

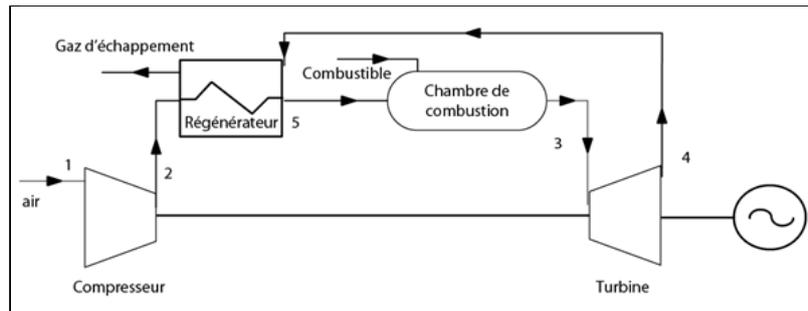
# Exploration d'une turbine à gaz à régénération

*Turbine à gaz à régénération, taux de compression 16, température d'entrée turbine 1150 °C*

## Introduction

L'une des principales pertes d'un cycle de turbine à gaz est le rejet à l'atmosphère des gaz d'échappement qui sortent de la turbine alors qu'ils sont encore à température élevée.

Dans un cycle à régénération, on réchauffe partiellement l'air comprimé avant entrée dans la chambre de combustion, ce qui réduit d'autant la consommation de combustible. Il suffit pour cela d'insérer un échangeur de chaleur entre les gaz d'échappement et l'air comprimé.



Les microturbines à gaz, d'une puissance de quelques dizaines de kW, utilisent généralement ce cycle. Elles sont notamment utilisées en cogénération.

Il est toutefois clair que la régénération ne peut être effectuée que si la température de sortie turbine est supérieure à la température de sortie compresseur, ce qui n'est pas toujours le cas.

Dans cette exploration dirigée, nous commencerons par étudier le paramétrage de la combustion dans un cycle de turbine à gaz simple, puis nous nous intéresserons au cycle à régénération.

### 1. Cycle de référence

Dans la première partie de ce cours (MOOC CTC-MS), pour simplifier les choses, nous n'avons pas modélisé la combustion, nous contentant de considérer que l'air sortant du compresseur de la turbine à gaz était porté à la température maximale du cycle dans une transfo de type échange.

Pour remédier à cette simplification, nous utiliserons les notions sur la thermodynamique de la combustion qui ont été présentées en cours.

La turbine à gaz aspire de l'air à 15 °C et 1 bar, et le comprime à 16 bars dans un compresseur de rendement isentropique 0,85.

L'air comprimé entre dans la chambre de combustion brûlant du gaz naturel, puis les gaz brûlés sont détendus dans une turbine de rendement isentropique 0,85.

La température d'entrée dans la turbine est de 1150 °C et la combustion est supposée parfaite.

### 2. Charger le modèle de référence

Cliquez sur le lien suivant : [Ouvrir un fichier dans Thermoptim](#)

Vous pouvez aussi ouvrir le fichier de schéma (TAG.dia) grâce au menu "Fichier/Ouvrir du menu" de l'éditeur de schémas, et le fichier de projet (TAG.prj) grâce au menu "Fichier de projet/Charger un projet" du menu du simulateur.

Le paramétrage de la turbine à gaz étant analogue à celui que vous avez étudié en fin du MOOC CTC-MS, sauf pour la combustion, nous ne nous intéresserons ici qu'à ce composant.

Dans l'éditeur de schémas, la transfo combustion est représentée par un composant chambre de combustion comportant deux transfos en entrée, le comburant, ici de l'air en sortie de compresseur, connecté sur le port bleu à gauche, et le combustible connecté sur le port rouge situé dans sa partie supérieure.

Les gaz brûlés en sortent par le port vert à droite, ici connecté à la turbine.

### 3. Paramétrage de la combustion

Ouvrez la transfo "chambre de combustion".

L'état des points amont et aval est rappelé sur la gauche de l'écran, comme pour toute transfo. Le lien vers le combustible apparaît sous le bouton "Calculer". Si vous cliquez sur "afficher", l'écran de la transfo-point définissant le combustible s'ouvre, vous donnant accès au point défini par le combustible et ses variables d'état, ici la pression de 20 bars et la température de 15 °C.

Le combustible est un gaz composé dont la composition correspond à du gaz naturel tel qu'il est disponible au terminal méthanier de Montoir de Bretagne, en Loire Atlantique.

Le paramétrage de la combustion est défini dans la partie inférieure droite de la transfo. Ici, nous avons choisi l'option "Calculer lambda", la température de fin de combustion étant fixée à 1150 °C. Rappelons que lambda est le facteur d'air tel qu'il apparaît dans l'équation de la combustion.

Par ailleurs, la chambre de combustion est supposée isobare, ce qui est paramétré par "pression imposée" "par le point amont", ce qui signifie que la pression aval sera égale à la pression amont. Si l'option "par l'utilisateur" avait été sélectionnée, la pression du point aval n'aurait pas été modifiée par le calcul, la valeur saisie par l'utilisateur étant considérée la bonne.

Notez bien qu'il faut que le corps en sortie d'une chambre de combustion soit un gaz composé non protégé, pour que Thermoptim puisse en modifier la composition.

Vous pouvez avoir accès à cette composition à partir de l'écran du point aval.

## Chargement du modèle de la turbine à régénération

Nous allons maintenant étudier le cycle à régénération.

### 1. Charger le modèle

Cliquez sur le lien suivant : [Ouvrir un fichier dans Thermoptim](#)

Vous pouvez aussi ouvrir le fichier de schéma (TagRegen.dia) grâce au menu "Fichier/Ouvrir" du menu de l'éditeur de schémas, et le fichier de projet (TagRegen.prj) grâce au menu "Fichier de projet/Charger un projet" du menu du simulateur.

Le rendement est de 39,51 % au lieu de 35,8 %.

### 2. Paramétrage du modèle

Comme nous l'avons indiqué, le nouveau modèle met en œuvre un nouveau composant, l'échangeur de régénération, appelé "régénérateur" et placé entre les gaz d'échappement et l'air comprimé.

Intéressons-nous à son paramétrage.

*Ouvrez l'échangeur de chaleur "régénérateur".*

*Il assure le couplage entre deux transfos échange appelées "régén air" et "régén gaz".*

*Les grandeurs connues sont les deux débits des fluides, ainsi que leurs températures d'entrée dans l'échangeur, soit au total quatre contraintes.*

*Il faut donc imposer une cinquième contrainte, que nous avons choisie être l'efficacité de l'échangeur, supposée ici être égale à 0,85.*

*Rappelons que l'efficacité epsilon d'un échangeur est définie comme le rapport de la plus grande augmentation de température au sein des fluides à l'écart des températures d'entrée des deux fluides.*

*Changez maintenant sa valeur en entrant 0,7 au lieu de 0,85, puis recalculez l'échangeur.*

*Recalculez ensuite plusieurs fois dans l'écran du simulateur jusqu'à ce que le bilan se stabilise.*

Quelle est la nouvelle valeur du rendement ?

*Déterminez la valeur du pincement en calculant la différence minimale de température entre le fluide chaud et le fluide froid.*

Quelle est la valeur du pincement dans le "régénérateur"?

## Limites de la régénération

Pour que la régénération puisse être utilisée, il faut que la température de sortie turbine soit supérieure à la température de sortie compresseur.

Or, ce critère dépend principalement de deux facteurs : le taux de compression, et la température d'entrée turbine.

Un second facteur conditionne l'intérêt de la régénération : l'efficacité de l'échangeur.

## Exercices d'application

### 1. Influence du taux de compression

*Étudiez par vous-même l'influence du taux de compression sur les possibilités de régénération.*

*Commencez pour cela par revenir au paramétrage initial en saisissant 0,85 comme efficacité du régénérateur et en le recalculant.*

*Augmentez ensuite le taux de compression en changeant la pression dans la point 2 en sortie de la transfo compresseur, puis recalculez d'abord le point puis la transfo.*

*Recalculez enfin plusieurs fois dans l'écran du simulateur jusqu'à ce que le bilan se stabilise.*

Quelle est la valeur du taux de compression au dessus duquel la régénération devient impossible ?

### 2. Influence de la température d'entrée turbine

*Étudiez par vous-même l'influence de la température d'entrée turbine sur les possibilités de régénération. Commencez pour cela par revenir au paramétrage initial en saisissant 16 bar dans l'écran du point 2 et en recalculant le point et la transfo compresseur.*

*Diminuez ensuite la température de fin de combustion dans la chambre de combustion, puis recalculez la transfo.*

*Recalculez enfin plusieurs fois dans l'écran du simulateur jusqu'à ce que le bilan se stabilise.*

Quelle est la valeur de la température de fin de combustion en dessous de laquelle la régénération devient impossible ?

## Conclusion

Cette exploration vous a permis de vous familiariser avec l'écran d'une combustion, de découvrir un modèle de turbine à gaz à régénération, et d'analyser la sensibilité de ce modèle par rapport à certains de ses paramètres de fonctionnement.