

3EN2370 - Turbomachines

Responsables : **Aymeric VIE , Alexis GIAUQUE**

Langues d'enseignement : **FRANCAIS**

Campus où le cours est proposé : **CAMPUS DE PARIS - SACLAY**

Nombre d'heures d'études élèves (HEE) : **25**

Nombre d'heures présentielles d'enseignement (HPE) : **16**

Année académique : **2024-2025**

Niveau avancé : **non**

Présentation, objectifs généraux du cours :

Ce cours vise deux objectifs principaux.

Le premier est de fournir au futur ingénieur en énergétique/aéronautique les outils théoriques principaux permettant la compréhension des écoulements dans les turbomachines. Le second est de lui permettre de mettre en oeuvre ces principes à travers une activité pratique de pré-dimensionnement d'un compresseur.

Quatre idées et principes clés pour la compréhension des écoulements dans les turbomachines structurent ce cours. Ces notions représentent des paliers dans la compréhension de ce type d'écoulement. Chacun peut être franchi de manière séquentielle et assure ainsi au futur ingénieur d'avancer toujours plus avant dans sa maîtrise du sujet.

Ces notions sont les suivantes:

- Vues méridienne et aube-à-aube. Ces vues sont intrinsèquement liées aux écoulements dans les turbomachines. Si la vue méridienne est associée à la conservation de la masse, la vue aube-à-aube permet quant à elle d'envisager les échanges d'énergie au sein du fluide.
- Triangle des vitesses. Dessiné dans la vue aube-à-aube, il permet de représenter directement les changements de direction du fluide sous l'effet du passage au travers du rotor et du stator. Comme nous le verrons, il s'agit d'un outil puissant d'analyse de ce type d'écoulements.
- Théorème d'Euler des turbomachines. Il s'agit du théorème fondamental permettant de relier les échanges d'énergie à l'aérodynamique dans les turbomachines.
- Equilibre radial. Les points précédents permettent d'analyser en détail l'écoulement au niveau du rayon moyen. L'équation de l'équilibre radial permet d'étendre cette analyse du pied à la tête de l'aubage.

Ces notions seront présentées en détail dans ce cours. Nous reviendrons également sur celles de rendement, de pertes et de similitude également très utiles à l'ingénieur. Ces idées et principes seront mis en oeuvre au sein d'un bureau d'étude de pré-dimensionnement d'un compresseur axial. Au cours de ce bureau d'étude, les travaux seront menés sur Matlab, par groupe de 2 élèves afin de permettre une meilleure acquisition des compétences associées au dessin préliminaire dans le respect d'un cahier des charges réaliste. Les élèves devront rendre un rapport de conception évalué à l'issue du cours. Pour permettre aux futurs ingénieurs de s'assurer de leur progression, des quizz seront proposés au début des séances. Par ailleurs, en fin de séance un temps sera réservé à un échange informel entre les étudiants et l'enseignant sous forme de questions/réponses.

Période(s) du cours (n° de séquence ou hors séquence) :

SM11

Prérequis :

aucun

Plan détaillé du cours (contenu) :

1 - Introduction - Thermodynamique

- Introduction : un peu d'histoire, les turbomachines aujourd'hui et dans un futur proche
- Flux compressibles : Un cours accéléré de remise à niveau, Les relations de flux isentropiques
- Quantités sans dimension et lois de similitude : Nombres sans dimension, lois de similitude
- Thermodynamique : Energies, travail effectif, Énergie cinétique / travail des forces internes, Énergie interne / dissipation mécanique, Entropie / équation de Gibbs

2 - Aéro-Thermodynamique 0D-2D

- Vues et surfaces d'analyse : Vues méridienne et aube-à-aube
- Thermodynamique : Variables relatives totales/stagnation
- Transformations : Types de transformation, Représentation de la transformation, Évolution des principales variables lors de la compression/expansion
- Efficacité : efficacité isentropique, exposant polytropique, efficacité polytropique, lien entre efficacité polytropique et isentropique, efficacité polytropique et aérodynamique

3 - Aéro-Thermodynamique 2D - Pertes

- Théorème d'Euler pour les turbomachines : Dérivation simple, Dérivation formelle, Rothalpie / Enthalpie relative totale
- Triangles de vitesse : Compresseurs, Turbines
- Caractéristiques de fonctionnement des turbines
- Pertes dans les compresseurs axiaux : Introduction, Pertes de profil, Effet de l'angle d'incidence, Autres types de pertes

4 - Aéro-énergétique 3D

- Équilibre radial : Dérivation simple, Dérivation formelle, Interprétation physique, Application
- Caractéristiques des turbomachines axiales : Caractéristiques des compresseurs axiaux
- Instabilités dans les compresseurs : Limite de stabilité, Décrochage, Surtension, Flottement
- Instabilités - Cas pratique : Détection d'anomalies

Déroulement, organisation du cours :

Cours magistraux et bureau d'érudes

Organisation de l'évaluation :

Rapport de conception d'un étage de compresseur noté.

Examen de connaissances sous la forme d'un QROC (30 mins) en début de séance 4.

Moyens :

Equipe enseignante : Alexis Giaouque (Ecole Centrale Lyon)

Acquis d'apprentissage visés dans le cours :

A la fin de cet enseignement, l'élève sera capable de :

- Comprendre l'organisation des écoulements dans les turbomachines.
- Comprendre et analyser les instabilités dans les turbomachines.
- Analyser le dimensionnement des aubes de turbomachines.
- Réaliser le design préliminaire d'un compresseur.

