

Effacité Énergétique dans l'Industrie

Effacité énergétique dans les
procédés industriels: technologies –
Première partie

24-27 novembre 2014, Tunis, Tunisie

En coopération avec:



AHK

Deutsch-Tunesische
Industrie- und Handelskammer
المحكمة التونسية الألمانية للصناعة والتجارة
Chambre Tuniso-Allemande
de l'Industrie et du Commerce

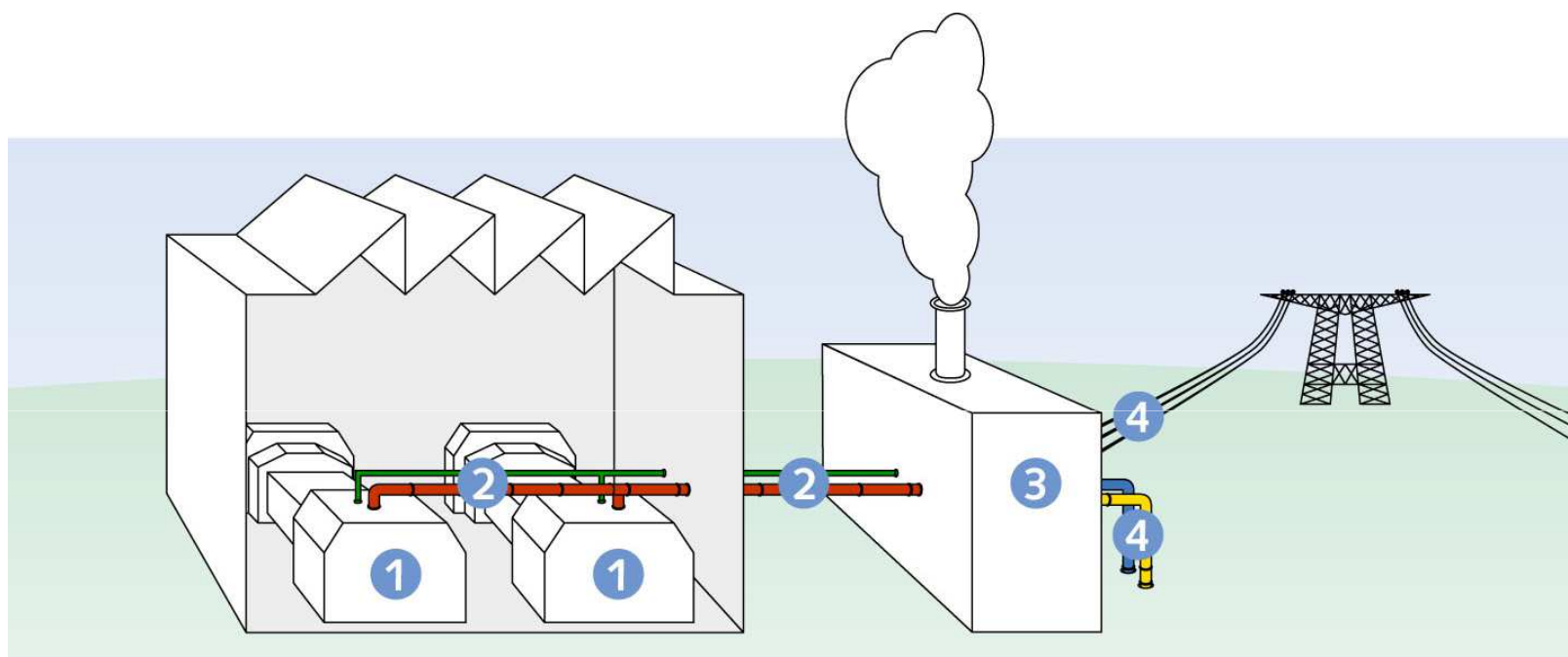
Soutenu par:

giz

Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

- Consommation, distribution & conversion ainsi qu'utilisation énergétique
- Potentiels & mesures d'économie d'énergie en
 - Chauffage
 - Refroidissement
 - Ventilation
 - Air comprimé
 - Pompes
 - Éclairage
 - Entraînement électrique

Approche systémique



1 Consommation d'énergie
Halls de production
Système de ventilation
Moteurs électriques
Éclairage

2 Distribution d'énergie
Chauffage
Refroidissement
Air comprimé
Électricité

3 Production d'énergie
Bâtiment de chaufferie
Cogénération de chaleur et d'électricité
Centrale à réfrigération
Systèmes d'air comprimé

4 Alimentation en énergie
Électricité
Gaz
Mazout
Eau
Fluide caloporteur

Consommation de chaleur industrielle

- Domaines d'application typiques de la chaleur de processus
- Eau réchauffée/chaude
 - Lavage, nettoyage, teinture, cuisine
- Vapeur
 - Stérilisation, vaporisation, teinture, distillation, etc.
- Chauffage direct au gaz
- Huile thermique
- Energie électrique
 - Frittage, fonte
- Air chaud/gaz d'échappement
 - Séchage, test de vieillissement, fonte



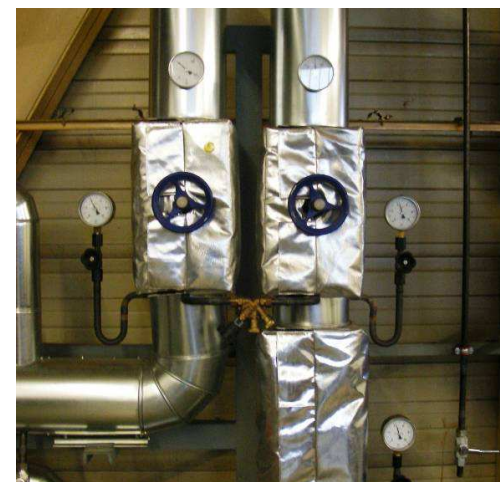
Distribution & production de chaleur industrielle

- Distribution de chaleur industrielle
 - Tuyauterie / Conduites (départ & retour)
 - Eau chaude, vapeur, air, gaz (combustion directe)
 - Pompes, ventilateurs, dispositifs de régulation
 - Isolation, échangeurs thermiques, radiateurs
- Production de chaleur industrielle
 - Usines à combustion, cogénération, chaudières à vapeur ou pour eau chaude



Chaleur industrielle

- ajuster les niveaux de température et pression selon la demande
- isoler la tuyauterie et les raccords
- isoler les fours et séchoirs
- isoler le bâtiment
- Récupération de la chaleur résiduelle (des processus, chaudières, fours...)
- préchauffage de l'air de combustion
- régulation des chaudières et brûleurs
- pompe de circulation à variateur de vitesse



Combustion

- La combustion des combustibles contenant du carbone et de l'hydrogène avec de l'oxygène génère de la chaleur:

Combustion complète: $C + O_2 \rightarrow CO_2 + \text{chaleur}$

- Par ex, avec du gaz naturel :

$CH_4 + 2 O_2 \rightarrow CO_2 + 2 H_2O + \text{chaleur}$

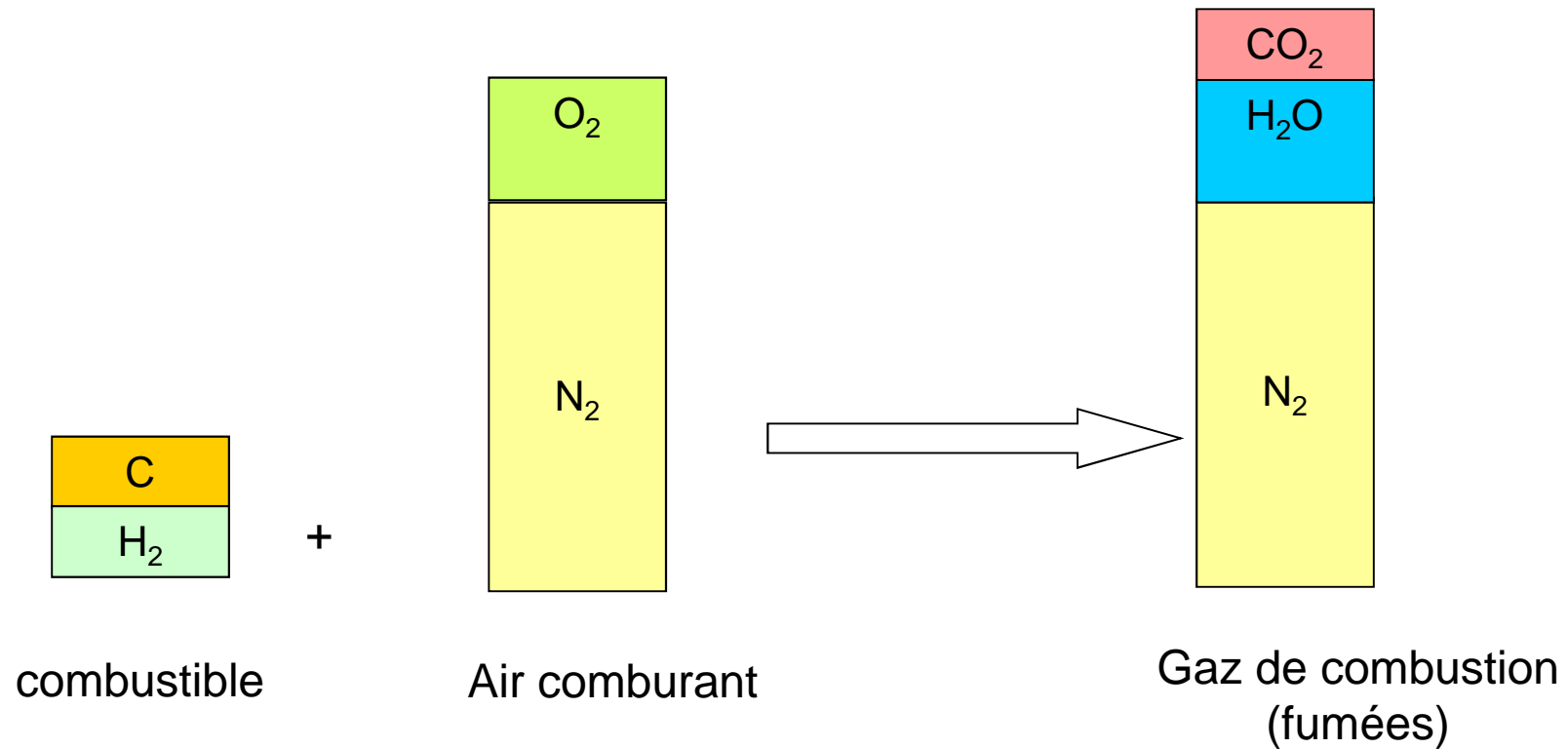
- De même avec des combustibles liquides (fioul), solides (charbon, biomasse), etc
- La production de chaleur dépend du contenu en C, H, etc:
 - Pouvoir calorifique associé à chaque combustible (demander au fournisseur)
 - PCS: récupération de la chaleur latente de l'eau
 - PCI: sans récupération de la chaleur latente de l'eau
- En cas de combustion incomplète:
 - Production de CO, gaz très dangereux
 - Perte d'énergie

Combustion

- Combustion neutre (stoechiometrique): complète et sans aucun excès d'air

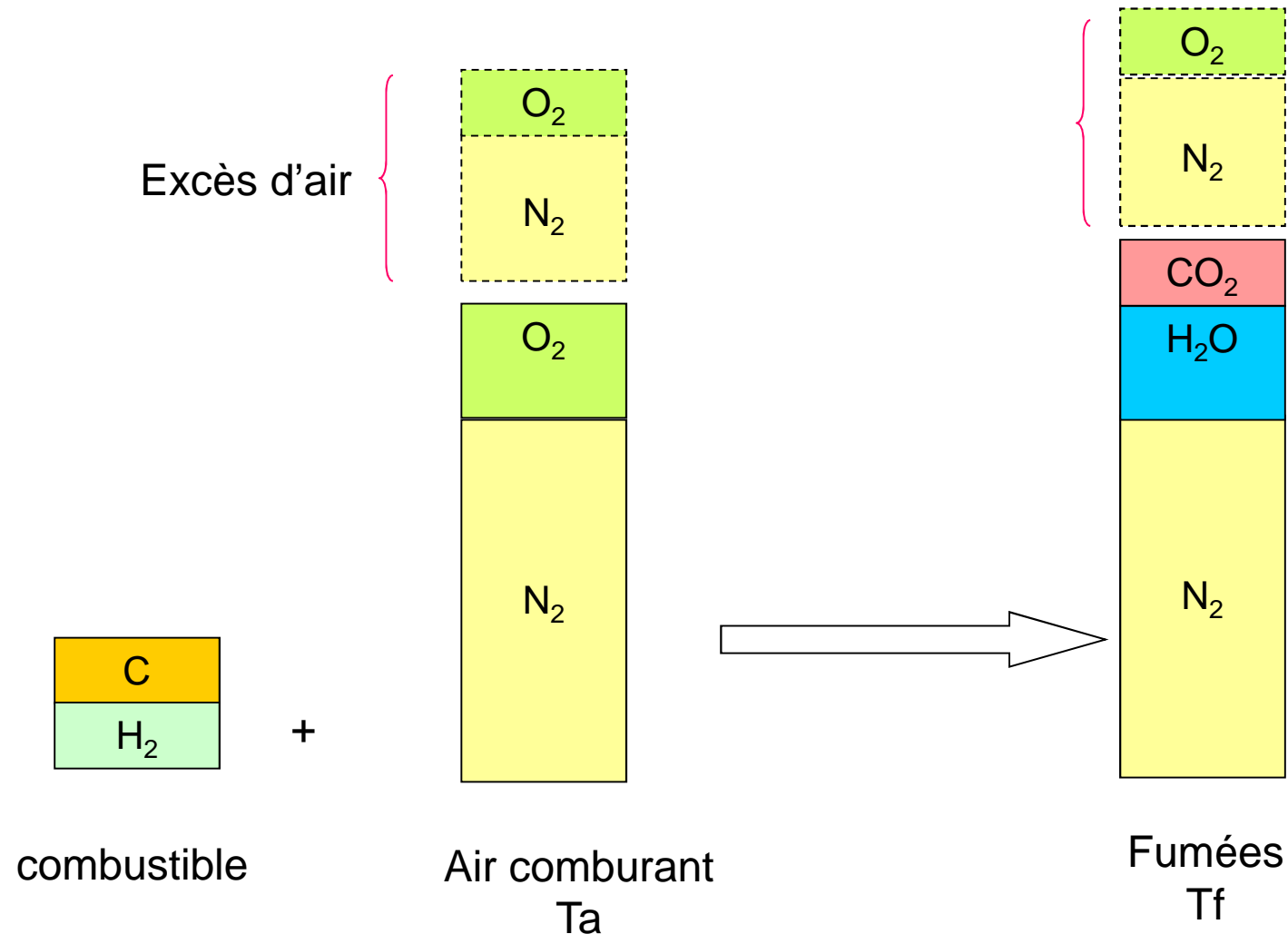
Pas d'O₂ dans les fumées

Le taux de CO₂ dans les fumées est caractéristique du combustible



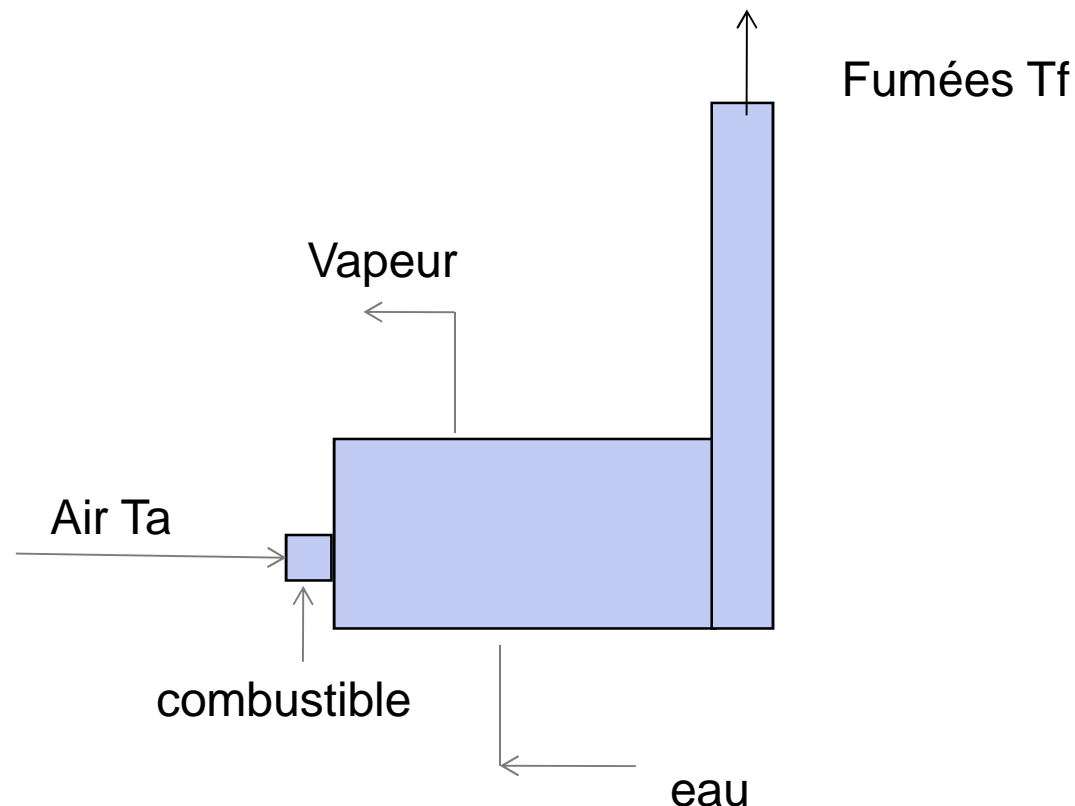
Combustion avec excès d'air

- Pour garantir que la combustion soit complète, on travaille en excès d'air



Combustion dans une chaudière

- L'excès d'air entraîne une perte de chaleur en proportion de la quantité d'air et de $(T_f - T_a)$
- Il peut être mesuré en évaluant le taux d'O₂ ou le taux de CO₂ dans les fumées
- Le réglage de la combustion doit donc chercher l'optimum d'excès d'air



Paramètres de la combustion

- Vérifier de façon régulière : O₂, CO₂, CO, imbrûlés
- Avec l'objectif de réduire l'excès d'air sans risquer une combustion incomplète
- A réaliser aux différents points de fonctionnement et taux de charge de chaque chaudière
- Equipement portable pour des mesures ponctuelles
- Formation des opérateurs
- Ou mesure en continu
- Option selon les enjeux: chaîne de contrôle automatique
- Qualité du fuel, préparation (fiouls lourds)
- Qualité de combustion, conception et maintenance des brûleurs

Effacité énergétique dans les chaudières

- Augmenter la température de l'air entrant T_a :
 - Préchauffage par récupération de chaleur
- Réduire la température des fumées T_f
 - Dimensionnement de la surface d'échange dans la chaudière
 - Ajout d'un échangeur de récupération: économiseur
 - Éventuellement récupération de la chaleur latente de l'eau: chaudière à condensation
 - T_f mini selon les combustibles
 - Maintenance and nettoyage des surfaces d'échange:
 - Côté fumées
 - Côté eau
 - Un thermomètre est un équipement de contrôle peu coûteux et bon indicateur de la qualité de l'échange.

Chaudières

- Choix du fluide thermique
 - Vapeur
 - Eau chaude
 - Huile thermique

Différentes pertes dans les chaudières

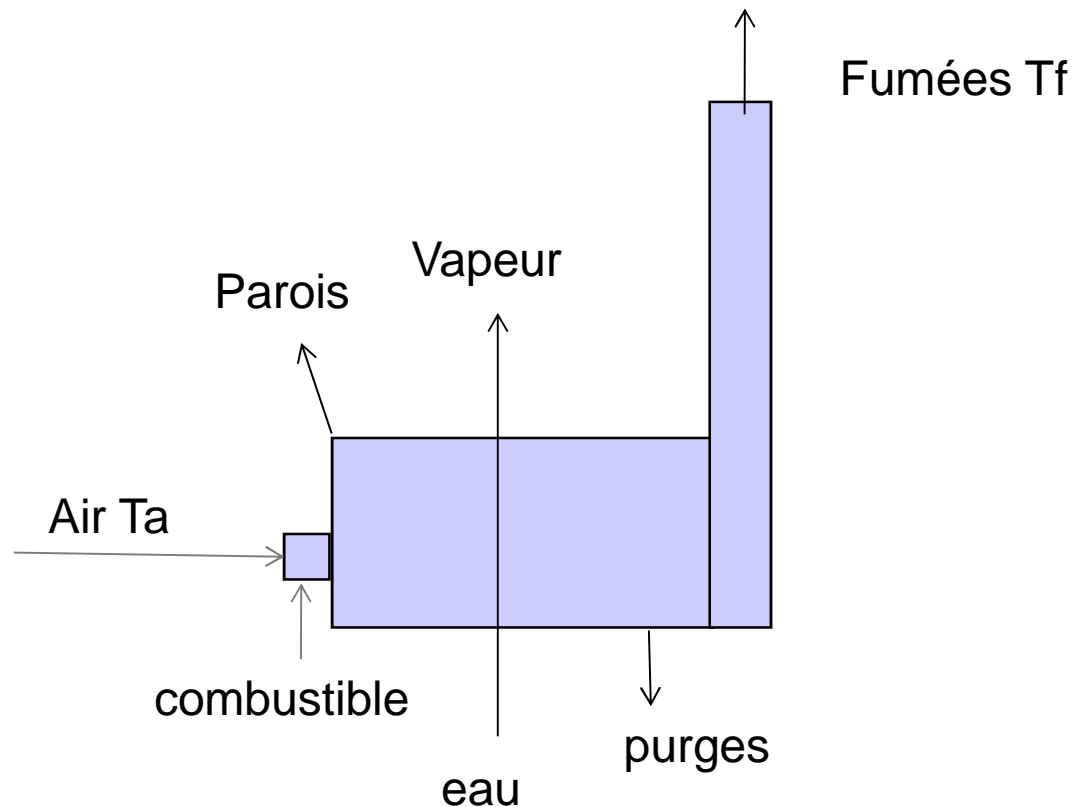
- Pour une chaudière vapeur:

- Pertes par les fumées
- Pertes par les parois:
 - indépendantes du taux de charge
- Pertes par les purges

- Deux méthodes d'évaluation du rendement

$R = \text{Output/Input} = \text{production de chaleur} / \text{consommation}$

$R = 1 - (P_{\text{fumées}} + P_{\text{parois}} + P_{\text{purges}})$



Pertes par les parois

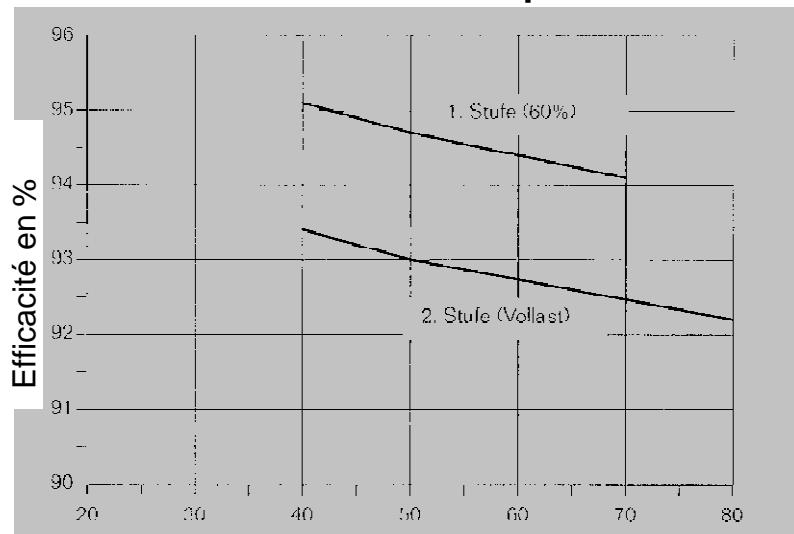
- Réduire la température / pression de service
- Réduire les temps de maintien en pression
- Eviter le fonctionnement à faible charge:
 - Dimensionnement des équipements (choix à la conception)
 - Stratégie d'utilisation des divers équipements selon la charge (jour, nuit, week-end, etc)

Réduction des pertes par les purges

- Contrôle de la qualité des eaux en chaudières
- Amélioration du traitement de l'eau
- Procédures de purges
- Contrôle automatique des purges
- Amélioration du taux de retour des condensats
- Récupération de chaleur sur les purges

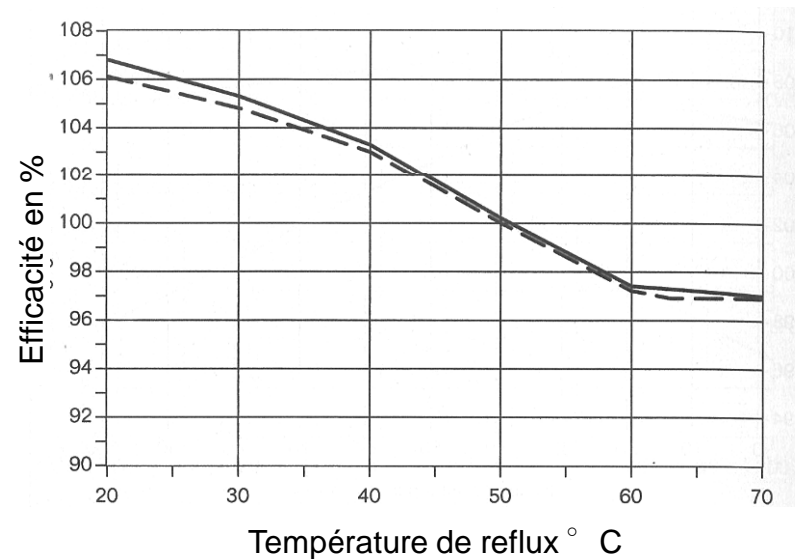
Efficacité d'une chaudière

Chaudière basse température



Température moyenne de l'eau de la chaudière

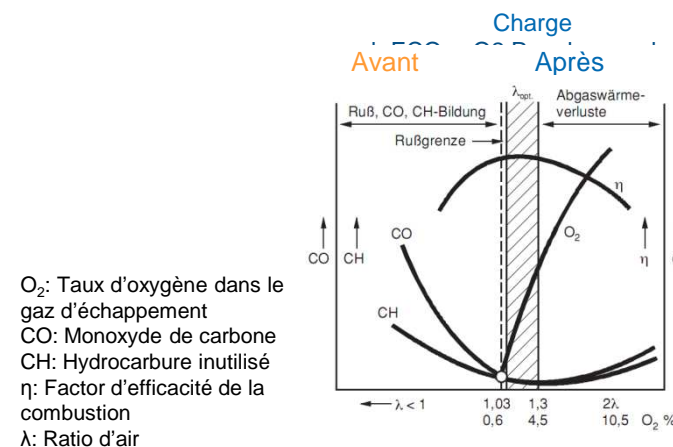
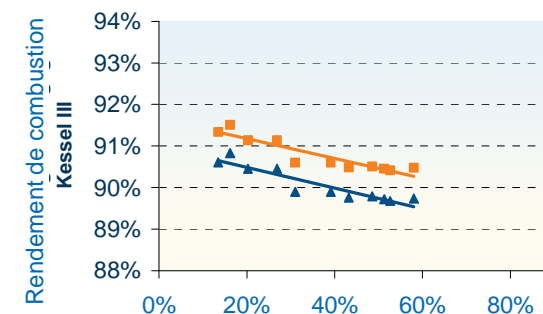
Chaudière à condensation



Consommation, distribution & conversion énergétique

Chaleur industrielle: Exemple I

- Situation initiale
 - Le pourcentage d'oxygène contenu dans les gaz d'échappement provenant des chaudières 1 et 3 (actuellement environ 5%) peut être réduit.
 - La chaudière 3 régule déjà son taux de O₂/CO, mais elle ne fonctionne pas selon les spécifications.
- Mesure
 - Vérifier la sonde O₂ installée dans la chaudière 3.
 - La capacité du ventilateur sera réduite grâce à une meilleure régulation du flux d'air, permettant d'économiser du combustible.
 - Travaux de maintenance s'ajoute aux coûts.
- Recommandations
 - Demandez une offre pour vérifier les réglages et systèmes de mesure.



Viabilité économique

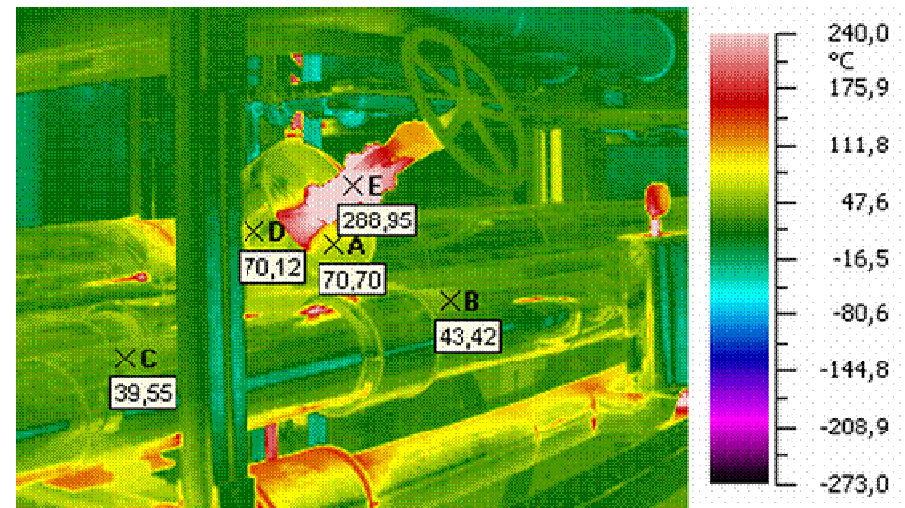
Économies de couts	5	-	5	T€/a
Investissement estimatif	2	-	2	T€
Période d'amortissement	0,5	-	0,5	a
Intérêt interne	179	-	269	%

Distribution des fluides thermiques (vapeur, eau, ...)

- Longueur et conception des réseaux de distribution, diamètre des conduites
- Choix de la température / pression de service
- Temps de maintien en service
- Isolation des réseaux
 - Attention aux points particuliers: vannes, brides, etc
 - Qualité de l'isolant mais aussi de la pose
- Attention aux fuites
- Point critique: les purgeurs de vapeur :
 - purgeurs de ligne
 - purgeurs en sortie des échangeurs de chaleur
- Retour des condensats
 - Économie de chaleur
 - Et d'eau traitée
- Question de la centralisation de la production de chaleur

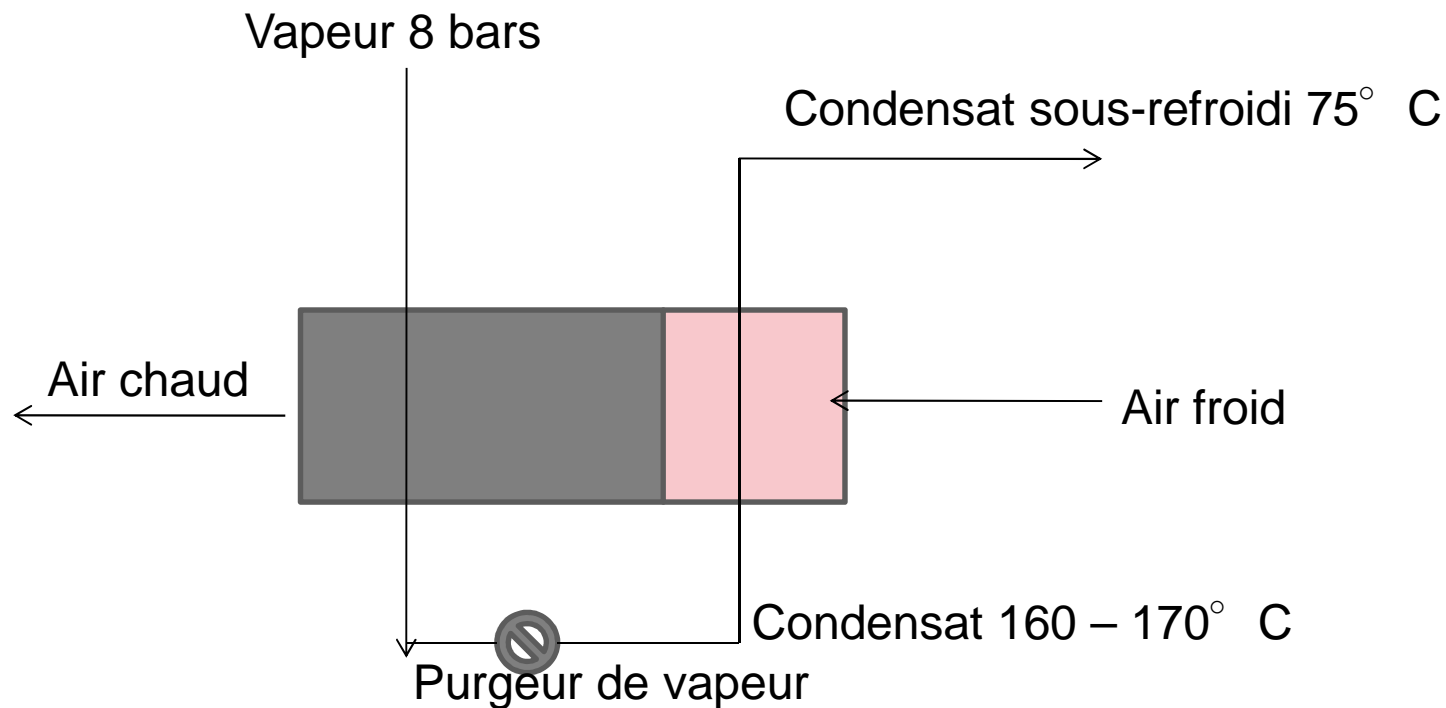
Chaleur industrielle: Exemple II

- Situation actuelle
 - Tuyauterie contient fluide caloporteur chauffé (140°C), surface est trop chaude pour touché
- Causes possibles
 - Pas d'isolation
 - Isolation est trop fine
 - Mauvais matériel d'isolation
 - Isolation existante est mouillée
 - Isolation ne recouvre pas la tuyauterie dans sa totalité
 - Fuites (p.ex. vapeur)
 - Points de contact entre enveloppe extérieure et tuyau



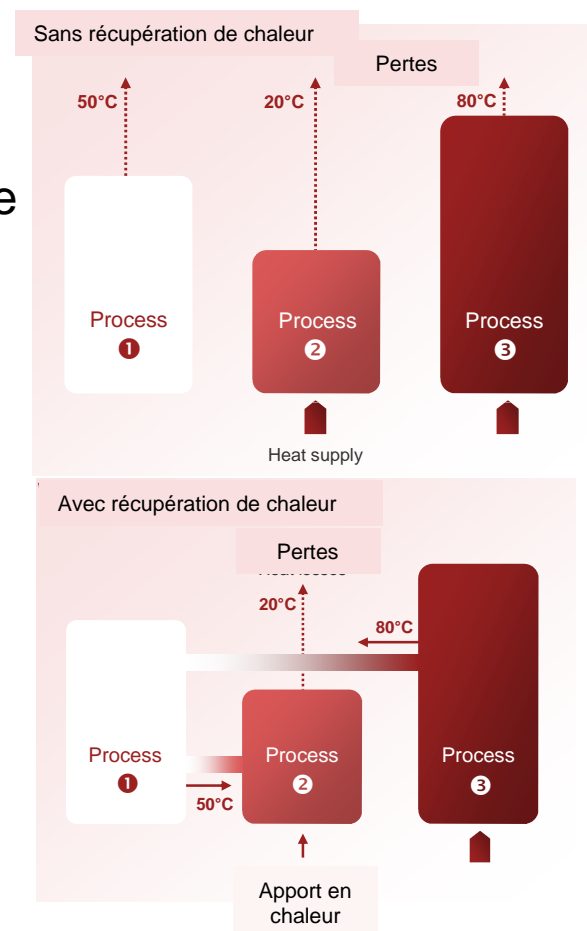
Récupération de chaleur sur condensats de vapeur

- Ex d'un système de sous-refroidissement de condensats



Récupération de chaleur – Informations clés

- La récupération de chaleur est un terme générique désignant toutes les procédures de recyclage énergétique. La chaleur dissipée par les processus de fabrication est souvent rejetée dans l'environnement en tant que chaleur résiduelle perdue.
- L'expérience montre que la récupération de chaleur résiduelle peut, selon le secteur industriel, réduire les coûts énergétiques d'une entreprise jusqu'à 30 %.
- Beaucoup d'entreprises n'exploitent pas ou pas complètement leurs potentiels de récupération de chaleur.



Aperçu des sources de chaleur

Sources de chaleur résiduelle dans l'industrie

- Chaudière eau chaude: température du gaz d'échappement 150°C à 230°C
- Chaudière vapeur: température du gaz d'échappement 200°C à 300°C
- Postcombustion thermique: température du gaz d'échappement 250°C à 350°C
- Postcombustion régénérative: température du gaz d'échappement 150°C à 180°C
- Postcombustion catalytique : température du gaz d'échappement 150°C à 180°C
- Four électrique de malléabilisation par vulcanisation: température de l'air de sortie 160°C à 180°C

Récupération de chaleur

Aperçu des puits thermiques

Points ci-dessous sont dans la pratique de bons puits thermiques

- Réseau de chaleur température 50 ° C to 90 ° C
- Ventilation et chauffage/climatisation température 30 ° C to 70 ° C
- Chauffage d'eau potable température 10 ° C to 65 ° C
- Préchauffage de l'alimentation, de l'eau d'osmose, ainsi que de l'air du bruleur (avec vapeur) température 10 ° C to 150 ° C
- Chaleur industrielle et autres température 30 ° C to 150 ° C

Merci!

Franck Dagnaud

Pour le compte de:

Renewables Academy (RENAC)

Schönhauser Allee 10-11

D-10119 Berlin

Tel: +49 30 52 689 58-71

Fax: +49 30 52 689 58-99

info@renac.de

**renac**
renewables academy

En coopération avec:



Soutenu par:



www.renac.de