

Description d'application Turbine à gaz

Mesure

M₁ Point de mesure 1 : contrôle du processus de combustion

Où mesurer ?

- En aval de la turbine

Pourquoi mesurer ?

- Détermination des émissions de la turbine
- Optimisation du rendement de combustion de la turbine
- Réglage à différents points de charge
- Optimisation en vue d'une efficacité maximale
- Réduction de la consommation de carburant

Quoi mesurer ?

- O₂
- NO
- CO
- NO₂

Propriétés typiques des gaz brûlés :

- Température des gaz brûlés : +450 ... +600 °C
- Pression dans le canal de combustion : jusqu'à 25 mbars

Remarque :

Il y a une dépression dynamique à ce point de prélèvement → Étancher impérativement ce point sinon de l'air ambiant est aspiré et mesuré.



M₂ Point de mesure 2 : contrôle du respect des limites d'émissions régionales

Où mesurer ?

- En aval de la chaudière de récupération

Pourquoi mesurer ?

- Surveillance du respect des limites dans les gaz brûlés
- Mesure de combustion aux fins de dépannage/diagnostic
- Mesure de combustion lors des inspections et maintenances régulières

Quoi mesurer ?

- O₂
- NO
- CO
- NO₂

Propriétés typiques des gaz brûlés :

- Température des gaz brûlés : +70 ... +90 °C
- Pression dans le canal de combustion : ± 2 mbars

Valeurs de mesure typiques

Valeurs typiques et valeurs limites d'une installation à turbine à gaz :

Grandeur de mesure	Valeurs typiques	
	M ₁	M ₂
O ₂	15 ... 18 %	15 % (valeur de référence)
NO _x	25 ... 60 ppm	300 ... 350 mg/m ³
CO	0 ... 30 ppm	100 mg/m ³
CO ₂		
Poussières		
Température des gaz	+300 ... +400 °C	+70 ... +90 °C
Écoulement des gaz		
Humidité		

Avantages des capteurs de Testo et du système de dilution :

- Précision de mesure élevée aux faibles concentrations grâce aux capteurs CO_{low} et NO_{low} précis
- Très grande étendue de mesure grâce à la plage de mesure étendue jusqu'au facteur 40 (2x, 5x, 10x, 20x, 40x)
- L'activation automatique de la fonction de dilution protège contre la surcharge sans interrompre la mesure
- La protection automatique du capteur empêche un endommagement du capteur en cas de forte concentration
- Pas de capteur « high » supplémentaire (p.ex. capteur NO et CO) nécessaire → réduction du coût
- Étendue de mesure des capteurs :
 - Capteur O₂, 25 %vol
 - Capteur NO_{low}, 300 ppm, 12 000 ppm*
 - Capteur CO_{low}, 500 ppm, 20 000 ppm*
 - Capteur NO₂, 500 ppm

* Plage de mesure étendue pour emplacement individuel avec facteur de dilution 40

Orifice de mesure



Remarque :

Pour le choix des sondes, tenir compte du fait que les canaux de combustion peuvent avoir un grand diamètre (>1 m).



Avantages de l'analyseur de combustion testo 350 :

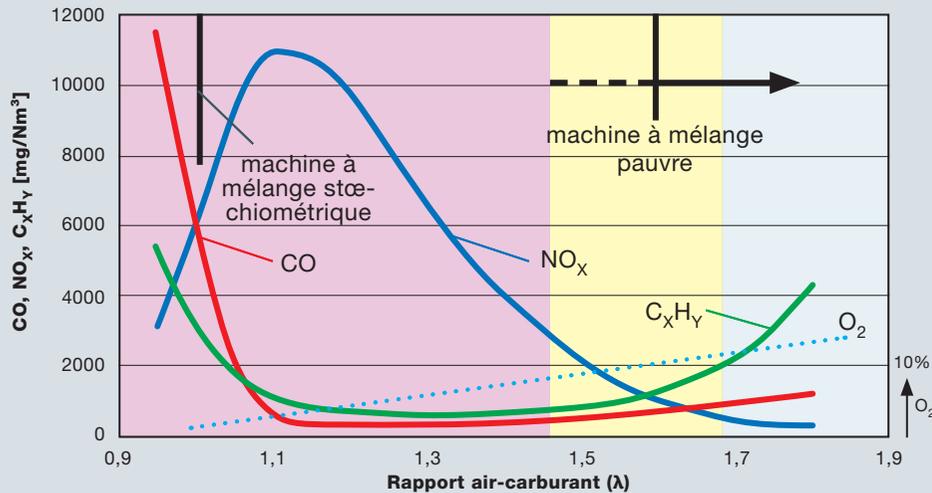
- Prêt à mesurer en 30 secondes
- Utilisation intuitive grâce aux réglages par défaut utiles de l'appareil
- Étalonnage simple et précis par l'utilisateur au moyen de gaz étalon possible sur site
- Boîtier fermé et robuste, insensible aux chocs et aux saletés
- Les capteurs précalibrés peuvent être changés sur place et réduisent ainsi les temps d'arrêt
- Coffret d'analyse avec raccords industriels et ouvertures d'entretien facilement accessibles
- Le système de préparation des gaz intégré protège contre la dilution des valeurs de mesure par l'humidité et contre l'absorption, p.ex. de NO₂, par l'eau de condensation contenue dans les gaz brûlés



Description d'application Turbine à gaz

Connaissances théoriques 1

Comportement d'émission des turbines à gaz



Règle générale :

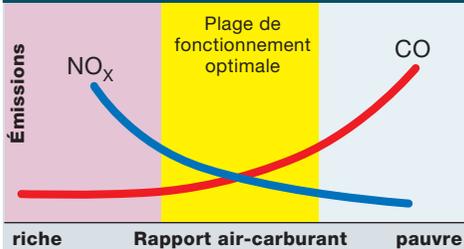
Le point de fonctionnement sur la courbe de combustion se déplace en fonction du rapport air-carburant.

$NO_x = NO + NO_2$

→ Mesurer séparément les NO_x = Capteur $NO + NO_2$

- Consiste en NO_x d'origine combustible et en NO_x d'origine thermique
- Le taux de NO_2 peut être très faible → risque très élevé de lixiviation (→ refroidisseur de gaz recommandé)
- Même des NO dans une plage très faible → Capteur NO_{low}

Plage de fonctionnement optimale



Émissions de NO_x des turbines à gaz

- Les turbines à gaz fonctionnent avec un grand excès d'air.
- La production de NO_x thermiques augmente rapidement après que la température stœchiométrique des flammes est atteinte.
- Une augmentation du rapport air-carburant vers un mélange « pauvre » (plus d' O_2) réduit la formation de NO_x thermiques mais augmente les émissions de CO .

En partant du mélange « riche »

Propriétés :

NO_x (oxydes d'azote) :

L'augmentation de l'apport d'air provoque une réduction de la température dans la chambre de combustion. Les émissions de NO_x sont réduites car moins de NO_x thermiques se forment.

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

Un bon mélange du carburant et de l'air peut mener à des valeurs de C_xH_y très basses en cas de bon état.

CO (monoxyde de carbone) :

L'excès d'oxygène dans le processus de combustion provoque la réaction des molécules de CO avec l' O_2 ce qui produit du CO_2 et mène donc à une très faible émission de CO .

Plage de fonctionnement optimale

En partant du mélange « pauvre »

Propriétés :

NO_x (oxydes d'azote) :

Une réduction supplémentaire de la température de combustion supprime en grande partie les émissions de NO_x thermiques.

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 dans les fumées.

CO (monoxyde de carbone) :

Une température de combustion trop faible provoque une oxydation incomplète du CO et donc une nouvelle augmentation du CO .

Conseil pratique :

Lors du lancement des turbines à gaz :

Le lancement peut provoquer une très forte concentration de CO . Grâce à la fonction de dilution (plage de mesure étendue), on ne peut pas seulement mesurer avec une très haute précision mais on peut aussi mesurer de fortes concentrations avec les capteurs CO_{low} et NO_{low} .

Turbines à gaz réglées de manière optimale :

Avec une turbine parfaitement réglée, les valeurs de CO / NO peuvent être très basses (valeurs de $NO_x < 10$ ppm). Les systèmes avec préparation des gaz empêchent une dilution des valeurs de mesure par l'humidité ainsi que l'absorption de NO_2 par le condensat dans les fumées. Ainsi, les performances et la précision de mesure restent constantes.

Description d'application Turbine à gaz

Connaissances théoriques 2

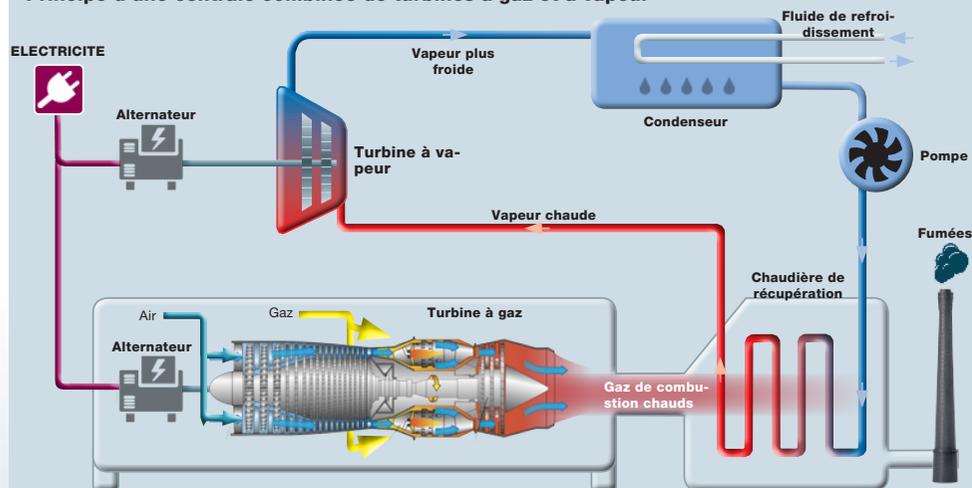
Différence entre la turbine à gaz et la turbine à vapeur

Turbine	Carburant	Plage de température
Turbine à gaz	Carburants gazeux et liquides (p.ex. gaz naturel, essence, propane, diesel et kérosène).	Plage de température élevée de plus de +1 000 °C pendant la combustion.
Turbine à vapeur	Vapeur chaude (vapeur d'eau la plupart du temps), la chaleur peut être utilisée p.ex. par des réacteurs nucléaires, pour la combustion dans les brûleurs à charbon ou par des turbines à gaz. → Important : les turbines à vapeur sont seulement en contact avec la vapeur d'eau produite, non avec le combustible utilisé.	Basse plage de température d'environ +450 ... +600 °C (la température des gaz du processus de combustion primaire produit la vapeur d'eau nécessaire).

L'efficacité énergétique augmente par la combinaison d'une turbine à gaz et d'une turbine à vapeur :

→ Une efficacité énergétique électrique élevée est obtenue par la combinaison d'une turbine à gaz avec une turbine à vapeur. Une telle centrale combinée de turbines à gaz et à vapeur permet d'utiliser les gaz de combustion chauds de la centrale à turbine à gaz pour chauffer une chaudière à vapeur. Cela augmente considérablement le rendement car la turbine à vapeur disposée en aval atteint généralement encore la moitié de la puissance de la turbine à gaz.

Principe d'une centrale combinée de turbines à gaz et à vapeur



Combinaison d'une plage de mesure étendue et de capteurs « low »

Réglage de l'appareil :

La fonction de dilution (facteurs 2, 5, 10, 20, 40) des capteurs est activée en fonction des applications → le testo 350 vérifie automatiquement si les capteurs de gaz concernés sont connectés à l'emplacement de dilution prévu (emplacement 6).



Fonctionnement :

- Définir des seuils de mise à l'arrêt pour les capteurs
- Pour l'emplacement 6 : Activation de la plage de mesure étendue → choisir le facteur de dilution 2, 5, 10, 20, 40
- Lorsque le seuil de mise à l'arrêt est atteint, le gaz de mesure est automatiquement dilué au moyen d'air ambiant (autre possibilité : azote gazeux) pour le capteur se trouvant à l'emplacement 6. → Le gaz de dilution est aspiré par une entrée d'air de dilution séparée à l'aide d'une pompe et d'une soupape sur la base de la modulation de largeur d'impulsion. → Un filtre de protection est placé en amont pour protéger le parcours de gaz contre les poussières.
- Si le seuil de mise à l'arrêt est de nouveau atteint malgré la dilution, la protection des cellules est automatiquement activée pour protéger les capteurs contre leur destruction.

Exemple de calcul : **x40**

Comparaison de l'exposition du capteur et de l'affichage de l'appareil	Étendue de mesure capteur CO _{low}	Étendue de mesure capteur CO _{low} avec facteur de dilution 40*	Protection des cellules : Étendue de mesure capteur CO _{low} avec dilution 40**
Affichage	500 ppm	10 000 ppm	20 000 ppm
Capteur CO_{low}	500 ppm	250 ppm	500 ppm → Protection des cellules par apport d'air frais en cas de dépassement de 20 000 ppm

*plus l'incertitude de mesure en cas d'utilisation de la dilution pour emplacement individuel de 2 % v.m.

**Étendue de mesure capteur CO_{low} : 20 000 ppm

Conseil pratique :

- En cas de présence de gaz perturbateurs dans l'air ambiant, enficher un tuyau sur l'entrée de dilution et placer l'autre extrémité dans un environnement propre*.
- En cas d'utilisation de gaz en bouteille (p.ex. azote), respecter une pression max. de 30 hPa.
- La dilution modifie également la résolution de l'affichage.
Exemple : sans dilution : résolution de 1 ppm, avec facteur 10 : résolution de 10 ppm.

* Observer les restrictions concernant le diamètre et la longueur.