PLAN DE COURS:

Thermodynamique Appliquée

"Réalisé dans le cadre de la formation de TELUM Constantine"

**Abdeldjouad TOUAHRIA 10/06/2022**

**Version allégée est adaptée aux canevas proposés par l'université de Mila Algérie**

Tables des matières

1. [Informations sur le cours 1](#_bookmark1)
2. [Présentation du cours 1](#_bookmark0)
3. [Contenu 4](#_bookmark2)
4. [Pré-requis 5](#_bookmark4)
5. [Visées d’apprentissage 5](#_bookmark3)
6. [Modalités d'évaluation des apprentissages 8](#_bookmark5)
7. [Activités d'enseignement-apprentissage 12](#_bookmark6)
8. [Alignement pédagogique 14](#_bookmark7)
9. [Modalités de fonctionnement 15](#_bookmark8)
10. [Ressources d'aide 16](#_bookmark9)

# Informations sur le cours

Faculté: Sciences de la technologie Département: Génie Mécanique

Public cible : 1ère année Master, spécialité électromécanique Intitulé du cours : thermodynamique appliquée

Crédit:04 Coefficient:02 Durée : 15 semaines

Horaire: Mercredi: 09h30-11h00 Salle: GS2

## Enseignant :

Cours, TD et TP: Dr. **Abdeldjouad TOUAHRIA**

Contact : par mail au [a.touahria@centre-univ-mila.dz](mailto:a.touahria@centre-univ-mila.dz).

## Disponibilité :

***Au bureau*** : Dimanche, lundi, jeudi de 11h00 -12h00

***Réponse sur le forum*** : toute question en relation avec le cours doit être postée sur le forum dédié pour que vous puissiez, tous, tirer profit de ma réponse, je m’engage à répondre aux questions postées dans un délai de 48 heures.

***Par mail*** : Je m’engage à répondre par mail dans 48 heures qui suivent la réception du message, sauf en cas des imprévus, j’attire votre attention que le canal de communication privilégié c’est le forum, le mail est réservé aux « urgences » (en cas de problème d’accès de la plateforme) et il doit être utilisé avec discernement.

# Présentation du cours

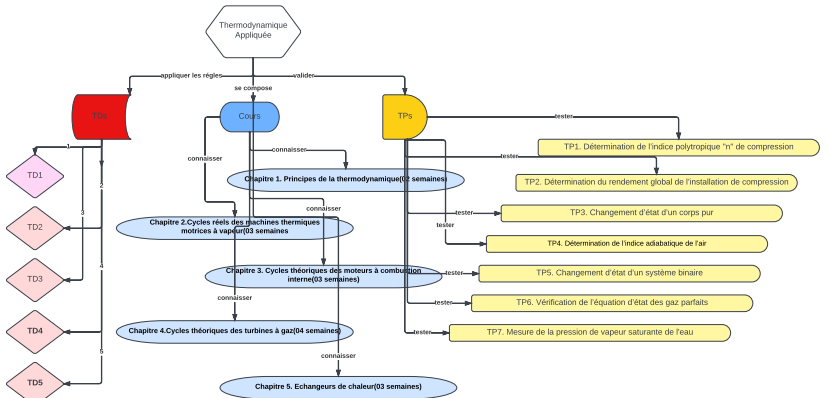
Ce cours de la thermodynamique appliquée, est destiné aux étudiants de Master génie mécanique spécialité énergétique spécialement, ainsi qu’aux des étudiants des cycles courts et cycles longs du domaine sciences et techniques d'enseignement supérieur. Le manuscrit est constitué de cours détaillé, il est conforme aux programmes de thermodynamique appliquée agrée par le ministère. Sa présentation didactique est le fruit de plusieurs années d’expérience pédagogique de l’auteur. Son contenu résulte de la lecture de nombreux ouvrages et documents dont la plupart sont cités dans les références bibliographiques.

On aborde alors, les Principes de la thermodynamique, qui nous permettra aisément de connaitre les différentes idées qui mènent à la naissance de la branche thermodynamique.

La figure 1 montre le plan de cours de la thermodynamique appliquée :

**La thermodynamique Appliquée**

Figure 1 – définition et domaines d’utilisation du langage



# Contenu

Le cours est scindé en cinq chapitres, chaque chapitres est traitée à travers des séquences pédagogiques permettant l'assimilation des concepts prévus, cette assimilation est consolidée par des travaux dirigés et travaux pratique où ces notions sont mises en œuvre, c’est une des forces de ce cours. L'ensemble des chapitres sont décrites ici, le plan détaillé du cours est disponible en accédant au cours en ligne puis en cliquant sur "**plan détaillé**".

**Chapitre 1. Principes de la thermodynamique**

* Le premier principe et la définition de l'énergie interne dans un système fermé
* Le second principe et la notion du rendement dans un cycle
* Les gaz parfaits (L'équation d'état des gaz parfaits, Les coefficients d'expansion et de compressibilité, Détermination analytique de L'entropie et de l'enthalpie)
* Changement de phase

**Chapitre 2.Cycles réels des machines thermiques motrices à vapeur**

* Cycle de Carnot
* Cycle de Rankine
* Cycle de resurchauffe
* Cycle de régénération (soutirage)
* Réchauffeurs à mélange et à surface
* Centrale thermique à deux fluides moteurs
* Fluide idéal d’une centrale thermique à vapeur

**Chapitre 3. Cycles théoriques des moteurs à combustion interne**

* Cycle de Carnot
* Cycle de Otto
* Cycle de Diesel
* Cycle mixte
* Cycles réels

**Chapitre 4.Cycles théoriques des turbines à gaz**

* Cycle de Brayton , Cycle de Stirling
* Cycle d’Ericsson
* Cycle de la turbine à gaz munie d’un régénérateur
* Compression étagée avec refroidissement intermédiaire
* Détente étagée avec resurchauffe intermédiaire
* Cycle théorique de la propulsion par jet, statoréacteur et turboréacteur
* Cycle de Brayton inversé, cycle de réfrigération

# Chapitre 5. Echangeurs de chaleur

* Classification des échangeurs de chaleur
* Méthode de conception des échangeurs de chaleur
* Calcul des échangeurs de chaleur
* Corrélations de la convection forcée dans les échangeurs de chaleur
* Puissance de pompage et perte de charge dans les échangeurs de chaleur
* Condenseurs et évaporateurs
  + 1. **Introduction**

Cette unité donne un historique sur la thermodynamique appliquée, ainsi qu’elle vous permet de fournir certaines informations au sujet de votre cours afin de le mettre en contexte et de susciter l’intérêt des étudiants.

* + 1. **Contenu**

Cette section est consacrée au contenu propre du cours ( voir contenu).

# Pré-requis

Pour pouvoir tirer le maximum de ce cours il faut connaître :

* Rappeler chez l'étudiant les concepts fondamentaux de la thermodynamique, interprétation physique des notions fondamentales de la thermodynamique afin de comprendre les cycles thermodynamiques en tant que système de conversion d'énergie.
* Lois générales de la thermodynamique de base et de la mécanique des fluides acquises au cours du cursus de la licence.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Pour tester ces deux pré-requis, un test est mis à plateforme d’enseignement à distance:  <http://elearning.centre-univ-mila.dz> | votre | disposition | sur | la |
| **«Utiliser votre identifiant (username et password) fourni par votre enseignant pour vous connecter puis cliquer sur le bloc « mes cours » et choisir le cours Thermodynamique appliquée »** | | | | |
| Le test est disponible dès la première semaine et il est accessible sans illimitation dans le temps afin que vous puissiez le refaire. | | | | |
| Si la note obtenue est insuffisante, vous serez orienté vers un cours à suivre en auto-formation à votre rythme et à votre avancement, ce cours se trouve sur la même plateforme  d’enseignement à distance, vous pouvez y accéder en suivant les instructions suivantes: | | | | |

* Dans le bloc navigation, Cliquez sur **« mes cours** »
* Cliquez sur le cours " **Thermodynamique appliquée** " pour y avoir accès.

# Visées d’apprentissage

### La compétence visée par ce cours, dans son ensemble, est « d’être capable de concevoir, d’analyser et d’implémenter un système thermique en relation avec votre discipline en vous appuyant sur les concepts fondamentaux de la thermodynamique, afin de comprendre les cycles thermodynamiques en tant que système de conversion d'énergie.

C’est une performance complexe, que vous allez construire progressivement en maîtrisant des savoirs, en mettant en œuvre des savoir-faire et en le faisant avec un savoir-être de professionnel.

Le cours **Thermodynamique appliquée** vise à :

En termes de connaissances, à vous apprendre les notions de base de la thermodynamique permettant la compréhension des cycles thermodynamiques en tant que système de conversion d'énergie.

* la transcription du fonctionnement d’un système thermique donné en se basant sur la notion des échanges de chaleur.
* En termes de savoir-faire,
  + à vous entrainer à l’application des lois de la thermodynamique pour la conception des cycles thermiques complexes et qui présentent des systèmes réels.
  + Vous orienter vers la phase d’implémentation de votre conception en vous adaptant à l’utilisation cycles réels des machines thermiques motrices à vapeur ainsi que les cycles théoriques des moteurs à combustion interne.
* En termes de savoir-être, vous sensibiliser au respect des exigences d’un système thermique (spécificités du système, rendement thermique , efficacité, …).

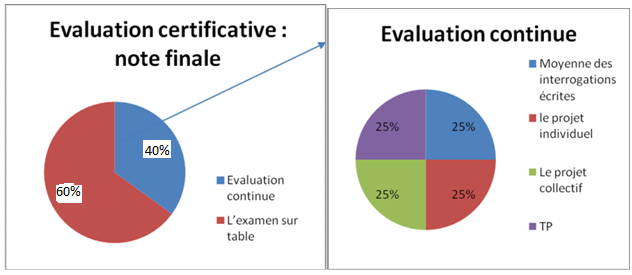
# Modalités d'évaluation des apprentissages

L’évaluation finale se fait à travers:

1. **Un examen final sur table** et qui porte sur tout ce que vous avez vu dans ce cours pendant le semestre, lors de cet examen, qui compte pour 60% de la note finale (figure 1), vous aurez

* À résoudre des problèmes similaires ou proches aux problèmes traités lors des TD , des TPs et des interrogations.
* À répondre à des questions de synthèse (via des QCM)
* À répondre des questions de réflexion. (vous serez entraînés à répondre à ce type de questions par les questions posées lors des TPs, des cours et lors des quiz qui vous seront proposés en ligne)

1. **Évaluation continue et régulières** à raison de 40 % restant, elle vous permet d’engranger des points tout au long du semestre, cette évaluation continue est réalisée par différentes formes, chaque forme présente un quart (¼) de la note globale (note de l’évaluation continue), il s’agit :



* De la moyenne des notes des interrogations écrites,
* Des notes obtenues aux projets individuel et collectif
* De la moyenne des notes des TP.

**Figure 3 : Modalités de l’évaluation**

## Voici comment se déroule l’évaluation continue:

* + Des interrogations écrites de courte durée qui portent sur les concepts vus et qui seront prévues toutes les **5 semaines, soit 3 interrogations/semestre.**
  + Le projet individuel et qui porte sur la conception d'un système réel et qui dont le thème **vous sera attribué après 3 semaines**, et évalué sur la base de la qualité de production et selon les critères suivants :
    - Respect de l’échéance.
    - La clarté du travail en considérant les étapes suivies pour l’aboutissement au résultat attendu et qui peut être pertinent en suivant les consignes données.
  + Le projet collectif évalué sur la base de la qualité de production et selon les mêmes critères cités pour le projet individuel.
  + Les Tps programmés chaque semaine, à raison de 8 TPs par semestre, qui vont traiter chaque point vu pendant le cours, le TP se divise en deux parties, une partie théorique à préparer à domicile et une partie pratique à réaliser au labo, l’évaluation du TP est basée sur la préparation de la partie théorique, la réponse aux questions posées pour expliquer les résultats obtenus au labo, le compte-rendu qui résume la partie théorique et la partie expérimentales.

Un examen TP est envisagé à la fin du semestre et qui traite l’ensemble des points traités pendant le déroulement des TPs, la note finale du TP est calculée par la formule :



.

**LA NOTE FINALE QUI ASSURERA LA RÉUSSITE DE CE COURS DOIT ÊTRE SUPÉRIEURE OU ÉGALE À 10**

1. **Évaluation formative** est assurée à travers des activités ponctuelles (à distance et en présentiel) pour vous aider à réussir votre examen final, **elle ne compte pas pour des points.**

Elle sera autour des questions orales, des exercices d’application et les quiz en ligne,

## A distance

* La consultation de la version légère qui contient un ensemble de questions servant comme test de votre compréhension.
* Tous les quiz réalisés sont suivis par un feedback servant soit à vous permettre de passer à l’unité suivante, soit à revoir l’unité.
* Un examen blanc, définissant une épreuve analogue à celle de « l’examen sur table », cet examen blanc est un ensemble de questions englobant tous les éléments vus dans le cours et le feedback est affiché à la fin du test afin de vous orienter vers le point à revoir.

## En présentiel

La présence au cours vous permet de tirer profit du débat initié par des questions, des échanges et des interactions entre vous ce qui aide à mieux comprendre les concepts donnés et cerner le sujet en question.

Le tableau 1 résume l’ensemble des évaluations envisagées pendant le semestre



Plan de cours : Thermodynamique Appliquée **jan 2022**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tableau1 : Types et modalités d’évaluation du cours thermodynamique appliquée** | | | | |
| **Type d’évaluation** | **Période de l’évaluation** | **Modalité de l’évaluation** | | **Objectifs de l’évaluation** |
| Diagnostique | Au début du cours | test des pré-requis | Quiz en ligne. | Pour tester vos connaissances préalables permettant le bon suivi du cours et pour une orientation en cas d’échec. |
| Formative | Pendant le semestre | Activités d’apprentissage | Questions orales. | Pour tester vos connaissances acquises nécessaires au bon déroulement de l’unité d’apprentissage. |
| Exercices d’application. | Pour permettre la mise en relation entre les connaissances acquises et leurs applications. |
| Quiz en ligne.  Interrogations de courte durée. | Pour développer votre autonomie quant à la réalisation des exercices ce qui permet de détecter vos lacunes par vous même et corriger vos points faibles avant de passer à la prochaine unité d’apprentissage.  Pour vous préparer à l’examen final. |
| Sommative | Pendant le semestre | Activités d’apprentissage |
| Projet individuel  TP | Pour développer votre autonomie et vous préparer à la réalisation d’un grand projet qui sera collectif. |
| Projet collectif. | Pour développer l’aspect professionnel et mesurer votre attitude quant au travail d’équipe (l’esprit organisationnel, mutualisation des travaux, respect  des points de vu, travail collaboratif….) |
| Certificative | A la fin du semestre | Examen sur table | Exercices et éventuellement des questions de cours    Un système à concevoir est éventuellement des questions d’ordre technique. | Pour la prise de décision quant à la validation du cursus.  La note de l’examen TP intervient dans le calcul de la note finale du TP |
| Examen TP  individuellement |

Abdeldjouad Touahria Page 11

# Activités d'enseignement-apprentissage

Afin que vous puissiez Rappeler les concepts fondamentaux de la thermodynamique, interprétation physique des notions fondamentales de la thermodynamique afin de comprendre les cycles thermodynamiques en tant que système de conversion d'énergie, le cours propose plusieurs méthodes ayant leurs spécificités et leurs avantages.

## En présentiel :

* Les savoirs sont transmis à travers un cours magistral, j’attends de votre part une prise de note qui vont vous servir à maîtriser les concepts indispensables à la réalisation des activités d’apprentissage proposées pendant la séance.
* Vous êtes Egalement invités à participer à des débats, initiés par des questions posées sur la séquence pédagogique en cours, sans aucune forme d’évaluation, dans le but de développer des échanges entre vous, je vous invite à participer librement à ces débats en proposant des réponses aux questions posées afin de mobiliser vos connaissances, de comparer vos points de vue et d’en tirer des bénéfices pédagogiques de ces échanges.
* Des travaux dirigés sont programmées à la fin de chaque chapitre afin que vous puissiez vérifier votre capacité à mobiliser les savoirs dans la résolution des exercices et les problèmes proposés.
* Des projets individuels vous seront proposés, ils vous permettront de développer votre autonomie et votre réflexion quant à la conception des systèmes réels en utilisant la thermodynamique appliquée.
* Des TP sont programmés afin de vous entraîner à mobiliser toutes les notions théoriques présentées, ils vous permettent également de vous familiariser avec les outils de programmation aidant à l’implémentation de votre conception.
* Des projets collectifs sont également proposés permettant de travailler sur les nouveaux circuits utilisés dans les différents systèmes notamment dans le domaine transport et le traitement numérique des signaux, le projet collectif va vous aider à développer vos compétences quant au travail d’équipe qui vous permet d’échanger vos idées afin d’assurer la qualité de votre production et de développer des aptitudes de collaboration qui seront utiles dans votre vie professionnelle.

## A distance:

Vous êtes appelés à:

* Participer au forum intitulé ***« débat »*** qui se trouve au début de la section contenant le chapitre » en suivant le fil de discussion lancé par votre enseignant , une question est posée sur le forum au début de chaque chapitre et autour de laquelle un débat doit se construire, en répondant, en prenant connaissance des réponses des autres, en les analysant, en comparant vos réponses afin de déduire vos lacunes. C’est une méthode qui espère vous aider au développement de votre réflexion et à la prise de conscience de votre progression
* Consulter la version légère du cours (version SCORM) qui vous aide à organiser vos prises de notes en présentiel, cette version légère contient également des activités d’apprentissage insérées dans les différentes séquences pédagogiques.
* Faire le quiz, contenant différents types de questions (QCM, QCU, question à trou,

…), à la fin de chaque chapitre, ce qui devrait vous aider à faire une synthèse sur ce que vous avez appris et de détecter vos lacunes.

* Poser vos questions à propos du chapitre en cours sur le forum intitulé ***« Posez ici vos questions »*** et répondre à vos camarades, il s’agit d’encourager les échanges entre vous, de développer la métacognition et le conflit sociocognitif.

Le tableau 1 donne une vue globale des objectifs et de l’ensemble des méthodes qui viennent d’être présentées pour vous aider à comprendre pourquoi les méthodes sont pertinentes et complémentaires.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tableau 2 : Vue globale des objectifs et les méthodes déployées** | | |
| **Les modalités** | **En présentiel** | **En ligne** |
| **Les savoirs** | Le cours théorique en amphi Les débats en amphi  La prise de notes | Les forums Les quiz  Le cours en format SCORM |
| **Les savoir-faire** | Les TD Les TP  Le projet individuel (présentation, consultation avec  l’enseignant) | Le projet individuel (dépôt et interactions entre les pairs |
| **Les savoir-être** | Les projets collectifs  (présentation, consultation avec l’enseignant) | Les projets collectifs (dépôt et interactions entre les pairs) |

# Alignement pédagogique.

La compétence visée repose sur les troàis piliers : savoir ; savoir-faire et savoir être tous ces piliers sont nécessaires et nécessitent des méthodes pour pouvoir les atteindre et des évaluations pour tester votre compréhension et se renseigner sur l’atteinte des objectifs.

Pour les savoirs incontournables, vous allez les acquérir via une méthode transmissive car c’est la méthode la plus efficace pour emmagasiner des connaissances et les concepts théoriques, des démonstrations vont vous aider également pour la mémorisation des concepts. Mais il ne suffit pas de les connaître, vous devrez aussi les comprendre, votre compréhension sera testée à travers des questions théoriques ainsi que des quiz en ligne et de simples exemples d’application.

Pour les savoir-faire, tels que l’application des règles et des concepts afin de passer à la conception d’un système, je vais vous mettre en situation d’application à travers des exercices et des problèmes à résoudre, vous allez travailler en collaboration et essayer de comparer vos résultats afin de tirer profit des échanges entre vous.

Les interrogations permettent de tester votre compréhension et assimilation quant à la maîtrise des concepts liés à l’application, ce qui va vous permettre de passer à un stade plus avancé dans vos apprentissages, il s’agit du transfert des acquis vers une application aux systèmes réels proches de la vie professionnelle.

Le savoir-être va vous permettre de développerez progressivement votre sensibilité au respect des exigences d’un commanditaire face à un système à concevoir, vous allez être mis devant des projets collectifs nécessitant l’investissement de tous les concepts vus pour concevoir un système selon les normes exigées, vous allez travailler en groupe, organiser et présenter vos idées, l’évaluation porte sur les résultats obtenus et leur clarté ainsi que le respect des échéances.

# Modalités de fonctionnement

Le cours est organisé en :

* Séances théoriques afin de vous transmettre l’ensemble des savoirs permettant de cerner rapidement les définitions de bases et les méthodes de travail à suivre pour passer d’un schéma câblé à une logique programmée vu en 3ème année licence.
* En séance de travaux dirigés (TD), présents après chaque unité d’apprentissage (chapitre), afin que vous puissiez mobiliser les savoirs dans la résolution des exercices et des problèmes proposés.
* En séances de travaux pratiques afin de mobiliser les savoirs acquis dans la conception des systèmes réels.

Le déroulement du cours est assuré en hybride, en présentiel (en classe) et à distance via la plateforme d’enseignement à distance qui va vous permettre, le cas échéant, de revoir ou d’approfondir les concepts vus en présentiel et de surmonter les difficultés rencontrées. C’est une condition pour pouvoir contribuer positivement à la réalisation des activités collectives et de réaliser les activités distancielles dans les limites des échéances communiquées.

En outre, cette stratégie de formation en hybride va vous permettre de rester en contact permanent avec votre enseignant et vos condisciples à travers les espaces de communication qui favorisent le travail collaboratif et l’interactivité étudiant/ enseignant et étudiant/étudiant.

Le dispositif en ligne contient des espaces pour:

* Télécharger les différents chapitres après l’échéance programmée pour la réalisation du quiz en ligne.
* Déposer votre projet individuel dans l’espace approprié.
* Déposer votre projet collectif dans l’espace approprié

# Ressources d'aide

Des ressources sont mises à votre disposition sur la plateforme :

* Le manuel d’utilisation du logiciel : cette ressource est indispensable car vous allez l’utiliser pour pouvoir réaliser vos TP
* Les liens vers des packages : ressources fortement recommandée car au cours de la conception vous allez être face aux différentes situations qui nécessitent différents outils.
* Un handbook : qui contient des informations quant à l’utilisation des instructions