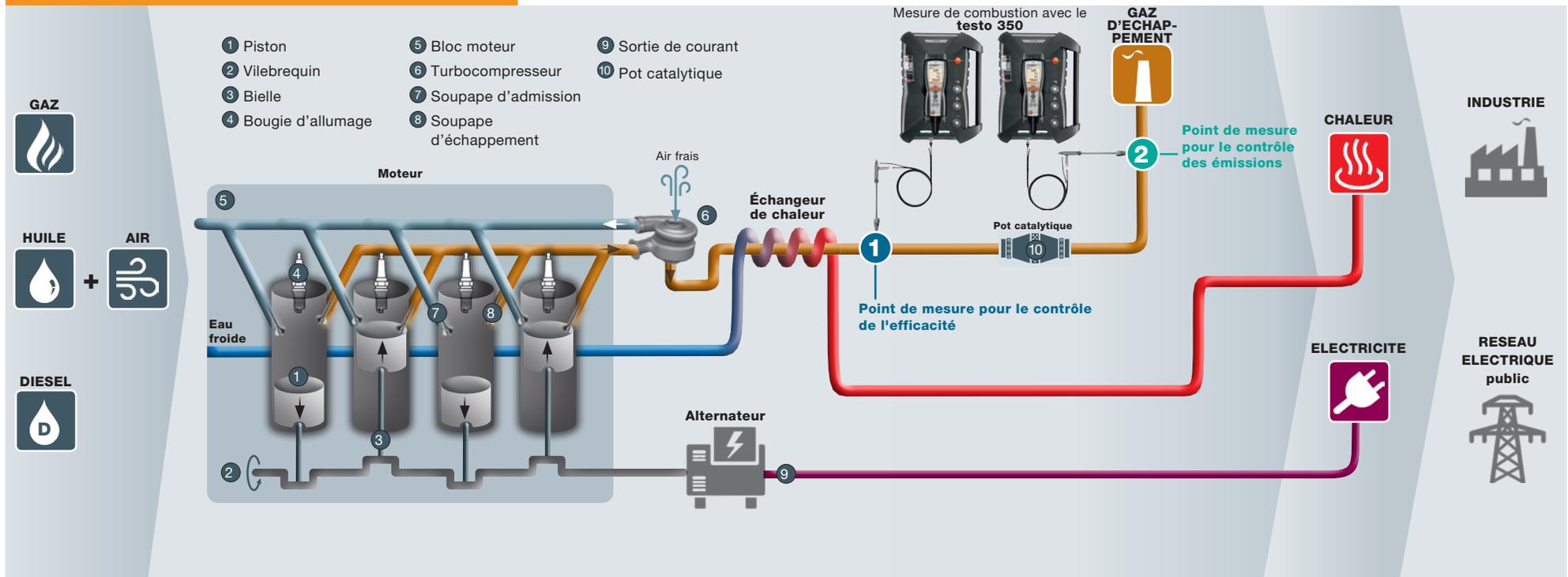


Description de l'application : centrale de cogénération*

Esquisse & Fonction de la centrale de cogénération



Processus de combustion typique d'un moteur de cogénération

- I. **Aspiration** du mélange air-carburant par la soupape d'admission.
- II. **Compression** et échauffement du mélange.
- III. **Allumage** du mélange air-carburant (par la bougie d'allumage dans les moteurs à explosion, par auto-inflammation dans les moteurs diesel).
- IV. Le vilebrequin est mis en **rotation**. L'alternateur transforme ce mouvement de rotation en énergie électrique.
- V. **Échappement** des gaz brûlés par la soupape d'échappement ouverte.
- VI. Le **turbocompresseur**, entraîné par les gaz d'échappement, comprime l'air de combustion admis dans le moteur. La puissance du moteur augmente alors que la consommation baisse et que les valeurs d'émission s'améliorent.
- VII. L'**échangeur de chaleur** utilise la chaleur des gaz d'échappement pour le système de chauffage ou comme **chaleur de processus**.

* s'applique à toutes les applications dans le domaine des moteurs

Description de l'application : centrale de cogénération*

Mesure

Point de mesure ① pour le contrôle de l'efficacité

Point de mesure en amont du pot catalytique
(en aval du turbocompresseur)

Pourquoi mesurer ?

- Vérification et contrôle des rendements du moteur
- Recherche de pannes/Analyse des conditions de fonctionnement du moteur et de la distribution
- Réglage optimal du moteur pour économiser du carburant → Augmentation de l'efficacité
- Réglage correct et concordant de l'allumage, de l'excédent d'air etc. du moteur

Propriétés typiques des gaz d'échappement :

- **Température** : env. +650 °C
- **Surpression** : jusqu'à env. 100 mbar (en fonction du turbocompresseur et du pot catalytique)

Valeurs de mesure typiques avec le testo 350** :

Grandeur de mesure	Gaz naturel	Gaz de décharge	Huile
O ₂	8%	5 ... 6%	8 ... 10%
NO	100 ... 300 ppm	100 ... 500 ppm	800 ... 1000 ppm
NO ₂	30 ... 60 ppm	90 ... 110 ppm	10 ... 20 ppm
CO	20 ... 40 ppm	350 ... 450 ppm	450 ... 550 ppm
CO ₂	10%	13%	7 ... 8%
SO ₂		30 ppm	30 ... 50 ppm

** moteurs à mélange pauvre

Informations pratiques :

L'excès d'air, la pression de carburant, le réglage du moteur ou la température et l'humidité ambiantes peuvent avoir une influence décisive sur les émissions. Il faut tenir compte de tous ces facteurs pour l'optimisation ou le réglage du moteur.



* s'applique à toutes les applications dans le domaine des moteurs

Point de mesure ② pour le contrôle des émissions

Point de mesure en aval du pot catalytique
(à la fin du canal d'échappement)

Pourquoi mesurer ?

- Contrôle de l'efficacité du pot catalytique
- Contrôle des limites d'émissions (en fonction des règlements nationaux concernant les émissions, p.ex. « TA-Luft » en Allemagne)

Propriétés typiques des gaz d'échappement :

- **Température** : env. +250 °C
- **Surpression** : pas de surpression élevée des gaz d'échappement
- **Valeur NO_x** : env. 480 mg/m³ (valeur de référence, car légèrement inférieure à la limite de 500 mg/m³)

Valeurs de mesure typiques avec le testo 350 :

Grandeur de mesure	Type de moteur	Limites
CO	Gaz naturel	650 mg/m ³
NO + NO ₂	Moteur à auto-inflammation (diesel) < 3 MW	4000 mg/m ³
NO + NO ₂	Moteur à auto-inflammation (diesel) > 3 MW	2000 mg/m ³
NO + NO ₂	Autres quatre temps (moteurs à gaz)	500 mg/m ³
NO + NO ₂	Autres deux temps (moteurs à gaz)	800 mg/m ³
O ₂	Valeur de référence	5 %vol
SO ₂	selon DIN 51603	

Orifice de mesure

- tubulures courtes soudées à filetage extérieur
- alésage taraudé pratiqué directement dans le canal d'échappement
- diverses solutions à bride



Remarque :

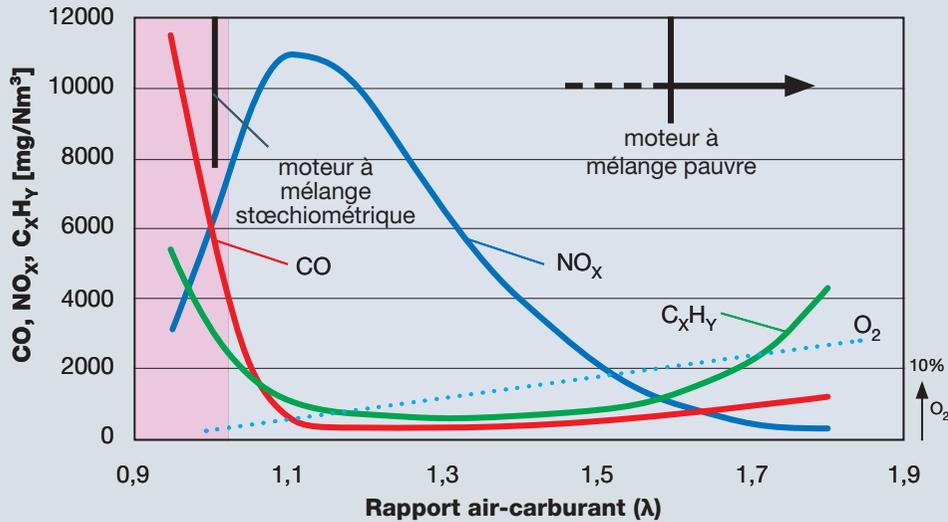
Ces points de mesure ne sont souvent accessibles qu'à l'aide d'une échelle, d'une plateforme etc.



Description de l'application : centrale de cogénération*

Connaissances théoriques 1

Courbe d'émissions en fonction du rapport air-carburant (valeur λ)



Règle générale :

La courbe du diagramme de combustion se déplace en fonction du rapport air-carburant.

NO_x :

$\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$
-> mesurer à part le NO_x
- Le taux de NO₂ peut fortement varier
- Consiste en NO_x d'origine combustible et en NO_x d'origine thermique
- Valeur NO_x maximale = meilleure efficacité mécanique

C_xH_y :

$\text{C}_x\text{H}_y + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
(équation de combustion)

Moteurs à mélange riche ($\lambda \leq 1$)

Propriétés :

- Moteurs présentant un manque d'air (réglage de valeur lambda = 1) : le carburant n'est donc pas utilisé de manière efficace
- Applications typiques : postes de compresseur, p.ex. transport de gaz (comparable aux moteurs à gaz dans le secteur automobile)
- Plage de travail typique : $\lambda \sim 0,85 \dots 0,95$

Avantages et inconvénients d'un moteur à mélange riche :

- + Puissance volumique élevée
 - + Coût de mise en service inférieur à celui des moteurs à mélange pauvre
 - + Fonctionnement sûr
 - Consommation de carburant élevée
 - Émissions élevées (si elles ne sont pas surveillées)
 - Ne convient pas pour l'utilisation avec du biogaz
- NO_x (oxydes d'azote) :**
NO_x ≤ NO_x max. :
Faible taux de NO_x en raison du carburant imbrûlé ou partiellement brûlé (HC)

-> des températures max. ne se développent pas (moins de NO_x d'origine thermique)

C_xH_y ou HC (hydrocarbure, p.ex. Méthane) :

En raison du manque d'oxygène, le carburant n'est pas entièrement brûlé (HC)
-> valeur C_xH_y élevée

CO (monoxyde de carbone) :

Un manque d'oxygène pendant le processus de combustion fait que toutes les molécules de CO ne peuvent pas être transformées en CO₂. Du carburant sort donc du moteur à l'état imbrûlé ou partiellement brûlé.
-> provoque une consommation de carburant élevée (échappement de HC)

Moteurs à mélange pauvre ($\lambda > 1$)

Propriétés :

- Moteurs à excédent d'air (moteurs à mélange pauvre)
-> le carburant est utilisé de manière efficace
- Applications typiques : alimentation électrique des hôpitaux, bâtiments administratifs, locaux de serveurs, usines de traitement des eaux usées, exploitation minière
- Plage de travail typique : $\lambda \sim 1,05 \dots 1,3$

Avantages et inconvénients d'un moteur à mélange pauvre :

- + Convient pour l'utilisation avec du biogaz
- + Haute efficacité du combustible
- + Peu d'émissions
- Faible efficacité

NO_x (oxydes d'azote) :

NO_x > NO_x max. : La valeur d'O₂ plus élevée provoque une réduction de la température de la chambre de combustion, donc un taux de NO_x plus faible (moins de NO_x d'origine thermique)

C_xH_y ou HC (hydrocarbure, p.ex. méthane) :

Un excédent d'oxygène trop élevé réduit la température de combustion au point que la température des flammes ne suffit plus pour brûler tout le carburant (HC)

-> augmentation de la valeur C_xH_y

CO (monoxyde de carbone) :

Un excédent d'oxygène dans le processus de combustion fait que les molécules de CO peuvent réagir avec l'O₂ et se transformer en CO₂

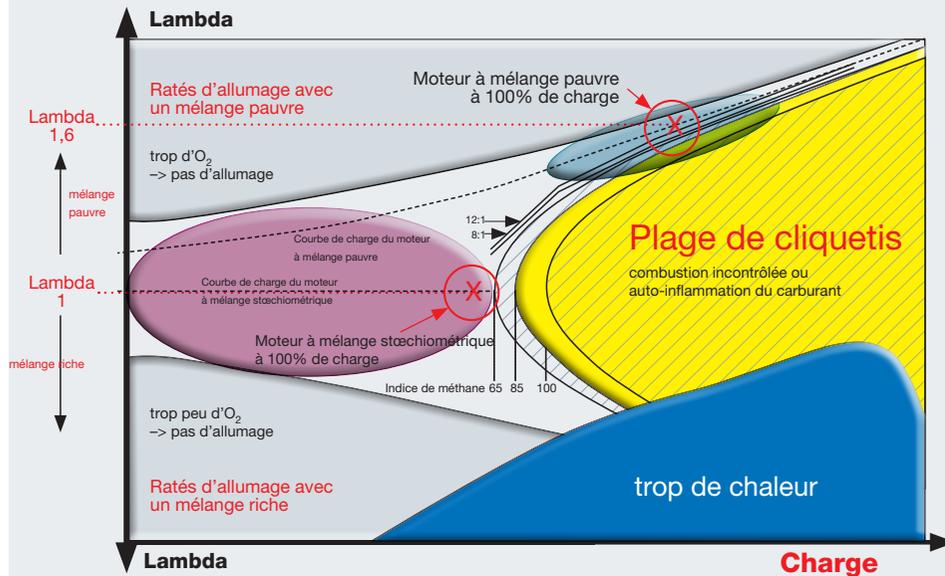
-> il reste de l'oxygène

* s'applique à toutes les applications dans le domaine des moteurs

Description de l'application : centrale de cogénération*

Connaissances théoriques 2

Réglage correct du moteur pour éviter le « cliquetis » du moteur et les ratés d'allumage



Moteur à mélange riche

Fonctionnement sûr du moteur

- large plage de réglage du moteur
- « raté d'allumage dû à un mélange pauvre » ou « raté d'allumage dû à un mélange riche »
- C'est plutôt rare avec les moteurs à combustion à mélange riche

Moteur à mélange pauvre

Fonctionnement efficace

- Réglage exact du moteur au moyen d'un appareil de mesure (testo 350) nécessaire
- Plage de réglage étroite du moteur
- En cas de mauvais réglage du moteur :
 - « raté d'allumage dû au mélange pauvre » ou « risque de cliquetis »

Possibilités de réglage des moteurs à mélange riche

Mauvais réglage du mélange air-carburant :

Dépend du point de charge et des indications des constructeurs de moteurs ainsi que des règlements nationaux relatifs aux émissions

Valeurs HC ou NO_x élevées en aval du TWC (catalyseur à 3 voies) :

→ Mesure en amont/aval du TWC, voir sous Valeurs de NO_x élevées en amont du TWC

Valeurs de NO_x élevées en amont du TWC :

→ Températures élevées dans la chambre de combustion : Régler l'allumage dans le sens « plus tôt » et contrôler la sonde lambda

Valeurs de NO_x ou de HC élevées en amont du TWC :

→ défaut de cylindre par raté d'allumage ; composition du gaz de combustion, température ambiante et humidité de l'air, température et pression du gaz de combustion, température de l'air à l'admission en aval du turbocompresseur etc.

Possibilités de réglage sur les moteurs à mélange pauvre

Valeurs de NO_x élevées après la réduction catalytique sélective (RCS) :

→ Mesure en amont/aval de la RCS, voir sous Valeurs de NO_x élevées en amont de la RCS

Valeurs de NO_x élevées en amont de la RCS :

→ Point d'allumage trop tôt
→ Décaler le point d'allumage dans le sens « plus tard »

Indice de méthane trop bas (variation fréquente avec le biogaz) :

→ température d'allumage plus basse
→ allumage prématuré

Possibilités de réglage en cas de cliquetis :

→ Dépôts incandescents (résidus de combustion & d'huile) sur les parois de la chambre de combustion
→ Allumage prématuré
→ Les moteurs récents sont équipés de capteurs de cliquetis
→ Les impacts de gravillons, le cliquetis de chaîne etc. peuvent provoquer de faux signaux du capteur de cliquetis (= sonore)

ATTENTION :

Un « point d'allumage réglé trop tôt » provoque le cliquetis, un « point d'allumage réglé trop tard » provoque des ratés → réglage précis seulement possible avec un appareil de mesure. Les « valeurs de référence » peuvent aussi influencer d'autres paramètres (p.ex. lubrifiant, températures etc.) ce qui peut provoquer une usure excessive.

Pourquoi un catalyseur ?

Généralités

Principe :

Les catalyseurs augmentent la vitesse d'une réaction chimique en réduisant l'énergie d'activation. Les catalyseurs ne se décomposent pas pendant cette réaction.



Moteur à mélange riche

Catalyseur à 3 voies (TWC = Three-way-catalysator) :

- Catalyseur réglé : commandé par la sonde λ (capteur qui détermine le rapport air-carburant dans le gaz d'échappement d'une combustion)
- Réduit les substances nocives de jusqu'à 90% : CO et NO_x et HC
- Plage de travail optimale : $\lambda \sim 0,98 \dots 0,998$

Moteur à mélange pauvre

Catalyseur à deux voies :

Réduit les émissions de CO et de HC ; cependant, les émissions de NO_x ne sont pas réduites.

RCS (réduction catalytique sélective) = DeNO_x :

Réduction de NO_x dans les gaz d'échappement

* s'applique à toutes les applications dans le domaine des moteurs