



Cégep Édouard-Montpetit
ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

PLAN DE COURS

No du cours : 280-521

NOM DU COURS : THERMODYNAMIQUE APPLIQUÉE AUX PROPULSEURS D'AÉRONEFS

Nom du (des) professeurs : Patrick Ladouceur, Richard Jolicoeur, Jean-Louis Neault, Robert Casaubon, Jacques Payant

Département : PROPULSEUR

Session : Automne 93



NOM DE L'ÉLÈVE : _____

Groupe : (th.) _____

(pr.) _____

OBJECTIFS GÉNÉRAUX DU COURS

Le cours **ANALYSE AUX BANCS D'ESSAIS** vise à :

- 1 - Initier les étudiants à la manipulation et au fonctionnement des différents types de moteurs tant à pistons qu'à turbines.
- 2 - Comprendre le fonctionnement **théorique** de chacun des différents types de moteurs que l'on retrouve sur les avions.
- 3 - Analyser les principes théoriques, **d'une manière pratique**, qui régissent les moteurs ainsi que leurs composantes (moteurs à turbines).

OBJECTIFS SPÉCIFIQUES

THÉORIE

À la fin de chacun des thèmes suivants, l'étudiant devrait être capable de :

Révision théorique :

- Connaître à fond les unités de bases employées dans le système international, leur interrelation et leur simplification.
 - Savoir associer chacune des unités de base à leur concept physique. Ex : pour le travail, des **Joules**.
 - Pouvoir effectuer des calculs de physique de base, nécessaires à la compréhension des concepts régissant le fonctionnement d'un moteur.
- Ex :
- . le couple
 - . la puissance
 - . la consommation spécifique
 - . etc.

Introduction :

- Définir la thermodynamique.
 - Situer la thermodynamique en tant que science dans son contexte historique et dans ses champs d'utilisation.
- Ex :
- . Propulsion
 - . Production d'énergie
 - . Réfrigération
 - . Etc.

Concepts d'analyse :

- Comprendre et pouvoir analyser les performances des moteurs à l'aide des outils (concepts) que nous offre la thermodynamique dont :
 - le premier principe
 - système fermé
 - système ouvert (volume de contrôle)
 - principe de conservation de la masse
 - le second principe
 - écoulement en régime permanent
 - etc.

- Identifier et pouvoir utiliser à des fins d'analyse, chacune des variables thermodynamiques suivantes :
 - pression
 - température
 - masse volumique
 - énergie interne
 - enthalpie
 - entropie
 - etc.

- Maîtriser l'équation des gaz parfaits, connaître ses limites, et comprendre le concept des chaleurs massiques (constantes et variables) s'y rattachant.

- Savoir définir le concept de rendement, en particulier des suivants :
 - rendement mécanique
 - rendement thermique :
 - . idéal
 - . indiqué
 - . au frein
 - . des composantes d'une turbine
 - . du compresseur
 - . de la chambre de combustion
 - . de la turbine
 - . de la tuyère

Cycles de puissances :

- Définir le principe du cycle et connaître tous les détails se rapportant à chacun des cycles suivants :
 - le cycle de Carnot
 - le cycle d'Otto
 - le cycle de Diesel
 - le cycle de Brayton et ses variantes :
 - . régénérateur
 - . post-combustion

MÉTHODOLOGIE

La méthode, le style d'enseignement et d'apprentissage utilisent des moyens didactiques standards, comme :

En théorie : Cours magistraux; utilisation de maquettes de moteurs; acétates; films; pièces.

En laboratoire : Cahier de cours; pièces et moteurs opérationnels, moteur Volvo Diesel, Chrysler à essence, turbine à gaz Rover, Cusson, pompe thermique. Pour lectures de données et pour fin d'analyse.

RÉFÉRENCES

WYLEN, Van, Thermodynamique appliquée, éd. Renouveau pédagogique, Montréal, 736 p., 1981.

Canadian Aeronautics and Space Journal, (Ottawa, Ont. : Canadian Aeronautics and Space Institute).

Flying (New York, NY).

Transactions of the ASME, Journal of Engineering for Gas Turbines and Power (Fairfield, NJ).

ÉVALUATION

Les évaluations sommatives sont de type traditionnel et/ou de choix multiples. Les évaluations formatives sont sous forme de questionnaires écrits ou oraux (discussion avec le professeur).

- 2 tests (intras) d'une durée de 90 minutes chacun. (2 théorie + 2 labo.)
- 1 examen final d'une durée de 3 heures.

PONDÉRATION

La pondération des examens sera définie avec le professeur au début de la session.

DIVERS

Un lexique en français des mots et expressions les plus couramment utilisés dans le cours est distribué au début de la session.

POLITIQUES

Sécurité dans les locaux

Les consignes de sécurité en usage dans l'école inscrites dans le guide de l'étudiant-e et les consignes plus spécifiques en usage dans les différents locaux doivent être respectées.

Présentation et évaluation des travaux

- Tout travail remis en retard sera noté avec 10% de moins par jour de retard et «zéro» après une semaine.
- En raison de la politique de la valorisation de la langue française, les travaux sont écrits en français. (Le français et l'utilisation des mots ou expressions du lexique pourront être évalués jusqu'à concurrence de 10%)
- À moins d'avis contraire, les travaux écrits doivent se conformer aux «Normes de présentation des travaux écrits». Ce document est disponible à la COOP.
- Les travaux de laboratoire non terminés après le temps alloué sont recueillis et évalués tel quel.

THERMODYNAMIQUE

LEXIQUE

Adiabatique (Adiabatic)

Courbe d'évolution d'un système qui n'échange aucune chaleur avec l'extérieur.

Agitation thermique (Thermal disturbance)

Mouvement des atomes ou molécules sous l'effet de la température, particulièrement sensible dans les gaz où il a été mesuré grâce au mouvement brownien. Est à la base de la théorie cinétique des gaz.

Air (Air)

Gaz qui forme l'atmosphère terrestre.

Ampère (Ampere)

Unité d'intensité du courant électrique. C'est l'intensité d'un courant constant qui, parcourant 2 fils parallèles de longueur infinie et de section négligeable placés à un mètre l'un de l'autre dans le vide, produirait entre ces deux conducteurs une force de 0.2 micronewton par mètre de longueur.

Anémomètre (Anemometer, wind gauge)

Appareil servant à mesurer la vitesse d'écoulement d'un fluide gazeux, en particulier la vitesse du vent.

Arbitraire (Arbitrary)

Qui dépend de la seule volonté et n'est pas lié par l'observation de règles. Valeur d'une grandeur que l'on a choisie et non mesurée ou calculée.

Atmosphère (Atmosphere)

1- Unité de pression: pression moyenne dans nos latitudes et qui vaut 101325 Newtons par mètre carré. 2- Enveloppe gazeuse qui varie en densité et en composition avec le lieu et l'altitude. En moyenne, elle comprend en volume 78% d'azote, 21% d'oxygène, 0.8% d'argon, 0.03% de gaz carbonique, 0.0018% de néon, 0.0005% d'hélium, 0.00001% de krypton et 0.00001% de xénon. En outre, elle contient une proportion variable de vapeur d'eau, d'impuretés, et de poussières. La pression de l'atmosphère diminue avec l'altitude, ce qui rend nécessaire l'emploi de masques à oxygène à partir de 4000 mètres environ.

Azote (Nitrogen)

Élément no 7, poids atomique de 14.0067, dont le point de fusion est 63.14K et le point d'ébullition est 77.35K. Gaz inodore et chimiquement peu actif, qui constitue les 4/5e de l'atmosphère terrestre et rentre dans la composition de la plupart des corps présents dans les organismes vivants, auxquels il est indispensable.

Balance (Scale)

Appareil qui sert à mesurer des forces (ou poids), à évaluer des masses en les équilibrant par des masses ou autres forces connues. Sous sa forme ordinaire, se compose d'un levier rigide comportant trois prismes d'acier, celui du milieu reposant par son arête sur un plan d'acier ou d'agate fixé au bout d'une colonne. Les deux autres prismes supportent les plateaux. L'égalité des 2 bras du fléau fait que des poids égaux mis sur les deux plateaux entraînent l'horizontalité du fléau. La balance romaine garde toujours le même poids de référence, mais on peut déplacer celui-ci le long d'un des bras gradué du fléau.

Bar (Bar)

Unité de pression qui diffère peu de la pression atmosphérique; un bar égale 100 kPa.

Baromètre (Barometer)

Instrument qui sert à mesurer la pression atmosphérique.

Calorimétrie (Calorimetry)

Ensemble des méthodes par lesquelles se mesurent les ΔH de chaleur dégagées dans les réactions. Il s'agit d'utiliser la totalité de cette chaleur pour échauffer une quantité connue d'eau du calorimètre, ou de la bombe calorimétrique, (récipient en métal particulièrement résistant où l'on fait se produire la réaction dont on veut mesurer le dégagement de chaleur). C'est ainsi qu'on mesure le pouvoir calorifique d'un combustible en brûlant dans la bombe une masse connue du combustible et en mesurant la chaleur dégagée.

Carbone (Carbon)

Élément no 6; poids atomique de 12.011 dont le point de fusion est autour de 4100K, le point d'ébullition est autour de 4470K. Oxyde de carbone (CO), gaz incolore, très toxique, qui se forme dans la combustion incomplète de nombreux combustibles.

Carburant (Fuel)

Gaz ou liquide suffisamment volatil formant avec l'air, aux conditions ordinaires de température, un mélange détonant dont l'explosion, sous l'effet de l'étincelle d'allumage, fournira l'énergie nécessaire au cycle moteur. Les carburants sont d'origine minérale ou organique, le plus répandu étant l'essence, c'est-à-dire un mélange d'hydrocarbures provenant de la distillation des pétroles bruts.

Chaleur (Heat)

1- Énergie que les corps emmagasinent sous forme d'accélération des mouvements internes des composantes de l'atome et de vibration moléculaire, et surtout sous forme d'énergie cinétique des atomes ou molécules. Se mesure en Joules. Se transmet par conduction, convection et radiation. 2- Chaleur latente. Nombre de Joules absorbés ou dégagés par kilogramme d'un corps pour changer d'état à température constante. 3- Chaleur spécifique. Quantité de chaleur nécessaire pour élever la température d'un corps de un degré. S'exprime en kilojoules par kilogramme et par degré. Pour les gaz, selon que la variation de température se fait à pression constante ou à volume constant, on distingue respectivement c_p et c_v , c_p étant supérieure à c_v .

Comburant (Combustive agent, oxidant)

Se dit d'un corps qui, en se combinant avec un autre, produit la combustion de ce dernier. Partie oxydante des propergols, oxygène, ozone, etc., destinée à brûler avec le carburant.

Combustion (Combustion, burning)

1- Action de brûler, de consumer ou de se consumer. 2- Ensemble des phénomènes qui accompagnent la combinaison d'un corps avec l'oxygène. 3- Oxydation vive d'un corps simple ou composé, accompagnée d'un fort dégagement de chaleur ou de flammes. 4- Troisième temps du fonctionnement d'un moteur suivant le cycle à quatre temps.

Compressibilité (Compressibility)

Degré auquel des corps acceptent d'être comprimés. La compressibilité, à peu près nulle pour les liquides, est grande pour les gaz.

Condenseur (Condenser)

1- Appareil servant à condenser une vapeur. 2- Appareil destiné à refroidir le gaz de ville en vue d'éliminer la majeure partie des produits facilement condensables contenus dans le gaz brut. 3- Dans une installation frigorifique, appareil dans lequel le fluide frigorigène, préalablement comprimé, passe de l'état de vapeur à l'état liquide. 4- Système optique ayant pour fonction de concentrer la lumière vers l'objectif d'un appareil de projection ou d'un microscope.

Critique, point (Critical point)

Point où disparaît le palier des isothermes d'un fluide et au-dessus duquel on ne peut plus liquéfier un gaz. C'est à ce point critique que correspondent la température critique, la pression critique et le volume spécifique critique.

Cycle (Cycle)

Transformation d'un système qui revient à son état initial.

Densimètre (Densimeter)

Appareil qui mesure la densité des liquides en se servant du fait que sa tige graduée, lestée en bas, enfonce plus ou moins dans le liquide.

Densité (Density)

Pour les liquides et les solides: quotient de la masse du volume unité du corps à la masse du même volume d'eau à 4°C. Pour les gaz: par rapport à la masse du même volume d'air (dans les mêmes conditions de température et de pression).

Dérivée (Derivative)

1- Limite du quotient: accroissement d'une fonction divisée par l'accroissement de la variable, quand ce dernier tend vers zéro. C'est la pente de la tangente à la courbe au point considéré. 2- Dérivée seconde. Dérivée de la dérivée. 3- Dérivée partielle. Pour une fonction à plusieurs variables, dérivée par rapport à l'une des variables, les autres étant supposées constantes.

Détente (Diffusion)

1- Tendance d'un gaz à pénétrer par exemple dans un autre gaz si l'on met en communication les récipients qui les contiennent. Si un gaz est contenu dans un récipient coupé par une paroi poreuse ou par la surface d'un liquide, le gaz a quand même tendance à diffuser et la loi de Graham précise que le coefficient de diffusion est dans ce cas inversement proportionnel à la racine carrée de sa densité. 2- Diffusion thermique. Tendance qu'ont les molécules gazeuses lourdes à se diriger vers les régions les moins chaudes et les molécules les plus légères vers les régions les plus chaudes.

Dissociation (Dissociation)

Mode de décomposition des composés chimiques, réversible et ne produisant que dans certaines conditions particulières de température et de pression qu'on appelle températures et pression de dissociation.

Dynamomètre (Dynamometer)

Nom générique des appareils destinés à mesurer l'intensité des forces.

Eau (Water)

Le liquide type de la nature. Sa formule H_2O qui en fait un oxyde d'hydrogène, sert de base à tout le système des masses atomiques. Ce n'est pas comme l'air un mélange, mais une combinaison chimique bien définie. Son point d'ébullition et son point de fusion à pression normale servent à définir l'échelle des températures.

Ébullition (Boiling point)

Passage rapide d'un liquide à l'état gazeux lorsque sa pression de vapeur est égale à la pression atmosphérique. La température d'ébullition dépend donc de la pression atmosphérique. L'ébullition s'effectue à une température constante avec absorption de chaleur.

Échelle des températures (Scale of thermometer)

1- Échelle choisie arbitrairement de façons diverses, en fixant deux points par rapport à des phénomènes physiques et en subdivisant de façon régulière ces intervalles. 2- Échelle Kelvin ou degré absolu. C'est l'échelle Celsius, sauf que le point d'origine est changé et reporté à -273.16 degrés Celsius où se trouve le zéro Kelvin. C'est la température qui, théoriquement, ne peut être atteinte et où toute agitation thermique cesse totalement. 3- Échelle Fahrenheit. Le $0^\circ C$ correspond à $32^\circ F$ et $100^\circ C$ correspond à $212^\circ F$.

Endothermique (Endothermic)

Se dit d'une transformation qui absorbe de la chaleur des conditions bien définies. 1- État critique. État unique d'un corps à la fois vapeur saturée et liquide saturé. 2- État initial et état final. La chaleur dégagée ou absorbée dans une réaction ne dépend que de l'état initial et de l'état final du système lorsqu'elle a lieu, soit à volume constant, soit à pression constante. Ce principe est la base de la thermodynamique.

Énergie (Energy)

1- Capacité de travail à formes diverses (mécanique, calorifique, chimique, électrique, de rayonnement, nucléaire ou atomique) qui se transforment les unes dans les autres avec un plus ou moins bon rendement. Quand celui-ci est le plus mauvais, l'énergie est dite dégradée (cas de l'énergie thermique). 2- Énergie mécanique. Se subdivise en potentielle et cinétique. 3- Énergie calorifique. Est produite par combustion dans les machines thermiques; produite ou dépensée par frottement, chocs, compression des gaz et par passage du courant électrique. 4- Énergie chimique. Est fournie ou absorbée dans une transformation chimique. 5- Énergie de rayonnement. Énergie reçue du soleil ou émise par les corps chauds. 6- Énergie électrique. Quand l'électricité produit un travail mécanique ou est produite par un moteur. 7- Énergie nucléaire ou atomique. Énergie interne des atomes, qui est une énergie de liaison des particules, variable selon leur nombre.

Enthalpie (Enthalpy)

Quantité dépendant de l'état initial et de l'état final d'un système et dont l'expression est $\int U + PV$.

Entropie (Entropy)

Grandeur thermodynamique exprimant le degré de désordre de la matière. Cette énergie peut être plus ou moins «noble», l'énergie mécanique étant celle au plus haut degré d'organisation et qui donne le meilleur rendement à l'utilisation, l'énergie thermique étant la plus dégradée.

État (State)

Ensemble des caractéristiques physiques d'un corps dans des conditions bien définies. 1- État critique. État unique d'un corps à la fois vapeur saturée et liquide saturé. 2- État initial et état final. La chaleur dégagée ou absorbée dans une réaction ne dépend que de l'état initial et de l'état final du système lorsqu'elle a lieu, soit à volume constant, soit à pression constante. Ce principe est à la base de la thermodynamique.

Évolution (Process)

Lieu des états successifs par lesquels un système passe.

Exothermique (Exothermic)

Se dit d'une transformation qui dégage de la chaleur.

Extrapolation (Extrapolation)

Consiste à prévoir la valeur d'une fonction en dehors de l'intervalle pour laquelle on la connaît. Comporte un certain risque d'erreur.

Fission (Fission)

Rupture du noyau d'un atome lourd (radioactif) sous l'action d'un neutron, en deux ou plusieurs noyaux, libérant une importante quantité d'énergie et des rayonnements.

Fluide (Fluid)

Corps dont les molécules ont peu d'adhérence et peuvent glisser librement les unes sur les autres (dans le cas des liquides) ou se déplacer indépendamment les unes des autres (dans le cas des gaz), de sorte que ce corps prend la forme du récipient qui le contient.

Force (Force)

Action capable de modifier l'état de repos ou de mouvement gazeuse est indépendante de son volume et ne dépend que de la température. 3- Effet Joule-Thomson. Effet de diffusion à travers une paroi poreuse qui a montré qu'il se produisait un faible changement de

4- Loi de Boyle-Mariotte des gaz. À température constante, le produit PV pourempérature une masse gazeuse est constant. 5- Gaz parfait. État théorique dont s'approche un gaz réel à des températures très supérieures ou au point critique et à des pressions peu élevées. 6- Coefficient de dilatation des gaz. À pression constante et à 0°C, les gaz parfaits dilatent à 1/273e de leur volume par degré (loi de Gay-Lussac). 7- Équation d'état des gaz. $PV = mRT$ (où P est la pression en kPa, V le volume en m³, T la température absolue en K et R la constante du gaz en KJ/(kg.K). 8- Constante des gaz parfaits. Constante \bar{R} de l'équation des gaz parfaits qui vaut 8.31434 KJ/(kmol.K).

Fusée (Rocket)

Mobile propulsé par réaction, c'est-à-dire en utilisant comme force de propulsion le recul. C'est une application du principe de l'égalité de l'action et de la réaction. Ne nécessite pas d'être soutenue par la poussée aérodynamique et fonctionne au contraire mieux dans le vide, ce qui en fait le seul véhicule possible pour le cosmos.

Fusion (Fusion)

1- Passage de l'état solide à l'état liquide. Sauf pour certains corps (verre par ex.), se produit à température constante en absorbant de la chaleur, cette température variant avec la pression. Pour une solution, le point de fusion dépend de la concentration et du poids moléculaire du corps dissous. 2- Fusion thermonucléaire. Formation d'un atome plus lourd à partir de plusieurs atomes légers. Ne s'accomplit qu'à des températures dépassant le million de degrés, avec une énorme libération d'énergie. 3- Point de fusion; la température précise où un corps pur commence à passer de l'état solide à l'état liquide, et qu'il conserve tant que la fusion n'est pas terminée.

Gaz (Gas)

1- Un des trois états de la matière, qui occupe tout le volume disponible et dont les molécules, très distantes les unes des autres, se déplacent librement les unes par rapport aux autres en s'entrechoquant sous l'effet de l'agitation thermique. L'état d'un gaz se caractérise par sa température, sa pression et le volume qu'il occupe. La relation entre ces trois données est l'équation d'état des gaz parfaits. 2- Loi de Joule. L'énergie d'une masse gazeuse est indépendante de son volume et ne dépend que de la température. 3- Effet Joule-Thomson. Effet de diffusion à travers une paroi poreuse qui a montré qu'il se produisait un faible changement de température. 4- Loi de Boyle-Mariotte des gaz. À température constante, le produit PV pour une masse gazeuse est constant. 5- Gaz parfait. État théorique dont s'approche un gaz réel à des températures très supérieures ou au point critique et à des pressions peu élevées. 6- Coefficient de dilatation des gaz. À pression constante et à 0°C, les gaz parfaits se dilatent de 1/273e de leur volume par degré (loi de Gay-Lussac). 7- Équation d'état des gaz. $PV = mRT$ (où P est la pression en kPa, V le volume en m³, T la température absolue en K et R la constante du gaz en kJ/(kg.K)). 8- Constante des gaz parfaits. Constante \bar{R} de l'équation des gaz parfaits qui vaut 8.31434 kJ/(kmol.K).

Glace (Ice)

État solide de l'eau: minimum de densité à 4°C, ce qui explique les éclatements de récipients par suite de la gelée.

Homogène (Homogeneous)

Une composition parfaitement uniforme. Se dit d'un tout formé d'éléments de même nature, cohérents entre eux.

Hydrogène (Hydrogen)

Élément no 1, de poids atomique 1.0079, dont le point de fusion est 14.025K et le point d'ébullition est 20.268K. Le plus léger de tous les gaz, extrêmement inflammable.

Indice d'octane

Mesure du pouvoir antidétonant d'un carburant, basée sur le fait que l'isooctane est très antidétonant et l'heptane, très détonant. On assimile donc le mélange carburant-antidétonant à un mélange isooctane-heptane, où la proportion d'octane est d'autant plus élevée que le pouvoir détonant est plus faible.

Inertie (Inertia)

Propriété de la matière qui fait que les corps ne peuvent modifier par eux-mêmes leur état de repos ou de mouvement.

Interpolation (Interpolation)

Adoption de valeurs prises entre deux points d'une courbe relevée par points. Comporte une marge d'erreur.

Irréversible (Irreversible)

Qui n'agit que dans un sens et ne peut revenir en arrière.

Isobare (Isobaric)

1- Se dit d'une transformation au cours de laquelle la pression reste constante. 2- Se dit d'éléments chimiques ayant le même nombre de masse, mais des numéros atomiques différents. 3- Sur une carte météorologique, ligne qui joint les points d'égale pression atmosphérique.

Isochore (Isochoric)

Se dit d'une transformation au cours de laquelle le volume demeure constant.

Isolant, matériel (Insulating material)

Substance non conductrice de l'électricité et dans laquelle les charges électriques restent localisées là où elles se sont produites. Les corps solides qui sont des isolants électriques sont aussi des isolants de la chaleur.

Isotherme (Isotherm)

1- Courbe reliant les points qui sont à la même température. 2- Si on trace les courbes en fonction de la température et de la pression d'un mélange de liquide et de vapeur d'un même corps, les isothermes comportent un palier horizontal plus ou moins long. Au fur et à mesure que s'élève la température, ce palier diminue jusqu'à se réduire à un point pour une température dite critique. Ce point d'inflexion est appelé point critique. Au-dessus de cette température, le gaz ne peut plus se liquéfier.

Joule (Joule)

1- Unité de travail, d'énergie ou de quantité de chaleur, équivalant au travail produit par une force de un Newton dont le point d'application se déplace de un mètre dans la direction de la force. 2- Effet Joule, dégagement de chaleur dans un conducteur homogène parcouru par un courant électrique.

Kilogramme (Kilogram)

Unité de masse (symb.: kg), dans le système international d'unités SI, équivalant à la masse du prototype en platine iridiée qui a été sanctionné par la Conférence générale des poids et mesures tenue à Paris en 1889, et qui est déposé au pavillon de Breteuil, à Sèvres.

Liquéfaction (Liquefaction)

Transformation d'un gaz en liquide.

Mach, nombre de (Mach number)

Rapport de la vitesse d'un mobile (projectile, avion) à celle du son dans l'atmosphère où il se déplace. Si ce nombre est inférieur à 0.8, la vitesse est dite subsonique. S'il est compris entre 0.8 et 1.2, la vitesse est transsonique; s'il est supérieur à 1.2, elle est supersonique.

Machine (Machinery)

Ensemble d'appareils ou dispositifs destinés à recevoir une certaine forme d'énergie et à la transformer pour produire un effet donné.

Manomètre (Manometer)

Appareil servant à mesurer la pression d'un fluide contenu dans un espace fermé.

Masse (Mass)

1- Coefficient d'inertie des corps; quotient de l'intensité d'une force constante exercée sur un corps par l'accélération du mouvement qu'elle lui communique; s'évalue en kilogramme. 2- Masse spécifique ou volumique. Masse par unité de volume. 3- Ensemble des pièces conductrices qui, dans une installation électrique, sont mises en communication avec le sol.

Mercure (Mercury)

Élément no 80; poids atomique 200.59; densité de 13.53; point de fusion à 234.28K; point d'ébullition à 630K. Le seul métal liquide à la température ordinaire. Le principal minéral est un sulfure d'où on extrait le métal par grillage en présence d'air. Le mercure est surtout utilisé dans les appareils de mesure.

Mètre (Meter)

1- Unité principale de mesure de longueur (symb.: m), dans le système légal des poids et mesures, définie à l'origine comme la dix millionième partie du quart du méridien terrestre; 2- La longueur du mètre étalon déposé au bureau de Poids et Mesures et que l'on définit maintenant comme: 1650763.73 fois la longueur d'onde, dans le vide, de la radiation qui correspond à la transition entre les niveaux $2P_{10}$ et $5d_5$ de l'atome de Krypton 86.

Molécule (Molecule)

La molécule a été définie comme un groupe d'atomes liés entre eux par les électrons de valence dont les orbitales subissent les effets de cette liaison. Lorsque la molécule est formée d'atomes identiques, on a un corps simple. Lorsqu'elle est formée d'atomes différents, on a des corps composés. La masse moléculaire (ou masse molaire) d'un composé est la somme des masses atomiques des éléments constituants. Elle ne peut être déterminée avec précision que pour les substances gazeuses ou vaporisables et pour les substances solubles.

Moment (Moment)

Produit d'une force par sa distance à un axe de rotation ou de plusieurs forces par la distance de leurs directions. 1- Moment d'un vecteur ou d'une force par rapport à un axe: produit de la force par la distance de sa ligne d'action à l'axe. 2- Moment d'un couple. Force d'un des vecteurs multipliée par la distance entre les deux. 3- Moment d'inertie par rapport à un axe: produit des masses élémentaires par le carré de leur distance à l'axe. 4- Moment magnétique. Moment du couple auquel est soumis un aimant lorsque son axe est perpendiculaire aux lignes d'induction dans un champ unité.

Newton (Newton)

Unité de force (symb.: N), équivalant à la force qui communique à un corps ayant une masse de un kilogramme, une accélération dans sa propre direction, un mouvement uniformément accéléré de un mètre par seconde.

Octane (Octane)

Hydrocarbure aliphatique saturé en C_8H_{18} dont un des isomères, l'isooctane, est un puissant antidétonant.

Pétroles (Petroleum)

Huile minérale naturelle combustible, de couleur très foncée, douée d'une odeur caractéristique plus ou moins prononcée, d'une densité variant de 0.8 à 0.95, formée d'hydrocarbures, et utilisée surtout comme source d'énergie. Les pétroles sont des mélanges d'hydrocarbures naturels liquides dont la composition varie beaucoup suivant leur origine. Les pétroles des U.S.A. et du Moyen-Orient sont riches en carbures aliphatiques saturés; ceux d'Orient renferment des hydrocarbures aromatiques et ceux d'Europe centrale un mélange d'hydrocarbures saturés et d'hydrocarbures cycliques. La distillation fractionnée donne différentes fractions selon les points d'ébullition suivants: 1- essences légères: au-dessous de 75°C, appelées aussi éther de pétrole; 2- essences lourdes ou essence minérale, entre 75 et 150°C; 3- pétrole lampant, ou kérosène, entre 150 et 250°C; 4- huiles lourdes ou gas-oil, de 250 à 350°C et enfin un résidu visqueux, le mazout, au-dessus de 350°C. Mais, à partir de ces différentes fractions, on peut encore obtenir de nombreux produits liquides ou gazeux, par craquage des différentes fractions. On obtient ainsi soit des carbures, soit un très grand nombre de composés utilisés industriellement.

Phase (Phase)

Toute partie homogène d'un mélange.

Piézo-électricité (Piezo-electricity)

Propriété de certains cristaux, par exemple le quartz, qui font apparaître entre leurs faces une différence de potentiel quand on les soumet à des variations de pression ou réciproquement. On utilise cette propriété pour transformer des ondes électriques en vibrations sonores et réciproquement.

Poids (Weight)

Force exercée par l'attraction de la Terre sur la masse d'un corps.

Point triple (Triple point)

État où les trois phases peuvent être présentées en équilibre.

Polytropie (Politropy)

Évolution réversible au cours de laquelle il y a un échange de chaleur d'une façon telle que $PV^n = \text{cte}$.

Potentiel (Potential)

1- Se dit d'une chose qui existe en puissance, virtuellement, mais non réellement. 2- Énergie potentielle, énergie d'un corps capable de fournir un travail. 3- Grandeur scalaire déterminant un champ dont on puisse définir le gradient, d'exercer une action. Ex.: l'énergie potentielle.

Poussée d'Archimède (Archimedes' principle)

1- Force verticale dirigée de bas en haut et exercée sur tout corps plongé dans un fluide (liquide ou gaz) et égale au poids du volume du fluide déplacé. C'est le principe d'Archimède qui s'applique au centre de poussée (point d'application de la résultante des forces de poussée). 2- Poussée. Force de propulsion des moteurs à réaction.

Pouvoir calorifique (Heating value)

Quantité de chaleur dégagée par la combustion de l'unité de masse (ou de volume) du combustible.

Pression (Pressure)

Force exercée sur une unité de surface. Se mesure en Newtons par mètre carré ou Pascals. On utilise fréquemment l'atmosphère ou la hauteur de la colonne barométrique. 1- Loi de Pascal. Dans un fluide, la pression se transmet également dans toutes les directions et agit perpendiculairement aux parois. 2- Pression atmosphérique. Varie avec l'altitude et les conditions météorologiques. 3- Pression de vapeur. Pression d'un gaz en équilibre avec le liquide correspondant; quand la pression de vapeur d'un liquide est égale à la pression atmosphérique, le liquide bout.

Propane (Propane)

Hydrocarbure saturé de formule C_3H_8 homologue du méthane, dont le point d'ébullition est $-45^\circ C$. C'est un gaz inflammable que l'on extrait des pétroles et des gaz naturels et qui est utilisé largement comme combustible gazeux.

Puissance (Power)

Quotient du travail accompli par une machine par le temps qu'il a fallu pour l'accomplir. L'unité de puissance dans le système international SI est Watt, puissance qui produit un Joule par seconde.

Quantité de chaleur (Heat quantity)

Ce qu'absorbe un corps quand sa température s'élève. Se mesure en Joules.

Raréfié gaz (Rarefied gas)

Gaz sous une très faible pression.

Réaction (Reaction)

1- Force qui apparaît chaque fois qu'une force agit sur un corps et qui s'y oppose en direction, grandeur et sens. 2- Phénomène qui se produit entre des corps chimiques mis en contact et qui donne naissance à de nouvelles substances. 3- Propulsion par réaction, mode de propulsion consistant à faire avancer un mobile par projection vers l'arrière de masses gazeuses. 4- Moteur à réaction, mû par un flux rapide de gaz qui fait avancer l'engin dans le sens opposé à la direction du flux. 5- Action en retour: Réaction d'asservissement. 6- Réaction nucléaire, désintégration nucléaire induite, processus ayant lieu quand un noyau est en contact avec photon, une particule élémentaire ou un autre noyau. 7- Barre de réaction, dispositif empêchant la rotation autour de l'essieu d'un organe qui lui transmet un couple.

Réfrigération (Refrigeration)

Production de froid soit par abaissement du point de congélation d'un corps, soit par détente d'un gaz.

Régénérateur (Regenerator)

Dans le cycle de la turbine à gaz, échangeur de chaleur à contre-courant qui cède de la chaleur des gaz d'échappement aux gaz à haute pression sortant du compresseur.

Régulateur (Regulator, governor)

Dispositif capable de maintenir ou de faire varier suivant une loi déterminée un élément de fonctionnement d'une machine: courant, tension, fréquence, pression, vitesse, puissance, débit, etc. Par exemple, le régulateur à boules qui fonctionne par force centrifuge.

Rendement thermique (Thermal efficiency)

Rapport du travail effectué par le moteur à l'équivalent mécanique de la quantité de chaleur reçue. Est par définition inférieur à 1 et, en pratique, va d'environ 8.5% pour les locomotives à vapeur, à 35% pour les moteurs à combustion interne et jusqu'à 60% pour des turbines à gaz utilisées comme génératrices d'électricité.

Résurchauffé (Reheating)

Procédé par lequel une substance est surchauffée de nouveau.

Réversible (Reversible)

Se dit d'une transformation mécanique, physique ou chimique qui peut, à un instant quelconque, changer de sens sous l'influence d'une modification infinitésimale dans les conditions de production du phénomène. 2- Hélice à pas réversible, hélice dont on peut changer le sens de l'effort par une rotation des pales autour de leur axe.

Saturée, vapeur (Saturated steam)

État d'une vapeur lorsque l'espace qui la renferme contient le maximum de cette vapeur pour cette température. 1- Courbe de saturation. Courbe d'équilibre d' liquide avec sa vapeur.

Statoréacteur (Statoractor)

Propulseur à réaction sans organe mobile, constitué par une tuyère thermopropulsive alimentée par l'air comme comburant.

Stoéchiométrie (Stoichiometry)

Partie de la chimie qui s'occupe de la détermination des proportions suivant laquelle les réagissent.

Stratosphère (Stratosphere)

Couche de l'atmosphère terrestre située entre 11 et 80 km d'altitude.

Sublimation (Sublimation)

Transformation directe d'un solide en vapeur, sans passer par l'état liquide, et transformation inverse.

Surchauffée (Superheated)

Température de la vapeur d'une substance supérieure à sa température de saturation.

Surfusion (Surfusion)

État d'un corps qui reste liquide en dessous de son point de congélation. Il suffit d'y mettre une parcelle du solide correspondant ou de choquer le récipient pour produire la solidification immédiate avec remontée possible de la température au point de fusion.

Température (Temperature)

1- Mesure du degré d'agitation (énergie) des atomes ou molécules. S'évalue en degrés.
2- Température absolue, grandeur définie par des considérations théoriques, pratiquement égale à la température °C majorée de 273.15 degrés.

Temps (Time)

Durée: se mesure par rapport à la vitesse de rotation, supposée constante, de la Terre. On distingue le temps moyen; utilisé dans la pratique, le temps sidéral et le temps solaire vrai (variable). Se mesure en secondes basées sur le jour solaire moyen. Le jour sidéral représente 86164.091 secondes de temps solaire moyen (au lieu de 86400).

Thermocouple (Thermocouple)

Soudure de deux métaux qui devient la source d'une différence de potentiel quand on établit une différence de température entre deux soudures; sert à la mesure des températures.

Thermodynamique (Thermodynamic)

Science des échanges de chaleur et de travail, à l'aide de l'étude des gaz; porte sur l'étude des isothermes (cycles pression-volume à température constante), des adiabatiques (cycles sans échange de chaleur avec l'extérieur) et des équilibres liquide-vapeur en général. Ces études ont abouti aux principes de thermodynamique, à la mise au point des moteurs thermiques, aux procédés de production du froid, ainsi qu'à la théorie cinétique des gaz.

Thermomètre (Thermometer)

Instrument de mesure des températures par divers procédés: le plus courant est l'utilisation de la dilatation du mercure avec la température, pour des températures peu élevées. Dans d'autres gammes de température, on utilise d'autres procédés comme la mesure d'une résistance électrique, ou d'un thermocouple, ou encore des variations de volume d'un gaz maintenu à pression constante.

Thermostat (Thermostat)

Dispositif destiné à maintenir constante la température d'un appareil en coupant le chauffage automatiquement chaque fois que l'enceinte a atteint la température voulue et en rétablissant chaque fois qu'elle est descendue au-dessous de la température voulue.

Travail (Work)

Produit de l'intensité d'une force par la projection sur la direction de la force du déplacement de son point d'application: le Joule, unité de travail ou d'énergie, équivaut au travail fourni par une force de un Newton dont le point d'application se déplace de un mètre dans la direction de la force.

Tropopause (Tropopause)

Surface de séparation située entre la troposphère et la stratosphère.

Vapeur (Steam)

Substance à l'état gazeux. 1- Vapeur saturante. Pression de saturation exercée par une vapeur en présence de sa forme liquide ou solide. 2- Vapeur sèche. Vapeur qui ne se trouve pas en présence du liquide qui lui a donné naissance.

Viscosité (Viscosity)

Priorité qu'a un fluide d'opposer une résistance à l'écoulement et aux mouvements internes. Le coefficient de viscosité d'un liquide diminue quand la température croît; mais pour un gaz, il croît avec la température et est indépendant de la pression tant que celle-ci reste modérée.

Vitesse (Speed)

Espace parcouru par unité de temps, se mesure en mètre par seconde et est un vecteur.

Volt (Volt)

Unité de mesure de force électromotrice et de différence de potentiel ou tension (symb.: V), équivalant à la différence de potentiel qui existe entre deux points d'un fil conducteur parcouru par un courant constant de un Ampère, lorsque la puissance dissipée entre ces points est égale à un Watt.

Voltage (Voltage)

Terme impropre pour désigner la différence de potentiel entre les extrémités d'un conducteur (il faut dire TENSION).

Voltmètre (Voltmeter)

Appareil construit comme un ampèremètre, mais comportant en série avec lui une très forte résistance. Sert à mesurer les différences de potentiel. Sa résistance étant très élevée, il ne change que peu ce qui se passe dans le reste du circuit. Appareil qui sert à mesurer une différence de potentiel en Volts.

Volume (Volume)

Espace à trois dimensions occupé par un corps. Se mesure en mètre cube (symb.: m³). 1- Volume spécifique ou massique. Volume occupé par l'unité de masse de la substance dans les conditions normales de température et de pression; c'est l'inverse de la densité.

Watt (Watt)

Unité de mesure de puissance (symb.: W), équivalant à un travail de un Joule par seconde. Énergie dépensée par seconde dans un circuit électrique où passe un Ampère quand la différence de potentiel est un Volt.