

TP: Etude du fonctionnement d'une turbine à gaz

Laboratoire d'Ingénierie des Fluides et Systèmes Energétiques*

version du 17 février 2022

1 Introduction

Le banc d'essai Turbine à gaz avec turbine de puissance ET794 permet de démontrer et d'étudier le fonctionnement et le comportement d'une turbine à gaz à l'échelle du modèle. Les installations à turbines à gaz sont utilisées pour générer de l'énergie aussi bien mécanique qu'électrique :

- Entraînement des génératrices dans les centrales.
- Entraînement de compresseurs et de pompes dans le cadre de l'extraction du pétrole et du gaz naturel.
- Moteurs de bateaux, de locomotives et d'engins lourds.
- Moteurs d'avions à hélices et à réacteurs.

Les turbines à gaz sont toujours mise en oeuvre lorsqu'une concentration de puissance élevée, un faible poids et un démarrage rapide sont exigés. Contrairement aux machines à pistons, ces turbomachines permettent d'obtenir des débits de matière élevés tout en présentant des dimensions réduites.

Il est ainsi possible de réaliser des moteurs légers, mais cependant puissants. Les éléments mobiles d'une turbine à gaz effectuent uniquement un mouvement de rotation. Il est donc possible, si l'équilibrage est correct, d'obtenir un fonctionnement pratiquement exempt de vibrations. Les émissions sonores importantes dues aux vitesses élevées du gaz et à sa liaison simultanée avec l'atmosphère, représentent un inconvénient.

Comparées aux turbines à vapeur, les turbines à gaz fonctionnent à des températures plus élevées, mais avec des pressions moindres. Les températures élevées, notamment dans l'environnement de la turbine, exigent l'emploi de matériaux particulièrement résistants à la chaleur.

2 Description de l'installation

Le banc d'essai se compose d'une installation de turbine à gaz complète et des systèmes auxiliaires suivants (voir Fig. 1) :

- Gazogène composé d'un compresseur (1), d'une turbine (2), d'une chambre de combustion (3) et d'un système d'admission muni d'un silencieux (4).

*<https://lifse.artsetmetiers.fr>

- Turbine utile (5) avec silencieux d'échappement (6) et entraînement de la courroie du générateur.
- Système de combustible composé d'une vanne principale (7), d'une soupape à fermeture rapide (8), d'un régulateur de pression (9), d'une soupape de régulation (10) et du gicleur d'allumage.
- Système d'allumage avec bougie d'allumage et transformateur d'allumage.
- Système de lubrification composé d'un réservoir (11), d'une pompe à huile (12), d'un filtre à huile (13), d'un régulateur de pression (14) et d'un radiateur d'huile à réglage thermostatique (15).
- Générateur (16) avec convertisseur de fréquence, résistances de charge et indicateur de puissance.
- Système de démarrage avec ventilateur de démarrage (17) et clapets de commutation (18).
- Technique de mesure et technique de commande avec points de mesure de la température, du débit, de la vitesse de rotation et de la pression, et afficheurs correspondants Les éléments de sécurité tels que les limiteurs de température et de vitesse de rotation, les dispositifs de surveillance de la pression et de la température d'huile font également partie de l'ensemble. Ces actionneurs et dispositifs de mesure sont décrits en Fig. 2.

3 Préparation

Avant les essais, il vous est demandé de préparer une procédure de démarrage (voir Fig. 3) et de mesure en précisant les paramètres de fonctionnement à atteindre (vitesse, puissance ...).

4 Essais à réaliser

Les manipulations se feront par groupe de 3 étudiants. Chaque groupe d'étudiants effectuera les mesures pour une vitesse de rotation et une charge différentes.

Démarrer la turbine à gaz. Régler la turbine pour obtenir un point de fonctionnement stabilisé. Réaliser les mesures.

5 Exploitation des résultats

Pour chaque point de fonctionnement :

1. Déterminer le point de fonctionnement du compresseur (π , \dot{m} et η).
2. Positionner le point compresseur sur le champ compresseur (Fig. 4). Commenter.
3. Déterminer le point de fonctionnement de chaque turbine (π , \dot{m} et η).
4. Déterminer le rendement global. Analyser et commenter cette valeur. Comment augmenter le rendement. Quelles sont les pertes ?
5. Déterminer la consommation spécifique de combustible en kg/kWh.

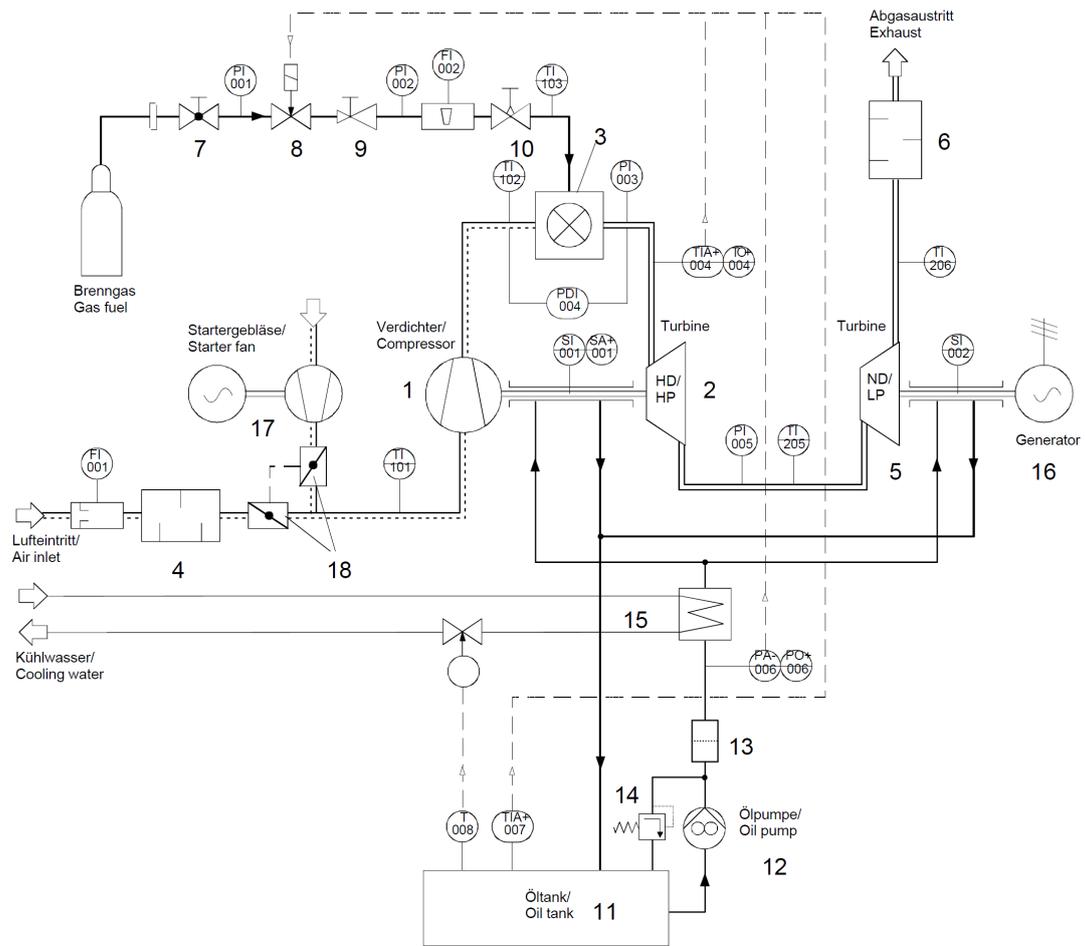
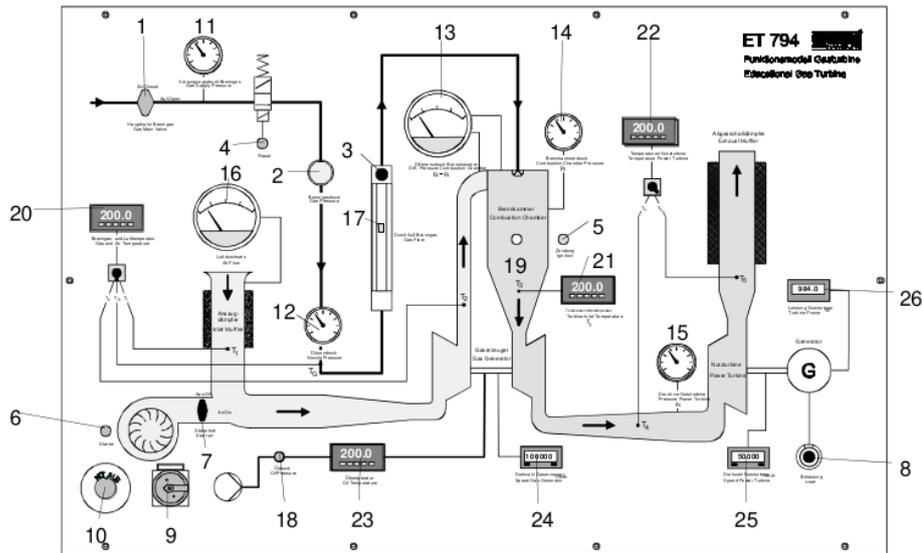


FIGURE 1 – Schéma de principe de l'installation



éléments de commande

- 1 Robinet de gaz principal
- 2 Régulateur de pression du gaz
- 3 Vanne de régulation du gaz de combustion
- 4 Bouton d'arrêt rapide
- 5 Bouton d'allumage
- 6 Commutateur de ventilateur de démarrage
- 7 Bouton rotatif pour clapets de commutation de l'air de démarrage
- 8 Potentiomètre de charge du générateur
- 9 Commutateur principal
- 10 Bouton d'arrêt d'urgence

Afficheurs

- 11 Pression d'alimentation du gaz combustible (pression bouteille)
- 12 Pression de gicleur de gaz combustible
- 13 Perte de charge dans la chambre de combustion $p_2 - p_3$
- 14 Pression en amont de la turbine p_3
- 15 Pression en amont de la turbine utile p_4
- 16 Flux d'air, vitesse à l'entrée
- 17 Débit du gaz combustible
- 18 Voyant de contrôle de la pression d'huile
- 19 Voyant de contrôle de l'allumage
- 20 Températures d'entrée de l'air T_1 , d'entrée du gaz T_g et après le compresseur T_2
- 21 Température à l'entrée de la turbine T_3
- 22 Températures à l'entrée de la turbine utile T_4 et Sortie de la turbine utile T_5
- 23 Température d'huile
- 24 Vitesse de rotation du gazogène n_1
- 25 Vitesse de rotation de la turbine utile n_2
- 26 Puissance du générateur P_{el}

FIGURE 2 – Vue de la face avant de l'installation

6. Tracer le cycle thermodynamique réaliser dans le digramme T-s Les résultats présentés seront analysés et commentés.

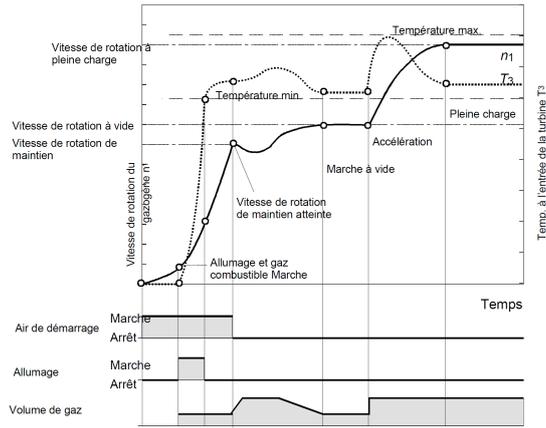


FIGURE 3 – Démarrage de la turbine à gaz

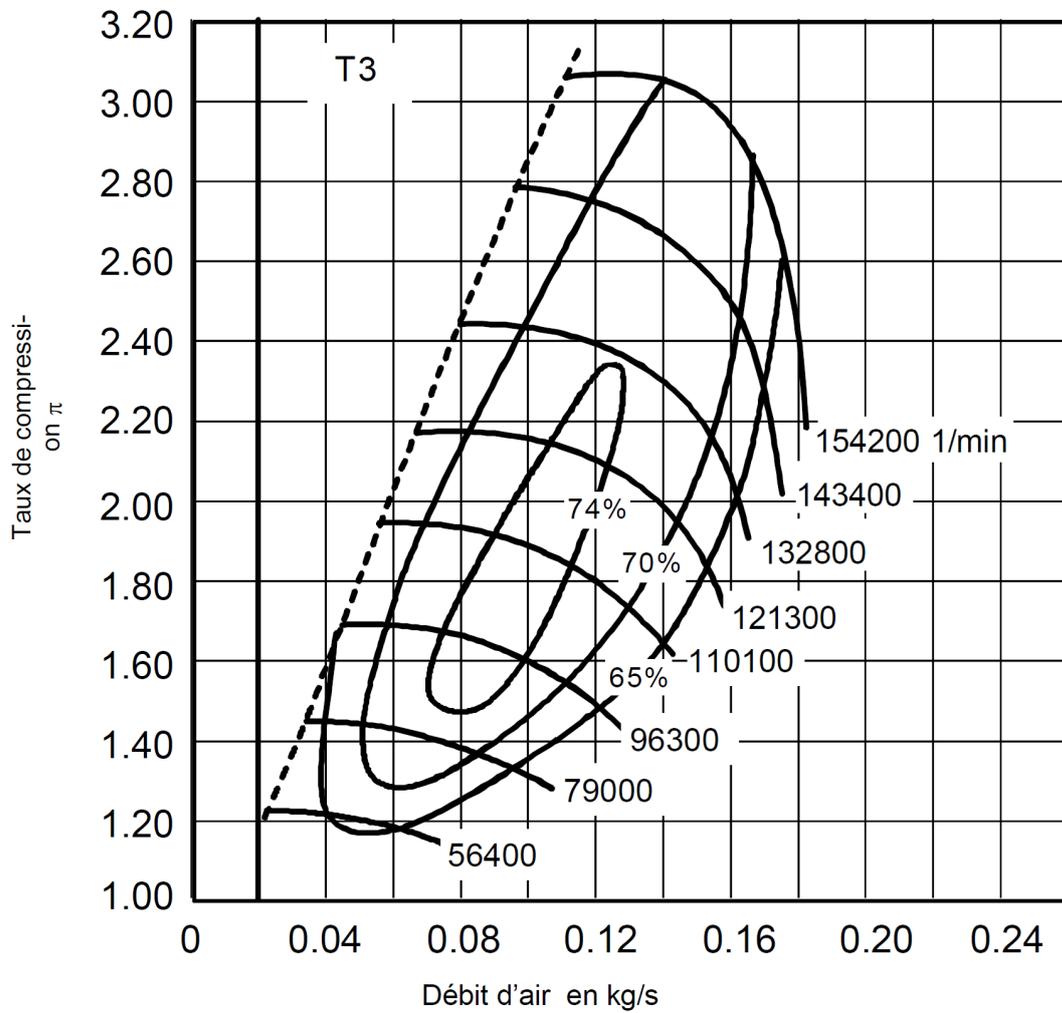


FIGURE 4 – Champ compresseur