

# Les procédés de traitement thermique des déchets

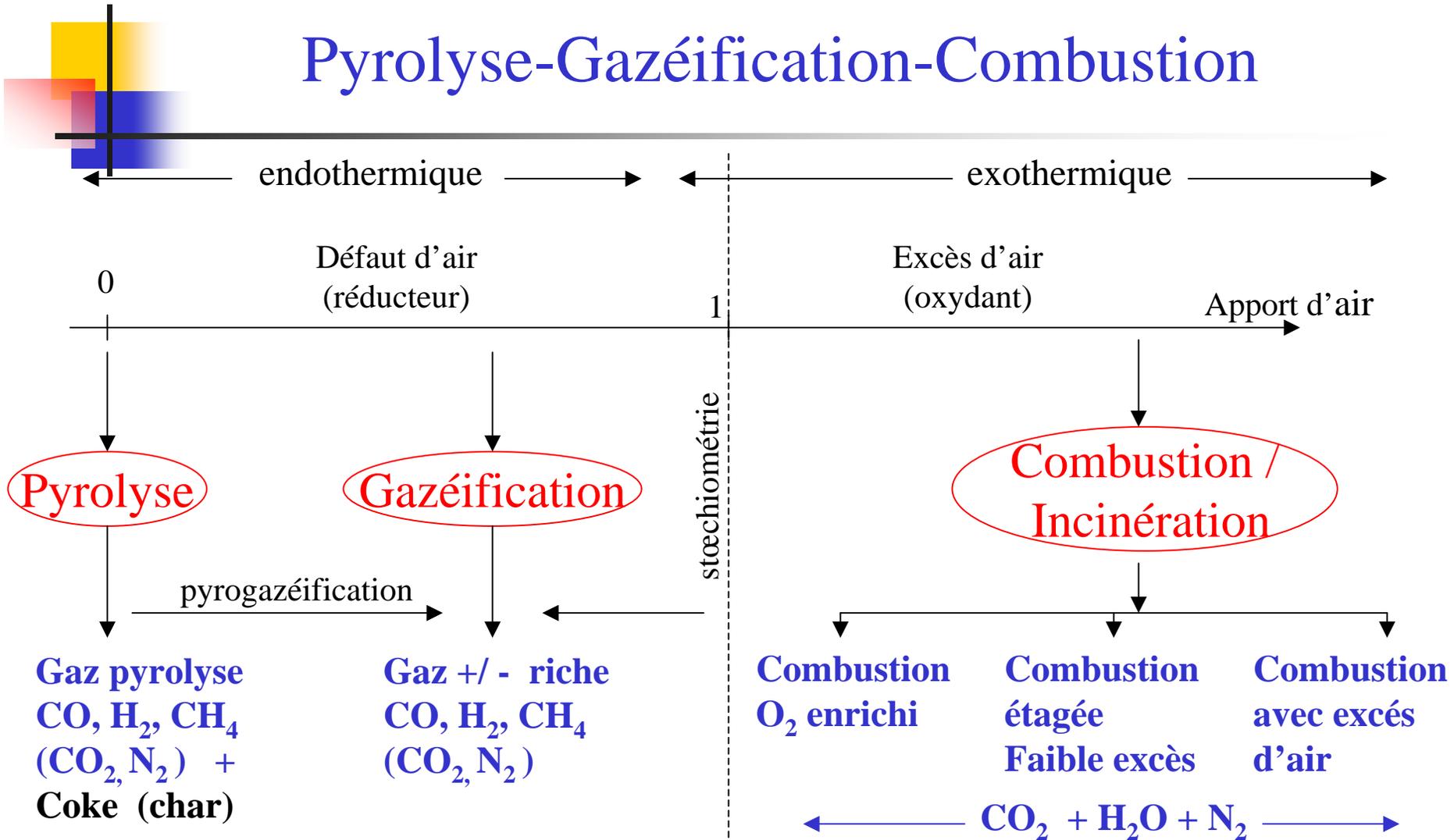
Gérard ANTONINI

Université de Technologie de Compiègne (U.T.C)

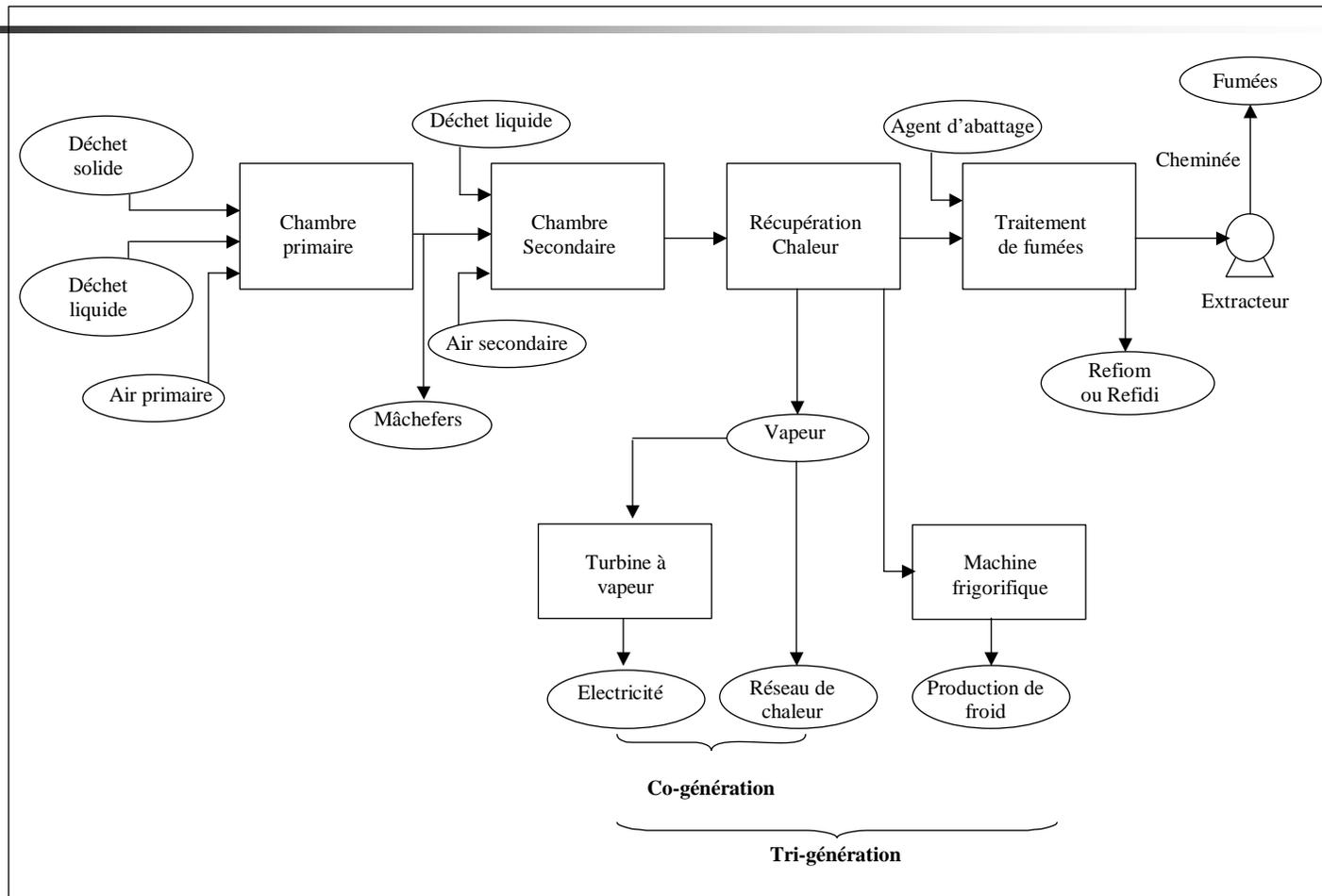
Tel. 03.44.23.44.28

Fax : 03.44.23.19.80

# Pyrolyse-Gazéification-Combustion

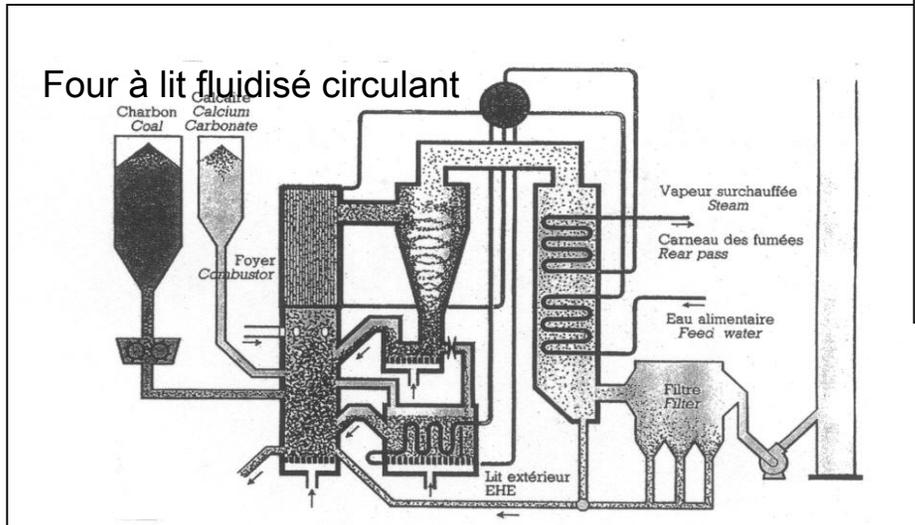
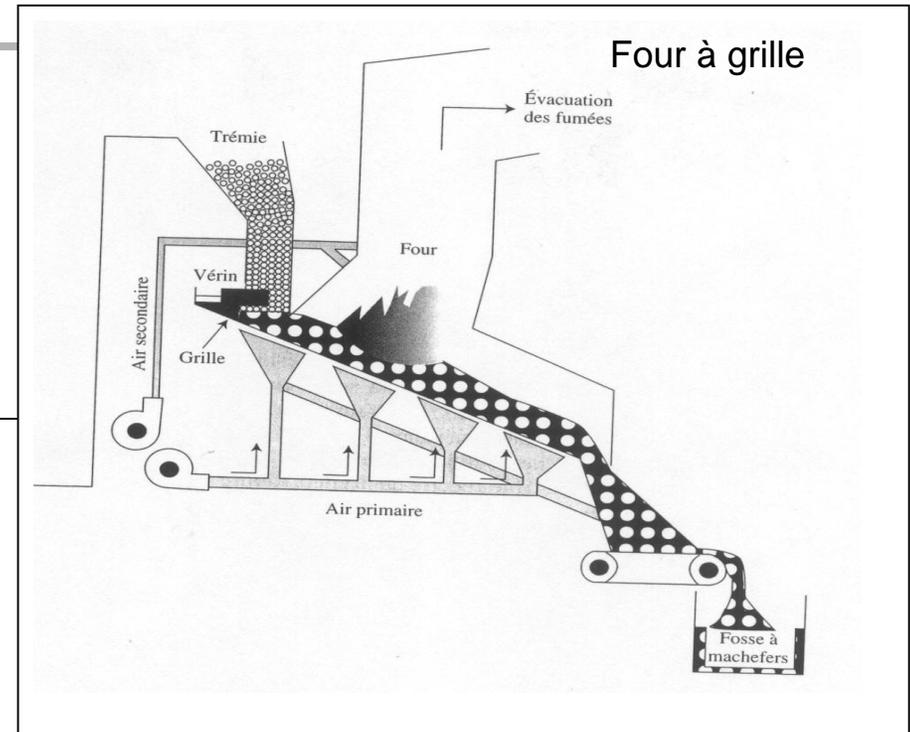


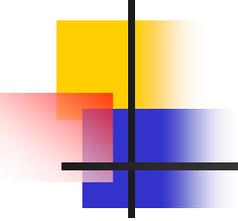
# Principe de fonctionnement d'une unité d'incinération de déchets



# Principaux types de dispositifs de traitement thermique incinératif

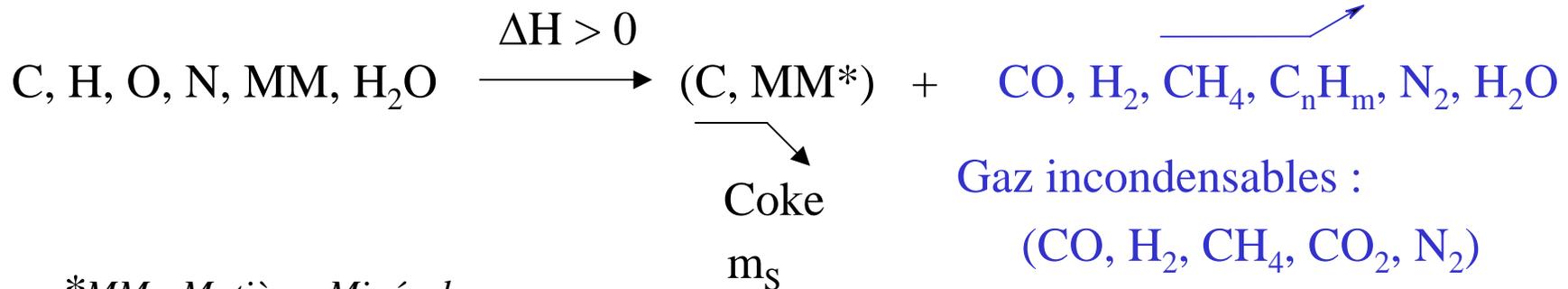
- Four à grille
- Four tournant
- Four à lit fluidisé





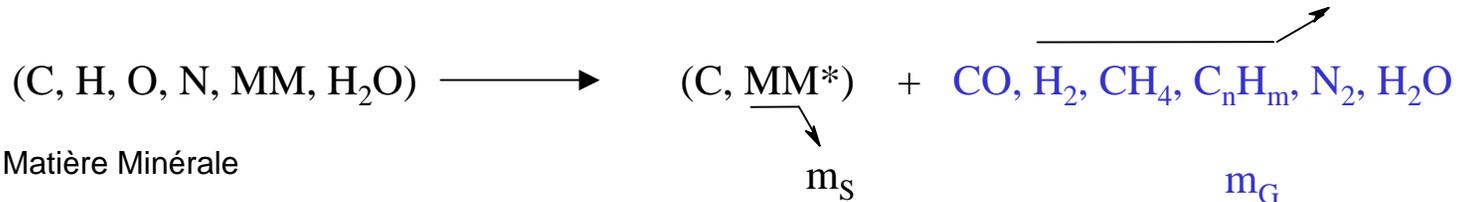
# Pyrolyse

- Atmosphère réductrice
- Réaction endothermique
- $350\text{ °C} < T < 600\text{ °C}$



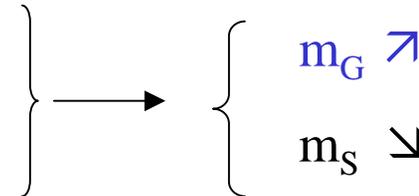
\*MM : *Matières Minérales*

# Orientation des réactions de pyrolyse



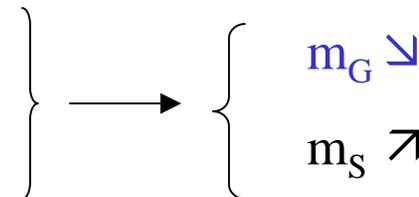
## ■ T élevée (500 – 600°C)

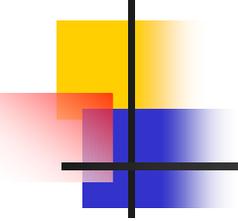
- Temps de séjour faible
- Vitesse de chauffe élevée



## ■ T basse (350 – 400°C)

- Temps de séjour élevé
- Vitesse de chauffe lente



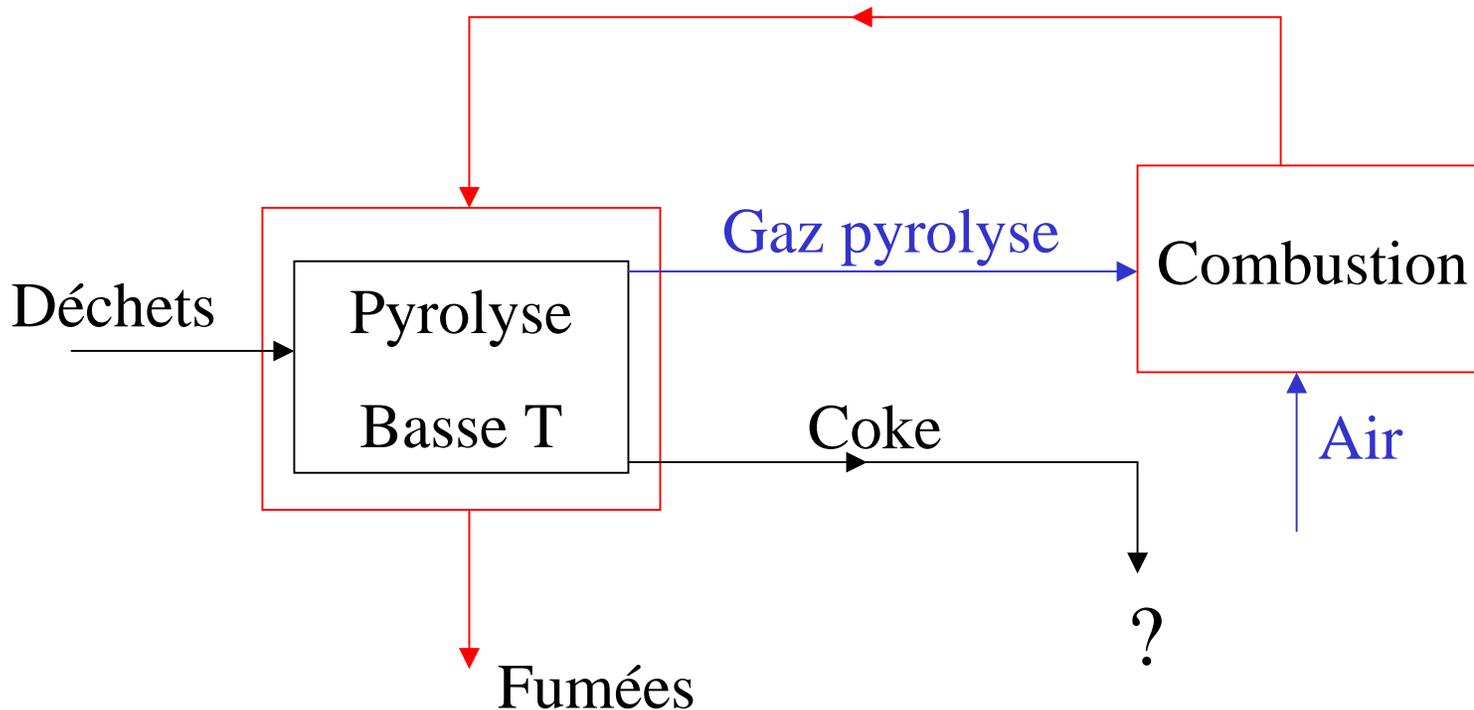


# Produits de pyrolyse pour 1 tonne de biomasse (sur sec)

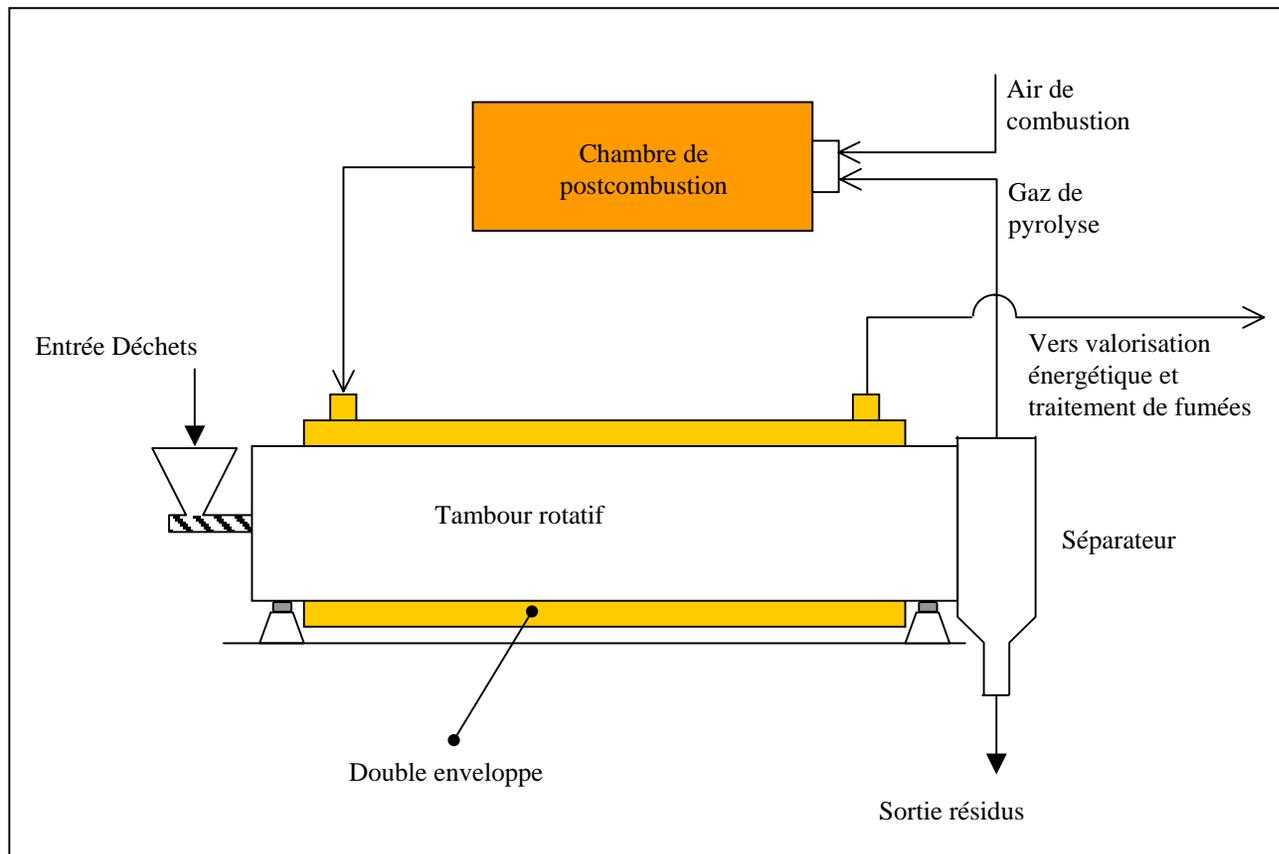
1 tonne MS	T haute 500°C	T basse 350°C
Gaz de pyrolyse dont :	840 kg	570 kg
■ huile (aromatiques, Hydrocarbures Lourds)	730	190
■ Gaz H <sub>2</sub> , CO, CO <sub>2</sub>	110	380
Coke de pyrolyse	160 kg	430 kg

# Schéma Pyrolyse basse T, long Temps de séjour

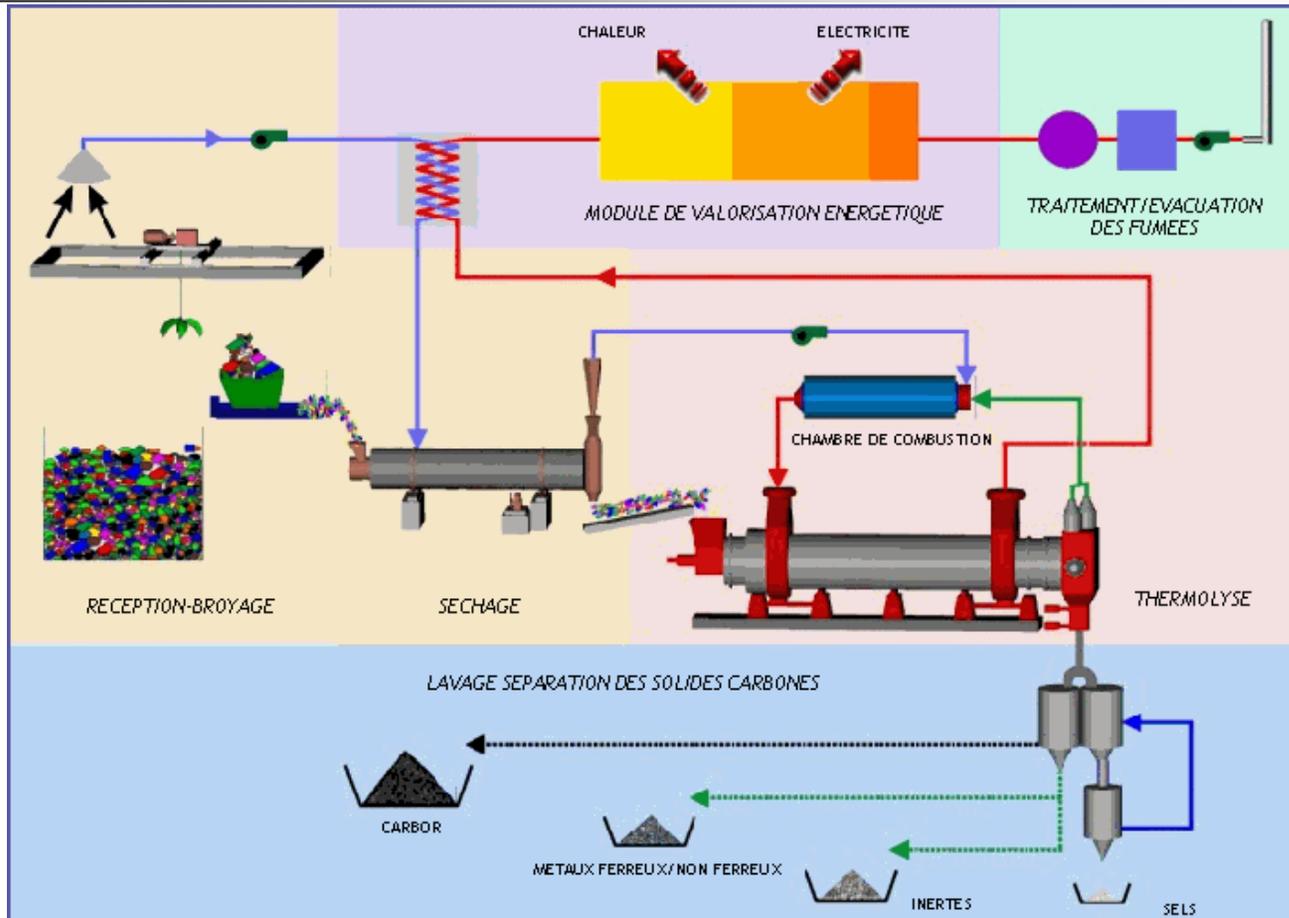
Ex. : Procédé Thide (Unité d'ARRAS)



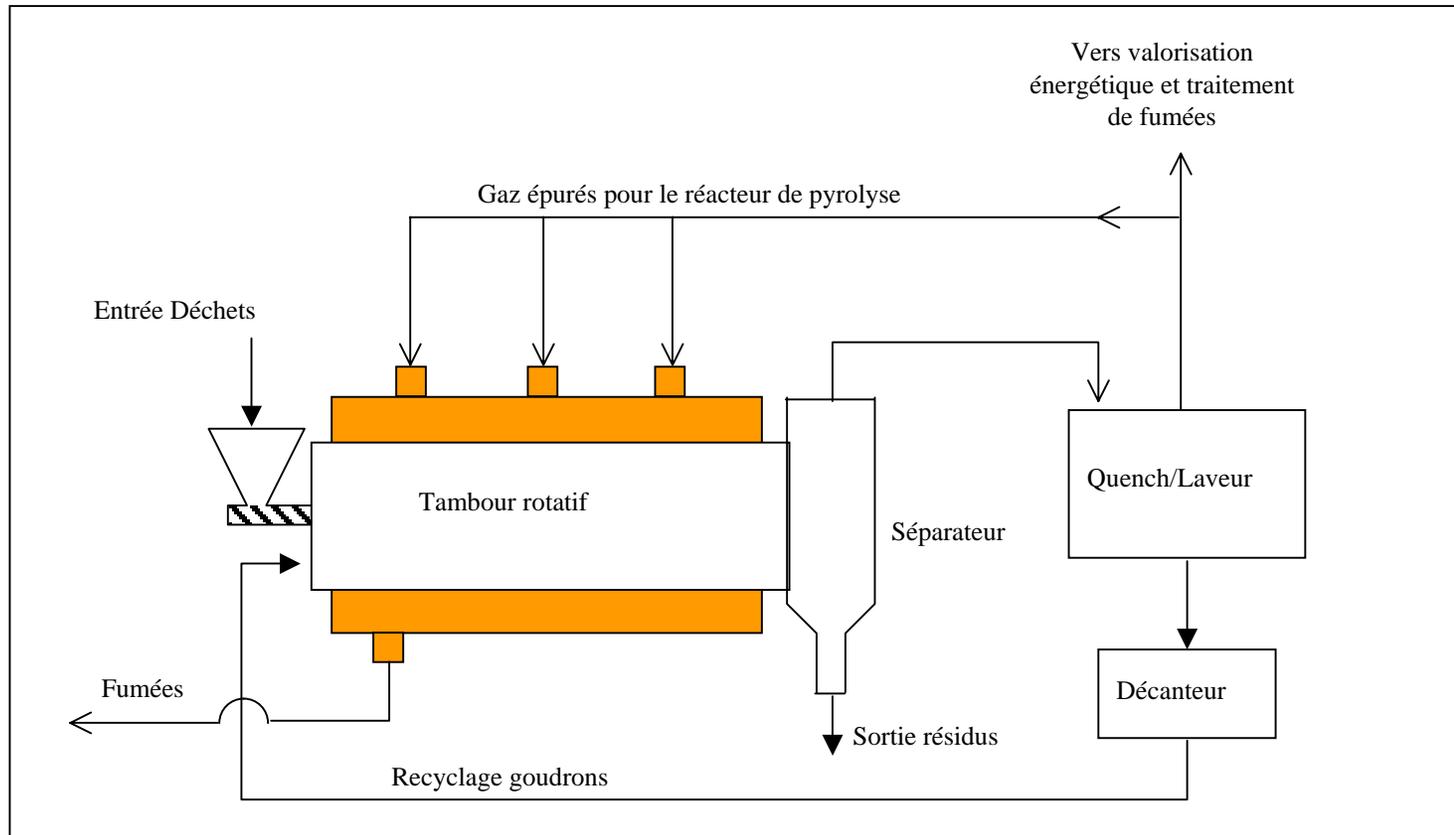
# Schéma de principe du procédé Thide

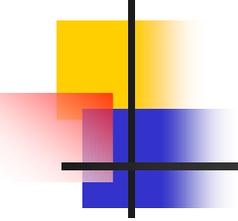


# Procédé Thide



# Schéma de principe du procédé WGT

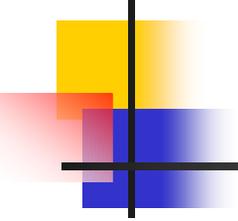




# Pyrolyse versus Incinération

---

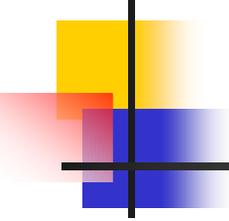
- Volume global des fumées
  - La combustion de gaz nécessite un très faible excès d'air
  - La combustion du coke nécessite un excès d'air similaire à la combustion des déchets
- ➔ Volume global des fumées (incluant combustion du gaz et du coke) peu différent en Pyrolyse et Incinération



# Pyrolyse versus Incinération

---

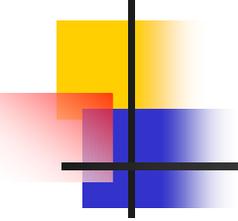
- **Acceptabilité sociétale**
- **Technologies-Équipements**
  - Réacteur en acier réfractaire car Temp. + faible
  - Installation de pyrolyse beaucoup plus petite (2000-2500 Nm<sup>3</sup> à 500°C au lieu de 5500 Nm<sup>3</sup> à 900°C)
  - ➔ **Technologie moins coûteuse**
  - Le pyrolyseur contient des gaz inflammables
  - ➔ **Exigences en matière de fuites (risque feu)**



# Caractéristiques du gaz de pyrolyse

---

- Nature des polluants :
  - Minimisation des NOx (atmosphère réductrice)
  - Minimisation des Dioxines (Chlore dans le coke)
  - Métaux Lourds : Mercure,  
(Autres métaux lourds dans le coke)
- Huiles et goudrons

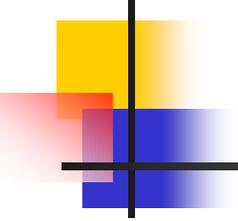


# Caractéristiques du Coke de pyrolyse

---

## Valorisation « matière »

- Métaux (Fe, Al, ???) propres, non oxydés, faciles à séparer et valoriser
- Polluants : Halogènes → lavage (sels recyclables)
- Inertes

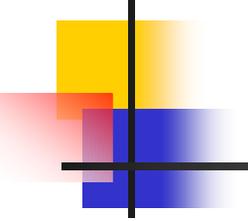


# Caractéristiques du Coke de pyrolyse

---

## Valorisation « énergie »

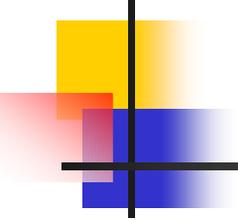
- PCI ~ 4 300 kcal/kg
- Valorisation énergétique en incinération ou co-incinération
- Polluants : Métaux Lourds (Zn, Pb, Cd, ...) → nécessité de traitement des fumées après combustion du Coke adapté aux ML
- Dioxines : ?



# Valorisation du Coke de pyrolyse

---

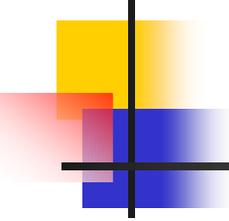
- Chaufferies industrielles/Chauffages collectifs :
  - Si déchet permet coke propreou
  - Si épuration du coke suffisante
  - Coke considéré comme Combustible Solide de Récupération
  - Application de la Circulaire du 11 Août 1997 (Demande au MEDD via DRIRE)
  - Classement en 2910 B



# Valorisation du Coke de pyrolyse

---

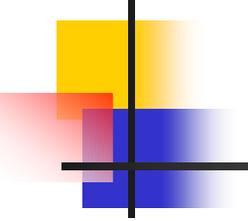
- Chaufferies industrielles/Chauffages collectifs :
  - Si Polluants => traitement des fumées type « incinération »
  - Polluants => classement en rubrique ICPE 167 C →
    - Démarches administratives
    - Acceptabilité sociétale (image de marque)
- ➔ **Pas attractif pour les chaufferies**



# Autres valorisations possibles du coke de pyrolyse

---

- Production de déchets en quantités dispersées (ex.: fientes de volailles)
  - Incinérateur à 200 km
  - Transport H<sub>2</sub>O, pb odeurs, pb écoulement du camion
- Station balnéaire
  - Forte production de déchets en été
  - Faible demande énergétique en été



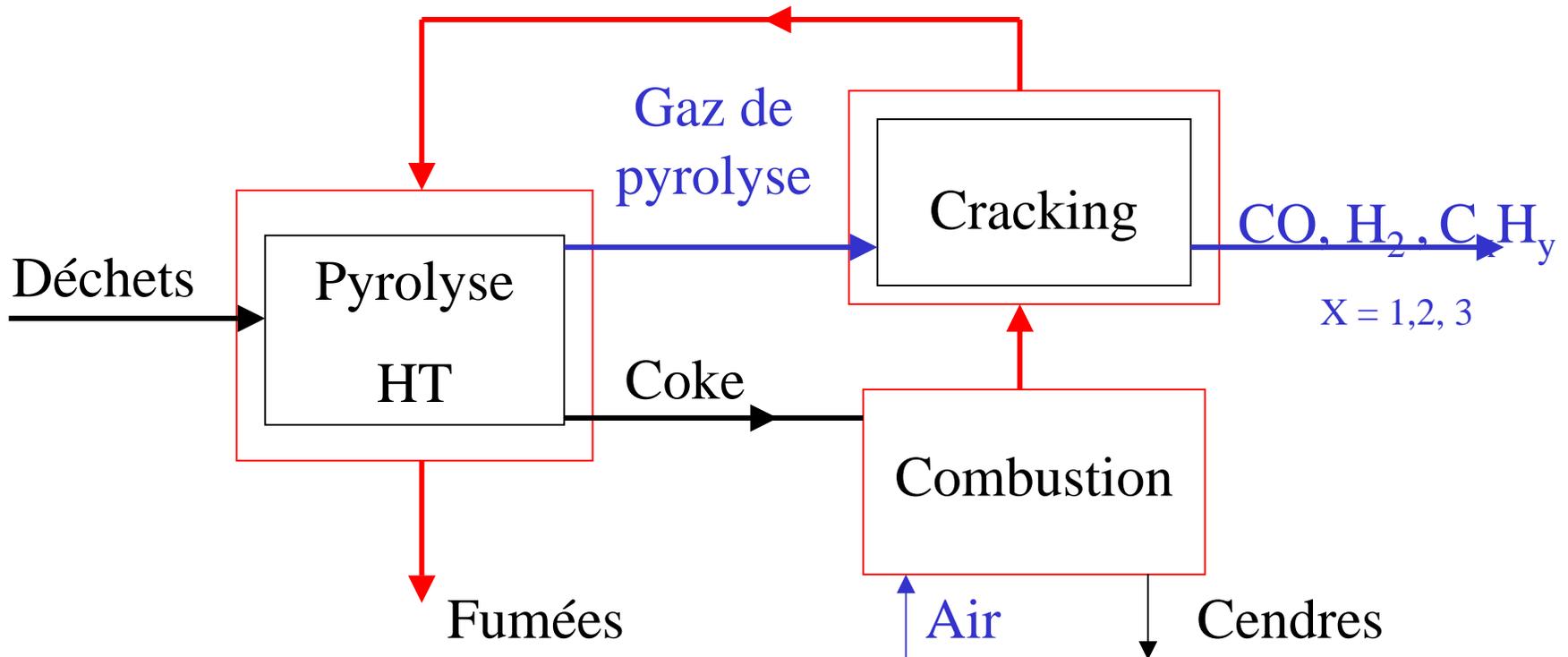
# Autres Valorisations possibles du coke de pyrolyse

---

- Traitement par (petits) pyrolyseurs locaux, et valorisation du coke différée
    - Permet une production locale de coke
    - Stockage (produit hygiénisé)
    - Transport (éventuel) vers chaufferie centralisée seulement en hiver (produit hygiénisé et PCI élevé [4500 à 8500 kcal/Nm<sup>3</sup>])
- ➔ Bien quand déchet ou combustible non pollué (ou faiblement pollué)

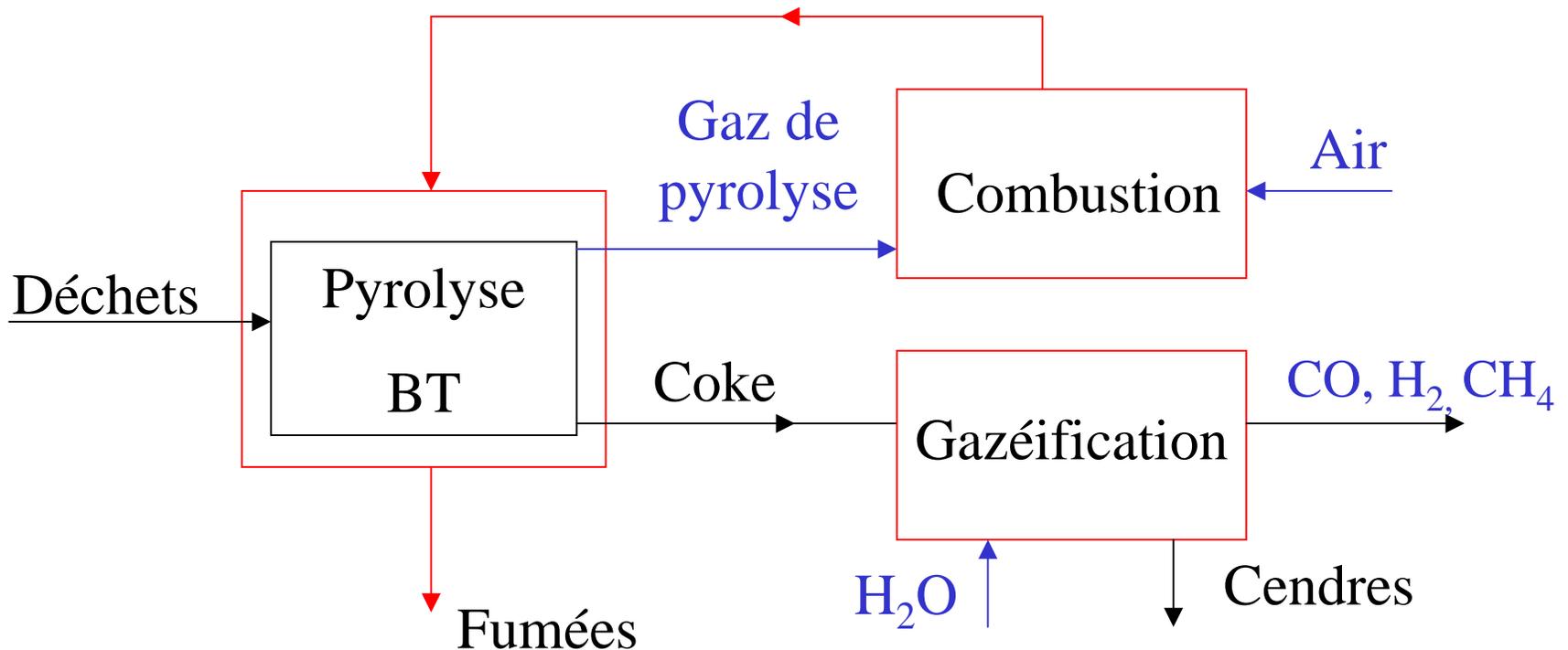
# De la pyrolyse à la gazéification

## Cracking des gaz de pyrolyse

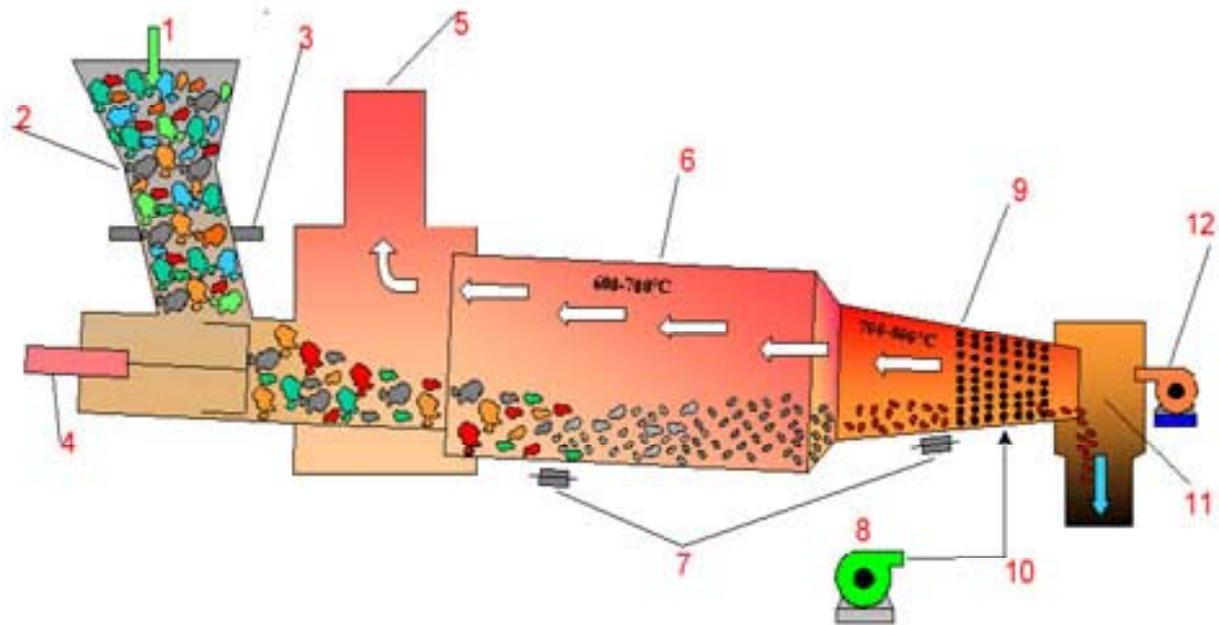


# De la pyrolyse à la gazéification

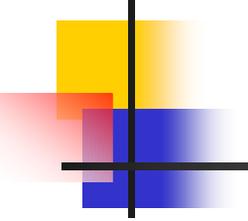
## Gazéification du Coke



# Procédé Pit-Pyroflam



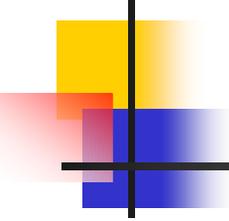
1 = chargement ; 2 = trémie ; 3 = volet ; 4 = poussoir; 5 = gaz de pyrolyse et gazéification du coke vers valorisation 6 = cellule de pyro  
7 = galets supports; 8 = air d process ; 9 = cellule de gazéification; 10 = résidu solide inerte; 11 = cendrier; 12 = brûleur de préchauffage



# Conclusions Pyrolyse

---

- Acceptabilité sociétale
- Valorisation énergétique
  - Si coke peu (pas) pollué : valorisation thermique aisée en combustible secondaire
  - Si coke pollué (halogènes, et surtout Métaux Lourds) :
    - Débouchés (incinération, cimenteries, chaufferies) incertains → Nécessité d'épurer les cokes
    - Développement de la pyrogazéification (crackage du gaz ou gazéification du Coke) pour efficacité énergétique optimale

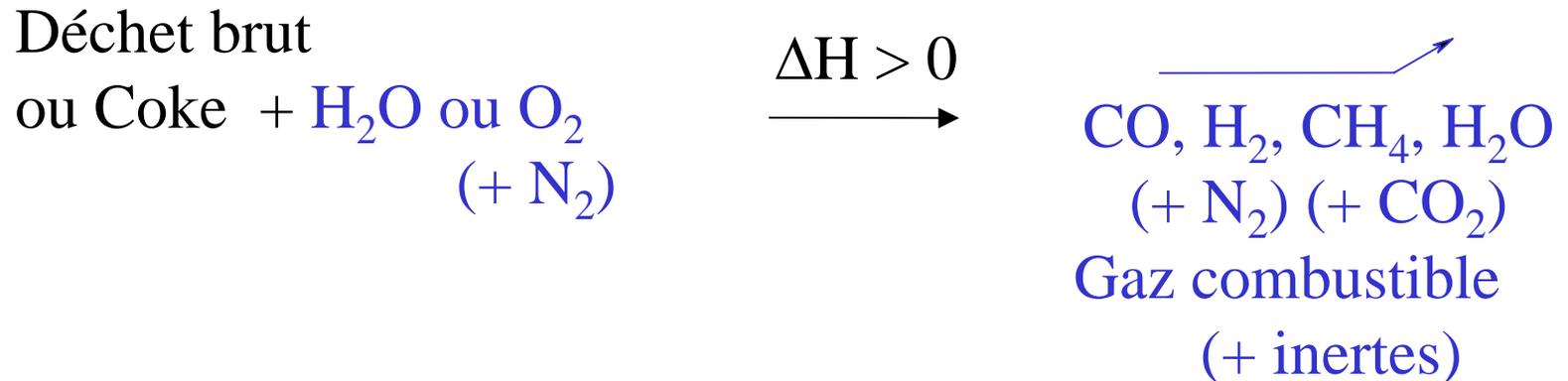


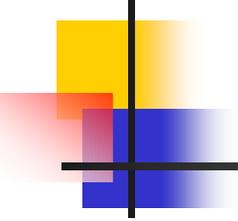
---

# GAZEIFICATION

# Décomposition thermique d'un composé en Gazéification

- Atmosphère réductrice
- Réaction endothermique
- $850\text{ °C} < T < 950\text{ °C}$

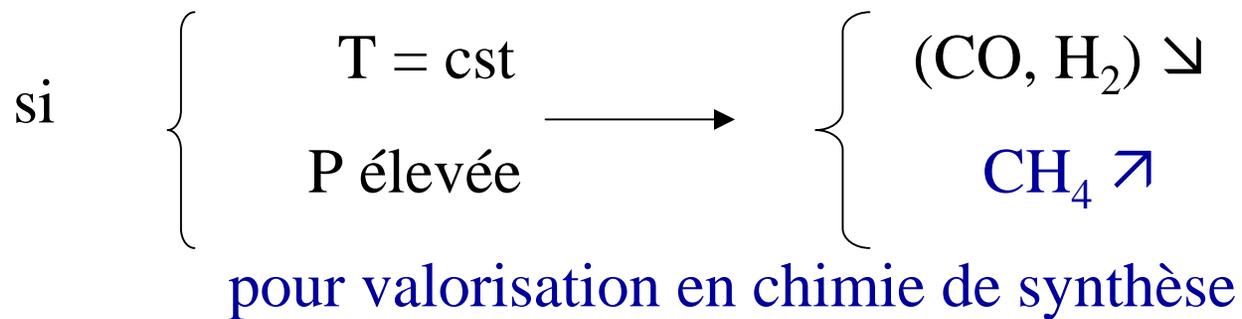
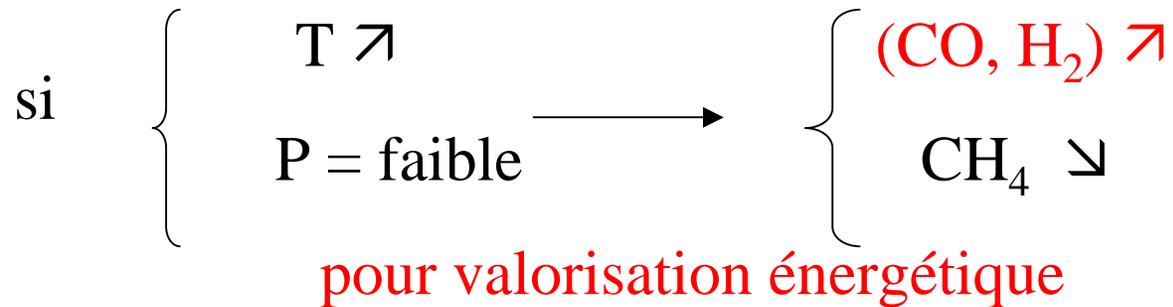


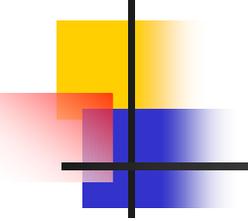


# Gazéification

## Orientation des réactions

---





# Gazéification versus Incinération

---

## ■ Combustion

$C + O_2 \rightarrow CO_2$ ,  $\rightarrow$  Chaudière  $\rightarrow$  turbine vapeur  $\rightarrow$  alternateur

- Rendement électrique (turbine à vapeur) : 35 %
- Cycle Combiné chaleur - force

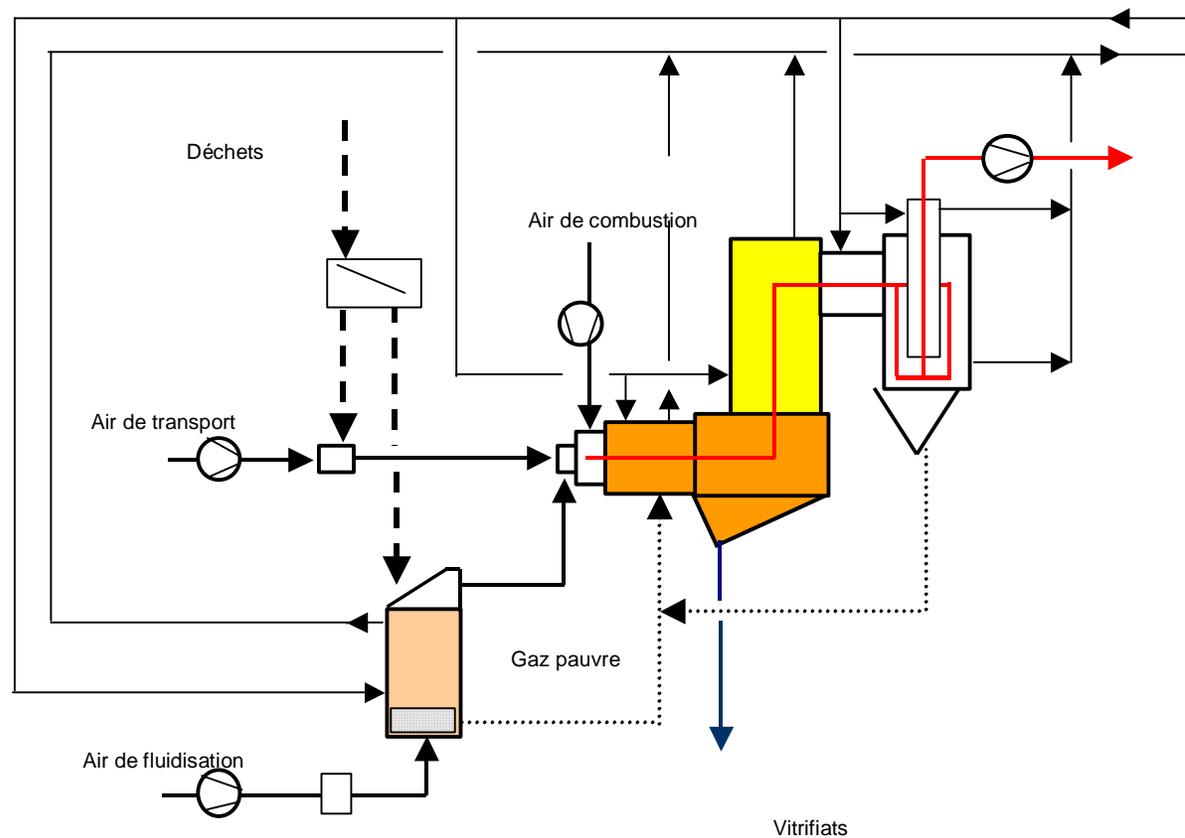
## ■ Gazéification

$C + H_2O \rightarrow CO + H_2 \rightarrow$  Turbine à Gaz

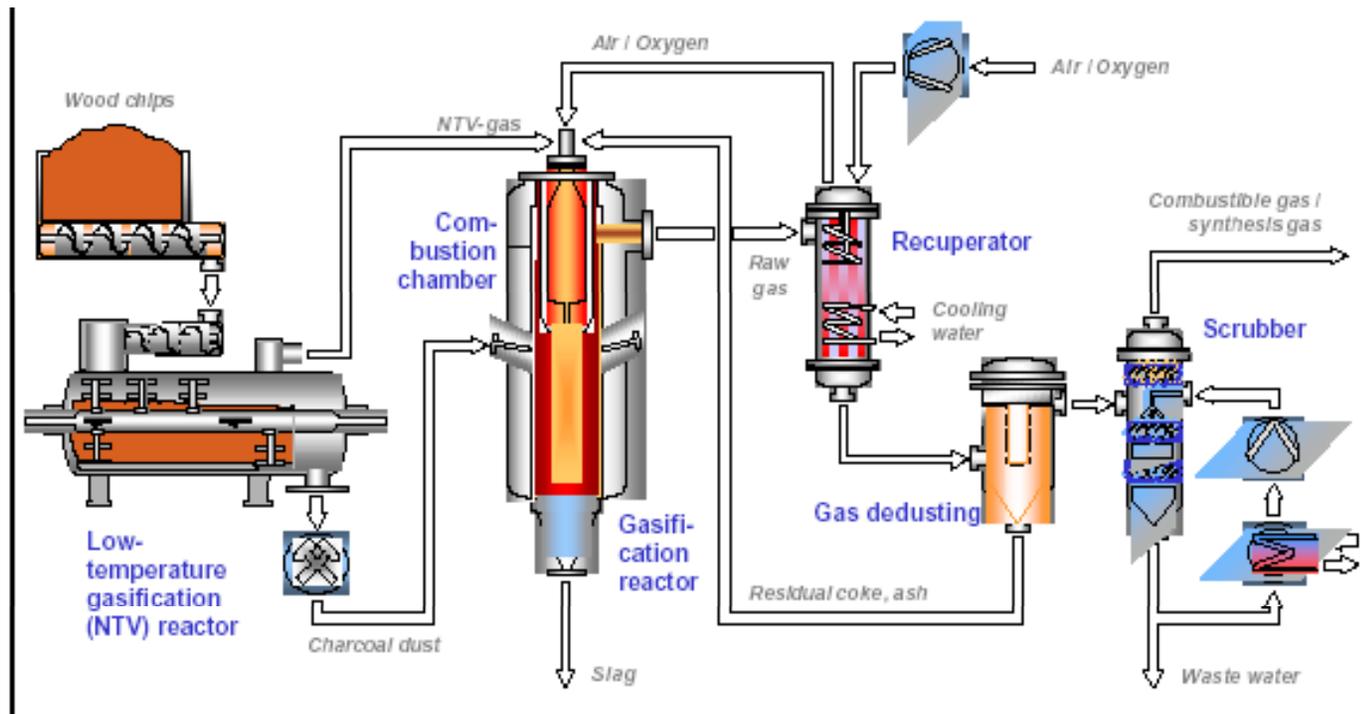
- Rendement électrique : 50 - 55 %
- Cycle Combiné Turbine à Gaz + Turbine à Vapeur : 60 – 65 %

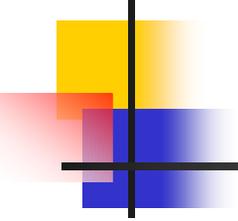
# Procédé Pyroal (gazéification intégrée)

Circuit d'eau (récupération de la chaleur)



# Procédé Carbo V





# Gazéification

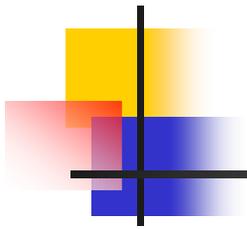
## Caractéristiques des rejets solides

---

→ Cendres (Dry Ash) = fraction minérale du déchet initial

ou

→ Vitrifiat si température suffisante

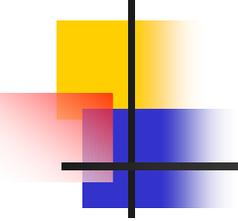


# Développement Gazéification

## Efficacité énergétique accrue

---

- ➔ Réduire le ballast Azote (gazéification à l'air enrichi ou  $O_2$ )
- ➔ Dépoussiérage Haute Température (à développer)
- ➔ lavage à l'eau : Captation des alcalins, Cl, S, +  
Refroidissement des gaz
- ➔ Comprimer le gaz avant injection dans moteur ou turbine



# Conclusions Gazéification

---

- Acceptabilité sociétale
- Rendement énergétique en gazéification élevé  
kWh / CO<sub>2</sub> produits 
- Ouverture vers filière séquestration CO<sub>2</sub>
- Développement durable