



TABLE DES MATIÈRES

Index chronologique*

* Un index *alphabétique*, correspondant à l'ensemble du programme de physique, figure à la fin de « Physique 2 »

Avant-propos	V
Extraits des programmes	XIII

PREMIER THÈME

thermodynamique

46 T.A.

1

Expressions différentielles des premier et second principes - Coefficients thermiques

1. Rappels des deux principes	3
<input type="checkbox"/> Extensivité - Conservativité <input type="checkbox"/> Premier principe - Énergie interne - Enthalpie <input type="checkbox"/> Second principe - Entropie.	
2. Coefficients thermiques d'un système monophasé	7
<input type="checkbox"/> Expressions de l et h - relations de Clapeyron <input type="checkbox"/> Capacités thermiques C_p , C_v - Relation de Mayer <input type="checkbox"/> Influence des coefficients thermoélastiques <input type="checkbox"/> Formule de Reech.	
3. Application au gaz parfait	10
<input type="checkbox"/> Coefficients thermiques <input type="checkbox"/> Propriétés énergétiques.	
4. Autres applications	13
<input type="checkbox"/> Gaz réel <input type="checkbox"/> Liquide - solide	
FAIRE LE POINT	18

2

Potentiels thermodynamiques - Énergie libre - Enthalpie libre Détentes dans les gaz

1. Introduction des fonctions d'état F et G : transformation de Legendre	20
<input type="checkbox"/> Variables intensive et extensive conjuguées <input type="checkbox"/> 1 ^{ère} et 2 ^{ème} relations de Maxwell <input type="checkbox"/> Fonctions F et G <input type="checkbox"/> Transformation de Legendre.	
2. L'énergie libre F	22
<input type="checkbox"/> Définition <input type="checkbox"/> Propriétés <input type="checkbox"/> Relation d'Helmholtz <input type="checkbox"/> Cas du gaz parfait.	
3. Enthalpie libre G	25
<input type="checkbox"/> Définition <input type="checkbox"/> Propriétés <input type="checkbox"/> Exergie <input type="checkbox"/> Relation de Gibbs <input type="checkbox"/> Cas du gaz parfait.	
4. Potentiels thermodynamiques : conditions d'évolution	28

Analogie mécanique Évolution thermodynamique.

5. Détentes dans les gaz	30
<input type="checkbox"/> Gaz réels <input type="checkbox"/> Détente de Joule-Gay Lussac <input type="checkbox"/> Détente de Joule-Thomson.	

FAIRE LE POINT	39
-----------------------------	----

3

Énergie et enthalpie libres généralisées - Système monophasé fermé multivariant

1. Travail élémentaire dans le cas général	41
2. Les diverses expressions différentielles	41
3. Énergie libre et enthalpie libre généralisées	42
<input type="checkbox"/> Définitions <input type="checkbox"/> Coefficients thermiques d'un système monophasé.	
4. Applications	44
<input type="checkbox"/> Traction d'une barre <input type="checkbox"/> Étude thermodynamique d'une lame liquide <input type="checkbox"/> Système trivariant.	

FAIRE LE POINT	52
-----------------------------	----

4

Grandeurs molaires partielles

1. Systèmes physicochimiques	54
<input type="checkbox"/> Définition <input type="checkbox"/> Paramètres.	
2. Grandeurs molaires d'un corps pur ...	55
<input type="checkbox"/> Définition <input type="checkbox"/> Volume molaire - enthalpie libre molaire.	
3. Grandeurs molaires partielles	57
<input type="checkbox"/> Relation d'Euler <input type="checkbox"/> Grandeur molaire partielle <input type="checkbox"/> Volume molaire partiel <input type="checkbox"/> Autres exemples.	
4. Cas d'un mélange idéal	59
<input type="checkbox"/> Définition <input type="checkbox"/> Propriétés.	
FAIRE LE POINT	62

5

Le potentiel chimique

1. Définitions et propriétés du potentiel chimique 64
 Définition Variation du potentiel thermodynamique G - relation de Gibbs-Duhem Variations du potentiel chimique - influences de P et T .
2. Diverses expressions du potentiel chimique 68
 Mélange gazeux Mélange liquide ou solide Solutions aqueuses diluées.
3. Critères d'évolution d'un système physicochimique à T et P fixées 73
 Enthalpie libre minimale Transformation physique - équilibre d'un système monophasé ou polyphasé.
- FAIRE LE POINT 76

6

Changement d'état du corps pur
L'équilibre liquide-vapeur

1. Rappels sur les équilibres physiques du corps pur 78
2. Thermodynamique du changement de phase 79
 Chaleur latente Applications des deux principes Formule de Clapeyron.
3. La vaporisation 83
 Vaporisation dans le vide Cas d'une atmosphère gazeuse.
4. Liquéfaction des gaz 87
 Méthode d'Andrews Courbe de saturation - titre en vapeur État critique.
5. Bilans énergétiques et entropiques 92
 Chaleurs massiques Énergie interne et entropie d'un mélange liquide-vapeur Applications.
- FAIRE LE POINT 98

7

Équilibres du solide cristallisé avec le liquide ou la vapeur

1. Fusion et solidification d'un corps pur 101
 Équilibre solide cristallisé - liquide Surfusion.
2. Sublimation et lyophilisation d'un corps pur 104
- FAIRE LE POINT 109

8

Changements d'état des mélanges binaires : Binaires liquide-vapeur

1. Présentation des diagrammes d'équilibre 111
 Solution binaire Variances.
2. Équilibre liquide-vapeur 113

Solutions idéales - loi de Raoult Diagramme isotherme Théorème des moments Diagramme isobare - analyse thermique Cas des solutions réelles - azéotropie Distillation fractionnée.

3. Immiscibilité totale à l'état liquide 125
 Diagramme isobare Entraînement à la vapeur.

FAIRE LE POINT 127

9

Binaires liquide-solide(s)

1. Miscibilité totale à l'état solide 130
 Solutions quasi-idéales Solutions non idéales Méthodes de purification.
2. Immiscibilité totale à l'état solide 134
 Eutectique Composés définis.
3. Propriétés colligatives des solutions diluées 138
 Loi de la cryométrie de Raoult Lois de la tonométrie et de l'ébulliométrie Pression osmotique.

FAIRE LE POINT 141

10

Les phénomènes de transport : diffusion

1. Généralités sur les phénomènes de transport 143
 Définitions Notion de flux - champ à flux conservatif.
2. Diffusion de particules 146
 Définitions Loi de Fick - diffusivité Équation locale de la diffusion Cas du régime stationnaire.
3. Diffusion gazeuse - Théorie cinétique 156
 Rappels Modèle des sphères dures Diffusivité d'un gaz parfait.

FAIRE LE POINT 164

11

Les phénomènes de transport : conduction électrique

1. Intensité et vecteur densité de courant 166
 Le courant électrique Les grandeurs de transfert Interprétation cinétique.
2. Loi d'Ohm locale 169
 Vitesse limite - mobilité Loi d'Ohm locale.
3. Étude de la conductivité et résistivité des milieux 172
 Conducteur métallique Semi-conducteur Électrolytes.
4. Équation locale de la conduction électrique 177
 Bilan local de charges électriques Conséquences.
5. Loi d'Ohm - Résistance 179
 Loi d'Ohm Calculs de résistances

Lois d'association
FAIRE LE POINT 183

12

**Les phénomènes de transport ;
conduction thermique**

1. Définitions et loi de Fourier 185
 Origine expérimentale Grandeurs de transfert Loi de Fourier.
 2. Équation locale de la conduction électrique 187

Cas d'un écoulement axial Exemples de régimes permanents
 3. Bilan énergétique et entropique de la conduction thermique 196
 4. Interprétation microscopique de la conductivité dans le modèle gaz parfait 197
 5. Conductions simultanées électrique et thermique 198
 FAIRE LE POINT 191

DEUXIÈME THÈME

mécanique des fluides

27 T.A.

13

**Modèle du fluide continu -
Fluide parfait**

1. État fluide 205
 États physiques d'un corps pur Densité moléculaire Distances et forces intermoléculaires Compressibilité d'un fluide.
 2. Modèle du fluide continu 210
 Particule macroscopique Milieu fluide continu.
 3. Modèle du fluide parfait 212
 Vecteur contrainte Mécanique des fluides parfaits.
 FAIRE LE POINT 215

Centre d'inertie - moment résultant d'un système de forces Approche expérimentale Solide immergé dans un seul fluide Corps flottant.
 FAIRE LE POINT 249

14

Statique des fluides - Champ de pression

1. Pression dans un fluide en équilibre ... 217
 Équilibre d'un système fluide Définition macroscopique de la pression Interprétation microscopique.
 2. Densité volumique de forces pressantes 219
 Gradient Bilan local des forces pressantes.
 3. Équations de la statique des fluides ... 221
 Équation locale Surfaces isobares Champ de pression d'un fluide compressible Cas du fluide incompressible.
 FAIRE LE POINT 230

16

Cinématique des fluides

1. Champ des vitesses 252
 Vitesse macroscopique Description d'Euler Les divers types d'écoulements.
 2. Lignes et tubes de courant 255
 Définitions Cas du régime permanent.
 3. Accélération d'une particule de fluide 262
 Dérivée particulaire du champ de vitesse Champ d'accélération Accélération locale ou convective.
 4. Débits de fluide - équation de conservation de la masse 265
 Débits volumique ou massique Conservation de la masse Cas du régime permanent.
 FAIRE LE POINT 273

15

**Forces pressantes
Théorème d'Archimède**

1. Calcul direct des forces pressantes 232
 2. Théorème d'Archimède 238

17

**Dynamique des fluides parfaits :
équation d'Euler**

1. Fluide parfait en mouvement 276
 Champ de pression.
 2. Les diverses formes de l'équation d'Euler 277
 Hypothèses Forme générale de l'équation d'Euler Action des forces pressantes et des forces de pesanteur Écoulement unidirectionnel.
 3. Dynamique des fluides parfaits compressibles 281
 FAIRE LE POINT 287

18**Théorème d'Euler
Relation de Bernoulli**

1. Transport de quantité de mouvement par convection 290
 Débit de quantité de mouvement Dérivée particulaire Écoulement permanent unidimensionnel.
2. Théorème d'Euler 293
 Dynamique d'un système fluide Cas de l'écoulement permanent unidimensionnel.
3. Théorème de Bernoulli 296
 Formes restreinte et étendue Charge en un point Tube de Pitot Phénomène de Venturi.
- FAIRE LE POINT 311

19**Écoulements visqueux de fluides newtoniens**

1. Viscosité des fluides newtoniens 315
 Écoulement plan de Couette Viscosité dynamique.
2. Transport de quantité de mouvement par diffusion 320
 Équation locale - viscosité cinématique Interprétation microscopique.
3. Écoulement de Poiseuille dans un tube cylindrique 325

21**Circuit R, L, C en régime transitoire**

1. Introduction 359
 Circuit R, C Circuit R, L Régime transitoire Oscillateur harmonique amorti.
2. Circuit R, L, C série 362
 Généralités Réponse à un échelon de tension Cas d'un signal créneau.
3. Dipôle R, L, C parallèle 371
4. Circuits R, L, C quelconques 372
- FAIRE LE POINT 375

22**Courants alternatifs sinusoïdaux : méthode d'étude**

1. Passage du régime transitoire au régime sinusoïdal forcé 378
 Cas d'un circuit R, C ou R, L Circuit R, L, C série.

- Loi de Poiseuille - débit volumique
 Applications.

4. Nombre de Reynolds 335
 Transports de quantités de mouvement : convection et diffusion Définition et interprétation du nombre de Reynolds Régimes laminaire et turbulent.
- FAIRE LE POINT 340

20**Écoulements rampants à faible nombre de Reynolds**

1. Caractéristiques des écoulements rampants 343
 Définition Exemples Linéarité Réversibilité Proportionnalité des forces de frottement à la vitesse.
2. Écoulement d'un fluide à travers un milieu poreux 347
 Loi de Darcy - perméabilité Écoulement de Poiseuille.
3. Action d'un fluide sur une particule sphérique rigide en mouvement de translation uniforme 349
 Loi de Stokes Mesures de viscosité Sédimentation de particules.
- FAIRE LE POINT 353

TROISIÈME THÈME

électrocinétique

9 T.A.

2. Définitions 380
3. Effets du courant alternatif sinusoïdal 381
4. Circuit R, L, C en régime sinusoïdal forcé 382
 Méthode de Fresnel Méthode des grandeurs complexes : impédance - admittance Utilisation d'un oscilloscope.
5. Réseaux linéaires en régime sinusoïdal 394
 Généralités Théorème de Millmann Théorème de Thévenin Étude de ponts.
- FAIRE LE POINT 401

23**Puissance en régime sinusoïdal - Redressement du courant alternatif**

1. Puissance instantanée 404
 Expression Aspect graphique.
2. Puissance moyenne 405
 Définition Expression générale Applications.
3. Importance du facteur de puissance .. 407

4. Reclassement du courant alternatif	410
□ Diode □ Reclassement monoalternance ou bialternance	
FAIRE LE POINT	417

24
Réponse fréquentielle d'un circuit R, L, C - Résonance

1. Fonction de transfert en régime sinusoïdal	419
2. Circuit R, C - notion de filtre	420
□ Fonction de transfert □ Filtres passe-bas ou passe-haut □ Filtre passe-bande	
3. Définition et intérêt du décibel	427
□ Diagramme de Bode d'un circuit R, C	
4. Résonance en intensité d'un circuit R, L, C série	430
□ Fonction de transfert □ Résonance - bande passante □ Aspect graphique	

5. Résonance en tension d'un circuit R, L, C série	434
6. Analogies électromécaniques	440
FAIRE LE POINT	443

25
Circuits actifs en régime sinusoïdal - A.O. idéal

1. A.O. réel - A.O. idéal	446
2. Circuit amplificateur à A.O. idéal en boucle fermée	447
□ Amplificateur de tension □ Circuit amplificateur à A.O.	
3. Autres montages à A.O. idéal	452
□ Intégrateur □ Dérivateur □ Filtres actifs □ Oscillateur	
FAIRE LE POINT	464

QUATRIÈME THÈME

optique
ondulatoire

13 T.A.

26
Nature ondulatoire de la lumière - Polarisation des ondes lumineuses

1. Introduction	469
2. Nature ondulatoire - ondes électromagnétiques	469
3. Polarisation des ondes lumineuses	471
□ Polarisation rectiligne □ Polarisation elliptique ou circulaire	
FAIRE LE POINT	475

27
Interférences non localisées à deux ondes en lumière monochromatique

1. Définition et limitation du phénomène d'interférences	477
2. Conditions d'interférences	478
□ Train d'onde □ Grandeur lumineuse □ Superposition de deux ondes □ Sources synchrones	
3. Interférences délocalisées par deux sources synchrones	480
□ Délocalisation des interférences □ Intensité lumineuse □ Dispositif des trous d'Young □ Différence de marche □ Interfrange □ Étude en lumière polychromatique	
4. Autres dispositifs interférentiels à deux ondes	488
□ Miroirs de Fresnel □ Demi-lentilles de Billet □ Biprisme de Fresnel	
FAIRE LE POINT	493

28
Réseau - Spectroscopie à réseau

1. Généralités	495
□ Définitions □ Diffraction par un réseau □ Réalisation pratique	
2. Propriétés des réseaux en lumière monochromatique	497
□ Réseau par transmission □ Réseau par réflexion	
3. Dispersion d'une lumière polychromatique par un réseau	500
□ Observation du phénomène □ Efficacité dispersive	
4. Spectrographe et spectroscopie à réseau	502
□ Pouvoir dispersif □ Pouvoir de résolution	
5. Diffraction des rayons X par les cristaux	507
6. Intérêt de l'analyse spectrale - effet Doppler	508
FAIRE LE POINT	512

29
Polarisation de la lumière : réflexion vitreuse - biréfringence

1. Introduction	514
2. Polarisation rectiligne par réflexion vitreuse	514
□ Aspect expérimental □ Interprétation théorique □ Loi de Brewster □ Polariseur - analyseur □ Loi de Malus	

3. Polarisation par biréfringence	519
<input type="checkbox"/> Rayons ordinaire et extraordinaire	
<input type="checkbox"/> Nicol <input type="checkbox"/> Polaroid	
4. Action d'une lame mince sur une lumière polarisée	522
FAIRE LE POINT	526

30

Polarisation rotatoire

1. Le phénomène en lumière monochromatique	528
<input type="checkbox"/> Cristal optiquement actif <input type="checkbox"/> Loi de	

Biot Origine moléculaire du pouvoir rotatoire.

2. Théorie cinématique de Fresnel	531
3. Dispersion rotatoire en lumière polychromatique	532
<input type="checkbox"/> Étude expérimentale <input type="checkbox"/> Application.	
4. Polarimètre de Laurent	535
FAIRE LE POINT	542