



# **ÉQUIPEMENT DE THERMODESTRUCTION DE P.H.U. ET DE GÉNÉRATION DE COURANT ÉLECTRIQUE**

**(2000 kg/h)**

## **SPÉCIFICATION GÉNÉRALE DE L'ÉQUIPEMENT**

## 1. GÉNÉRALITÉS

Ce document décrit les caractéristiques principales et le fonctionnement d'un équipement de génération de courant électrique de 3.300 kW (bruts) basé sur la récupération de chaleur et de matières premières (fils d'acier, cendres riches en ZnO, sulfate de sodium) dérivant de la thermodestruction de 2.000 kg/h de PHU (Pneus Hors d'Usage). Le procès consiste en la combustion de PHU entiers dans un four cylindrique tournant, d'où sortent les fumées qui sont envoyées à une chaudière de récupération où est récupérée la chaleur et effectuée la production de vapeur surchauffée pour la turbine. Une fois filtrées, les fumées sont évacuées par une cheminée, les quantités de polluants les plus importants présents étant continuellement surveillées.

La valeur de base, déterminant la condition de charge de toute l'installation, est la quantité horaire de PHU introduite dans le thermodestructeur, soit le "débit de PHU". Ce débit ne peut pas être maintenu constant dans le temps, parce que l'introduction des PHU est discontinue.

En fonction de ce débit, on obtient une certaine puissance thermique à l'entrée de la chaudière, qui détermine à son tour le débit de vapeur engendré par la chaudière et admis dans la turbine, soit donc - en définitive - la puissance électrique engendrée par le turboalternateur. Toutes ces valeurs varieront de façon discontinue en fonction de la discontinuité de l'alimentation des PHU.

Cet équipement est prévu pour être installé à l'intérieur d'un bâtiment. Certains composants, tels que les tours de refroidissement et les filtres des fumées, doivent être installés à l'extérieur.

Il est prévu d'installer un groupe électrogène de secours (panne de courant et bloc turbine) avec une potentialité en mesure de continuer à faire marcher les services indispensables pour la protection des outillages les plus critiques (four et chaudière).

Étant donné que ni la zone d'installation de l'équipement ni les conditions ambiantes locales ne sont connues, certains systèmes – tels que les tours de refroidissement, les compresseurs, les systèmes de circulation de l'eau et de l'eau déminéralisée - devront être dimensionnés au cas par cas, en fonction des conditions spécifiques.

## 2. COMPOSANTS DE L'ÉQUIPEMENT

L'équipement est fait des composants suivants:

- Système d'acheminement des PHU (de voitures et géants)
- Thermodestructeur PHU
- Dispositif de postcombustion avec brûleur au méthane
- Système de déchargement et de séparation fils/cendres
- Cheminée de bipasse des fumées chaudes
- Chaudière à récupération ou HRSG (Heat Recovery Steam Generator - générateur de vapeur à récupération de chaleur)
- Ventilateur maître, bipasse fumées froides et conduite menant les fumées jusqu'aux filtres
- Filtres à manches pour le dépoussiérage et la désulfuration
- Ventilateur de queue cheminée finale
- Turbogénérateur
- Composants cycle thermique
- Installation électrique de puissance (transformateurs, tableaux électriques, câbles)
- Groupe électrogène
- Système de contrôle et de supervision
- Installation de déminéralisation de l'eau
- Système de télésurveillance continue des émissions au niveau de la cheminée

### 2.1 Système d'acheminement des PHU

Le système d'acheminement des PHU, que ce soit des PHUV (pneus de voitures) ou des PHUG (géants, c'est-à-dire de camions), jusqu'au thermodestructeur est fait d'un système de stockage, de sélection et de manutention automatique des pneus jusqu'à la bouche du thermodestructeur, indépendant pour chacune des typologies.

Les lignes de stockage et de sélection en automatique auront les caractéristiques suivantes:

- rubans transporteurs à écailles en acier pour le stockage automatique
- système en cascade pour la sélection
- série de rubans et tables à rouleaux pour l'acheminement dans le four

Chaque ligne, avant d'arriver au four, se termine par une balance qui représente l'élément de contrôle du débit de combustible.

Normalement, ce type d'installation est associé à un bac pour le déchargement et le stockage des pneus (triés par typologie PHUV et G), qui est desservi par un véhicule muni d'une benne preneuse (grue automotrice avec bras hydraulique ou pont roulant) pour la manutention des pneus

jusqu'au système de chargement automatique: tout ceci est exclu de la fourniture.

## **2.2 Thermodestructeur et dispositif de postcombustion**

Le thermodestructeur où sont brûlés les PHU est un four cylindrique de type tournant en acier avec un revêtement réfractaire à l'intérieur.

La rotation se fait sur des roulements avec des paliers et est commandée par un seul système avec un moteur électrique commandé par un convertisseur de fréquence (vitesse 0÷2 tours/min variables).

Le four est muni d'une bouche d'alimentation des PHU avec un volet de fermeture à actionnement mécanique manuel.

L'air comburant est aspiré par la bouche du four à cause de la dépression provoquée par le ventilateur se trouvant en aval de la chaudière et également introduit par un ventilateur placé sur la tête d'alimentation, qui sert aussi de ventilateur pour le brûleur de préchauffage.

Le four sera équipé de deux brûleurs alimentés au gaz méthane, l'un pour le séchage du réfractaire et l'autre pour le préchauffage.

## **2.3 Système d'extraction des fils et des cendres du four**

Le système est fait d'un ruban à écailles en acier fin qui recueille les fils de la bouche de déchargement du four et les achemine à un séparateur vibrant qui sépare les fils des cendres; ceux-ci, sous l'effet de la gravité, sont recueillis dans deux grandes caisses de type mobile (pour permettre le remplissage, ne faisant pas partie de la fourniture) placées en dessous.

Au bout des zones de déchargement du crible vibrant est installé un système de refroidissement des fils et des cendres avec des vaporisateurs d'eau.

## **2.4 Postcombustion et bipasse des fumées chaudes**

Le dispositif de postcombustion est fait d'un tuyau d'acier avec un revêtement réfractaire à l'intérieur ; il est équipé d'un brûleur au gaz méthane, en mesure de se déclencher quand la température à l'intérieur du dispositif de postcombustion baisse en dessous de 850°C ou bien de contribuer à la production de chaleur pour la génération de vapeur pour une charge thermique maximale correspondant à 10 % de la potentialité de l'équipement.

Le tuyau de bipasse des fumées chaudes se trouve à la sortie du dispositif de postcombustion. Il s'agit d'une cheminée en acier avec un revêtement réfractaire à l'intérieur, équipée dans le haut d'une soupape (clapet) avec une servocommande pneumatique et un contrepoids, qui intervient en cas

d'urgence sur commande du système de contrôle. La fonction est de "protéger" la chaudière et toutes les installations en aval, en cas de blocage de l'installation, contre l'inertie thermique du thermodestructeur.

## **2.5 Chaudière à récupération**

La chaudière à récupération (générateur de vapeur à récupération de chaleur) produit de la vapeur en extrayant de la chaleur des fumées.

Il s'agit d'une chaudière équipée d'une chambre radiante, d'un économiseur, d'un évaporateur fait de faisceaux tubulaires et d'un surchauffeur, ce dernier avec un désurchauffeur pour la régulation de la température; la partie inférieure de la chaudière est équipée de trémies et de convoyeurs à vis pour recueillir, extraire et décharger les cendres dans des récipients adéquats.

Elle est en mesure de produire 16 t/h de vapeur surchauffée à 435 °C et 43,5 bars a, en récupérant la chaleur des fumées qui y entrent à 980 °C et qui en sortent à 170°C pour être traitées ensuite par le système de filtration.

Pour assurer la propreté à l'intérieur de la chaudière, il est prévu d'utiliser une technologie "à marteaux" pour tous les faisceaux tubulaires; pour les parois de la chambre radiante, des vibrateurs pneumatiques sont prévus.

## **2.6 Système d'aspiration et de traitement des fumées, cheminée**

Les fumées extraites de la chaudière par le ventilateur sont acheminées à travers un filtre à manches pour le dépoussiérage.

La désulfuration se fait ensuite par le mélange (mélangeur fluidodynamique statique) et la réaction des fumées avec du bicarbonate de sodium, (processus NEUTREC® - SOLVAY), puis par une filtration dans des filtres à manches.

Sur la ligne de traitement des fumées sont prévus des systèmes de protection de l'installation:

- Une conduite de bypass des fumées froides (dite aussi cheminée de secours n.1) en aval du ventilateur maître, avant les filtres; il est utilisé pendant le démarrage de l'installation (au méthane) ou bien commandé pour l'ouverture en cas de blocage de l'installation de filtration dû à une rupture des manches ou à une température trop élevée des fumées (avec l'ouverture du bypass, l'alimentation des pneus est bloquée);
- une soupape d'aspiration d'air de modulation "feint" à l'entrée du groupe des filtres, pour la régulation de la température si cette dernière est trop proche de la limite de résistance des matériels des manches;

Un silencieux est prévu entre le ventilateur de queue et la cheminée.

Le système de traitement des fumées doit garantir que les émissions respectent les normes les plus strictes à ce sujet, c'est-à-dire la loi 503 du 19.11.1997 (directives 89/369/CEE et 89/429/CEE)

## **2.7 Turbogénérateur**

Le turbogénérateur à condensation, avec une puissance de 3300 kW aux bornes, est du type "package", assemblé et câblé sur un seul embase. La vapeur entre dans la turbine à une température de 430°C et à une pression de 42 bars a.

Il est muni d'un tirage pour la vapeur allant au dégazeur et il est configuré avec le condensateur positionné en dessous, longitudinalement par rapport à l'axe de la turbine.

## **2.8 Composants du cycle thermique pour turbine à seule condensation**

Ce que l'on entend par composants du cycle thermique, ce sont tous les éléments qui contribuent à l'acheminement de la vapeur à la turbine et donc à la condensation, au dégazage et à l'alimentation d'eau pour la chaudière.

Les composants prévus sur l'équipement sont les suivants:

- n.1 condensateur principal sous vide, avec système de vidage (éjecteurs pour extraction des éléments qui ne peuvent pas être condensés) avec un petit condensateur
- n.1 condensateur auxiliaire atmosphérique équipé de garde hydraulique
- n.2 pompes principales d'extraction des produits condensés
- n.2 pompes auxiliaires d'extraction des produits condensés
- n.1 dégazeur avec une caisse d'accumulation des produits condensés
- n.2 pompes d'alimentation
- n.8 tours de refroidissement à évaporation
- n.2 pompes de circulation de l'eau aux condensateurs
- soupape de bipasse turbine
- soupapes et tuyauterie
- instruments sur place et à transduction
- installation d'injection chimique de l'eau de chaudière
- installation de traitement de l'eau de la tour
- n. 2 pompes d'intégration de l'eau déminéralisée au dégazeur
- n. 1 pompe de secours de l'eau déminéralisée au dégazeur

## **2.9 Composants de l'équipement électrique**

L'équipement électrique est subdivisé en trois locaux bien distincts:

- La cabine de livraison où sont prévus les tableaux pour les relevés du courant vendu
- La cabine de puissance où sont prévus:
  - Tableau électrique M.T. 20KV
  - Transformateur principal 6KV→20KV
  - Transformateur de démarrage et d'exercice 20KV→380V
  - Tableau électrique M.T. 6KV (montant et centre étoile générateur)
  - Tableau protections de la machine et convertisseurs de relevés
  - Tableau Power Center (PC)
- La salle des tableaux, située près de la salle de contrôle, où sont prévus:
  - Tableaux MCC (Motor Control Center)
  - Chargeur de batterie – batteries – inverseur

### **2.10 Groupe électrogène**

Il s'agit d'un groupe alimenté au gasoil avec un système de démarrage en automatique en cas de panne quelconque de courant électrique dans l'installation.

Il a pour but d'alimenter les outillages indispensables pour mettre toute l'installation en condition de sûreté, avec une autonomie de 2 heures.

### **2.11 Tours de refroidissement**

Pour le refroidissement de l'eau de circulation dans le condensateur principal sont prévues des tours à évaporation avec un tirage forcé, en mesure de maintenir les valeurs de température nominales pendant toute l'année à peu près.

Elles sont en acier galvanisé et en acier inox et sont placées sur une vasque en béton armé qui sert d'accumulation et de zone de prise pour les pompes de circulation.

La consommation d'eau due à l'évaporation et à l'entraînement est de 20 m<sup>3</sup>/h environ, en plus de 10 m<sup>3</sup>/h environ de vidange, pour un total de 30 m<sup>3</sup>/h environ.

### **2.12 Système de régulation et de supervision**

À l'intérieur de la salle de contrôle seront installés sur un pupitre:

- Système de supervision et de contrôle de type DCS au moyen duquel, à partir d'un clavier, seront démarrés et contrôlés tous les outillages de l'installation
- Commandes pour le turboalternateur avec:
  - tableau de commande et de contrôle
  - synchroniseur manuel et automatique
  - instruments pour l'amorçage
  - instruments de relevés (voltmètre, ampèremètre, indicateur de phase)

### **2.13 Installation de déminéralisation**

L'équipement de déminéralisation de l'eau (avec les systèmes de dégazage et de rectification) devra être en mesure de compléter les dispositifs de vidange de l'eau et de la vapeur, en assurant une qualité toujours constante de l'eau produite.

### **2.14 Système de télésurveillance continue des émissions au niveau de la cheminée**

Sur l'installation de thermodestruction sera installé un système de télésurveillance des fumées complet, comme le demande le DMA n°503 de 19/11/97.

Par conséquent, sur l'installation devront être prévus:

- les connexions sur la cheminée pour les sondes
- les sondes + un système d'interface avec des analyseurs
- le signal de sortie pour le contrôle en automatique du système de traitement des fumées (éventuel)

Le tableau principal sera installé le plus près possible de la cheminée.

## **3 EXCLUSIONS**

Sont exclus de la fourniture:

- Tous les ouvrages de génie-civil (embasements, bâtiments, vasques, etc)
- L'installation pour la production de l'air comprimé
- Le système d'alimentation de l'eau industrielle
- Les systèmes et réseaux de lutte contre les incendies
- Le pont roulant desservant le turboalternateur
- Les systèmes de manutention des pneus dans la zone de ramassage et de stockage (par exemple, ponts roulants ou véhicules sur roues équipés de benne preneuse)

- Les caisses de ramassage des fils et des cendres
- La cabine de réduction du méthane et le réseau de méthane jusqu'aux limites des brûleurs
- Les étages et les escaliers de service en charpente métallique différant de ce qui est déjà prévu sur les machines-outils
- Le réseau des drainages
- L'éclairage des locaux à l'intérieur et à l'extérieur

## **4. SYSTÈMES PRINCIPAUX**

### **4.1 Système combustible-air-fumées**

Le combustible PHU et l'air comburant sont introduits à l'entrée du thermodestructeur.

Les fumées chaudes engendrées dans le thermodestructeur traversent les échangeurs de la chaudière (surchauffeur, évaporateur à faisceaux tubulaires, économiseur) où elles se refroidissent ; puis elles sont aspirées par un ventilateur à travers le filtre à cendres et le désulfurateur avant de sortir de la cheminée.

Deux cheminées de secours sont prévues, toutes les deux normalement hors service: le tuyau de bypasse des fumées chaudes, qui permet de décharger directement les fumées dans l'atmosphère avant leur entrée dans la chaudière, et la cheminée en aval du ventilateur maître, qui protège les filtres contre des températures élevées éventuelles.

### **4.2 Système eau-vapeur**

L'eau d'alimentation dégazée, à la température de 110 °C environ et à la pression de 1,5 bars, est pompée à travers l'économiseur dans la chaudière où se forme la vapeur à environ 45 bars a; celle-ci est ensuite surchauffée jusqu'à 435 °C environ dans le surchauffeur.

Cette vapeur alimente la turbine et la soupape du supplément de vapeur au dégazeur.

Sur les lignes de la vapeur est prévue l'étage pour la soupape de bypasse, qui a pour but de permettre le démarrage de la chaudière et en plus de contourner la turbine en cas de blocage.

La soupape de bypasse décharge la vapeur désurchauffée dans le condensateur auxiliaire alimenté, en eau de circulation, par celle qui sort du condensateur principal.

Les pompes d'alimentation qui pompent dans la ligne d'alimentation de la chaudière aspirent du dégazeur; elles sont munies de soupapes de réglage de niveau.

### **4.3 Système d'eau de circulation**

Il s'agit d'un "système fermé"

Pour condenser la vapeur dans les condensateurs (principal et auxiliaire) et pour les systèmes de refroidissement à cycle fermé (réfrigérants huile turbine et réfrigérants alternateur) un système de circulation a été adopté avec un refroidissement au moyen de tours à évaporation avec une ventilation forcée.

Le système est fait de:

- n.8 tours de refroidissement à évaporation groupées sur 4 cellules
- n.8 ventilateurs axiaux (un pour chaque tour)
- n.2 pompes de circulation de l'eau, de type vertical

## 5. DONNÉES DE RÉFÉRENCE STANDARD

### 5.1 Conditions maximales ambiantes et opérationnelles

Température maximale	+40 °C
Température minimale	-5 °C
Humidité relative moyenne par an	60 %
Capacité opérationnelle (46 semaines de 7 jours)	7728 heures
Arrêts ordinaires en hiver (Noël)	2 semaines
Arrêts ordinaires en été (août)	4 semaines

### 5.2 Données d'exercice

#### Système d'alimentation des pneus

##### PHUV

Débit nominal	2000 kg/h
Diamètre max	800 mm
Hauteur max	350 mm
Poids	6÷7 kg
Typologie d'accumulation	Pêle-mêle
Poids/volume moyen	100 kg/m <sup>3</sup>

##### PHUG

Débit nominal	2000 kg/h
Poids	60÷70 kg
Diamètre max	1400 mm
Hauteur max	460 mm
Typologie d'accumulation	Pêle-mêle

L'équipement est prévu pour un fonctionnement standard avec 100% de PHUV. L'opérateur peut faire varier le pourcentage de PHUG de 0 à 100% à la place des PHUV.

**Thermodestructeur**

Dépression au niveau de la bouche	-15 mm env.
Débit fumées effectif	200.000 Em <sup>3</sup> /h
Densité fumées standard	1.31 Kg/Nm <sup>3</sup>
Température fumées	1000 env. °C
Température chambre de combustion max	1350 °C
Puissance brûleur thermique séchage	300.000 Kcal/h
Puissance brûleur thermique préchauffage	5.500.000 Kcal/h
Débit vent. air combur. n.1 (sur brûleur)	17000 Nm <sup>3</sup> /h
Hauteur d'élévation ventilateur air combur. n.1	220 mm env.
Débit ventilateur air comburant n.2	18.000 Nm <sup>3</sup> /h
Hauteur d'élévation ventilateur air combur. n.2	350 mm env.
Vitesse de rotation thermodestruction	0 ÷ 2 tours/min.
Débit extract. fils sans cendres (20% poids)	400 kg/h env.
Poids/volume fils	1.500 kg/m <sup>3</sup>
Débit extraction cendres (2% poids)	0.2 m <sup>3</sup> /h env.
Poids/volume cendres	300 kg/m <sup>3</sup>

**Postcombustion**

Puissance brûleur au méthane	2500000 Kcal/h
Températures entrée fumées	>950 °C
Température sortie fumées	980 ±30 °C
Vitesse fumées	>10 m/s
Temps de contact	>2 secondes

**Chaudière à récupération**

Température fumées entrée	980 ±30 °C
Température fumées sortie économis.	170 °C
Production vapeur surchauffée	16 t/h
Température vapeur surchauffée	435±5 °C
Pression vapeur surchauffée exercice	45 bars abs.
Pression vapeur surchauffée projet	54 bars abs.
Température eau d'alimentation	110 °C
Pertes de charge côté fumées (propre/sale)	30/ 150 mm env.

**Turboalternateur**

Température entrée vapeur	430 °C
Pression entrée vapeur	42 bars abs.
Puissance électrique brute	3.300 kW
Tension et fréquence	6000 - 50 V - HZ

## Condensateur principal

Débit vapeur à condenser	environ 13 t/h
Pression condensateur (à environ 33°C)	0.07 bar

## Condensateur auxiliaire

Débit vapeur à condenser	environ 21 t/h
Pression condensateur	Atm (+0.2 bars)

## Système d'extraction des fumées et de désulfuration

Dépression à maintenir à la sortie de la chaudière (éco)	200 mm env.
Température fumées entrée	170 °C
Température fumées sortie cheminée	160 °C environ
Débit ventilateur maître	75.000 Em <sup>3</sup> /h
Pression totale ventilateur maître	2240 Pa
Débit ventilateur queue	78.000 Em <sup>3</sup> /h
Pression totale ventilateur total	3770 Pa

## Valeurs garanties d'émissions au niveau de la cheminée et type d'analyse

DESCRIPTION		D.M. n. 503 du 19/11/97 (Dir. 89/369/CEE et 89/429/CEE) (Données réf.: 11%O <sub>2</sub> - 0°C - 0.1013MPa):	Directive 2000/76/CE (limiti dal 28.12.2005)	
				(1)
1	Monoxyde de carbone	50 mg/m <sup>3</sup> moyenne / j 100 mg/m <sup>3</sup> moyenne / h	50 mg/m <sup>3</sup> moyenne / j 100 mg/m <sup>3</sup> moyenne / semih	c
2	Poussières totales	10 mg/m <sup>3</sup> moyenne / j 30 mg/m <sup>3</sup> moyenne / h	10 mg/m <sup>3</sup> moyenne / j 30 mg/m <sup>3</sup> moyenne / semih	c
3	Substances organiques	10 mg/m <sup>3</sup> moyenne / j 20 mg/m <sup>3</sup> moyenne / h	10 mg/m <sup>3</sup> moyenne / j 20 mg/m <sup>3</sup> moyenne / semih	c
4	Acide chlorhydrique	20 mg/m <sup>3</sup> moyenne / j 40 mg/m <sup>3</sup> moyenne / h	10 mg/m <sup>3</sup> moyenne / j 60 mg/m <sup>3</sup> moyenne semi h	c
5	Acide fluorhydrique	1 mg/m <sup>3</sup> moyenne / j 4 mg/m <sup>3</sup> moyenne / h	1 mg/m <sup>3</sup> moyenne / j 4 mg/m <sup>3</sup> moyenne / semih	c
6	SO <sub>2</sub>	100 mg/m <sup>3</sup> moyenne / j 200 mg/m <sup>3</sup> moyenne / h	50 mg/ m <sup>3</sup> moyenne day 200 mg/ m <sup>3</sup> moyenne semi h	c
7	NO <sub>2</sub>	200 mg/m <sup>3</sup> moyenne / j 400 mg/m <sup>3</sup> moyenne / h	200 mg/m <sup>3</sup> moyenne / j 400 mg/m <sup>3</sup> moyenne /semi h	c
8	Cd + Tl	0.05 mg/m <sup>3</sup> moyenne / h	0.05 mg/m <sup>3</sup> moyenne / h	p
9a	Hg	0.05 mg/m <sup>3</sup> moyenne / h	0.05 mg/m <sup>3</sup> moyenne / h	p
10a	Métaux lourds			
10b	Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu +Mn+Ni+V+Sn	0.5 mg/m <sup>3</sup> somme moyenne / h	0.05 mg/m <sup>3</sup> somme moyenne / h	p
10d	Cr + Co + Ni + As	0.5 mg/m <sup>3</sup> moyenne / h		p
11	PCDD + PCDF	0.0000001 mg/m <sup>3</sup> moyenne 8 h	0.0000001 mg/m <sup>3</sup> moyenne 8 h	p
12	Hydroc. polycycliques. aromat.)	0.01 mg/m <sup>3</sup> moyenne 8 h	0.01 mg/m <sup>3</sup> moyenne 8 h	p

**LÉGENDE:** C = enregistrement Continu  
P = enregistrement Périodique

**Installation déminéralisation**

Intégration moyenne en exercice	5   m <sup>3</sup> /h
Qualité (avec tour à lit mixte adjointe)	0.1   μs/cm

**Tours de refroidissement**

Chaleur à écouler	7.000.000   kcal/h
Débit eau de refroidissement	1.000   m <sup>3</sup> /h
T eau à l'entrée (nominale)	36 °C
T eau à la sortie (nominale)	28 °C
T ambiante bulbe humide (nominale)	24   °C