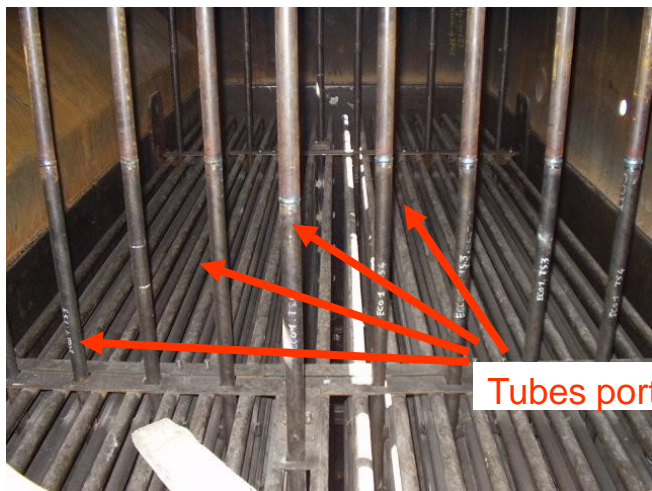


DISPOSITION DES SURFACES D'ÉCHANGE

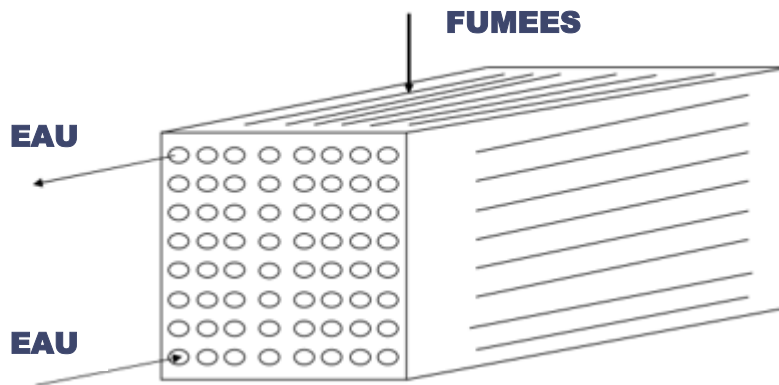
- **Économiseurs:**
 - paquets de tubes lisses - parois en casing
- **Surfaces de vaporisation:**
 - Parois du foyer (1^{er} passage)
 - Parois du 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} passages
 - Panneaux suspendus dans les 2^{ème} et 3^{ème} passages
 - Panneaux suspendus dans le passage horizontal
 - Tubes du faisceau vaporisateur
- **Surchauffeurs:**
 - Panneaux suspendus dans les 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} passages
 - Désurchauffe par injection d'eau

ECONOMISEUR : RÉCHAUFFAGE DE L'EAU ALIMENTAIRE

Apporter un gain de rendement en refroidissant les fumées et réchauffant l'eau alimentaire



Tubes porteurs



FAISCEAUX (ACIER CARBONE) EN CASING

ENCRASSEMENT : TUBES LISSES PRÉFÉRÉS AUX TUBES AILETTÉS

T° FUMÉES EN SORTIE > 140°C (POINT DE ROSÉE)

VITESSE DE L'EAU : 0,2 À 1,5 m/s

HCl
SOx

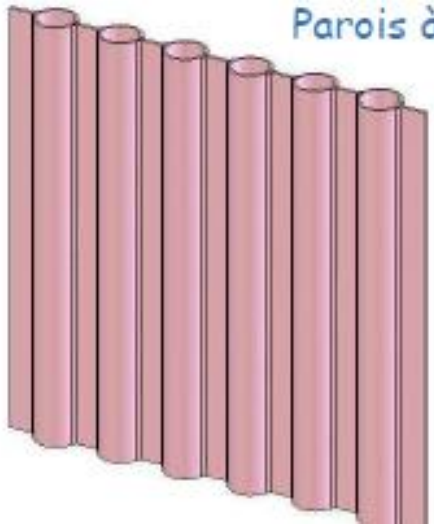
PAROIS DE LA CHAUDIÈRE : EVAPORATION

Les parois de la chaudière sont constituées de tubes reliés par des ailettes soudées longitudinalement :

- ➔ Etanchéité aux gaz de combustion
- ➔ Recouverts de briques réfractaires ou d'inconel
- ➔ Transfert de chaleur optimum ($T^{\circ} = 280/300 \text{ }^{\circ}\text{C}$)
- ➔ Distribution favorable des contraintes mécaniques.
+20°C → réduction de la résistance mécanique
rupture par fluage



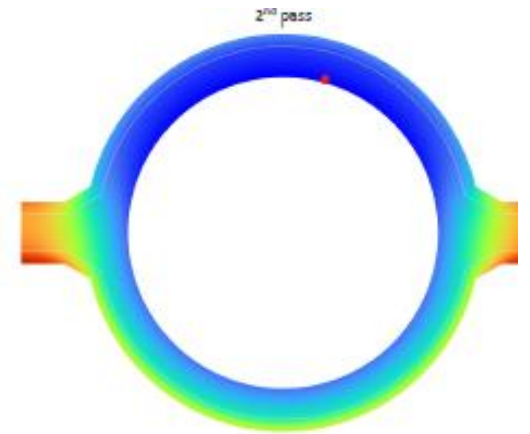
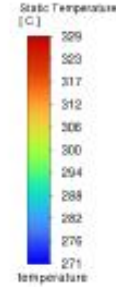
PAROIS DE LA CHAUDIÈRE : EVAPORATION



Parois à ailettes

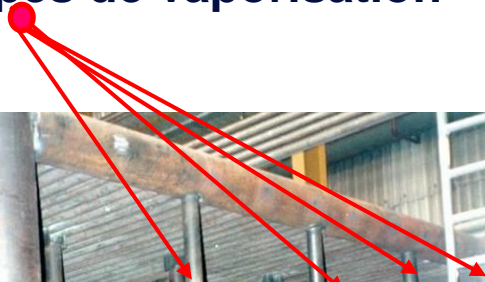


Soudure tube/ailette

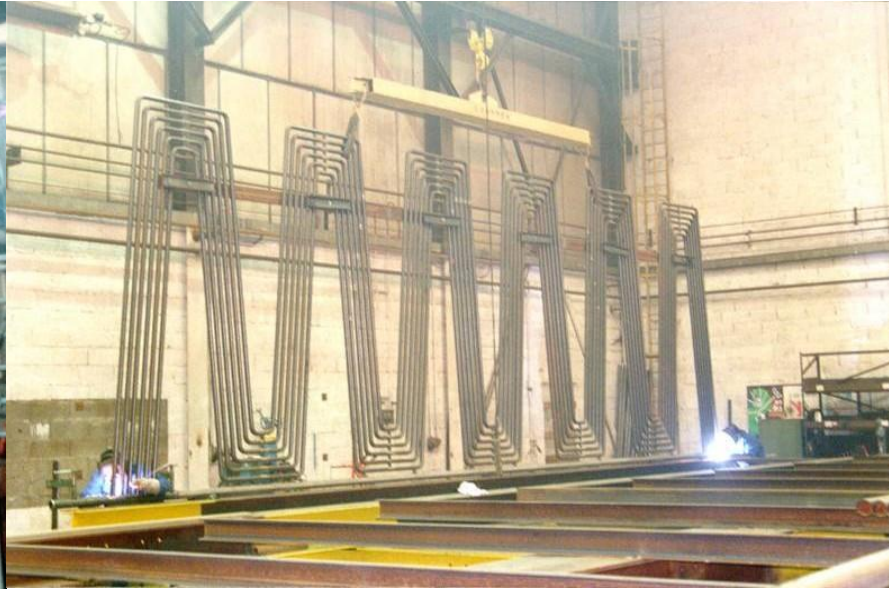


FAISCEAUX ÉVAPORATOIRES

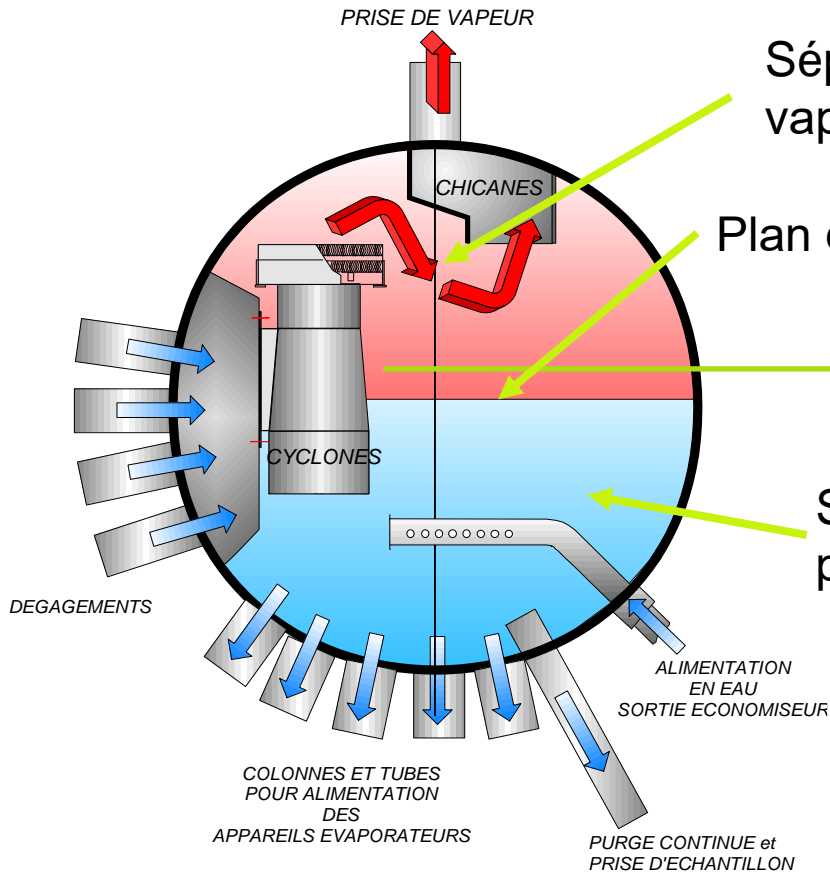
4 harpes de vaporisation



Faisceau vaporiseur
chaudière verticale



BALLON CHAUDIÈRE



Séparation eau et vapeur de l'émulsion

Plan d'eau

Stockage partiel de l'eau



Epaisseur Virole : 60 mm

Diamètre min : 1.5 m

CIRCULATION DANS LES FAISCEAUX ÉVAPORATEURS

Trois modes possibles

- **Circulation naturelle: différence de densité (principe du thermosiphon ⇔ différence de densité).**
- **Circulation assistée: (thermosiphon + pompe)**
- **Circulation forcée: 1 seul passage**

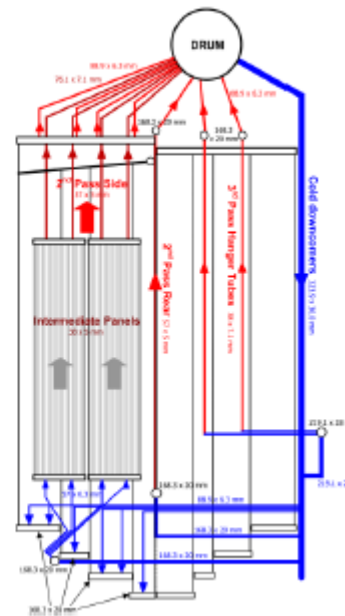
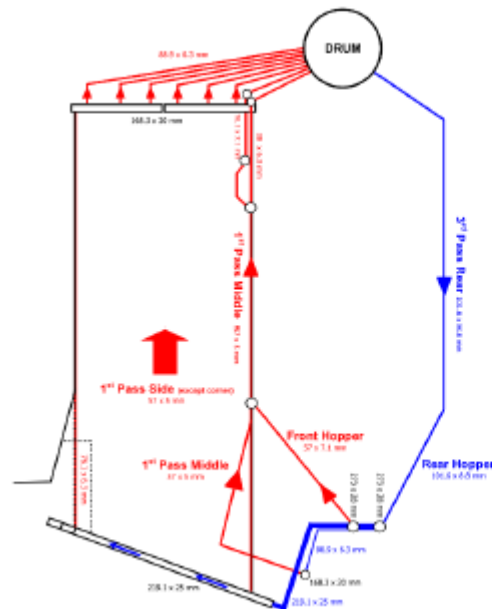
Circulation naturelle

- ➡ Plus grande inertie
- ➡ Durées de démarrage et arrêt plus longues
- ➡ Plus grande fiabilité

CIRCULATION DE ÉMULSION D'EAU ET DE VAPEUR

La circulation de l'émulsion permet :

- De refroidir les tubes
- De distribuer uniformément les produits de traitement
- De décrocher les bulles des tubes
- D'éviter l'accumulation de vapeur
- D'éviter les dilatations différentielles



Répartition des débits
Vitesse de circulation
Injection de réactifs




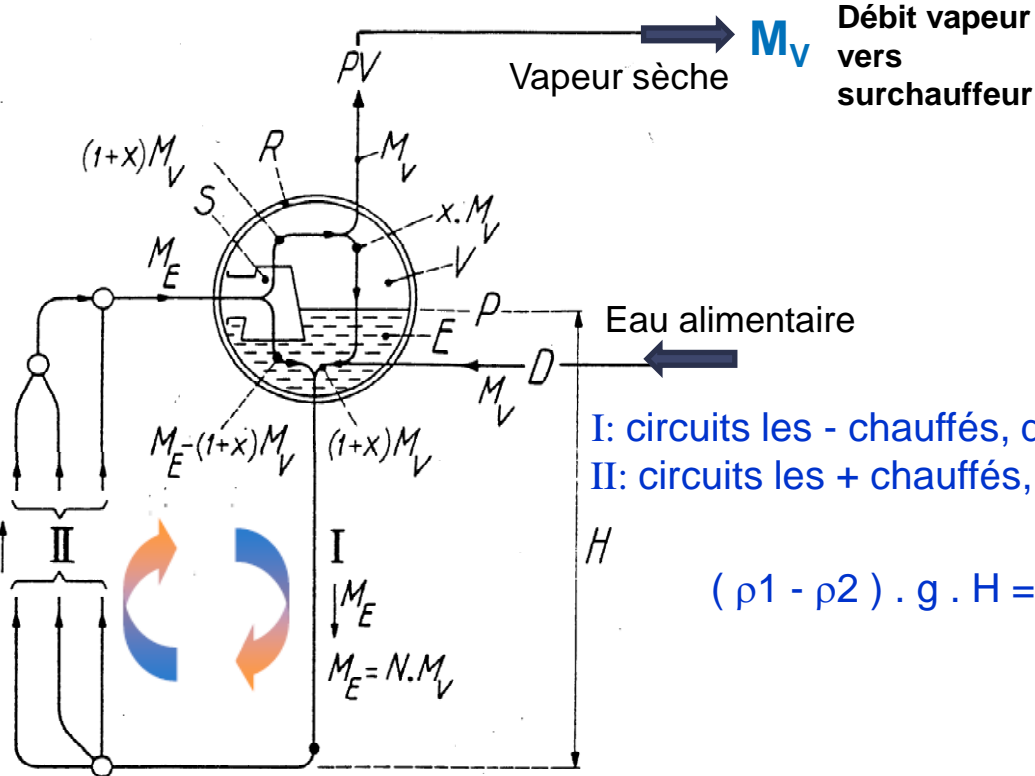
Simulations numériques

CIRCULATION NATURELLE : TAUX DE CIRCULATION

$$N : M_E / M_V$$

$$N \approx 15 \text{ à } 20$$

 M_E
 Débit
 d'émulsion en
 circulation



PROPRIÉTÉS DE LA CIRCULATION NATURELLE

- **Auto-régulation**
 - la pression motrice $(\rho_1 - \rho_2).g.H$ est la plus élevée dans le tube le plus chaud: augmentation de la vitesse et de l'échange thermique => stabilité
- **Influence de la pression**
 - la pression motrice $(\rho_1 - \rho_2).g.H$ diminue lorsque la pression croit (Limite: environ 190 bars)
 - -si $P >$ alors densité uniquement fct de T° phases L et V impossible à distinguer
- **Souplesse de fonctionnement**
 - Circulation active à basse charge : amorçage facile au démarrage, dès qu'il y a formation de vapeur (au-delà de 100°C) elle approche déjà son régime nominal.
 - Taux moyen de vapeur dans l'émulsion quasi constant ; refroidissement des tubes
- **Influence de la séparation eau-vapeur**
 - Circulation d'autant plus active qu'il y a séparation eau-vapeur au ballon (différence de densité eau et émulsion maximale)

FAISCEAUX SURCHAUFFEUR (1/2)



Chaudière verticale



Partie la plus fragile de la chaudière

T° fumée max à l'entrée = 650 °C

➔ Eviter accrochage et corrosion HT°

distance entre les nappes

Choix du métal

Alimentation de vapeur équilibrée

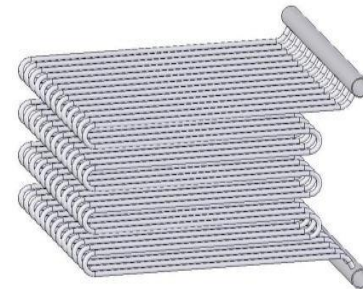
Diamètre tubes et collecteurs

FAISCEAUX SURCHAUFFEUR (2/2)

Facteurs affectant la surchauffe

- La charge thermique +
- L'excès d'air +
- L'encrassement + ou -
- L'utilisation des brûleurs +
- Prélèvement de vapeur saturée +
amont

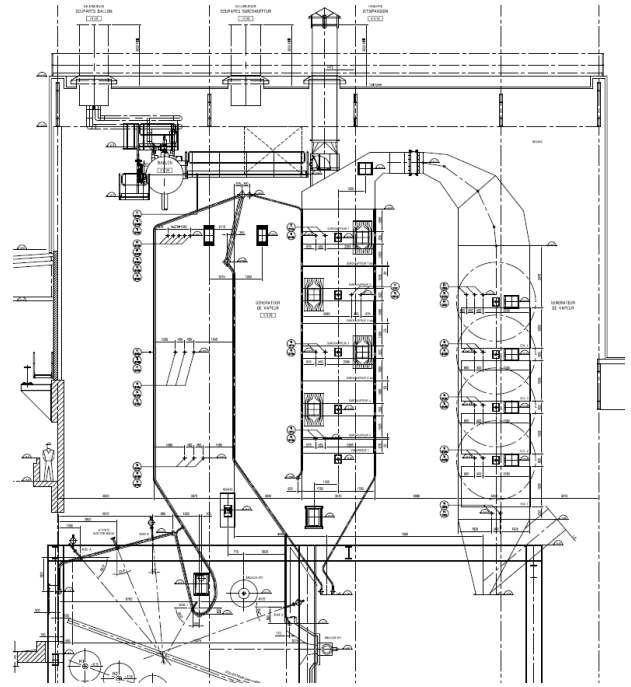
Nappes faisceau surchauffeur chaudière verticale



Montage d'une chaudière 1/4

Superheated steam

- Flowrate: 30t/h
- Pressure: 46 bar abs
- Temperature: 380°C



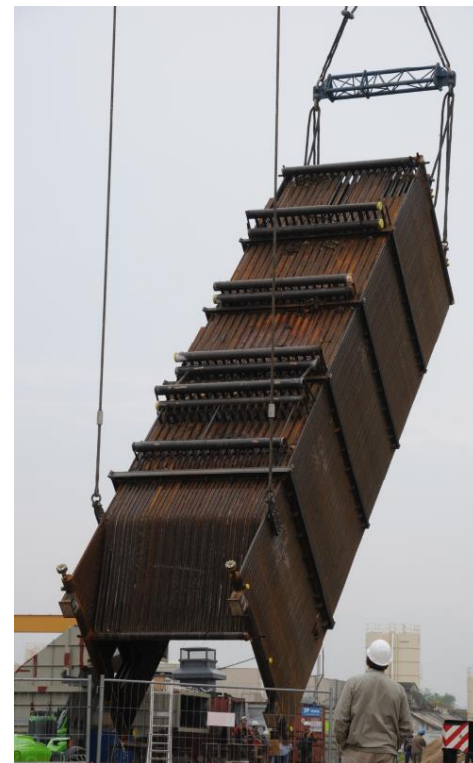
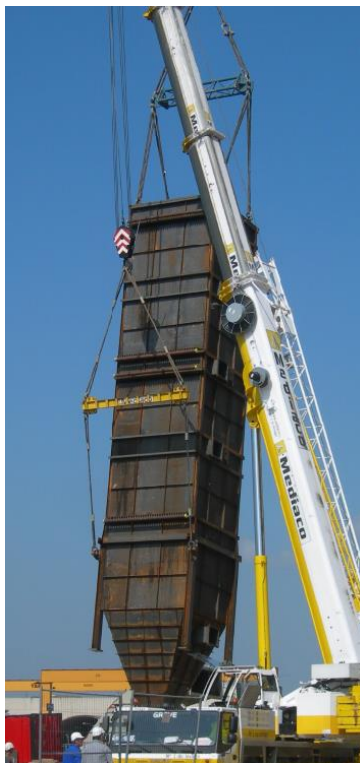
Montage d'une chaudière 1/



Montage d'une chaudière 2/4



Montage d'une chaudière 3/4

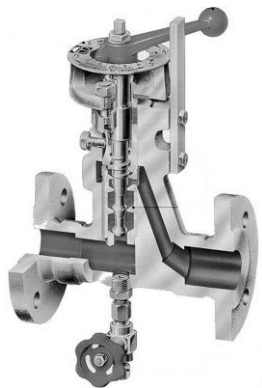


Montage d'une chaudière 4/4



Purge des chaudières

Purge continue



**Flash tank
en pression ou
atmosphérique**

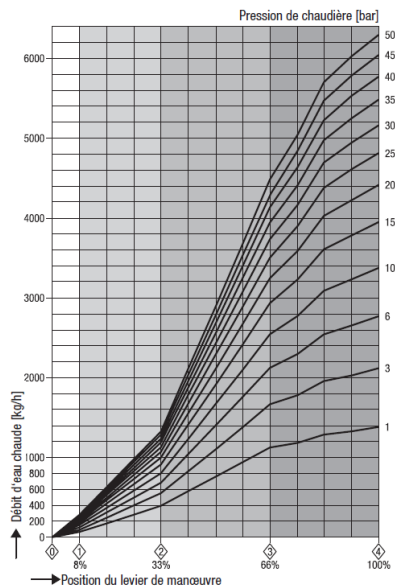
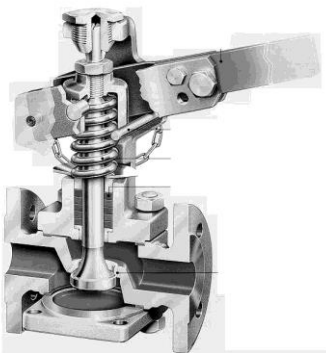


Fig. 5 Pour DN 40 et 50
Aperçu des plages de capacité

Vanne vide-vite



**Flash tank
atmosphérique**



BOUCLES DE RÉGULATION & SÉCURITÉS EAU-VAPEUR

Niveau ballon chaudière de type 3 éléments

Niveau ballon / Débit d'eau alimentaire / Débit vapeur total

Sécurité → LSL /LSH

Température vapeur surchauffée

- Mesures T° vapeur sortie chaudière et intermédiaire
- Ajustement du ou des débits de désurchauffe

Sécurité → TSHH

Pression (surveillance)

- Mesure comparée en continu à la valeur théorique
- Sécurité → PSHH 1 : régulation par l'évent surchauffeur
→ PSHH 2 : déclenchement des soupapes

SOUPAPES DE SÉCURITÉ

Exigence de la réglementation DESP

Protection contre toute surpression au-delà de la PMA

Les chaudières sont généralement équipées de deux soupapes : ouverture étagée

1 soupape sur le ballon chaudière (capacité 75% Qmax)

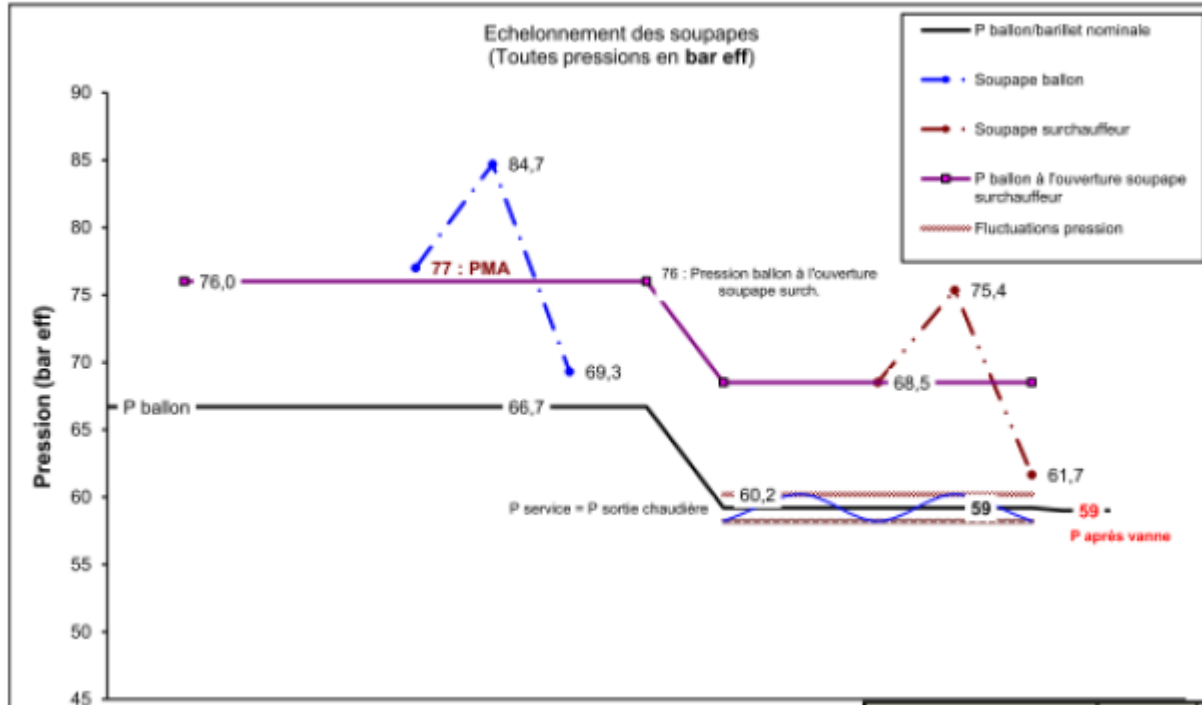
1 soupape en sortie chaudière (25% Qmax)

Les événements des soupapes sont connectés à un silencieux avant rejet à l'extérieur (pression acoustique 120 dB)



SOUPAPES DE SÉCURITÉ

Exemple d'étagement de soupapes chaudière

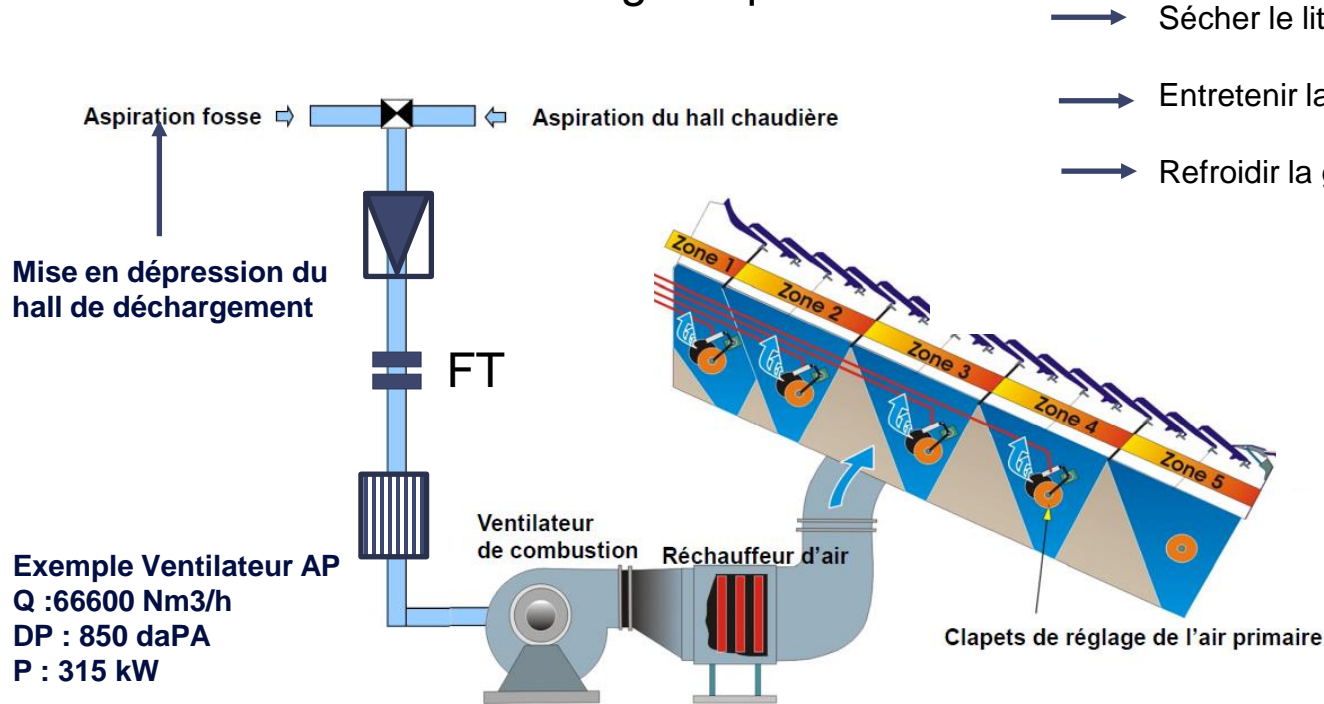


Four-Chaudière

CIRCUITS AIR DE COMBUSTION

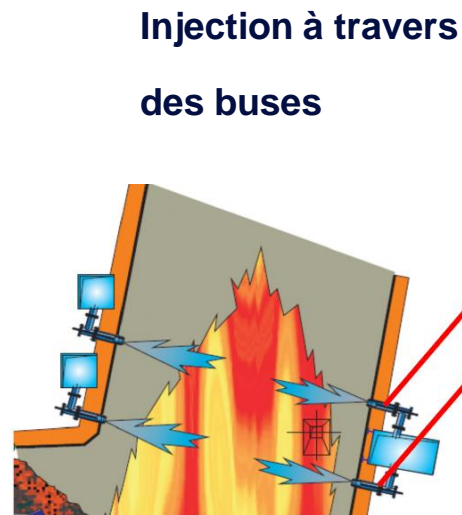
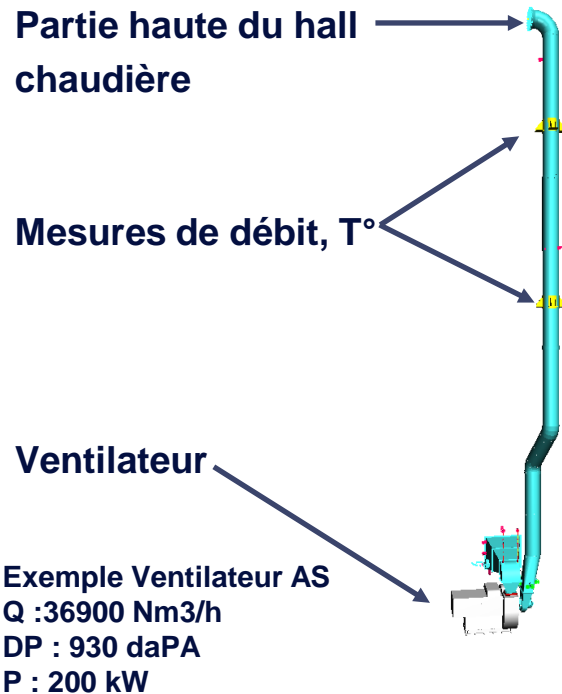
AIR DE COMBUSTION : AIR PRIMAIRE

60% de l'air total / Préchauffage requis



AIR DE COMBUSTION : AIR SECONDAIRE

- ❑ 40% de l'air total
- ❑ Préchauffage pour améliorer le rendement



PRÉCHAUFFAGE DE L'AIR DE COMBUSTION



Echange de chaleur sur 2 ou 3 niveaux:

Condensation vapeur MP/HP

Condensation vapeur BP

Sous refroidissement des condensats

Eau de refroidissement grille

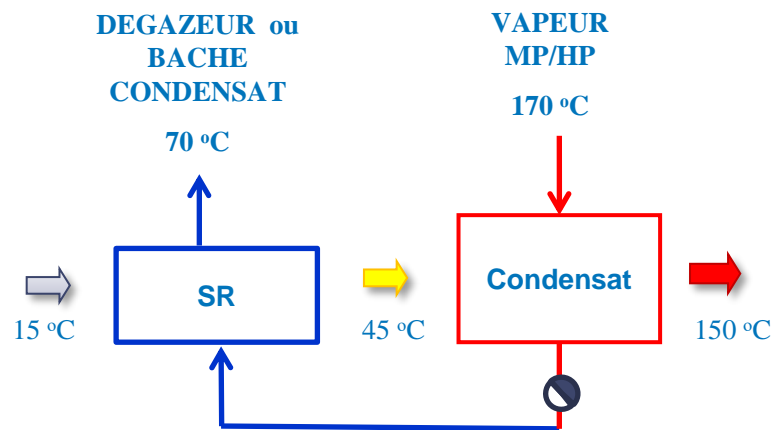
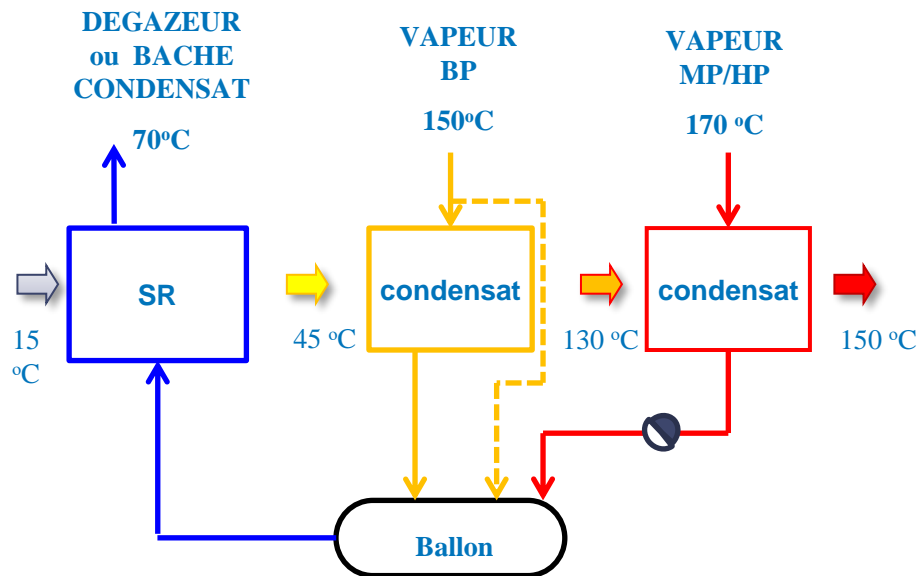
Technologie : tubes lisses ou à ailettes

Surface d'échange importante:

2000 m² pour 66600 Nm³/h de 15 à 150°C

SP T° sortie = f(PCI)

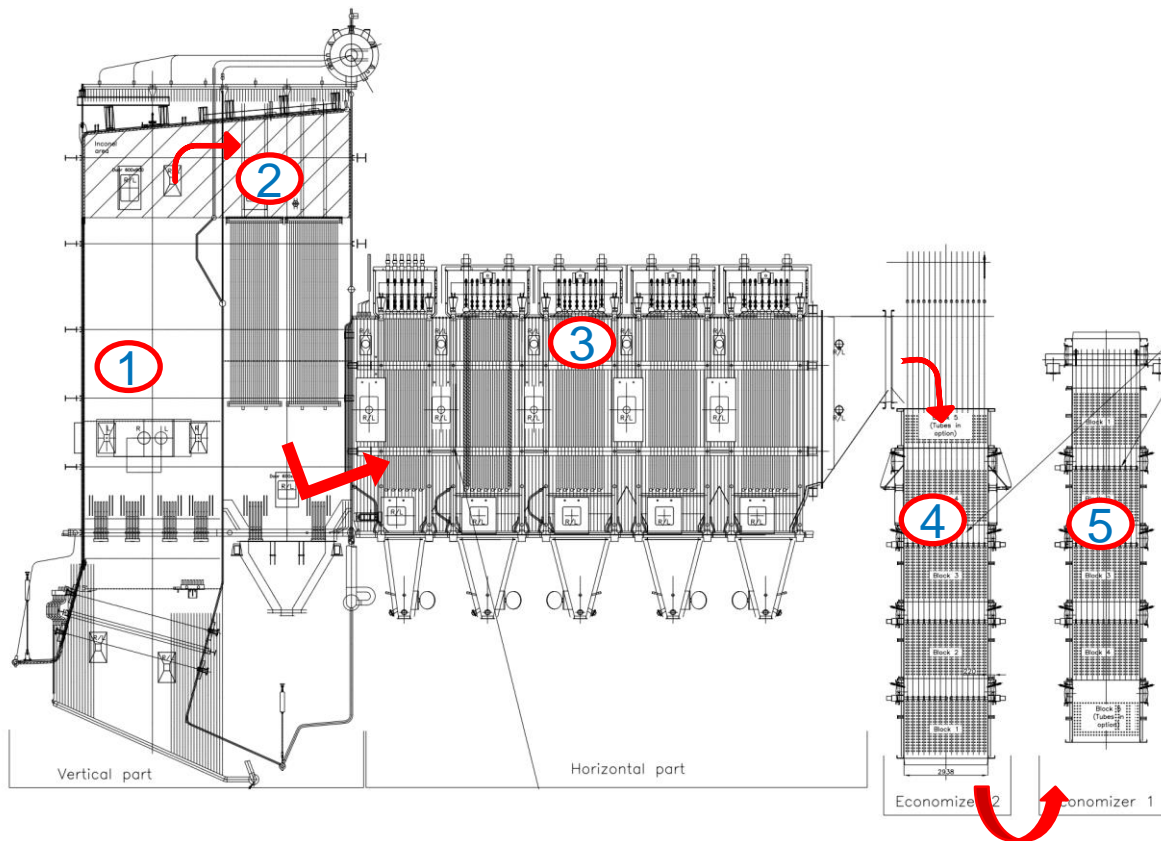
PRA: EXEMPLES D'ARRANGEMENT SUR 2 ET 3 ÉTAGES



Four-Chaudière

CIRCUITS FUMÉES

PARCOURS FUMÉES : CHAUDIÈRE HORIZONTALE



① V: 3,5 m/s
T°: 1230 → 880 °C

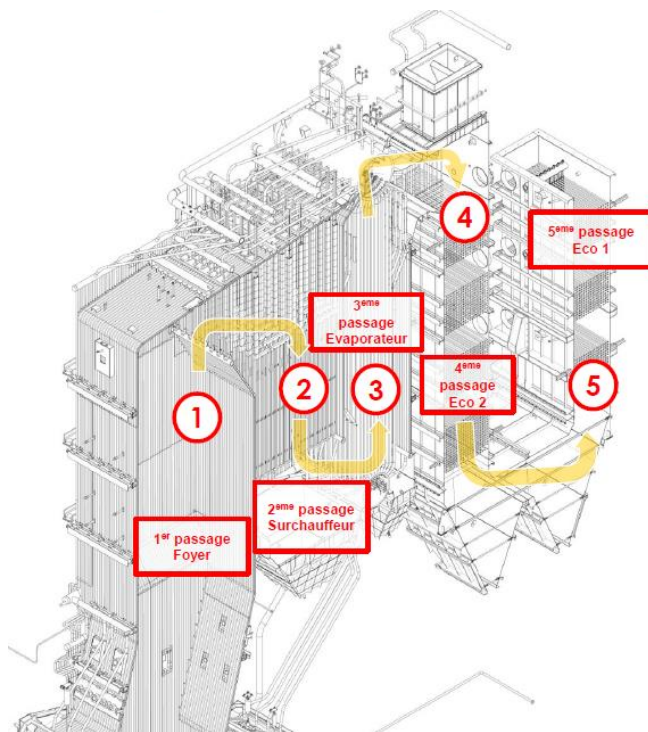
② V: 3,5 m/s
T°: 880 → 630 °C

③ V: 3,3 → 2,8 m/s
T°: 630 → 430 °C

④ V: 5,5 m/s
T°: 430 → 240 °C

⑤ V: 5,5 m/s
T°: 240 → 180 °C

PARCOURS FUMÉES : CHAUDIÈRE VERTICALE



① V: 3,5 m/s
T°: 1230 → 880 °C

② V: 3,5 m/s
T°: 880 → 600 °C

③ V: 3,3 → 2,8 m/s
T°: 600 → 430 °C

④ V: 5,5 m/s
T°: 430 → 260 °C

⑤ V: 5,5 m/s
T°: 260 → 200 °C

BOUCLES DE RÉGULATION & SÉCURITÉS AIR-FUMÉE

Pression chambre de combustion

- Mesure pression chambre de combustion: Sécurité \longrightarrow PSSL /PSHH (trappe expansion)
- Ajustement du débit de fumée (ventilateur de tirage)

Température chambre de combustion

- Mesures T° en voute : Sécurité \longrightarrow TSHH
- Contrôle T2s \longrightarrow démarrage brûleur de soutien

Température & pression air primaire

- Mesures T° air sortie PRA et pression caisson sous grille
- Ajustement du débit de vapeur HP/MP

Concentration O₂ sortie chaudière

- Mesures au niveau économiseur
- Ajustement débits d'air primaire et secondaire

Four-Chaudière

ENCRASSEMENT

NETTOYAGE DES SURFACES D'ÉCHANGE

CORROSION & EROSION

ENCRASSEMENT DES CHAUDIÈRES

Encrassement → Influence directe sur les échanges de chaleur:

- Augmentation de la surface des échangeurs
- Difficulté à obtenir la température de surchauffe aux charges partielles
- obtention de la surchauffe en marche « chaudière propre »
- Accroissement amont → accroissement surchauffe
- Influence quantité et composition cendres

Moyens de limitation de l'encrassement:

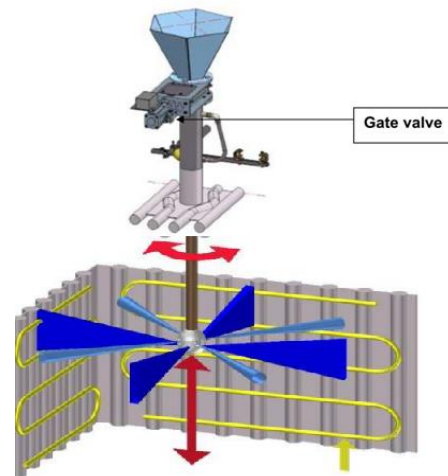
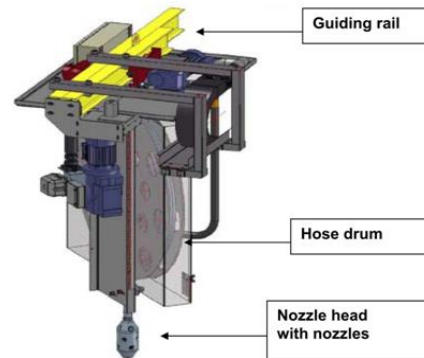
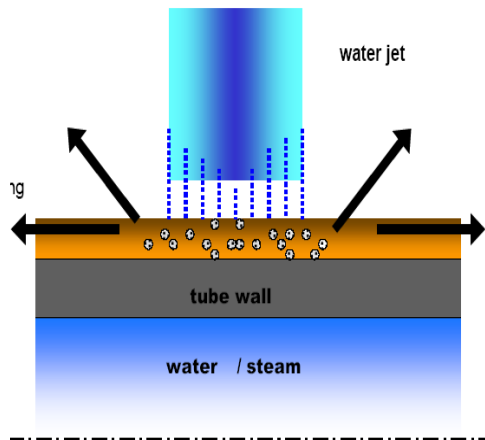
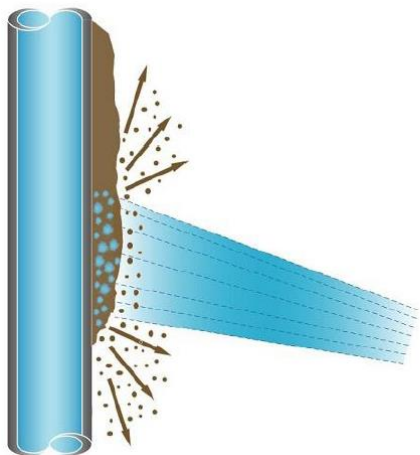
- Optimisation de la combustion
- Dispositifs de nettoyage des surfaces

NETTOYAGE PAR JET D'EAU

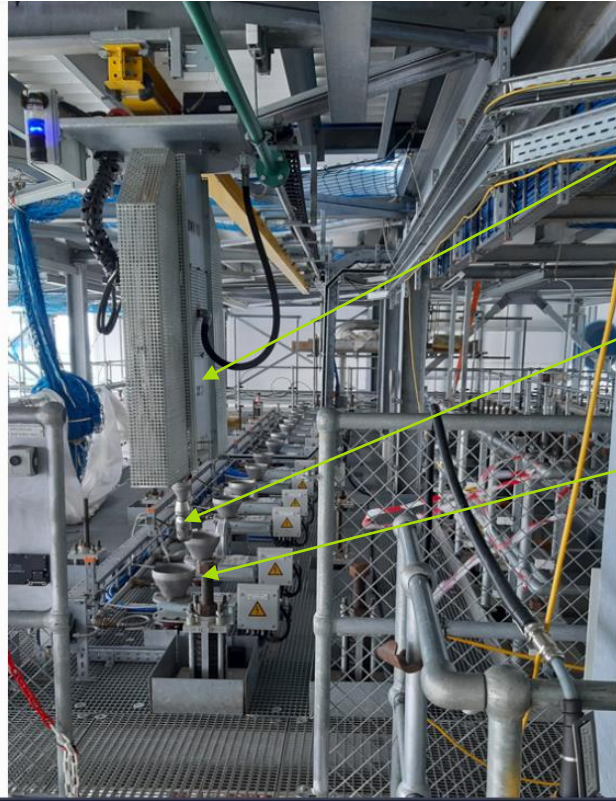
Parcours vides (2eme et 3eme passages) : Projection d'eau pressurisée

L'eau projetée pénètre la couche de dépôt

Vaporisation de l'eau → décollement des dépôts



Nettoyage par jet d'eau



Enroulement flexible

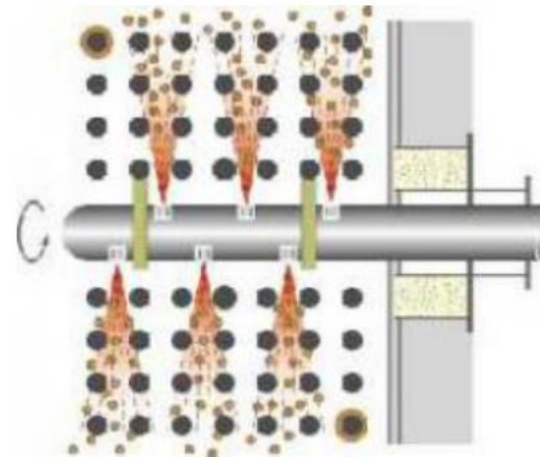
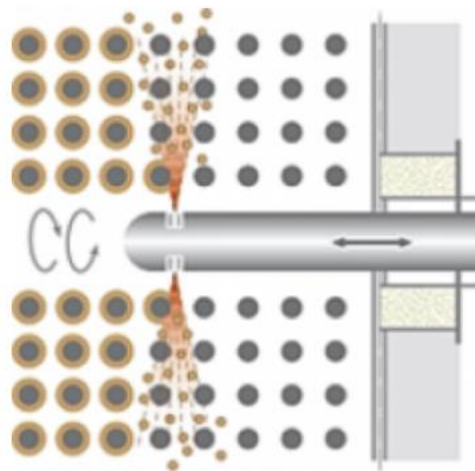
buse

Point d'introduction

NETTOYAGE DES SURFACES D'ÉCHANGE : RAMONAGE VAPEUR 1/2

évaporateur, surchauffeur (Chaudière verticale), économiseurs : ramoneurs à vapeur

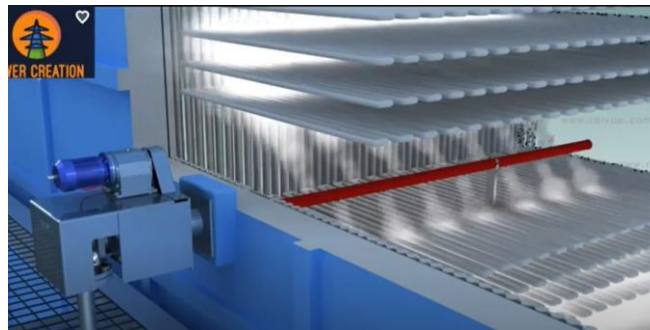
➔ **Propulsion d'un jet de vapeur sur les surfaces d'échange**
différents types: rétractiles (semi), rotatifs, à herse



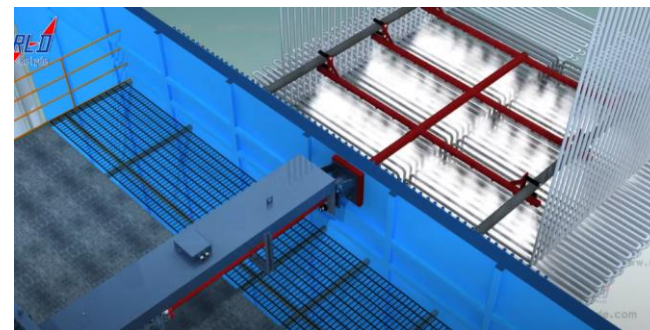
NETTOYAGE DES SURFACES D'ÉCHANGE : RAMONAGE VAPEUR 2/2



rétractile



rotatif



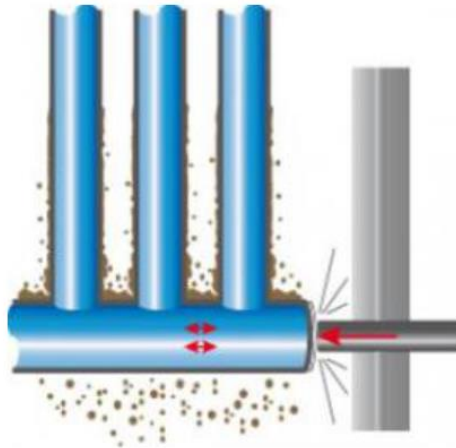
à herse

NETTOYAGE DES SURFACES D'ÉCHANGE

évaporateur, surchauffeur (Chaudière horizontale), :

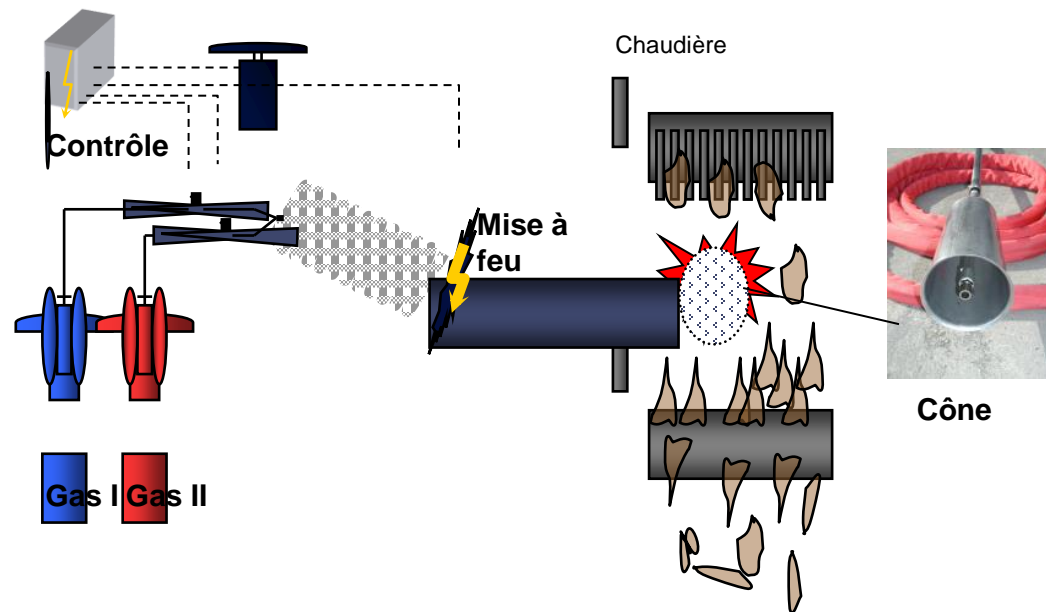
➔ système de frappe

différents types: rétractiles (semi), rotatifs, à herse



SYSTEME MICRO EXPLOSION

Fct manuel



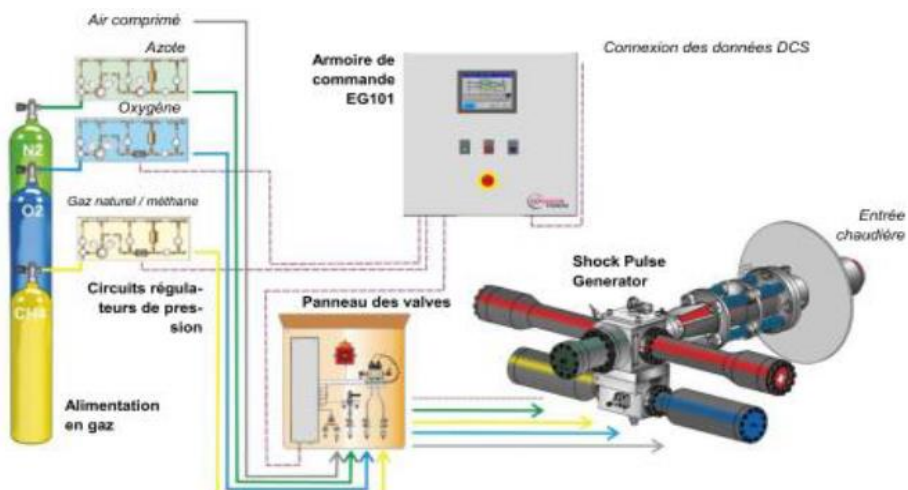
Une lance refroidie est introduite au plus près de la zone à nettoyer.

En bout de lance, un ballon se remplit d'un mélange explosif.

L'explosion est commandée à distance.

GÉNÉRATEUR D'ONDES DE CHOC (SYSTÈME À EXPLOSION)

Principe : Déclenchement d'une onde de choc par combustion du méthane dans l'oxygène pur



Fct automatique



1. Génération du son solide

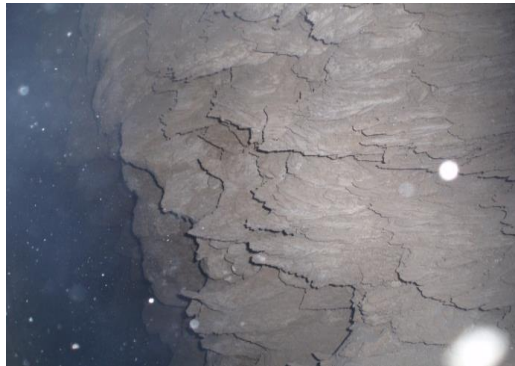
- Génération du son solide dans l'encrassement
- Génération des tensions de compressions et de traction
- Des crevasses se forment dans l'encrassement
- une première partie de l'encrassement se sépare des tubes



2. Effet de tirage de l'onde de pression

- Zone de surpression est suivi par une zone de tirage (zone de décompression)
- Turbulences / déblocages des faisceaux

EFFET DU NETTOYAGE PAR MICRO EXPLOSION



CORROSION

Corrosion Haute température :

Par l'acide chlorhydrique :

émission de HCl de 200-400 mg/Nm³ jusqu'à plus de 1500 mg/Nm³

début pour $T_{\text{métal}} \sim 300^{\circ}\text{C}$ pour $T_{\text{fumées}} \sim 600^{\circ}\text{C}$ très importante pour $T_{\text{métal}} > 450^{\circ}\text{C}$

Corrosion oxydo-réductrice:

mauvaise alimentation en air en partie basse du foyer → Destruction de la couche protectrice de magnétite des tubes (réduction), suivie ensuite d'une nouvelle oxydation de ceux-ci.

Corrosion Basse température :

Corrosion sulfurique

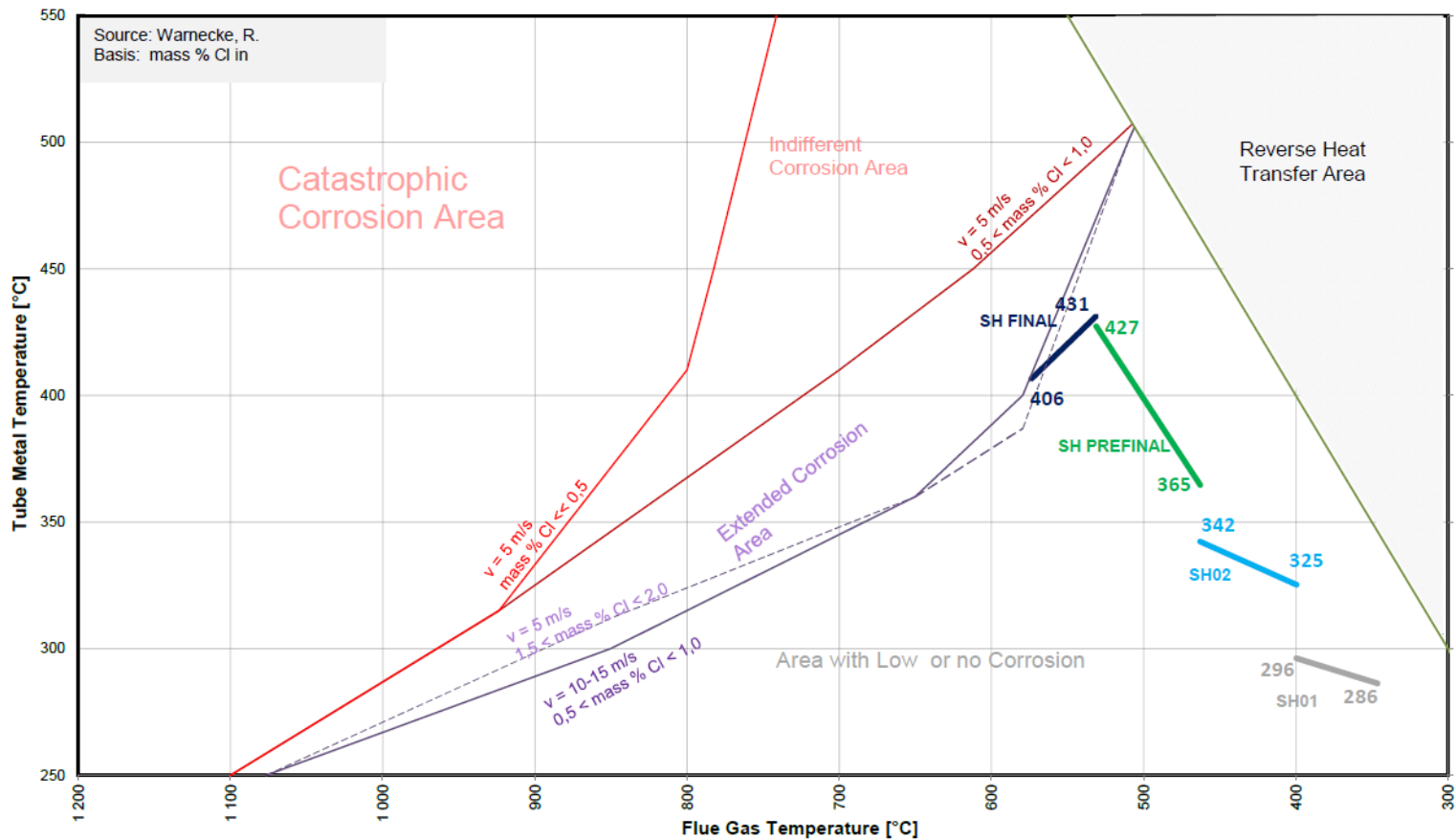
Débute quand T° des fumées < Point de rosée des fumées

Point de rosée ↑ avec teneur en SO₃ des fumées → Teneur en S du combustible
Excès d'air de combustion

Formation d'acide carbonique : $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$

CO₂ + condensation de vapeur d'eau simultanée

DIAGRAMME DE CORROSION (exemple)



EROSION

provoquée par les cendres issues de la combustion:

Teneur en cendres dans les fumées (charge circulante): Vitesse d'érosion proportionnelle à la teneur en envols des fumées

Nature des cendres (teneur en silice par exemple)

Vitesse des fumées : Érosion proportionnelle à $(V_{\text{fumées}})^k$ avec k compris entre 3 et 5

Passages préférentiels des fumées → accélération localisée du flux gazeux

Changements de direction → Augmentation de la concentration locale en poussières des fumées.

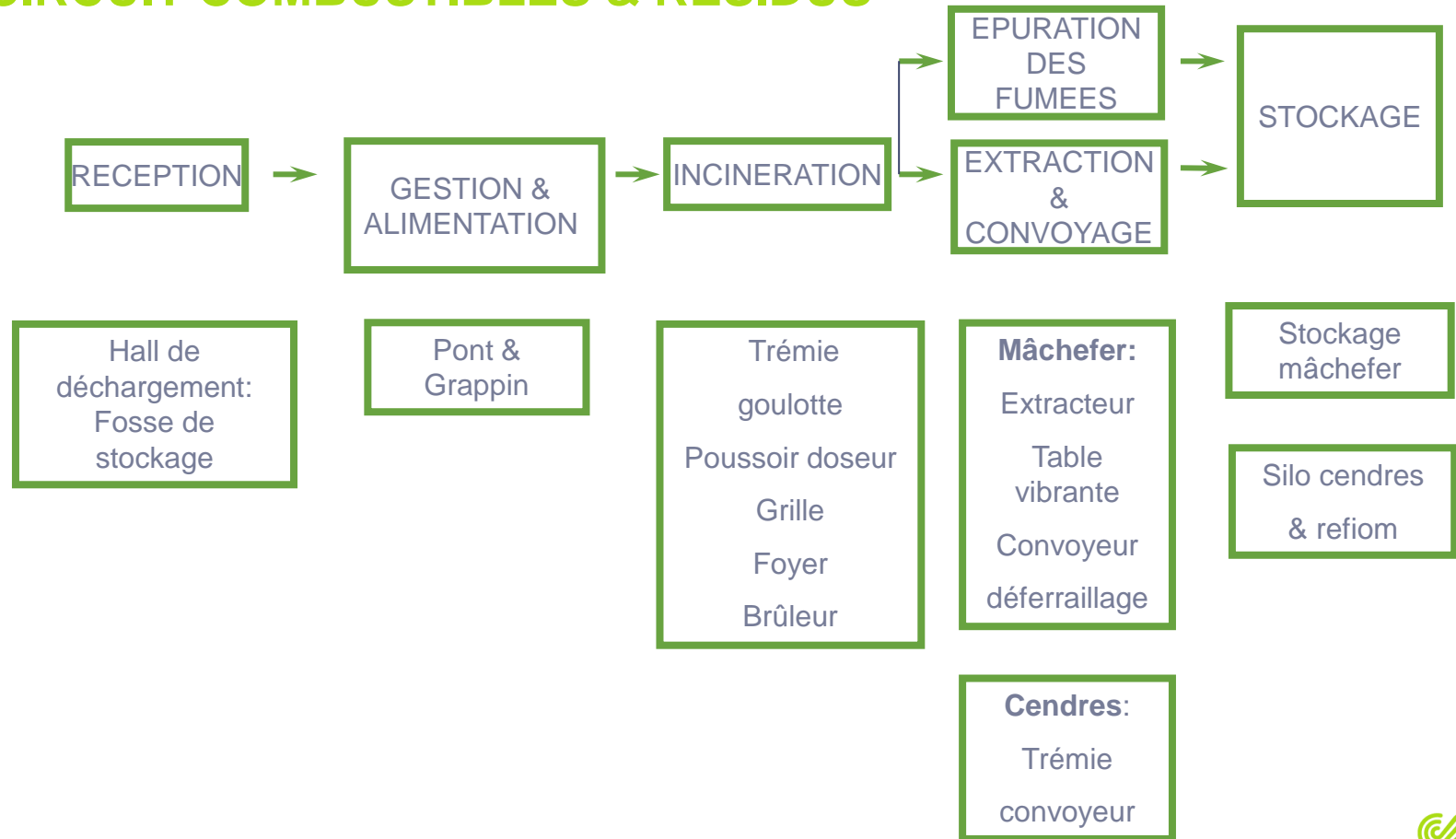
Merci de votre attention

Jean-louis.peirano@suez.com

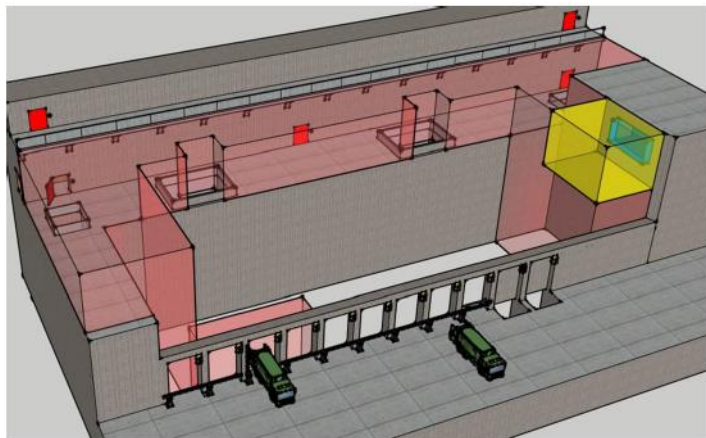
Four-Chaudière

CIRCUITS COMBUSTIBLES

CIRCUIT COMBUSTIBLES & RÉSIDUS



RÉCEPTION STOCKAGE

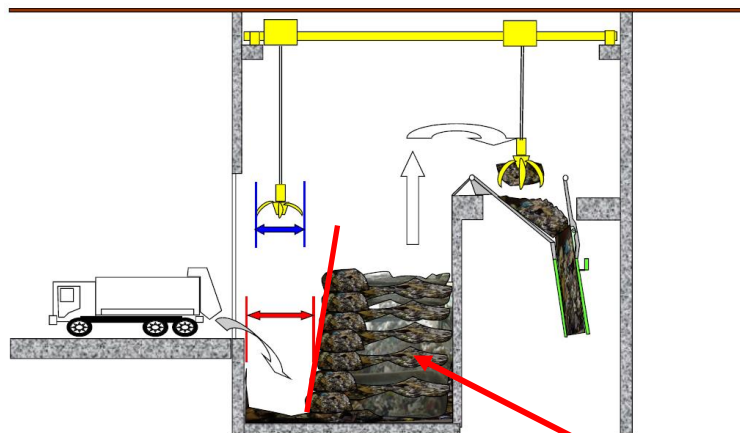


Hall de déchargement en depression (odeur)

- ➔ Contrôle de la circulation des camions
- ➔ Sélection des quais de déchargement

Processus discontinu (collecte)

➔ Processus continu (feu continu)



GERBAGE

Fosse de stockage pour 27 t/h

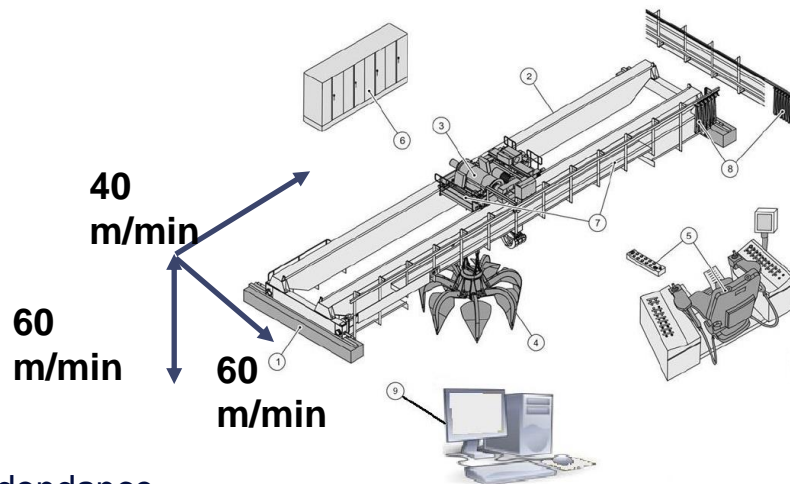
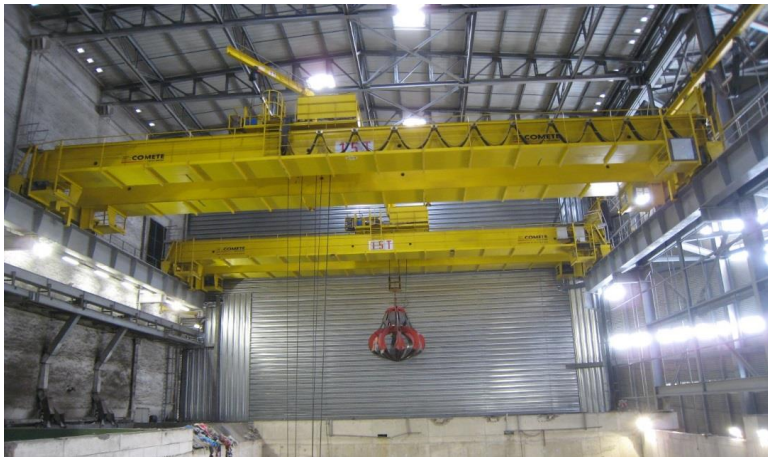
- ➔ bunker 24 x 20 x 6 = 2880 m³
- ➔ Gerbage à 75° sur 16 m de haut
- ➔ Autonomie : 4 j env

PONTS ET GRAPPINS DÉCHETS (1/2)



- ➔ Mélange des déchets
- ➔ Gestion de la fosse (gerbage des déchets)
- ➔ Extraction des déchets non valorisables
- ➔ Alimentation du système de combustion

PONTS ET GRAPPINS DÉCHETS (2/2)



- Redondance
- Fonctionnement à 1 ou deux grappins
- Capacité : 4 à 18 m³ / 1,9 à 8,5 t
- Surdimensionnement > 200%
- Temps de cycle
- Fonctionnement en mode
 - Manuel
 - semi-automatique
 - automatique

EQUIPEMENTS DE COMBUSTION

Deux équipements complémentaires :

Système de combustion: Grille et auxiliaires



Brûleur(s) de soutien



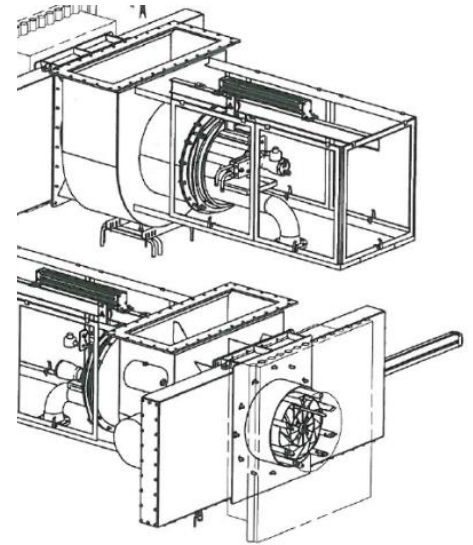
BRULEUR(S) DE SOUTIEN

1 ou 2 brûleurs selon la capacité du four-chaudière :

- 50 à 60 % de la puissance thermique nominale
- combustible : GNR ou Gaz Naturel
- sur les parois latérales de la chambre de combustion
- rétractable : vanne guillotine
- non rétractable : air de barrage

Fonctions (exigence de la réglementation) :

- Démarrage : Atteindre la T° autorisation introduction des déchets
- Maintien de la T° dans la chambre de combustion : T2s (850°C)
- Arrêt : support de la combustion jusqu'à extinction complète des déchets

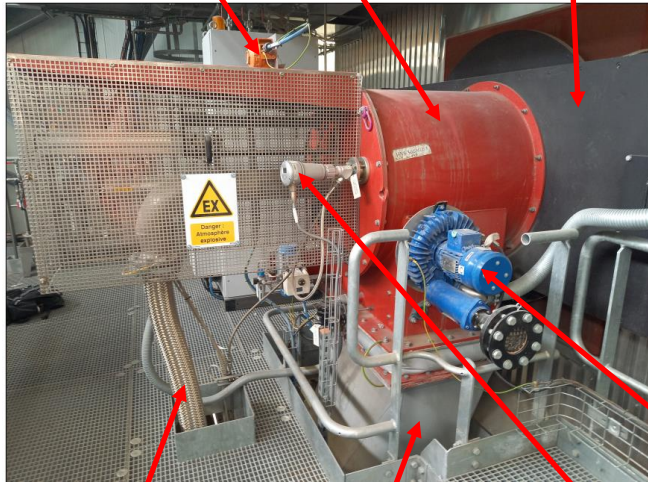


BRÛLEUR GAZ NATUREL 17 MW_{th} RÉTRACTABLE

Détecteur
de gaz

Bruleur
D:1450 mm

Vanne
guillotine



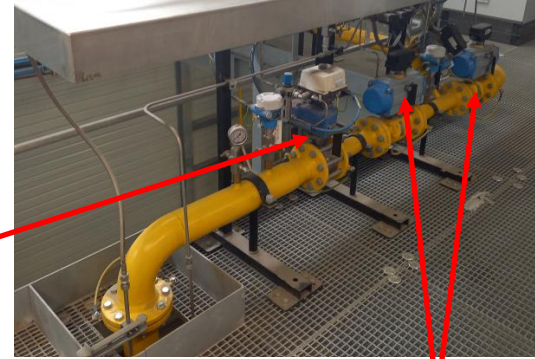
GN

Air
combustion

Air
balayage

Détecteur
de flamme

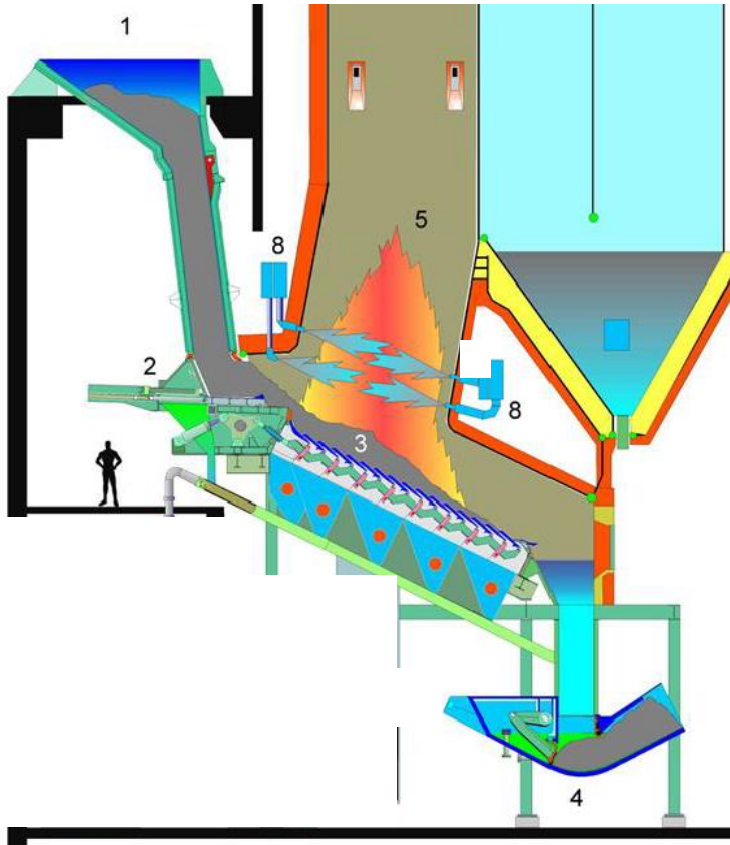
Vanne
contrôle



Vannes TOR

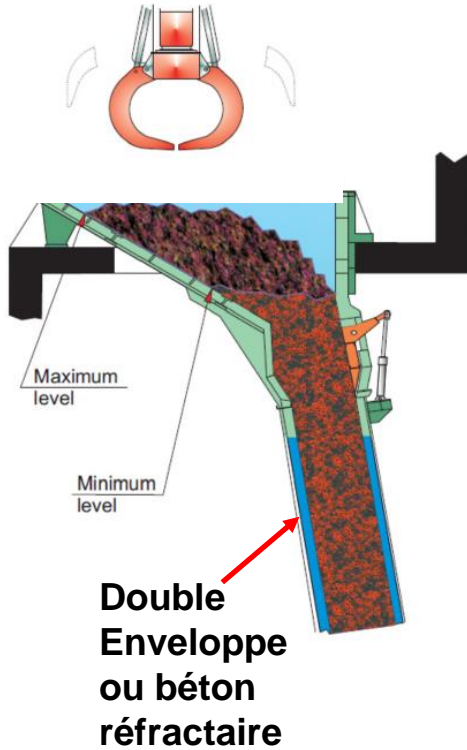
Course lance 400 mm
Ø ouverture 550 mm
L flamme 4100 mm
Ø flamme 1700 mm

SYSTÈME DE COMBUSTION



- 1 Trémie goulotte
- 2 Poussoir doseur
- 3 Grille de combustion
- 4 extracteur mâchefer
- 5 Développement combustion
 - Foyer ou chambre de combustion
 - Refroidir les fumées (T2s)

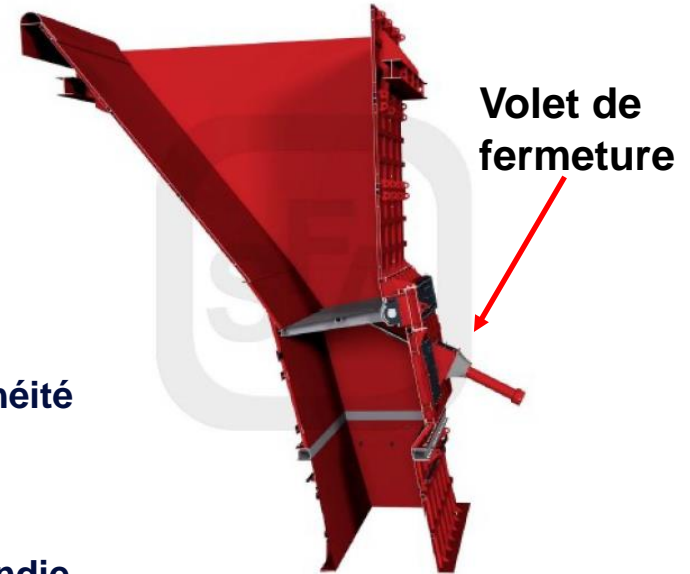
TRÉMIE GOULOTTE D'ALIMENTATION



Colonne de déchets = étanchéité

Surveillance du niveau: LSL

Dispositif de protection incendie



POUSOIRS DOSEURS

Ecoulement régulier des déchets

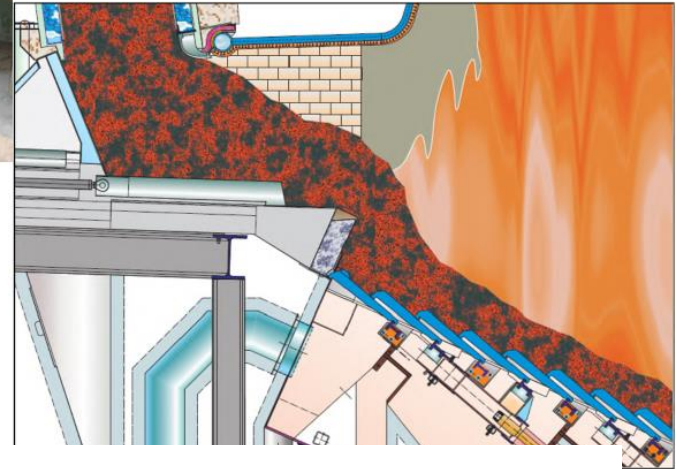
Décompactage de la couche de combustible

Faible Haut de jetée → limiter les envols

Les poussoirs d'alimentation sont actionnés par des vérins hydrauliques

La régulation de l'apport de combustible détermine les consignes :

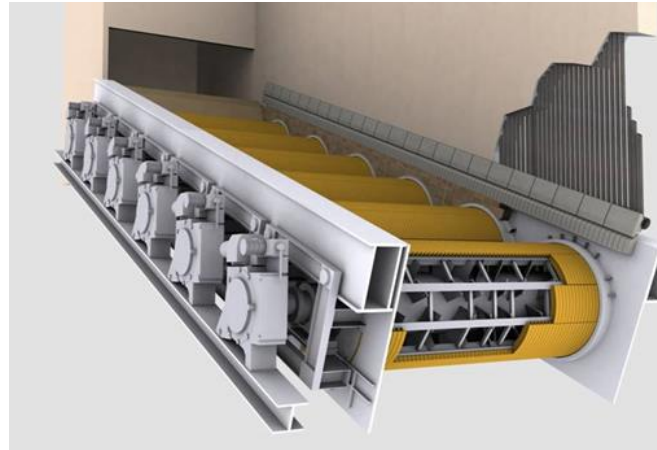
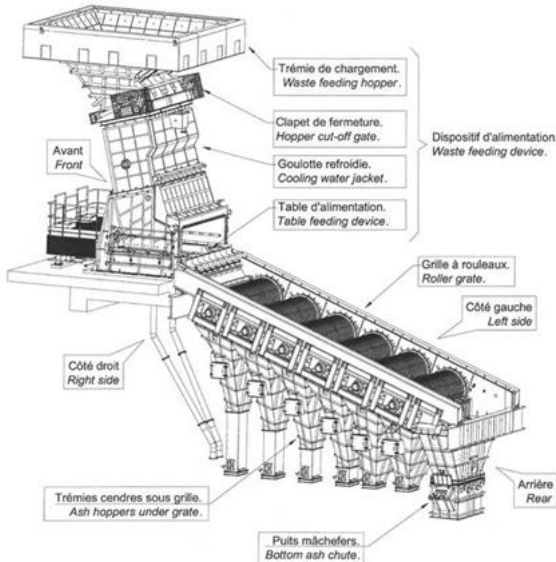
durée, course, vitesse → production de vapeur régulière



GRILLE DE COMBUSTION (1/2)

- Il existe différents types de grille:
- ➔ refroidie par air et/ou par eau
 - ➔ à rouleaux, à gradins
 - ➔ horizontale, inclinée

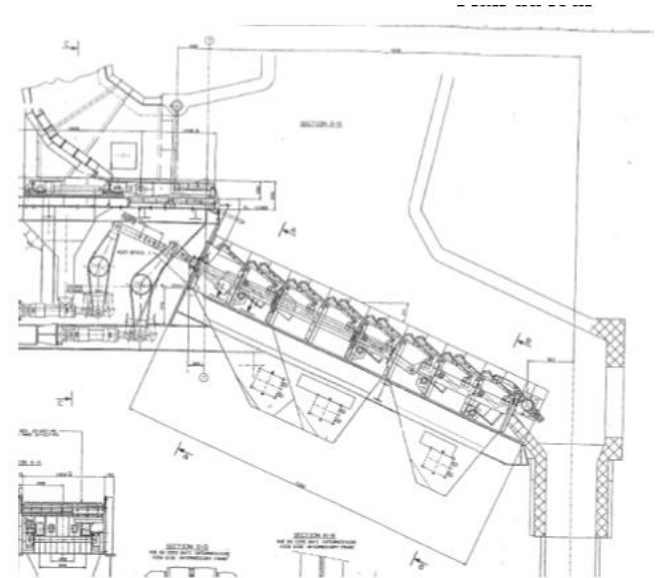
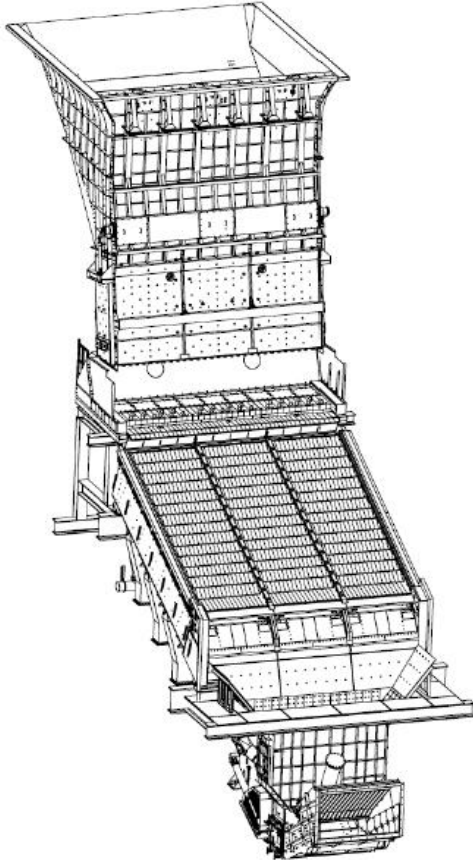
Grille à rouleaux



Charge thermique
0,45 à 0,85
MWth/m²

GRILLE DE COMBUSTION (2/2)

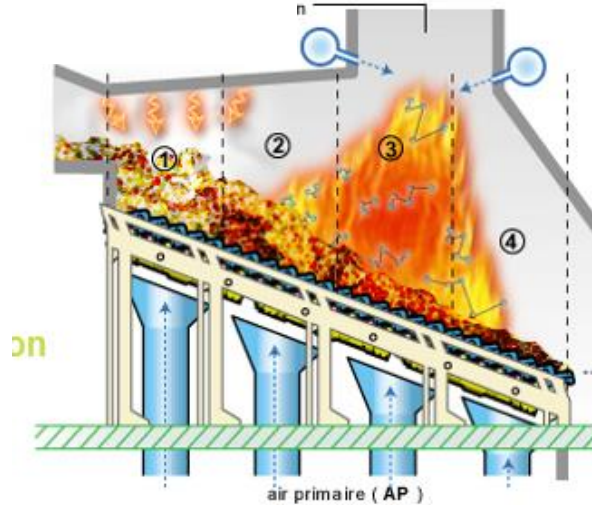
Grille à gradins



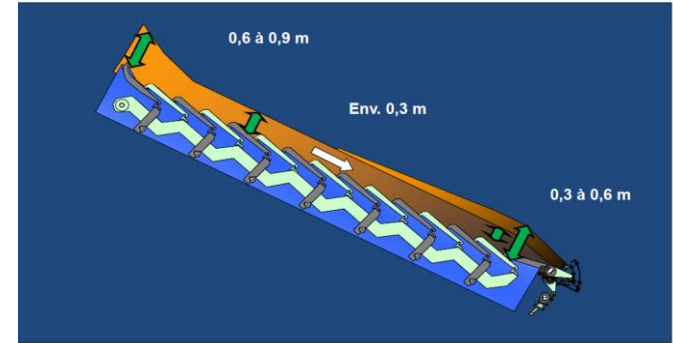
Charge thermique
0,4 à 1,1 MWth/m²

ZONES DE COMBUSTION

EPAISSEUR DE LA COUCHE DE COMBUSTIBLE

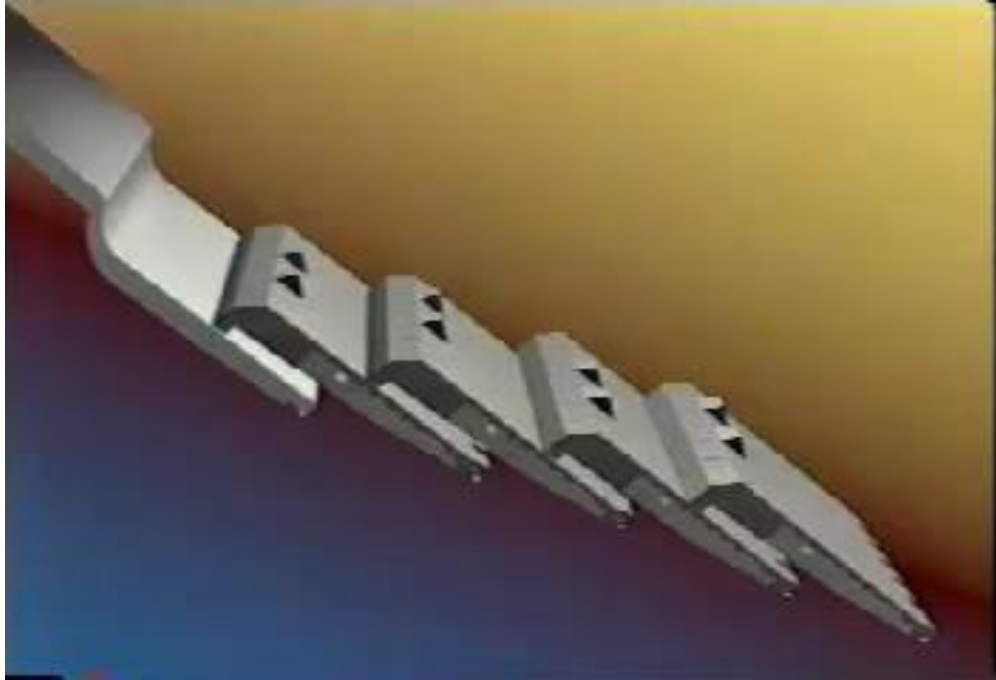


1/ Séchage 2/ Allumage
3/ Combustion 4/ Finition



+ Epaisseur : brassage ↓ imbrûlés ↑
- Epaisseur : envol ↑ Température ↑

ZONES DECOMBUSTION

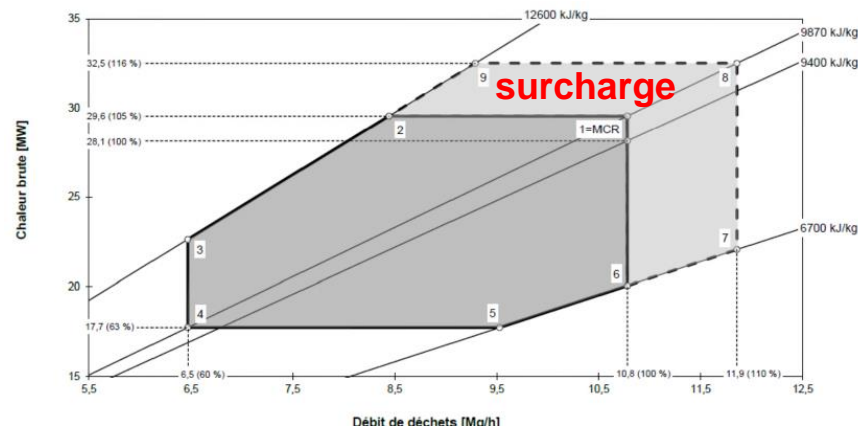
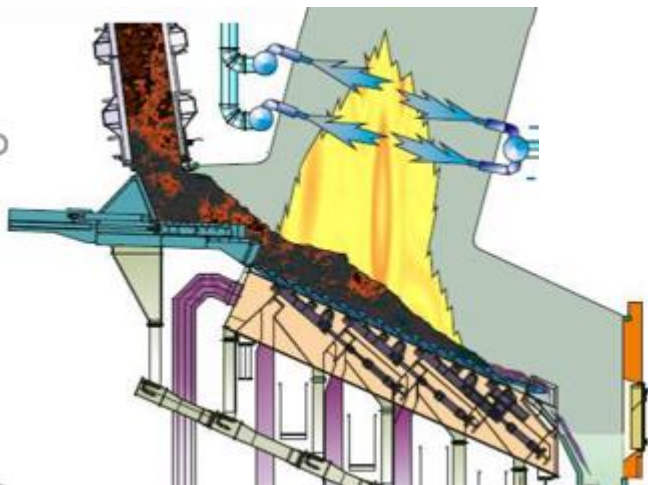


FOYER : QUELQUES ORDRES DE GRANDEUR

Charge massique : 0.29 à 0.41 t/h/m²

Charge thermique : 0.94 à 1.15 MW/m²

Hauteur : 15 à 26 m



T° combustion : 1200/1350 °C

Pour 1 tonne de déchets:

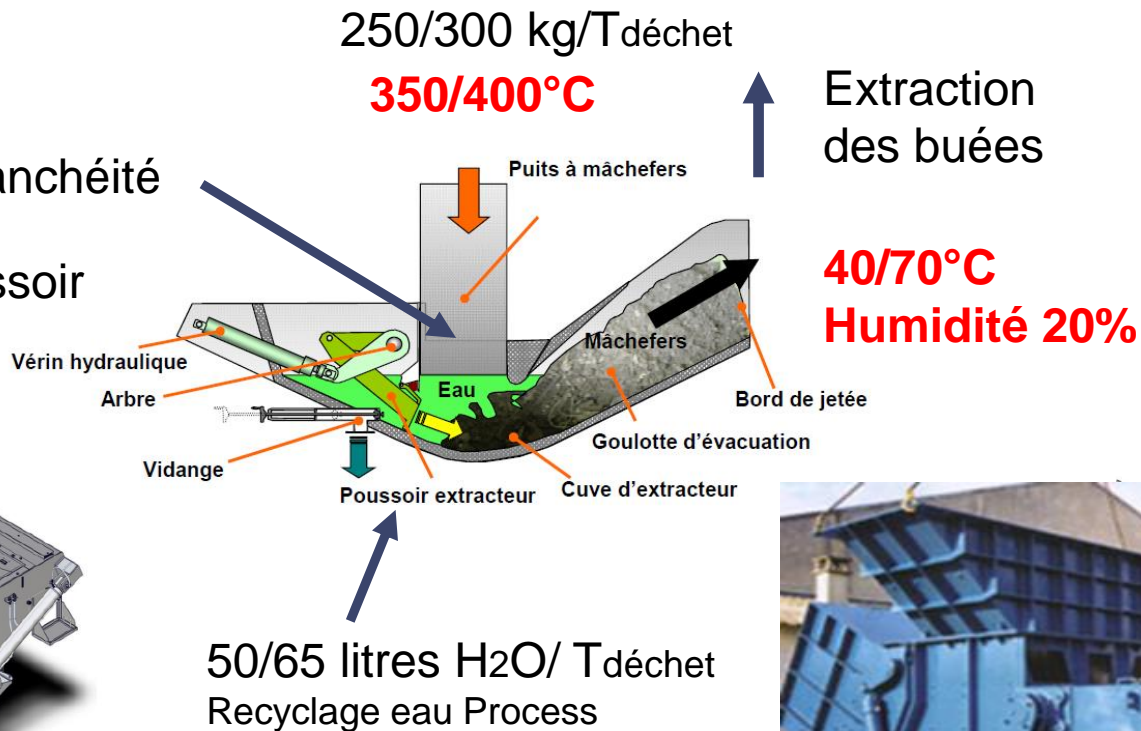
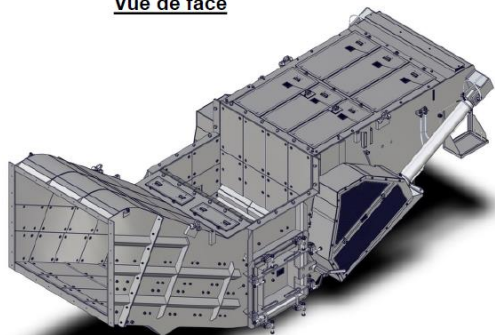
- 200 à 300 kg de mâchefer
- 5 à 10 kg de cendre sous chaudière
- 4100 à 6150 Nm³ de fumée
- 3 à 6 gr de cendre par Nm³ de fumée

EXTRACTION DES MACHEFERS

Extracteur à poussoir

Etanchéité

Vue de face



TRANSPORT DES MÂCHEFERS



Table vibrante



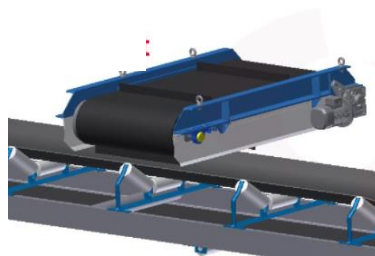
Benne gros
objets
>200 mm



Convoyeurs à bandes



Déferrailage



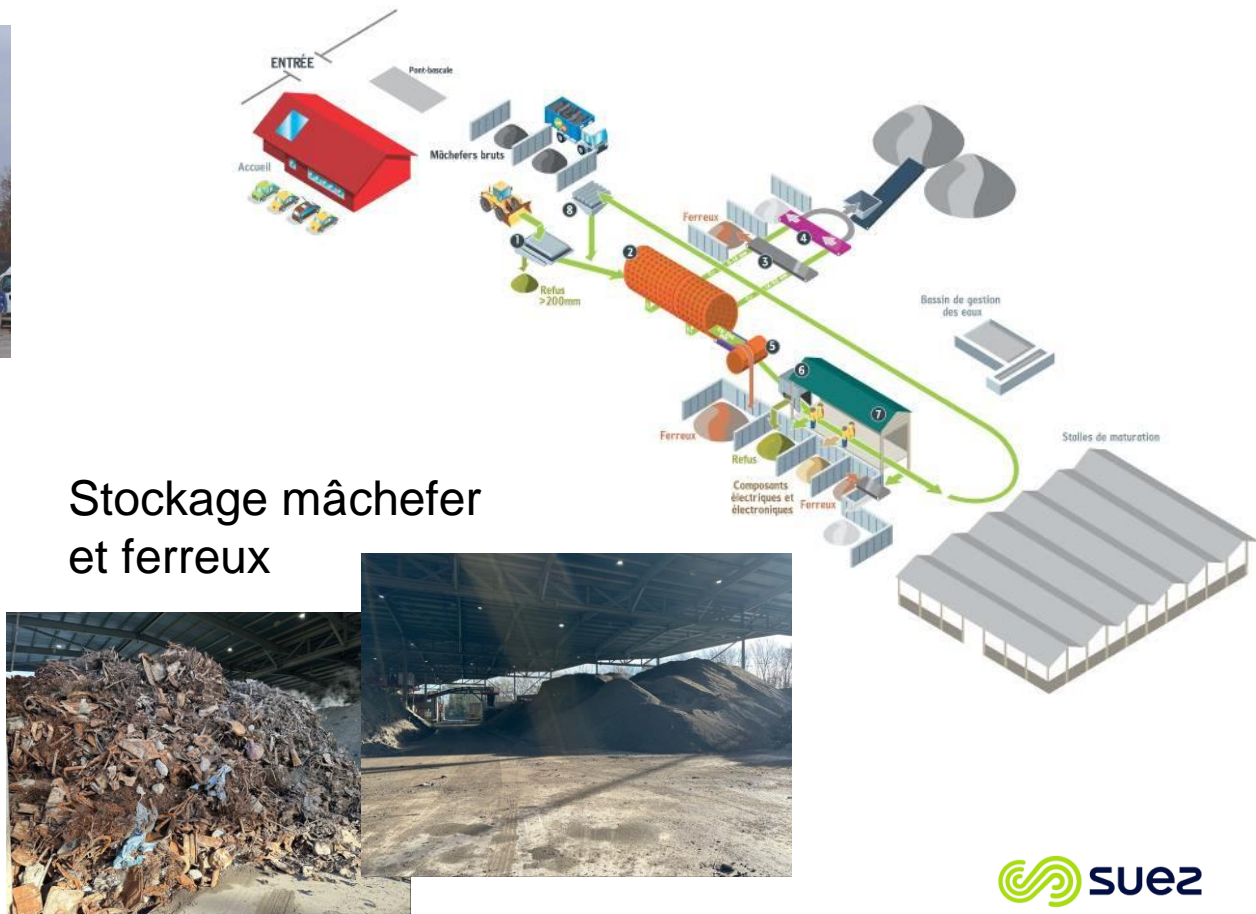
box de
stockage



CAT
V
S



TRAITEMENT ET VALORISATION DES MÂCHEFERS



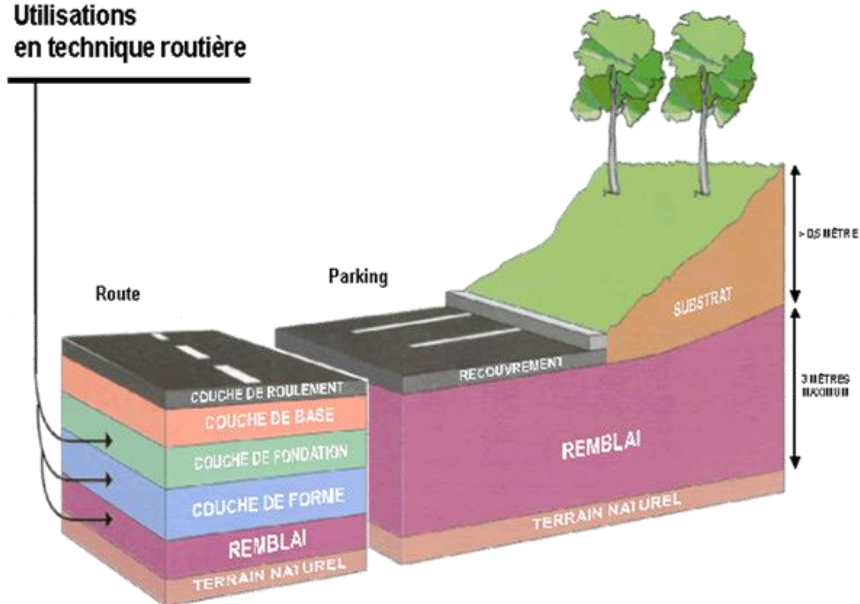
Stockage mâchefer
et ferreux



Le traitement et la valorisation des résidus

Traitement et valorisation des mâchefers

Utilisations en technique routière



D'un point de vue environnemental, les mâchefers « V » sont valorisables sous réserve de respecter les prescriptions suivantes visant à limiter tout contact avec les eaux souterraines :

- > en dehors des zones inondables,
- > à plus de 30 m de tout cours d'eau,
- > à distance suffisante au-dessus du niveau des plus hautes eaux connues,
- > hors tranchées avec canalisations métalliques,
- > hors réalisations de systèmes drainants.

TRANSPORT DES CENDRES SOUS CHAUDIÈRES

**Evacuation sous 2^{ème}
et 3^{ème} passages :**

Chute gravitairement

Sas double clapets

650/500°C

**Evacuation sous
économiseur:**

Convoyeurs à vis

Sas double clapets

400°C



**Evacuation
commune:**

Convoyeurs à chaine

**Elévateur à godets
ou transport
pneumatique**

**Silo de
stockage:**

Extracteur, filtre

Dévouteur

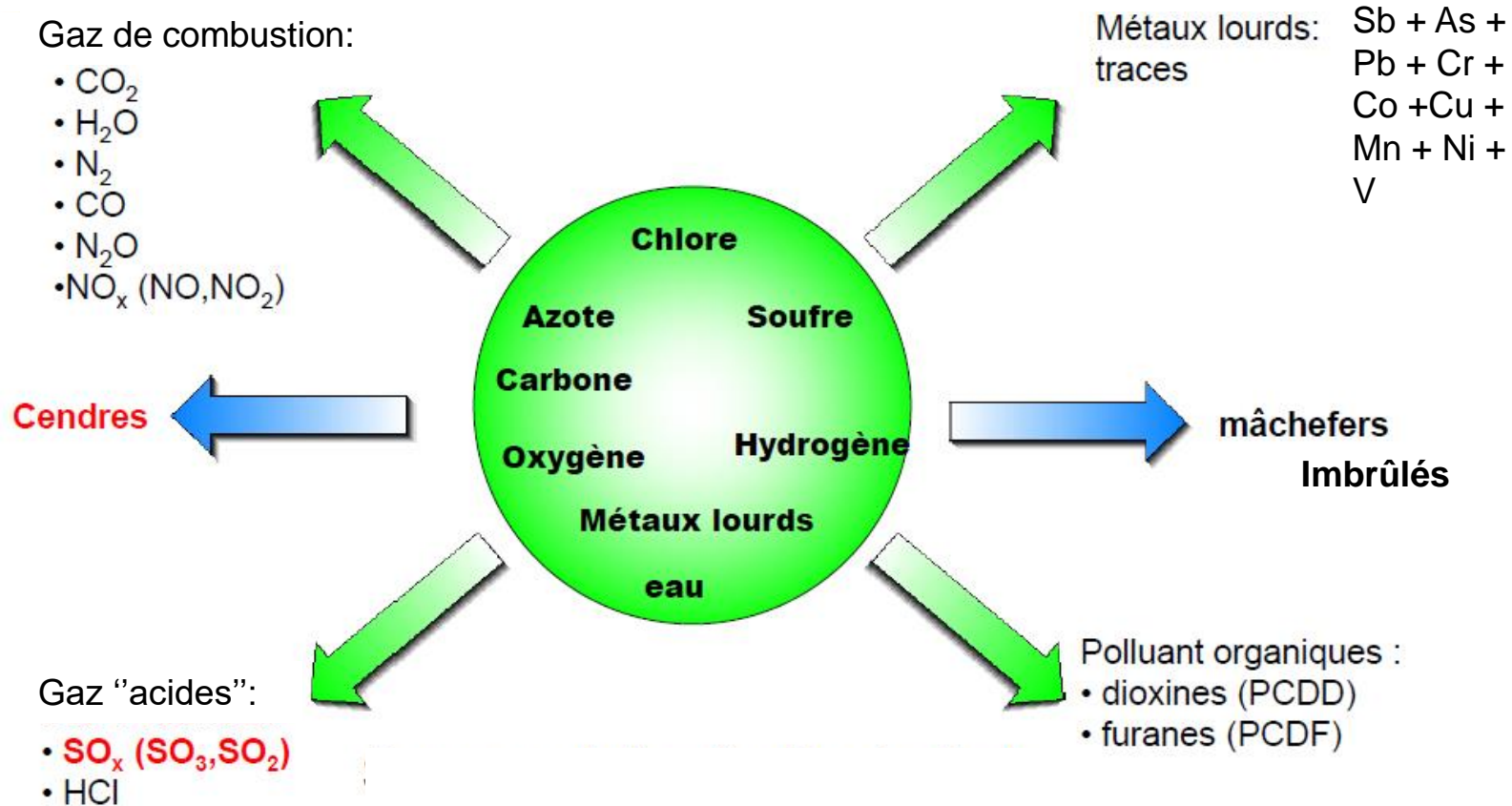
Dépotage:

Convoyeur

**Manchette de
chargement**



SOUS PRODUITS ISSUS DE LA COMBUSTION DES DÉCHETS



CARACTÉRISTIQUES DES FUMÉES

Composition :

CO2 (%)	7,5 à 10,5
O2 (%)	4,5 à 6,5
H2O (%)	14,5 à 33,35
N2 + Ar (%)	54 à 69

Deux technologies :

SNCR (selective non-catalytic reduction):

en post-combustion par injection
d'ammoniaque ou d'urée en solution dans la
chambre de combustion

SCR (selective catalytic reduction):

en aval de la filtration (TF) par injection
d'ammoniaque ou d'urée en solution +
catalyseur,

Teneurs en polluant à l'entrée du TF:

		moyenne	max
poussière	mg/Nm3	3000	10000
HCL	mg/Nm3	900	2000
HF	mg/Nm3	15	50
SO2	mg/Nm3	150	600
NOx (SNCR)	mg/Nm3	200	400
NH3	mg/Nm3	10	20
CO	mg/Nm3 sec		50
COT	mg/Nm3 sec		10
Hg	mg/Nm3	0,3	1
Cd+TI	mg/Nm3	1,5	3
Metaux lourds	mg/Nm3	100	200
dioxines	ng/Nm3	3	10

VALEURS LIMITES D'EMISSION ATMOSPHERIQUES

			AM 12 janv 2021
Moyenne jour (mesures en continu) + contrôle semestriel	HCl	(mg/Nm ³)	8 / 6 ⁽³⁾
	SO2	(mg/Nm ³)	40 / 30 ⁽³⁾
	NOx	(mg/Nm ³)	80 ⁽¹⁾ / 150 ⁽¹⁾
	CO	(mg/Nm ³)	50
	COT	(mg/Nm ³)	10
	Poussières	(mg/Nm ³)	5
	NH3	(mg/Nm ³)	10 / 15 ⁽²⁾
	HF	(mg/Nm ³)	1
	Mercuré	(mg/Nm ³)	0,02
Mesures en semi-continu	Dioxines	(ng/Nm ³)	0,08 / 0,06 ⁽³⁾
	Dioxines + PCB dioxines like	(ng/Nm ³)	Pas de VLE France
Mesures semestrielles	Dioxines	(ng/Nm ³)	0,06 / 0,04 ⁽³⁾
	Dioxines + PCB dioxines like	(ng/Nm ³)	Pas de VLE France
	Cd + Tl	(mg/Nm ³)	0,02
	Métaux	(mg/Nm ³)	0,30

MTD 25 à 31



VLE jour NOC

⁽¹⁾ 150 Si pas possible d'implanter une SCR ou si capacité UVE < 100 kT ⁽²⁾ Si SNCR ⁽³⁾ Seuil pour les unités nouvelles

TRAITEMENT DES FUMÉES

2 principaux types de traitement

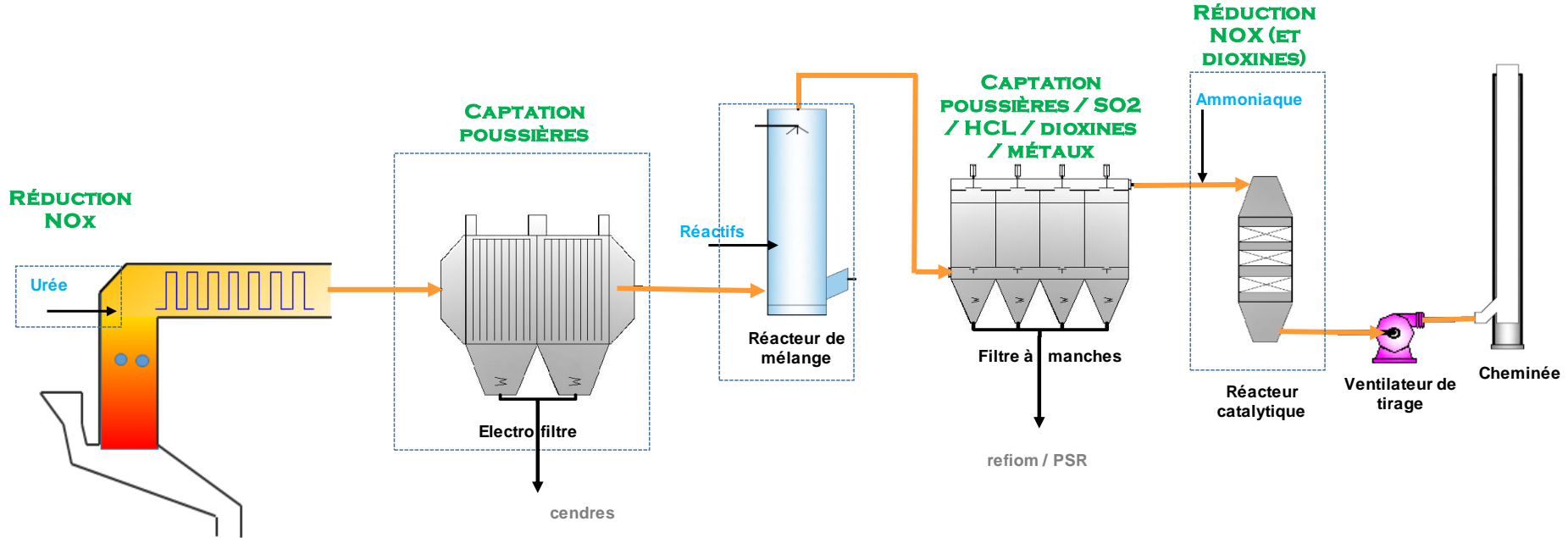


TF sec



TF humide

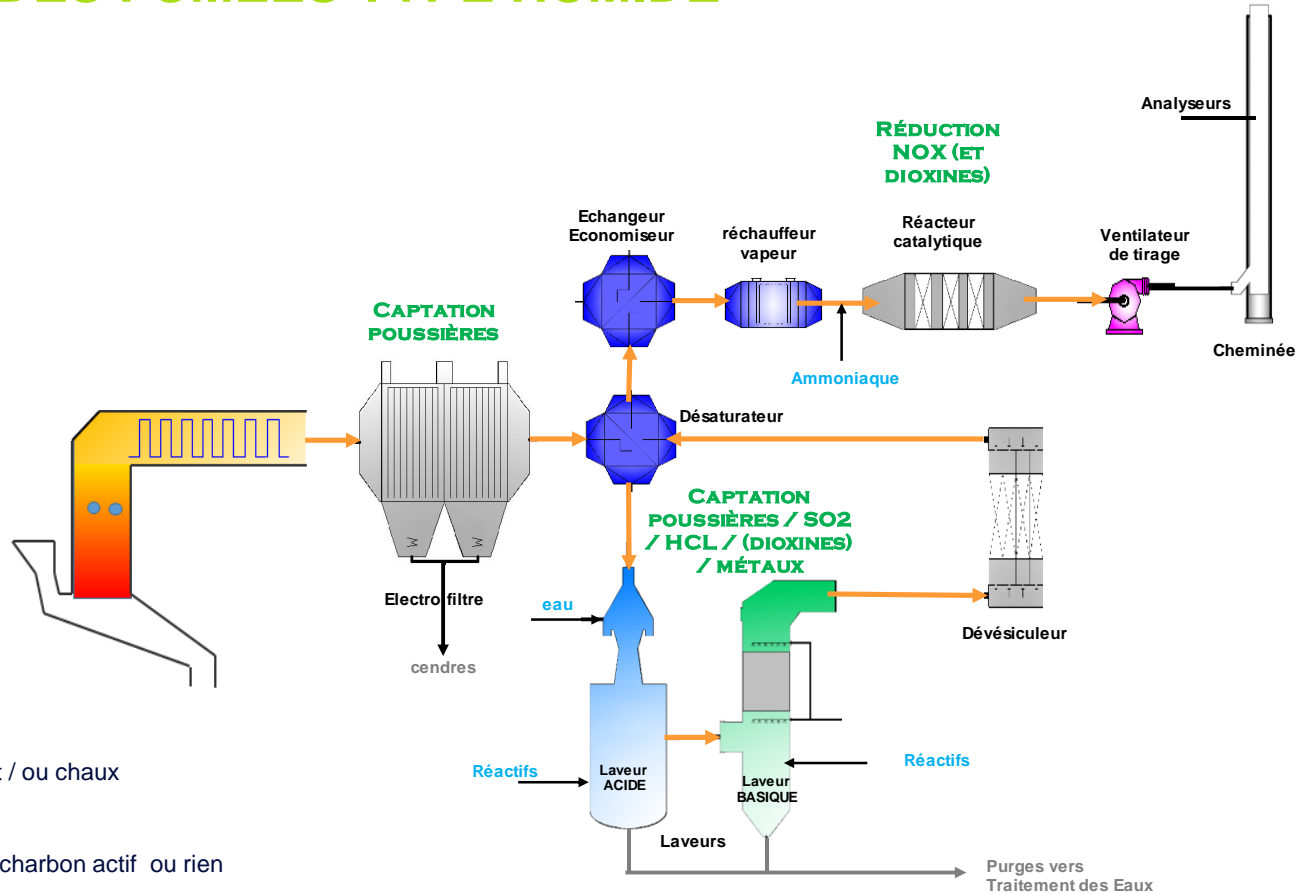
TRAITEMENT DES FUMÉES TYPE SEC



❖ Réactifs filtre à manches:

- HCL / SO₂: bicarbonate de sodium ou chaux hydratée
- Hg et dioxines / furannes: coke de lignite ou charbon actif

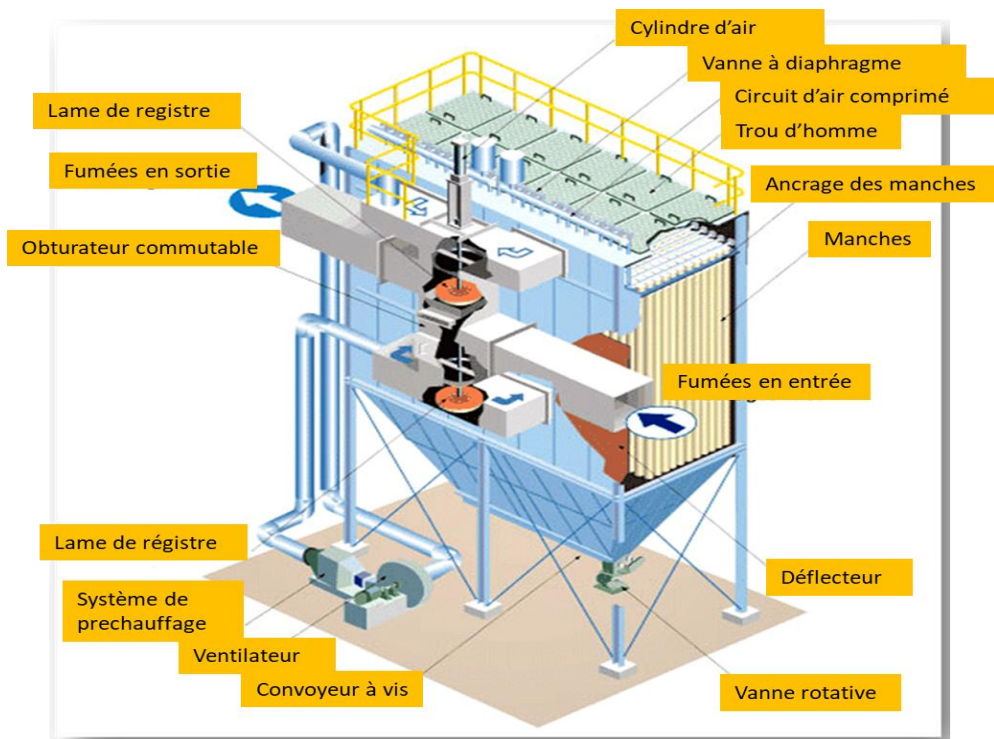
TRAITEMENT DES FUMEES TYPE HUMIDE



Réactifs laveurs:

- HCL / SO2: soude et / ou chaux
- Hg : TMT 15
- Dioxines / furannes: charbon actif ou rien

FILTRE A MANCHES



$T^{\circ} = 200/210^{\circ}\text{C}$

Vit filtration $< 0,8 \text{ m/mn}$

$D_p = 150/200 \text{ daPa}$

Captation :

- Poussière
- Gaz acides
- Métaux lourds

RÉDUCTION DES OXYDES D'AZOTE (DENOX)

NOx thermiques : Oxydation de N₂ contenu dans l'air (8%)

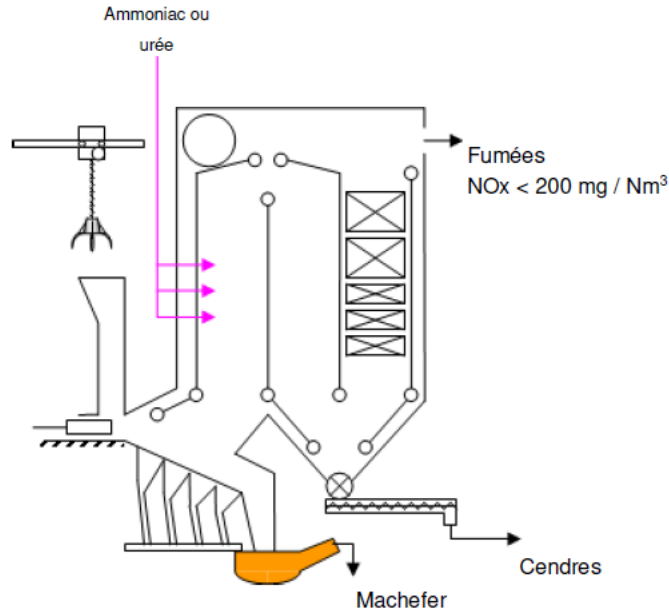
NOx combustibles ; Oxydation de N₂ contenu dans les déchets (92%)

avec injection d'ammoniaque(25%):



RÉDUCTION DES OXYDES D'AZOTE (DENOX)

SNCR avec injection d'ammoniaque(25%):



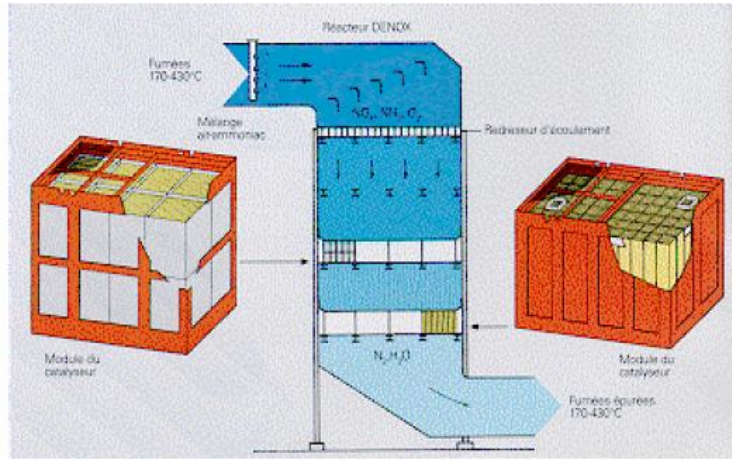
Paramètres de contrôle:

- Température dans le foyer (sélection des niveaux d'injection) : 850 / 1000°C
- émission à la cheminée NOx et NH3

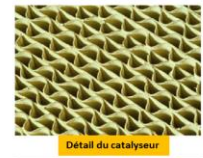
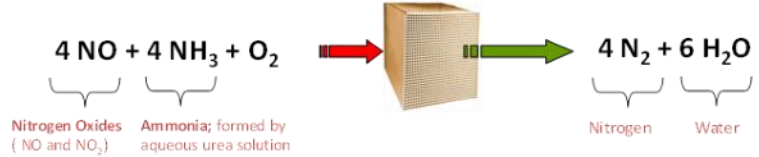
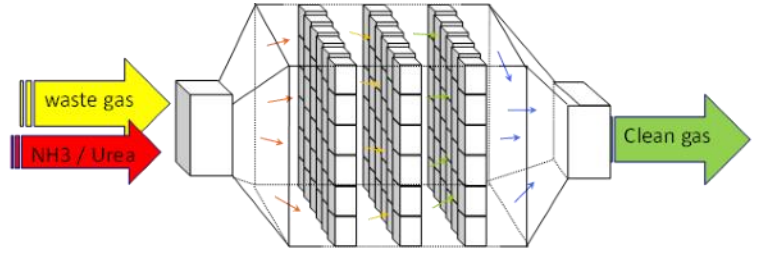
T+ REACTIFS ↗
T- NH3 ↗

RÉDUCTION DES OXYDES D'AZOTE (DENOX)

SCR avec injection d'ammoniaque(25%):



Structures possibles : nid d'abeille extrudé
 Garnissage en panier. matériau de base = dioxyde de titane activé au vanadium et au tungstène



SYNTHESE DES PRINCIPES DE TRAITEMENT DES FUMÉES

Procédé \ Polluants	Solides - Poussières	Gaz acides		Métaux lourds		NO _x	Dioxines - furanes
		Forts (HCl, HF, SO ₃)	Faibles (SO ₂)	Formes combinés particulaires	Elémentaires (Hg, Cd)		
Filtration (FAM)	+++++			+++++			+++
Electrofiltre	++++			++++			++
Absorption dans l'eau à pH acide	++	+++++	++	++++			
Absorption dans l'eau à pH neutre			+++++				
Adsorption sur le charbon actif ou réactif assimilé ⁽¹⁾					+++++		+++++
Adsorption et réaction sur réactif basique solide		++++	++++	++++			
Réduction avec l'ammoniac ou l'urée en post-combustion						++++	
Réaction sur catalyseur						+++++	+++++

(1) En règle générale, les argiles ne permettent pas de capter les métaux lourds élémentaires, sauf quelques exceptions qui sont « dopées ».

POSTE D'EAU

- **Valorisation énergétique**
- **Circuits vapeur HP, MP, BP**
- **Circuits condensats, eau alimentaire**
- **Principaux équipements**
- **Systèmes auxiliaires**

VALORISATION ÉNERGÉTIQUE DE LA VAPEUR PRODUITE

Modes de valorisation possibles :

Fourniture directe de vapeur ou échange de chaleur vers des processus industriels

Fourniture de vapeur ou de chaleur en aval turbine à contre pression

Production d'électricité par turbine à condensation munie de soutirages pour couvrir les besoins internes de l'installation et externes (export ou chaleur)

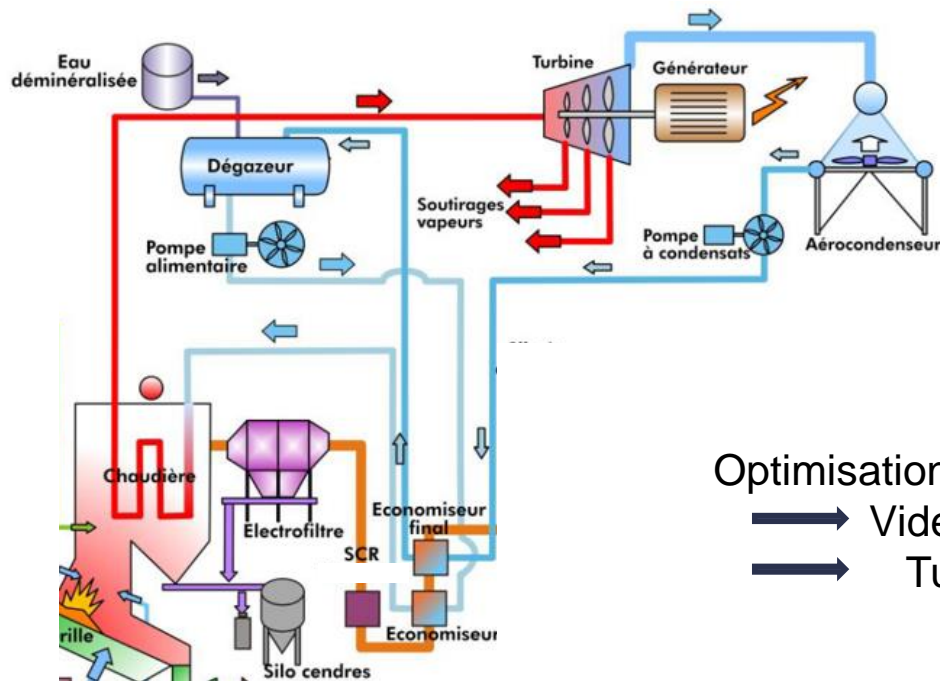
Conséquences sur:

Caractéristiques vapeur en sortie chaudière ajustées pour chaque projet

Conception du poste d'eau :

- ➡ Plages de fonctionnement des équipements**
- ➡ Disponibilité**
- ➡ Performances**

PRODUCTION ÉLECTRICITÉ UNIQUEMENT

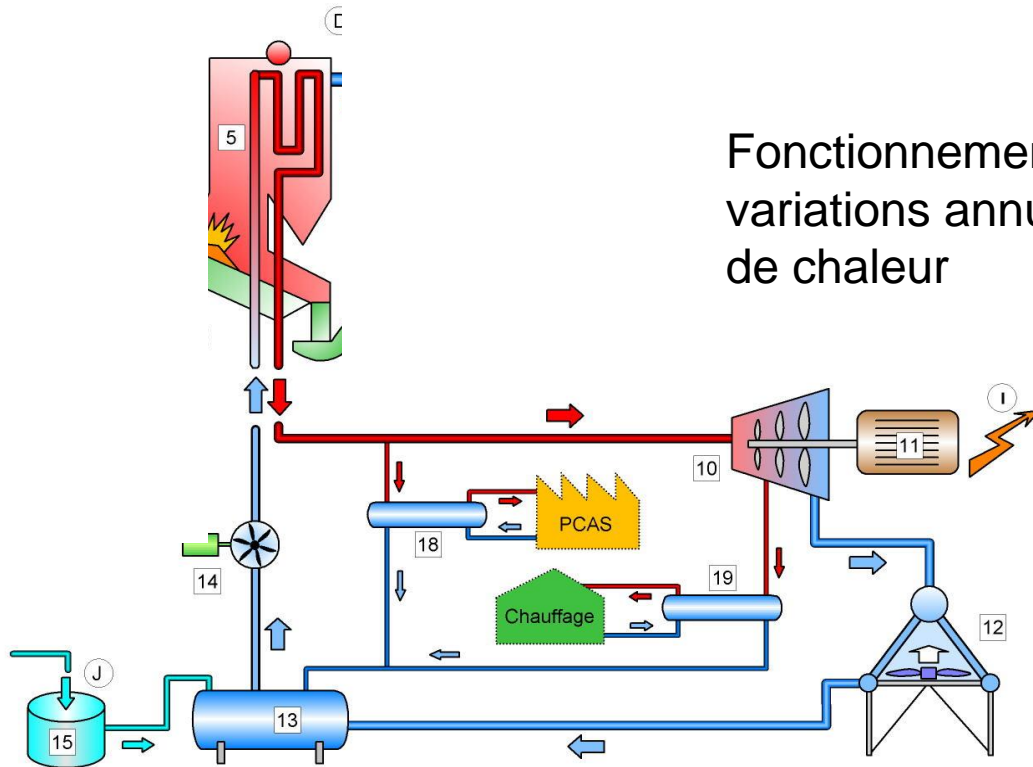


Optimisation de production électrique

➡ Vide poussé 80 mbar à 15°C

➡ Turbine haute performance

COGÉNÉRATION ÉLECTRICITÉ & CHALEUR



Fonctionnement compatible avec variations annuelles des besoins de chaleur

EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DES INSTALLATIONS (1/6)

Niveaux d'efficacité énergétique associés aux meilleures techniques disponibles (NEEA-MTD)



Efficacité de production électrique brute:
Production électrique brute par un GTA à condensation



Efficacité de production électrique brute:
Production de chaleur ou électrique brute par GTA à contre pression et de chaleur en aval du GTA

***MTD** :meilleures Techniques Disponibles*

***BATAEEL**: niveau d'efficacité énergétique lié aux MTD*

EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DES INSTALLATIONS (2/6)

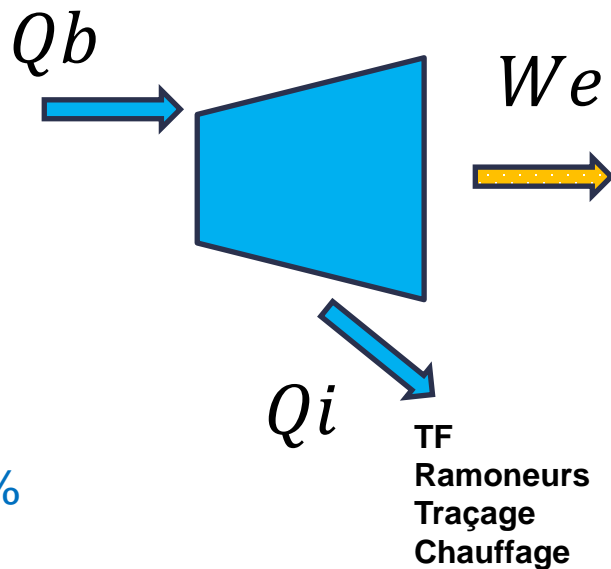
Production électrique brute

$$\eta_e = \frac{W_e}{Q_{th}} \times (Q_b / (Q_b - Q_i))$$

Ratio entre la puissance en sortie et la puissance en entrée

Facteur de correction pour prendre en compte les utilisations internes de chaleur

$$\eta_e = 25 \text{ à } 30 \%$$

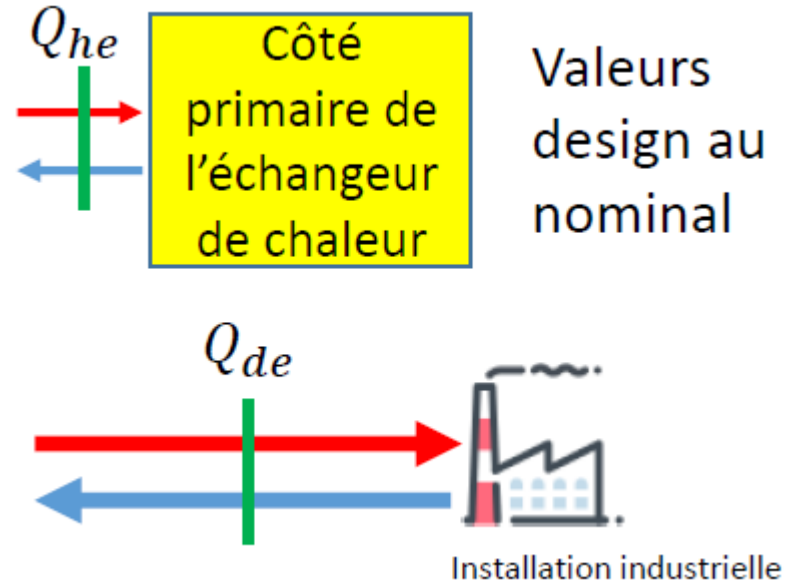


EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DES INSTALLATIONS (3/6)

Valorisation d'énergie brute

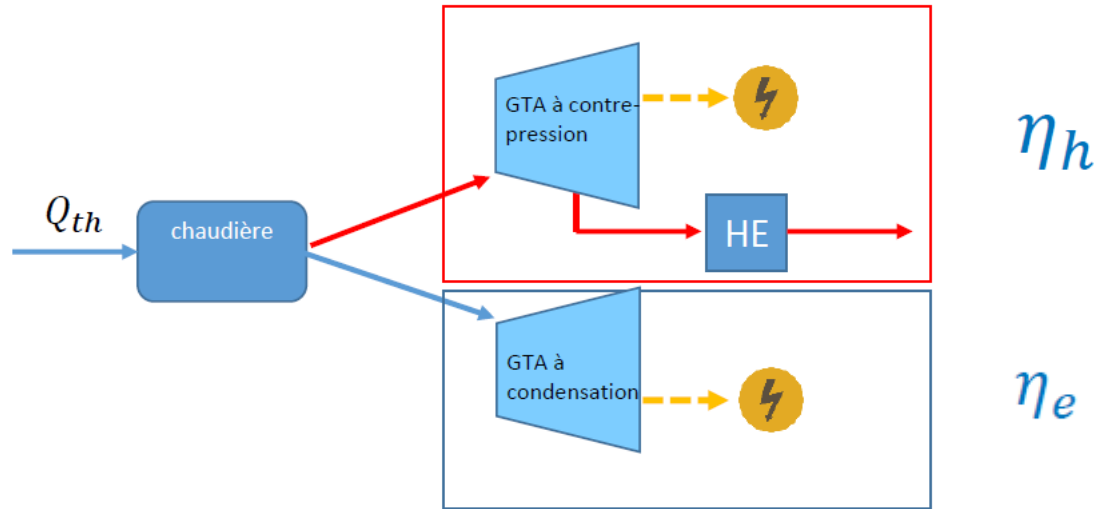
$$\eta_h = \frac{W_e + Q_{de} + Q_{he} + Q_i}{Q_{th}}$$

$$\eta_h = 70 \text{ à } 90 \%$$



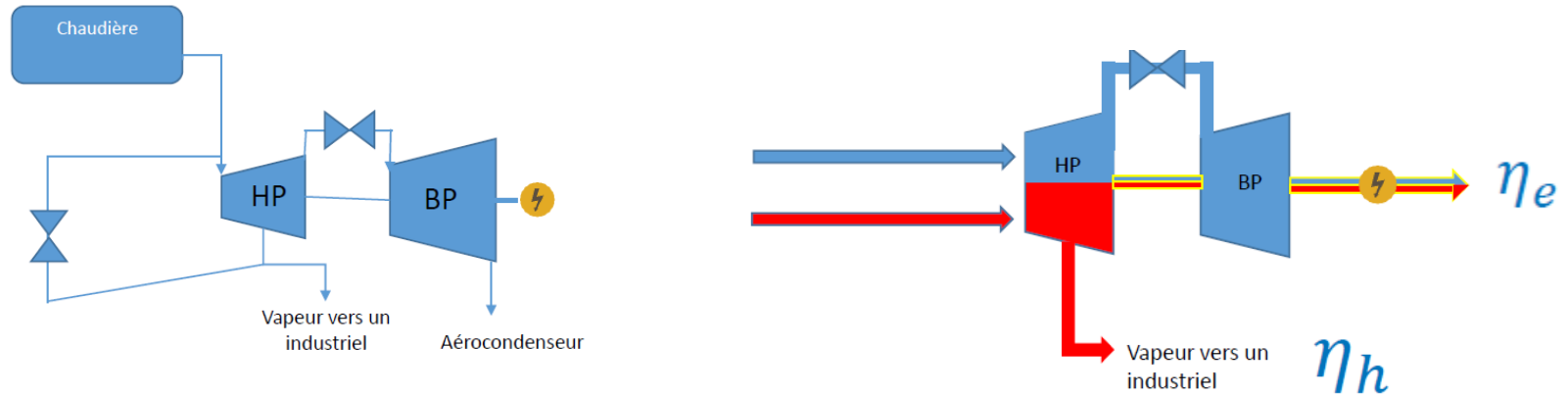
EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DES INSTALLATIONS (4/6)

Production électrique & Valorisation d'énergie brute



EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DES INSTALLATIONS (5/6)

Production électrique & Valorisation d'énergie brute



Répartir le débit vapeur :

Détente BP

→ production électrique brute

Détente HP + export

→ valorisation d'énergie brute

EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DES INSTALLATIONS (6/6)

Production électrique

Consommation moyenne
France: 1 800 kWh/an/habitant

Exemple

Pour une puissance moyenne
GTA de 5 MW

Production annuelle =
 $5 * 8\ 000\ \text{h/an} = 40\ 000\ \text{MWh}$

Soit la consommation de:
 $40\ 000\ 000 / 1\ 800 = 22\ 200\ \text{ha}$

Production de chaleur

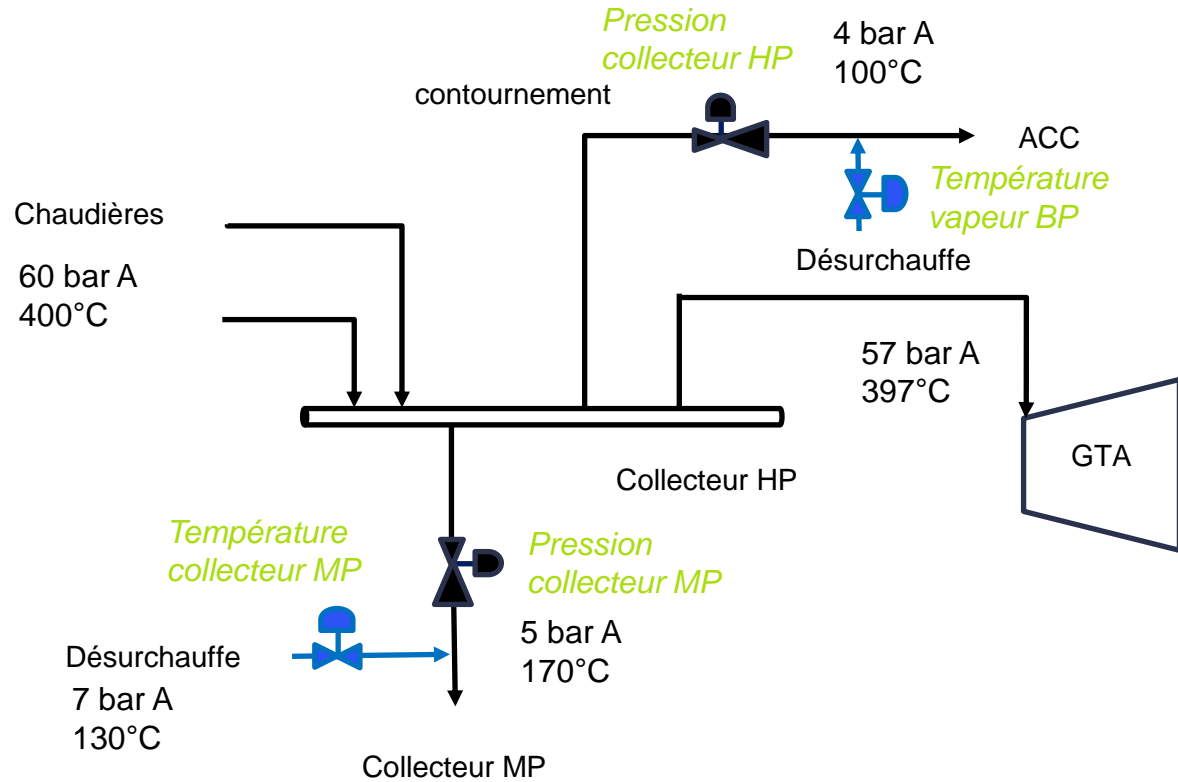
Consommation moyenne par m²/an: 55 kWh

Un réseau qui fournit 20 000 MWh/an permet
donc de chauffer $20\ 000\ 000 / 55 =$

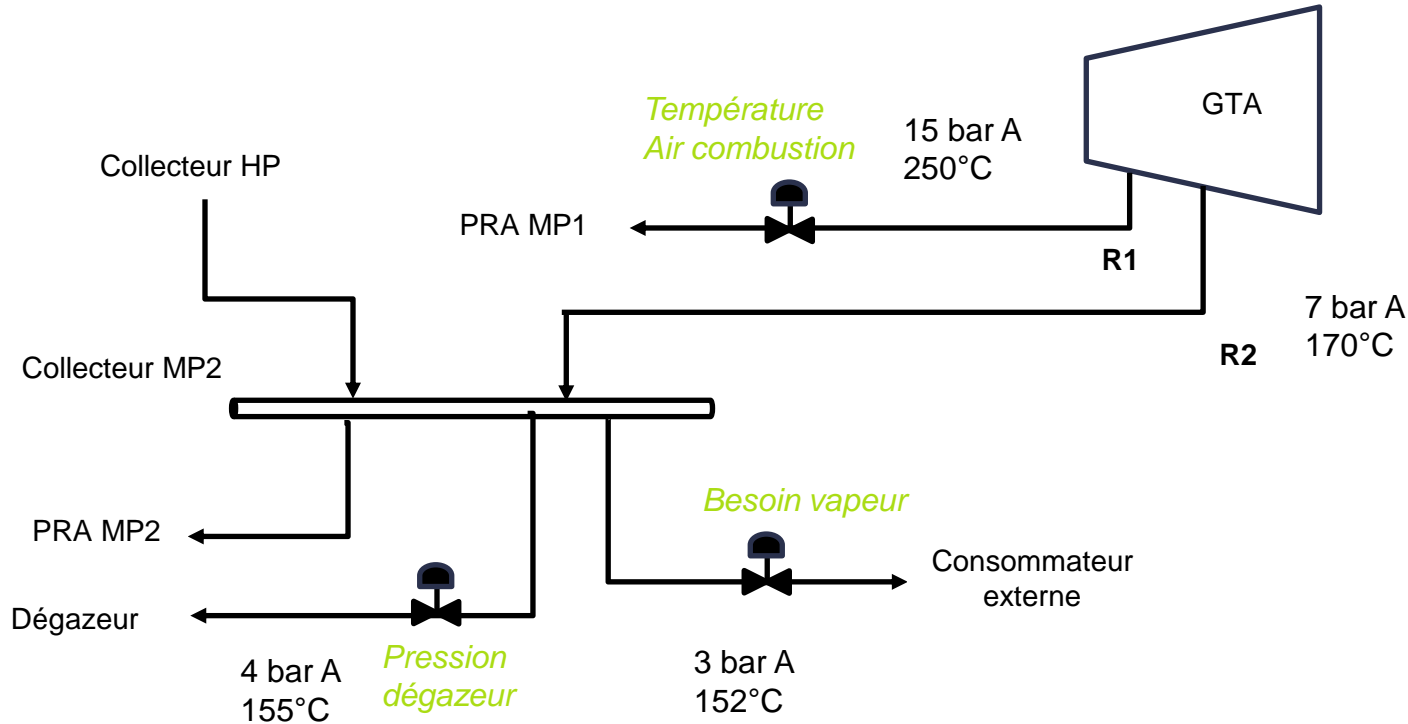
= 364 000 m²

= 6 000 appartements

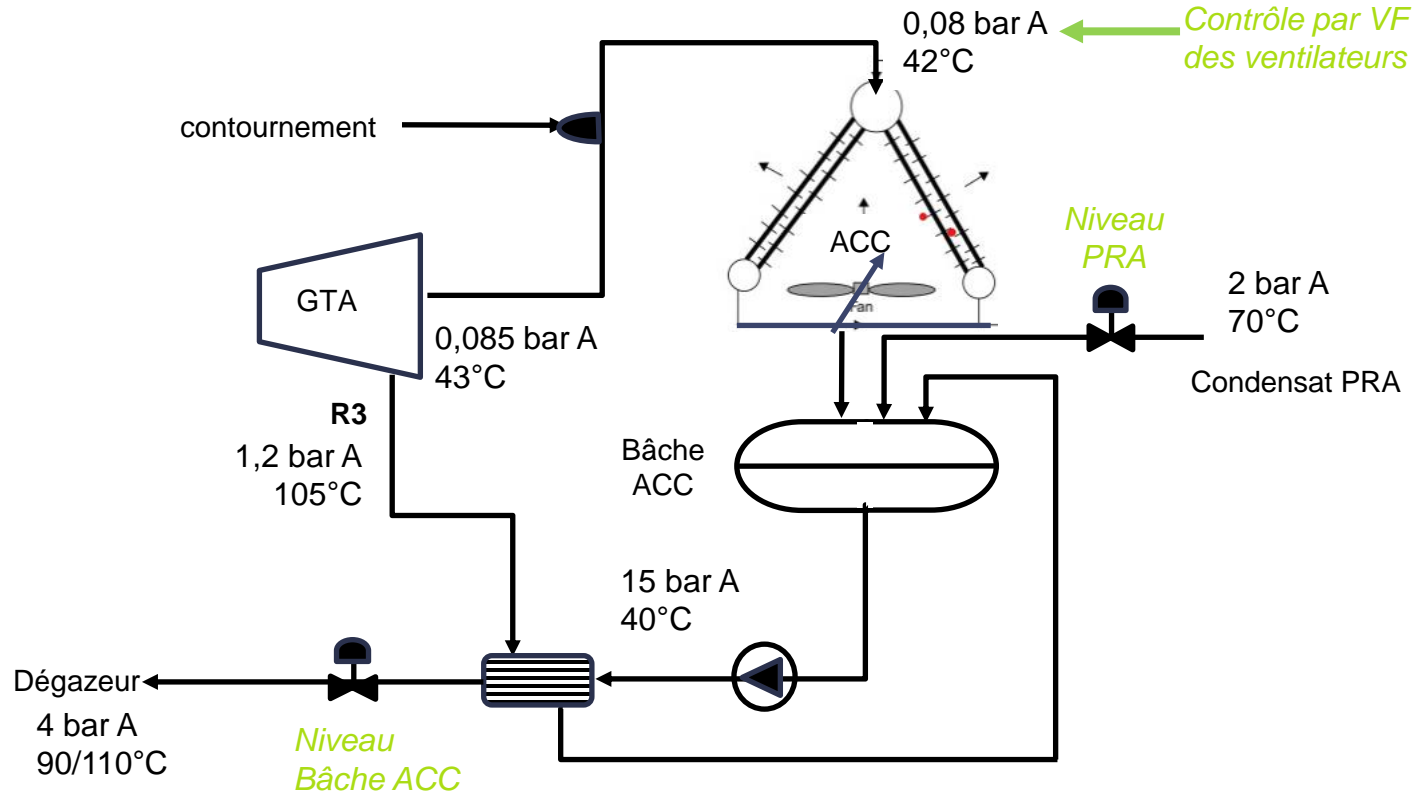
CIRCUIT VAPEUR HP – Turbine à condensation (1/4)



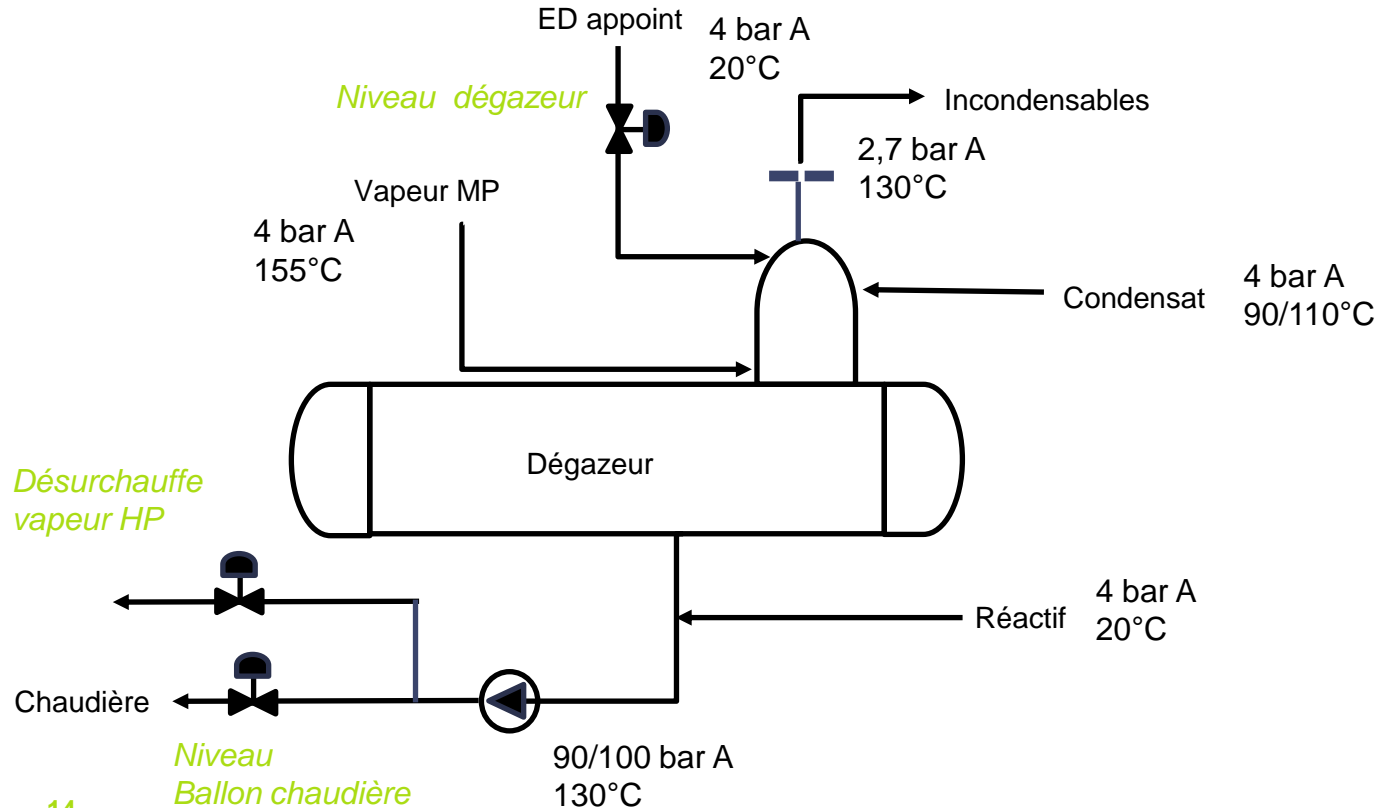
CIRCUIT VAPEUR MP – Turbine à condensation (2/4)



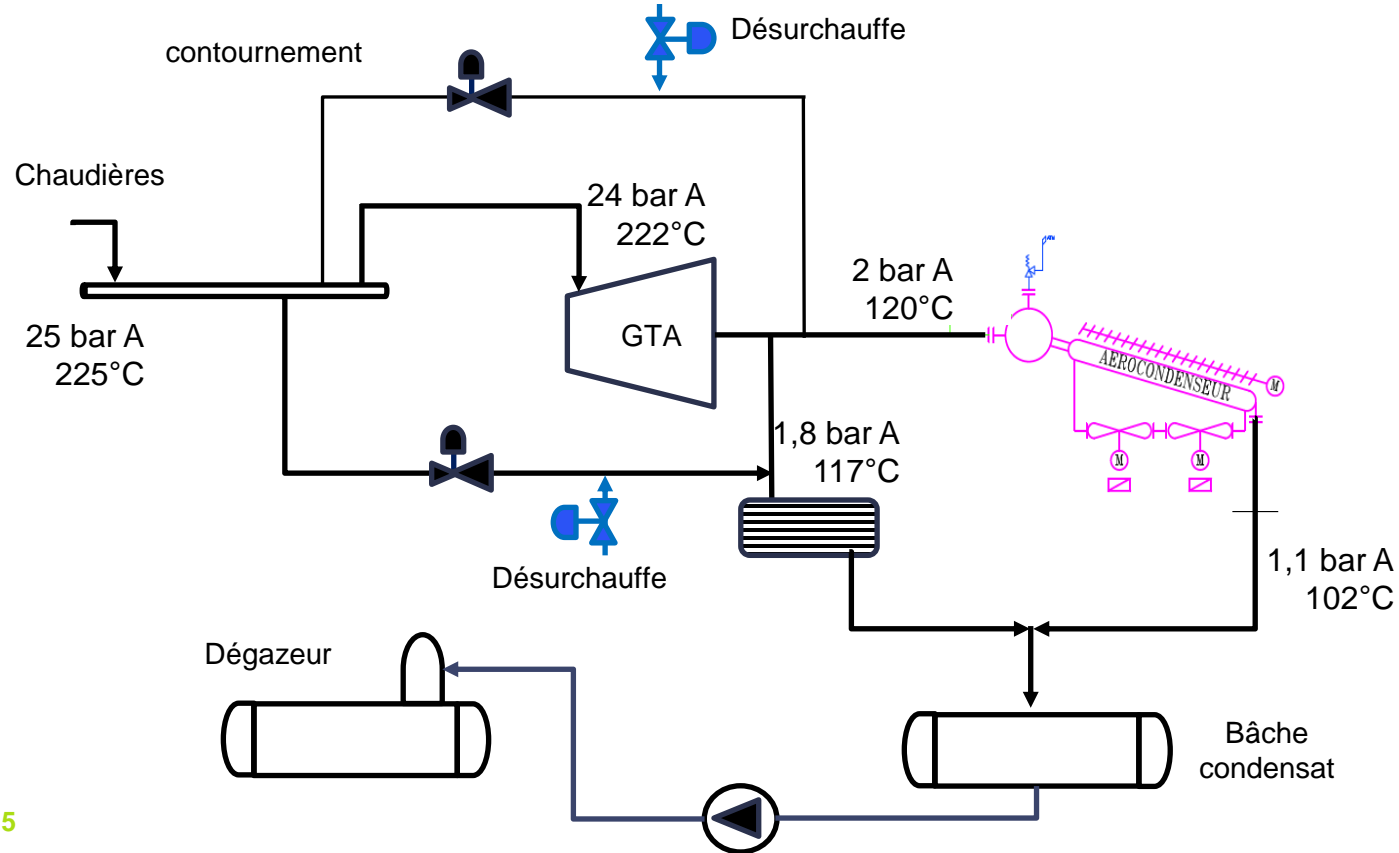
CIRCUIT VAPEUR BP & CONDENSAT – Turbine à condensation (3/4)



CIRCUIT CONDENSAT & EA – Turbine à condensation (4/4)



CIRCUIT VAPEUR & CONDENSAT :TURBINE À CONTRE PRESSION



TURBINES À VAPEUR

Fonctionnement dans les CVE

Débit vapeur fonction de la charge thermique sur la grille

Pression vapeur HP constante quelque soit le débit



Action sur la vanne réglante d'admission vapeur turbine



Régulation mono soupape



Régulation multisoupapes

TURBINES A VAPEUR : MODES DE FONCTIONNEMENT

La turbine est couplée à l'alternateur par l'intermédiaire du réducteur.

L'alternateur tourne à 1500 tours/min pour délivrer une énergie électrique sur le réseau, à 50 Hz.

contrôle de pression vapeur:

La turbine contrôle la pression de vapeur au collecteur HP. L'alternateur produit une puissance fonction du débit de vapeur à l'entrée de la turbine; la puissance est utilisée par les consommateurs internes; le surplus est exporté sur le réseau public.

contrôle de puissance:

L'alternateur produit une puissance électrique fixe, dans la limite maxi du débit de vapeur disponible; Du fait de l'augmentation de pression, le surplus de vapeur est dirigé vers le contournement et le condenseur.

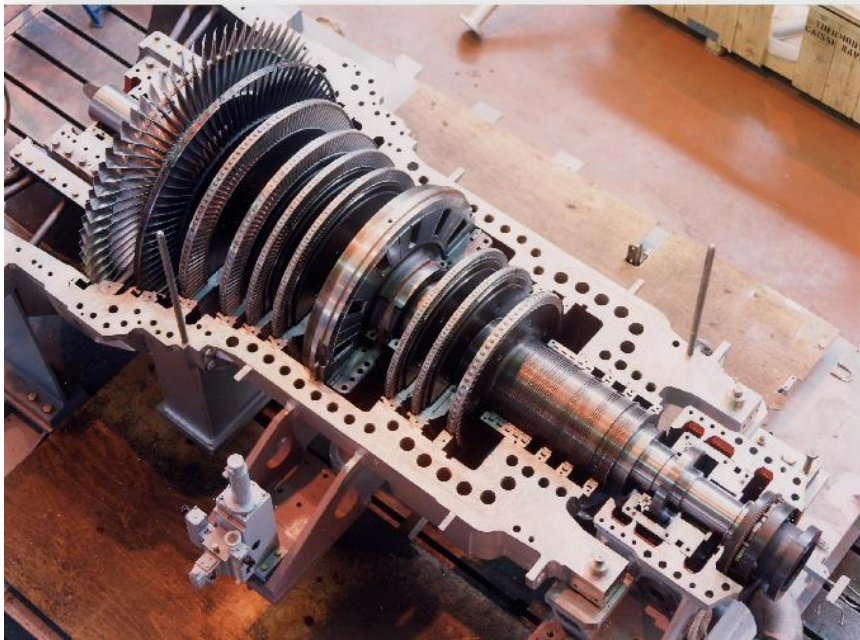
Ilotage:

L'alternateur ne livre aucune puissance sur le réseau; la seule consommation est celle de l'usine; c'est comme une régulation de puissance, mais à consigne variable; Du fait de l'augmentation de pression, le surplus de vapeur est dirigé vers le contournement et le condenseur.

Arrêt:

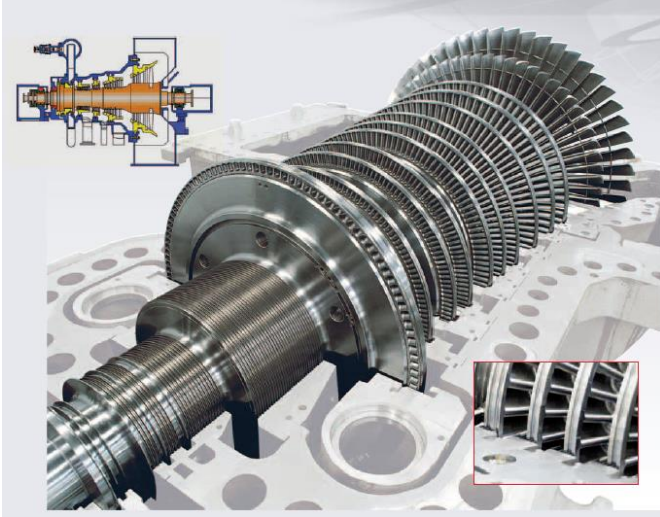
L'intégralité de la production vapeur passe par le contournement pour aller au condenseur

TURBINES À VAPEUR - Généralités



- Le corps de turbine constitue une enveloppe étanche et canalise la vapeur
- Les diaphragmes adaptent l'orientation de la vapeur étage après étage
- Les paliers supportent la ligne d'arbre
- Le palier de butée permet la compensation des efforts axiaux. Le rotor supporte les ailettes et transmet le mouvement de rotation
- Les roues mobiles sont solidaires de l'arbre et portent des ailettes fixes. Elles constituent les différents étages de détente
- Les garnitures à labyrinthes assurent l'étanchéité entre les étages et par rapport à l'atmosphère
- La centrale hydraulique assure principalement la lubrification et le refroidissement des paliers
- Les soupapes régulent le débit de vapeur entrant dans la turbine

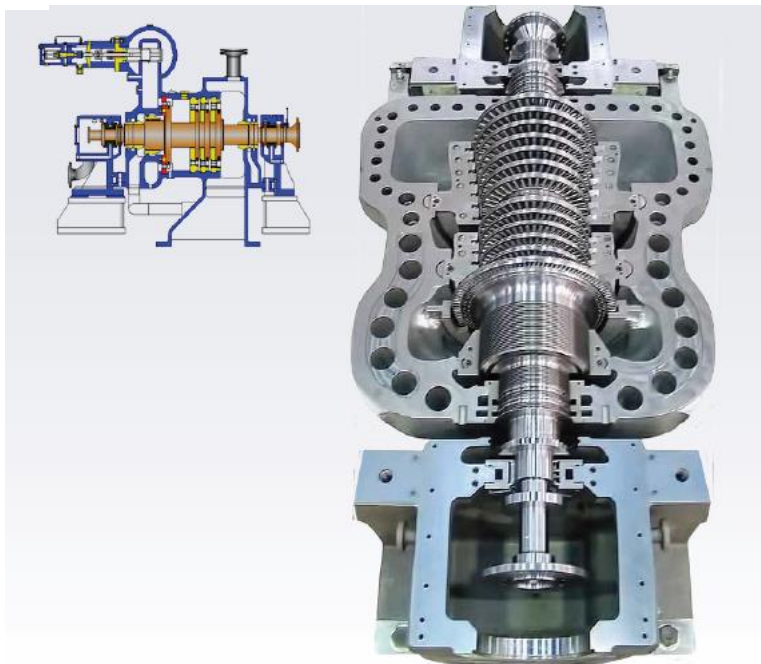
TURBINE A CONDENSATION



Puissance jusqu'à 50MWe

P échappement : 80 à 110 mbar suivant T° ambiante

TURBINE A CONTRE PRESSION

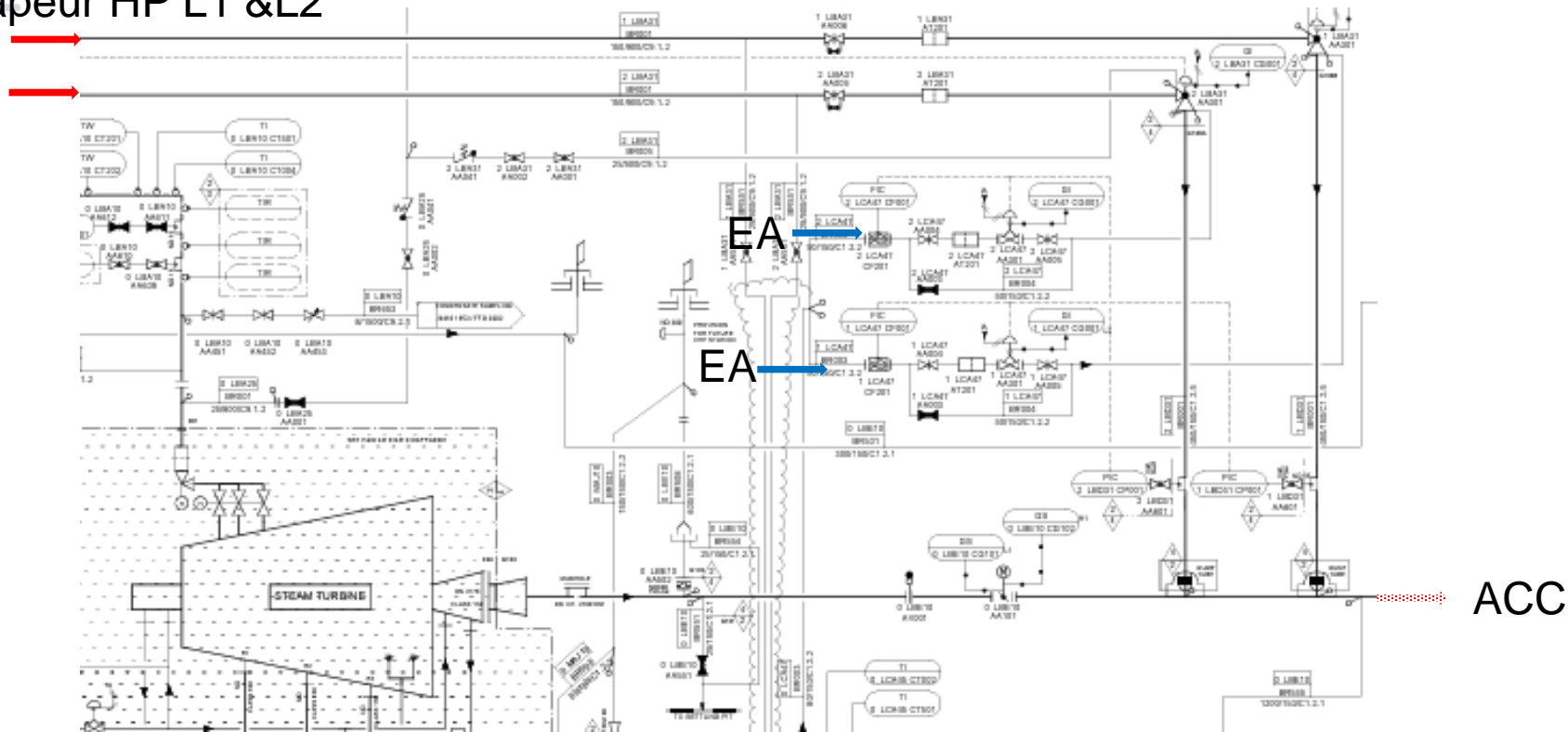


Puissance jusqu'à 8 MWe

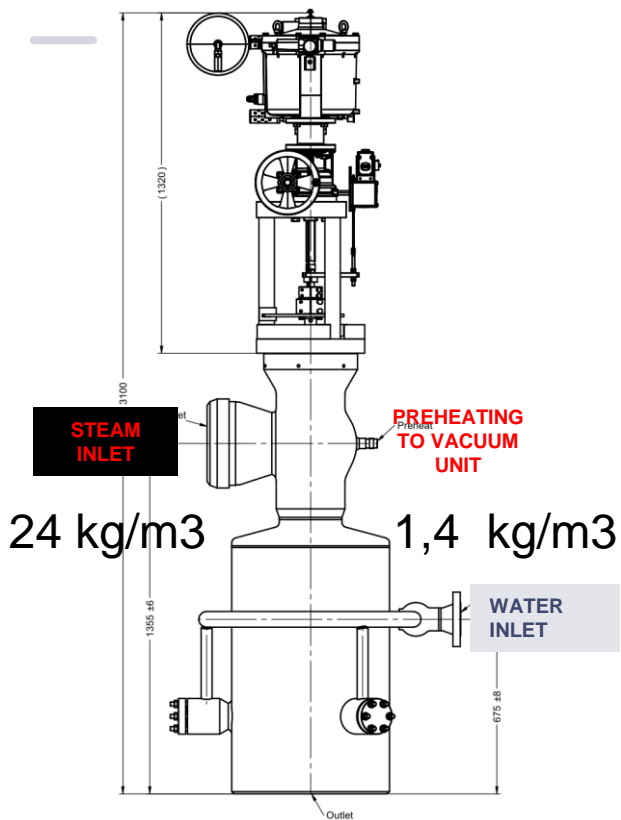
P échappement : 2 à 10 bar

Contournement turbine 1/3

Vapeur HP L1 & L2

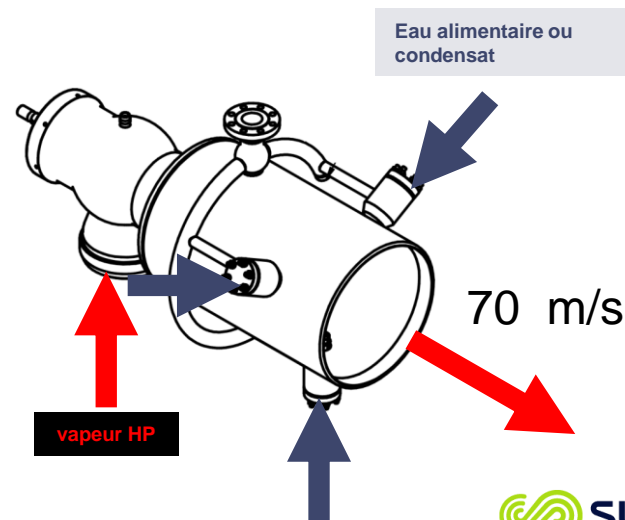


Contournement turbine 2/3



CONTOURNEMENT :

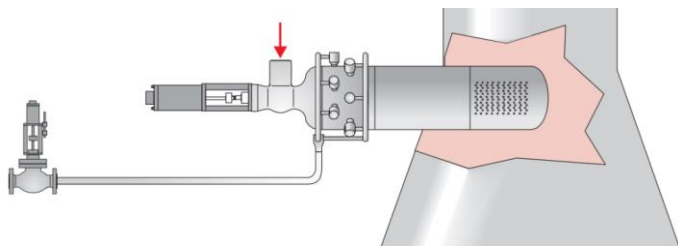
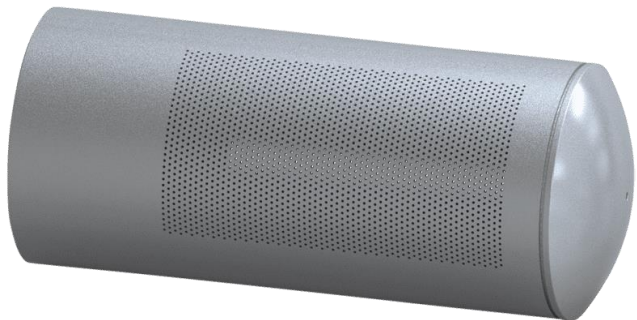
- ❑ HP header limitation de pression
- ❑ HP header pression controlee en ilotage ou arret
- ❑ HP header regulation de pression au démarrage



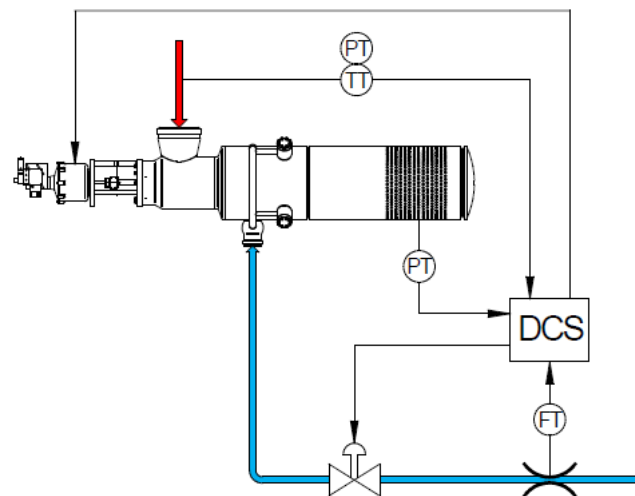
Contournement turbine 3/3

Dump tube

- Dimensionné avec la PRDS
- Soudé sur la gaine échappement GTA
- Réduire la pression en aval de PRDS à celle du condenseur



Vapeur HP



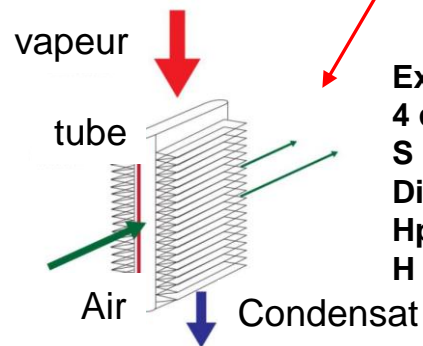
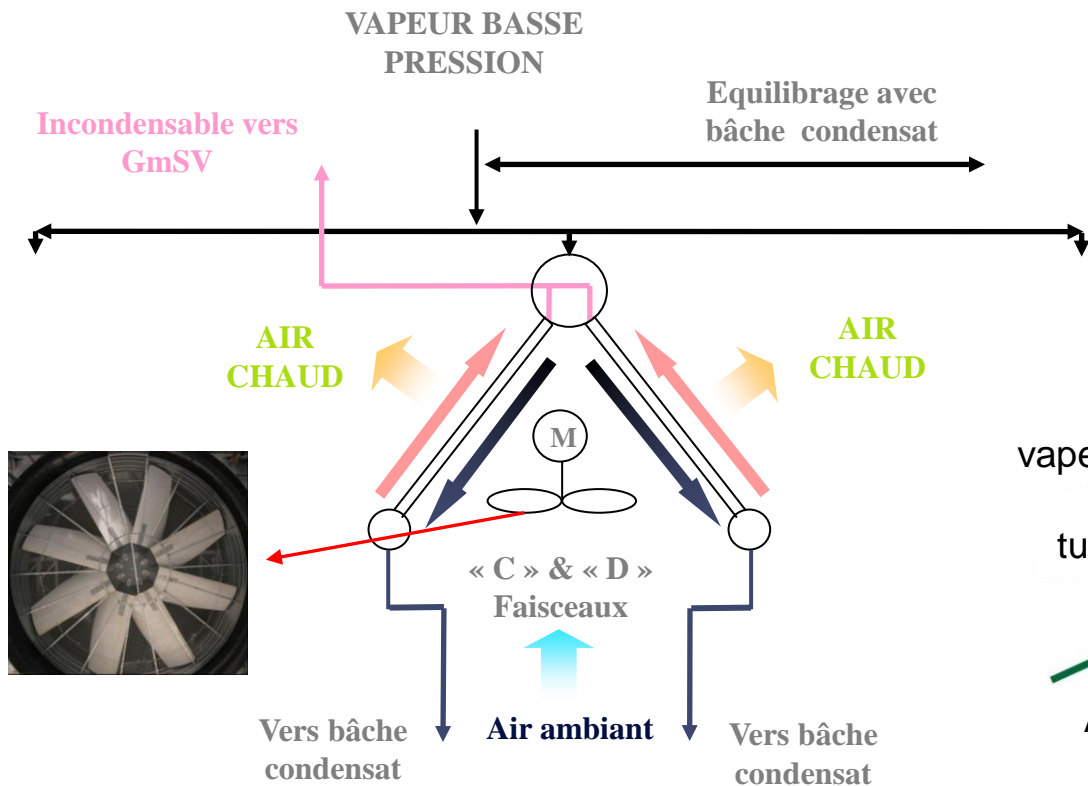
Eau de désurchauffe

$$Q = f(P_V; T_V, Q_V; P_{DT})$$

TURBINE : SECURITES

- Survitesse : dispositif mécanique ou électronique monté en bout d'arbre turbine
- Pression d'huile graissage trop basse : dispositif de déclenchement par seuil basse pression d'huile de graissage
- Pression vapeur trop haute, échappement turbine : pressostat sur échappement
- Pression vapeur soutirage turbine : pressostat sur soutirage
- Températures d'huile excessives : sondes de température
- Vibrations excessives : capteurs de vibrations
- sécurités extérieures à la turbine : chaudière et poste d'eau

AERO CONDENSEUR SOUS VIDE



Ex: 40 MWth (34 t/h @40°C)
4 cellules
S = 380000 m²
Dim (Lxlxh)= 25 x 25 x 24 m
Hplenum = 11 m
H = 24 W/m²/K

GROUPE DE MISE SOUS VIDE



Auxiliaire important de l'ACC

- Générer le vide depuis l'état froid
- Maintenir le vide évacuer les incondensables



Ejecteur de démarrage :

$P \downarrow 300$ mbar abs.

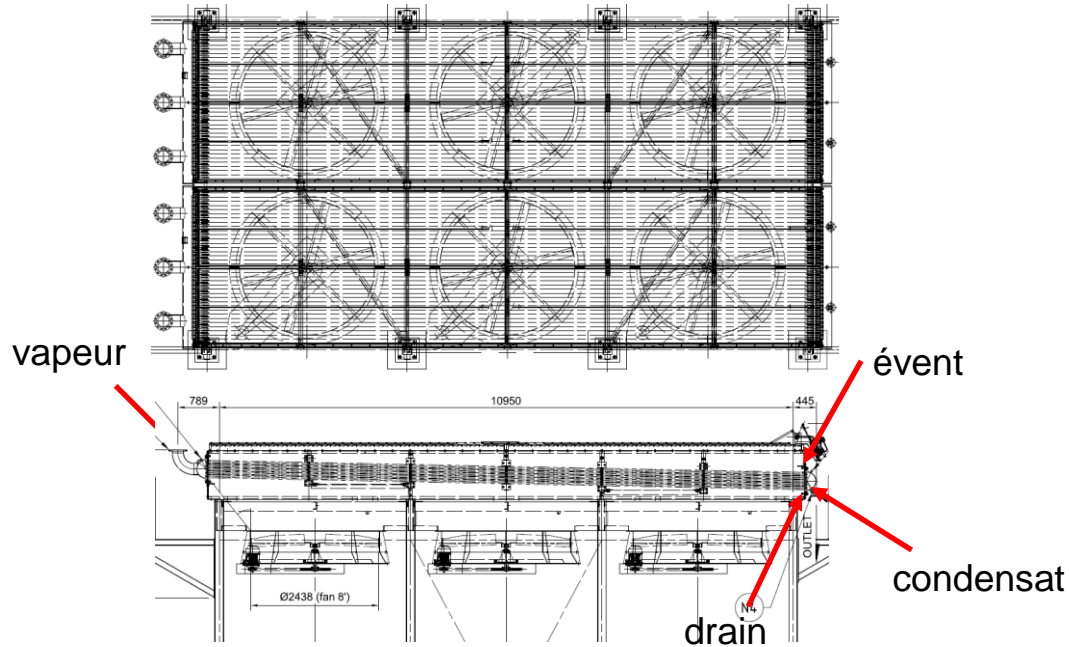
Ejecteurs de maintien (2 étages) :

$60 < P < 300$ mbar

Récupération de chaleur

➔ 2 échangeurs condenseur

AÉROCONDENSEUR SOUS PRESSION



Pression usuelle : 1,5 à 5 bars



Ex: 17 MWth (27,5 t/h @125°C)

6 cellules

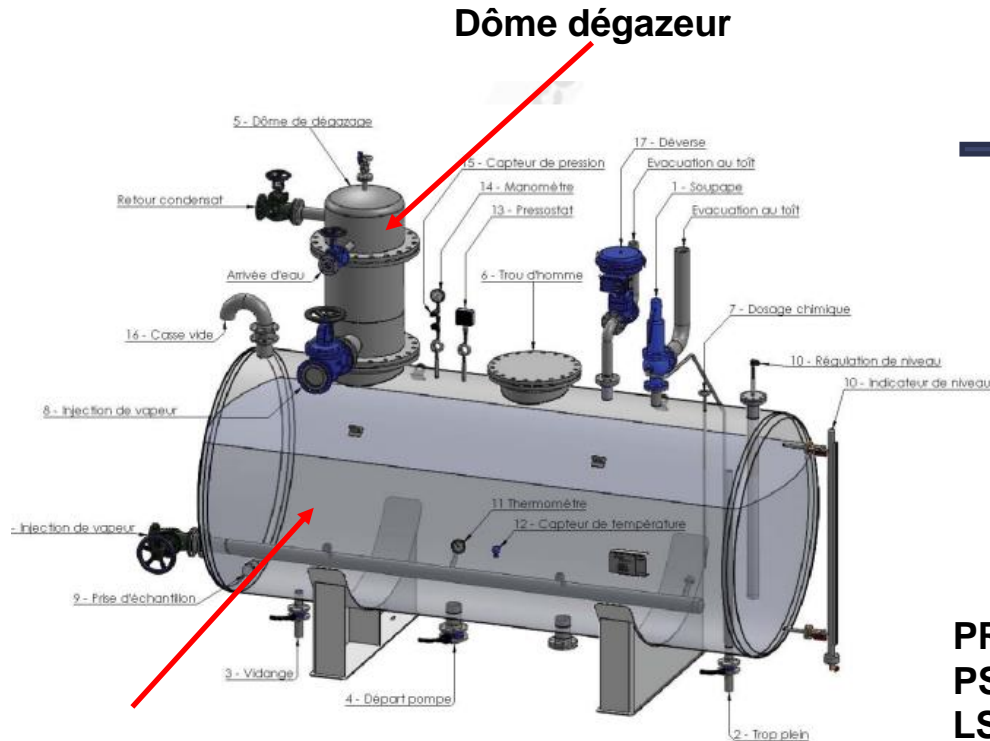
S = 9900 m²

Dim (Lxlxh)= 11 x 9 x 24 m

Hplenum = 6,5 m

H = 39 W/m²/K

DÉGAZEUR – BÂCHE ALIMENTAIRE



Bâche alimentaire
Autonomie 15 à 60 mn

Buées {
CO₂
O₂

Condensat du poste d'eau (ACC)
Condensat PRA
Appoint Eau Déminéralisée
Vapeur MP/BP

Eau alimentaire (<10 ppb O₂)

REGULATION

vapeur : Contrôle de la P/T° (105 à 140°C)

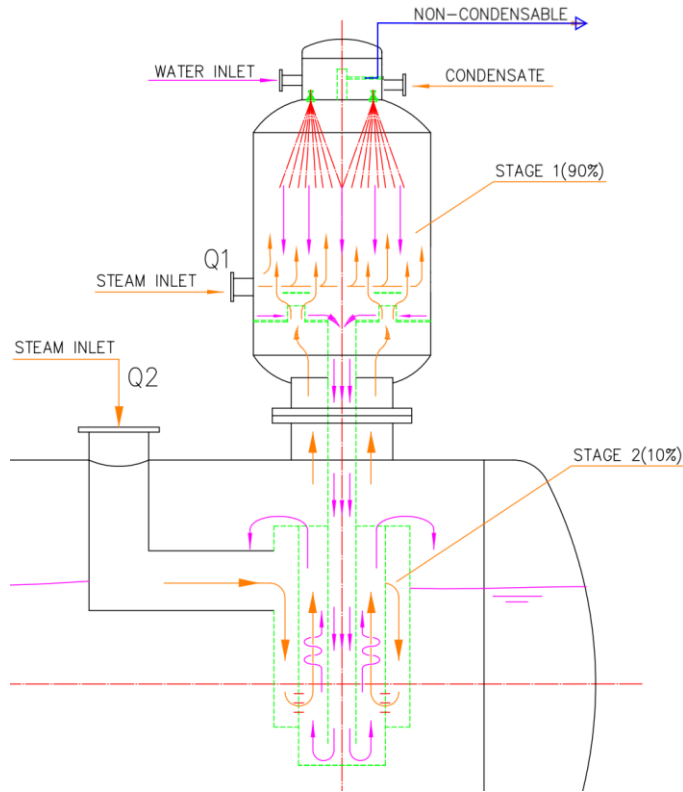
ED : contrôle du niveau de la bâche

PROTECTION

PSHH/PSLL : Soupape/casse vide

LSHH/LSLL : arrêt pompe ED/ arrêt pompe EA

Degazage Thermique à la vapeur



1: Les condensats et l'eau d'appoint sont pulvérisés en partie haute du dégazeur

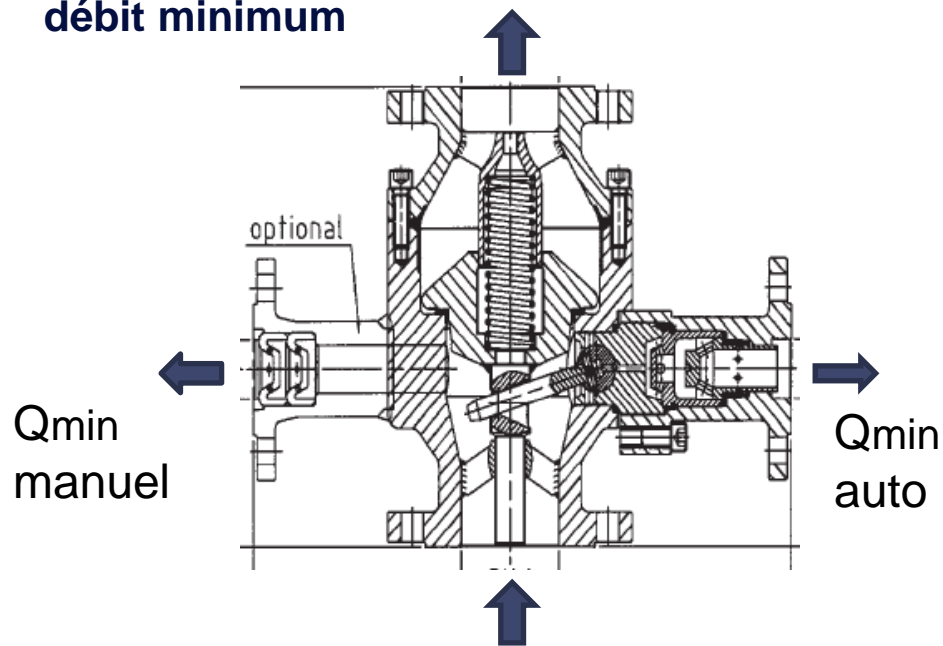
2: La vapeur de chauffage circule à contre-courant avec le condensat. Le gaz non condensable est extrait du condensat

3: Les gaz non condensables sont extraits vers le condenseur de l'évent du dégazeur avec une petite quantité de vapeur ou rejetés directement à l'atmosphère

POMPES ALIMENTAIRES

2 pompes/ligne situées sous le dégazeur

Clapet AR
débit minimum



T° fonctionnement : 105/140°C
Fct sur variateur → optimisation
3000 tr/mn



HMT : 1000 / 1400 m

Débit : 30 / 150 t/h

P : 150 / 900 kW

BOUCLES DE RÉGULATION & SÉCURITÉS PRESSION/T°

Export vapeur

- Mesures pression, température et débit
- Ajustement par vanne de contrôle
- Sécurité ➡ **PSH : EVENT** ➡ **PSHH : soupape**
- ➡ **TSHH : fermeture vanne de sécurité**

Barillet MP & dégazeur

- Mesures pression et température
- Ajustement par vanne de contrôle
- Sécurité ➡ **PSHH : Soupape**
- ➡ **TSHH : fermeture vanne de sécurité**

Bypass & ACC

- Mesures pression et température
- Ajustement par vannes de contrôle et vitesse rotation ventilateurs
- Sécurité ➡ **PSHH : disques de rupture (sous vide) ou soupape (en pression)**
- ➡ **TSHH : fermeture vanne de sécurité**

UTILITES

Production d'air comprimé:

Compresseurs: 500 à 1000 Nm³/h @ 10 bar

Sécheurs, Filtres, Réservoirs

Qualités Air Instrument & Service

Eau de refroidissement:

Circuit fermé eau + glycol (30%)

Évacuation par aéroréfrigérant :

- ➡ **Auxiliaires GTA**
- ➡ **Analyseurs eau, vapeur**
- ➡ **Paliers pompes alimentaires**

Production Eau déminéralisée :

**résines cationique (fortement acide) +
anionique (fortement basique)**

OU

Osmose inverse + EDI

Eau industrielle usée:

Réservoirs, pompes recirculation

Bassin de décantation, stockage, neutralisation

Stockage et distribution GNR

Réservoir, pompes

➡ **Brûleur, GES, pompe secours incendie**

Merci de votre attention

Jean-louis.peirano@suez.com