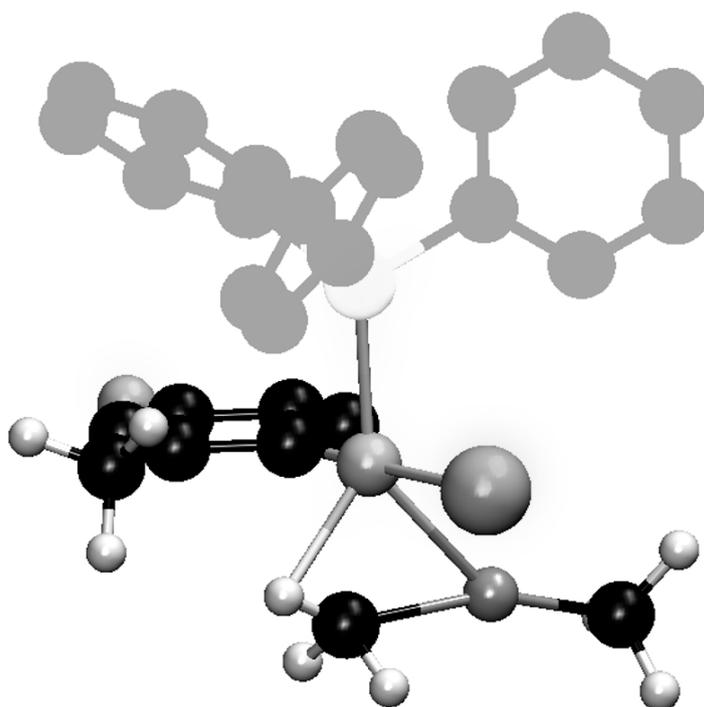




ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON

PRÉPARATION À L'AGRÉGATION DE CHIMIE 2022-2023



LEÇONS ET MONTAGES

Mathieu CANCADE

mathieu.cancade@ens-lyon.fr
<https://perso.ens-lyon.fr/mathieu.cancade>

À IRIS, JUSTINE, FAUSTINE, JULIE, PIERRE, MIKAËL ET HUBERT

Note aux lecteurs :

Ce document s'appuie sur les réflexions personnelles et les échanges que j'ai pu avoir tout au long de mon cursus universitaire et de mon année de préparation. **Ce travail ne représente donc en rien un vade-mecum des attendus du jury de l'agrégation de chimie ou des correcteurs.** Toutefois, j'espère qu'il saura apporter un point de vue supplémentaire sur les thèmes abordés, et nourrir d'autres réflexions.

Pour toutes remarques ou coquilles, n'hésitez pas à me contacter.

Merci à tous les enseignants, correcteurs et techniciens de l'ENS de Lyon pour la richesse de cette année de préparation.

BONNE LECTURE !

Sommaire

LC

LC 1 – Autour de la classification périodique	5
LC 2 – Liaisons intra et intermoléculaires	7
LC 3 – Phases condensées	9
LC 4 – Principes thermodynamiques appliqués à la chimie	13
LC 5 – Aspects cinétiques de la réactivité en chimie	16
LC 6 – Méthodes d'analyse en chimie	20
LC 7 – Méthodes de séparation en chimie	23
LC 8 – Transfert d'électrons en chimie	26
LC 9 – Chimie moléculaire	29
LC 10 – Chimie macromoléculaire	35
LC 11 – Du laboratoire aux procédés	38
LC 12 – Chimie dans la matière vivante	40

LP

LP 1 – Spectres	42
LP 2 – Ondes mécaniques	43
LP 3 – Phénomènes acoustiques	44
LP 4 – Modèles de l'optique géométrique	46
LP 5 – Atomes et noyaux	48
LP 6 – Aspects ondulatoires en optique	50
LP 7 – Effet Doppler	52
LP 8 – Phénomènes de polarisation optique	53
LP 9 – Circuits électriques, signaux électriques	54
LP 10 – Conservation de l'énergie	56
LP 11 – Transmettre, lire, stocker, afficher de l'information	58
LP 12 – Image, couleur, vision	60
LP 13 – Mouvements, interactions et notion de champ	62
LP 14 – Machines thermiques	64
LP 15 – Transferts thermiques	65
LP 16 – Régulation	67
LP 17 – Interactions lumière-matière	68
LP 18 – Mécanique du point	70
LP 19 – Mouvement d'un solide	72
LP 20 – Description d'un fluide au repos	73
LP 21 – Écoulements de fluides	75
LP 22 – Mesures et incertitudes	77
LP 23 – Acquisition et traitement des données	79
LP 24 – Oscillations libres et forcées	80
LP 25 – Mouillage	82
LP 26 – Phénomènes de transport	83
LP 27 – Filtrage linéaire	85
LP 28 – Thermodynamique : premier et second principe	87
LP 29 – Gaz	89
LP 30 – Électromagnétisme	90

MC

MC 1 – Synthèses en chimie moléculaire incluant les manipulations sous gaz inerte	92
MC 2 – Activations moléculaires en chimie	96
MC 3 – Séparations	98
MC 4 – Analyses quantitatives	100
MC 5 – Caractérisations structurales en chimie	104
MC 6 – Déterminations de grandeurs thermodynamiques et cinétiques	107
MC 7 – Électrochimie	110
MC 8 – Environnement numérique	113
MC 9 – Règles de sécurité au laboratoire et impact environnemental	115
Quelques tarifs au laboratoire...	117
Récipiendaires du prix Nobel de chimie	119

LC 1

AUTOUR DE LA CLASSIFICATION PÉRIODIQUE
(évolution des propriétés, familles d'éléments, organisation)

Bibliographie :

- Atomes, THEODORE GRAY
- PCSI tout-en-un, 5ed, FOSSET (p.75)
- Mémo visuel, BONNAMOUR
- Chimie générale, QUARRIE/ROCK
- PC/PC* tout-en-un, FOSSET
Modèle quantique de l'atome p.445
- Structure électronique des éléments de transition, ions et molécules complexes, KAHN
- Chimie3, BURROWS

Programmes :

SECONDE GÉNÉRALE :

Le noyau de l'atome

Le cortège électronique

- familles chimiques
- configuration électronique

Stabilité des espèces chimiques

- stabilité chimique des gaz nobles

TERMINALE SPÉCIALITÉ :

Radioactivité

PCSI :

Classification périodique des éléments

PC/PC* :

Modèle quantique de l'atome et classification périodique

Orbitales moléculaires

Sujets possibles :

FAMILLE D'ÉLÉMENTS CHIMIQUES

E.I. Propriétés physico-chimiques d'une famille d'éléments
(voir *Chimie3* pour un focus sur une famille particulière)

I- Les alcalins

- 1) Généralités
- 2) Réactivité
- 3) Chimie de coordination

II - Les alcalino-terreux

- 1) Généralités
- 2) Réactivité
- 3) Relation diagonale entre la lithium et le magnésium

ÉVOLUTION DES PROPRIÉTÉS ATOMIQUES AU SEIN DU TABLEAU

I - La classification périodique des éléments

- 1) Un peu d'histoire
 - 2) Voies de lecture (périodes, colonnes, bloc)
 - 3) Lien entre configuration électronique et classification périodique
- II - Évolution des propriétés au sein du tableau
- 1) Électronégativité
 - 2) Caractère oxydo-réducteur
 - 3) Rayon atomique/ionique

DU MODÈLE QUANTIQUE DE L'ATOME AUX PROPRIÉTÉS ATOMIQUES

E.I. Règles de Slater

- I - Description quantique des atomes polyélectroniques
- 1) Position du problème et approximations
 - 2) Configuration électronique (règles d'établissement)
- II - Le modèle de Slater
- 1) Principe de l'approximation
 - 2) Liens avec les propriétés atomiques au sein du tableau périodique
 - (a) Évolution de la charge effective
 - (b) Rayon atomique/ionique
 - (c) Électronégativité
 - (d) Énergie d'ionisation

LC 2

LIAISONS INTRA- ET INTERMOLÉCULAIRES

(théorie de la liaison intramoléculaire, liaisons intermoléculaires, structures moléculaires)

Bibliographie :

- L'indispensable en liaisons chimiques, Bréal, BONNARDET
Très bonne introduction
- Structure électronique des molécules, 1. De l'atome aux molécules simples, JEAN ET VOLATRON
- Structure électronique des molécules, 2. Géométrie, réactivité et méthode de Hückel, 3ed, JEAN ET VOLATRON
- Introduction à la chimie quantique, Éditions de l'école Polytechnique, HIBERTY ET TRONG AHN
- Mémo visuel, BONNAMOUR
- PCSI tout-en-un, 5ed, FOSSET
Modèle de Lewis p.157
Forces intermoléculaires p.363
- PC/PC* tout-en-un, 4ed, FOSSET
Orbitales moléculaires p.551
- Chimie physique, 3ed, ATKINS
- Liaisons intermoléculaires, GERSCHEL

Programmes :

SECONDE GÉNÉRALE :

Stabilité de Lewis de la liaison chimique

- modèle de Lewis de la liaison de valence
- approche de l'énergie de liaison

1ÈRE SPÉCIALITÉ :

De la structure à la polarité d'une entité

- schéma de Lewis d'une molécule, d'un ion, d'une lacune
- géométrie des entités
- polarisation d'une liaison, polarité d'une entité moléculaire

Interpréter les propriétés d'une espèce chimique

- cohésion dans un solide
- modélisation des interactions entre entités
- solubilité dans un solvant
- hydrophilie/lipophilie/amphiphilie

PCSI :

Forces intermoléculaires

PC/PC* :

Théorie des orbitales moléculaires

Sujets possibles :

MODÈLES DE LA LIAISON COVALENTE

E.I. Théorie des orbitales moléculaires

- I - Construction des orbitales moléculaires
 - 1) Approximations fondamentales
 - 2) Expression des OM : théorie CLOA
 - 3) Exemple de construction : H_2^+
- II - Étude de molécules diatomiques homonucléaires A_2
 - 1) Caractérisation d'une liaison
 - 2) Molécules diatomiques de la 1ère période
 - 3) Molécules diatomiques de la 2ème période

INTERACTIONS ENTRE ENTITÉS CHIMIQUES

E.I. Interprétation des propriétés physico-chimiques

- I - Interactions de Van der Waals
 - 1) Mise en évidence expérimentale
 - 2) Nature des forces de Van der Waals
 - (a) Deux dipôles permanents : Keesom
 - (b) Dipôle permanent/dipôle induit : Debye
 - (c) Deux dipôles instantanés : London
 - 3) Profil énergétique (*forces attractives ET répulsives*)
- II - Liaisons hydrogène
 - 1) Mise en évidence expérimentale
 - 2) Description de la liaison hydrogène
 - 3) Liaisons hydrogène dans le vivant (*ou ouverture*)

SYSTÈMES CONJUGUÉS

E.I. Modèle de Hückel

- I - La méthode de Hückel
 - 1) Premices : le déterminant séculaire
 - 2) Approximations de Hückel simple
 - 3) Vers un modèle plus complexe et la paramétrisation d'hétéroatomes
- II - Applications de la méthode de Hückel à quelques systèmes conjugués
 - 1) Éthylène
 - 2) Butadiène
 - 3) Acroléine

LIAISON COVALENTE

E.I. Comparaison des théories de la liaison de valence et des orbitales moléculaires

- I - La théorie de la liaison de valence
 - 1) Rappels (*règles de l'octet/duet, formule de Lewis*)
 - 2) Première limitation : vers un nécessaire déplacement des électrons (*formes mésomères*)
 - 3) Deuxième limitation : la représentation des molécules dans l'espace (*VSEPR*)
- II - La théorie des orbitales moléculaires
 - 1) Construction des orbitales moléculaires : approximations fondamentales
 - 2) Expression des OM : théorie CLOA
 - 3) Exemple de construction : H_2^+

LC 3
PHASES CONDENSÉES
(solides, liquides, solvants, milieux organisés)

Bibliographie :

- Chimie des solides, MARUCCO
- Introduction to solid state physics, KITTEL
- Introduction à la chimie du solide, SMART
- L'indispensable en état solide, BONARDET
- L'indispensable en liaison chimique, BONARDET
- Chimie3, BURROWS
- PCSI tout-en-un, 5ed, FOSSET
- Chimie physique, 3ed, ATKINS
 - Diffraction rayons X p.619*
- Mémo visuel, BONNAMOUR
- Techniques de l'Ingénieur :
 - Conduction électrique dans les solides - Introduction et théories élémentaires*
 - Cristaux liquides*
 - Cristaux liquides - Applications à la visualisation*
 - Zéolithes - De la synthèse aux applications*
- L'Actualité Chimique :
 - Diffraction des rayons X, novembre 2010, n.347, ARONICA*

Programmes :

1ÈRE SPÉCIALITÉ :

- Interpréter les propriétés d'une espèce chimique
- cohésion dans un solide (ionique et moléculaire)

PCSI :

Transformation de la matière

- états solides

Le solide cristallin

- cristal parfait
- origine de la cohésion des solides
- cristaux métalliques
- cristaux covalents
- cristaux ioniques
- cristaux moléculaires

Sujets possibles :

LE MODÈLE DU CRISTAL PARFAIT ET SES LIMITES

E.I. Alliages de substitution et d'insertion

E.I. Modèle d'empilement compact

I - Le modèle du cristal parfait

1) Définition

2) Description élémentaire (motif, réseau, nœuds et maille)

3) Occupation de la maille (population, coordinence, masse volumique, compacité)

II - Les systèmes cristallins métalliques

- 1) Modèles compacts (HC et CFC)
(comment agencer des sphères de manière à occuper un volume d'espace minimal ?)
- 2) Les sites interstitiels
- 3) Alliages (d'insertion et de substitution)

DE LA MOLÉCULE AU MATÉRIAU

E.I. Solide moléculaire

(supposer acquis les modèles descriptifs des cristaux métalliques)

I - Les cristaux covalents

- 1) Définition, nature de la cohésion et types de cristaux
(liaisons covalentes, structures 3D, feuillets ou linéaires)
- 2) Exemple de structure 3D : la maille diamant
- 3) Exemple de structure feuillets : la maille graphite

II - Les cristaux moléculaires

- 1) Définition et nature de la cohésion
(liaisons de Van der Waals et/ou liaisons hydrogènes)
- 2) Exemple : le cristal de diiode
- 3) Exemple : la glace

PHASES CONDENSÉES MÉSOMORPHES

E.I. Cristaux liquides

I - Aspects historiques

II - Description des phases mésomorphes

- 1) Les mésogènes : caractéristiques et structures
- 2) Types de mésophases (*thermotropes (nématiques et smectites), lyotropes, métallotropes*)
- 3) Propriétés physiques (*notamment optiques pour les nématiques*)

III - Applications

- 1) Afficheurs à cristaux liquides (*nématiques*)
- 2) Détecteurs de pression et de température (*domaine médical ou industriel*)

STRUCTURE ÉLECTRONIQUE DES SOLIDES

E.I. Niveau de Fermi

E.I. Théorie des bandes

E.I. Conductivité

I - Modèle du gaz d'électrons libres 1D

- 1) Description du système (*chaîne d'atomes liés*)
- 2) Niveau de Fermi
- 3) Conditions aux limites (*Von Karman*) et solutions

II - Théorie des bandes

- 1) Théorème de Bloch
- 2) Modèle des liaisons fortes
- 3) Structure des bandes

MODÈLE DES BANDES

E.I. Dopage de semi-conducteurs

II - Théorie des bandes

- 1) Théorème de Bloch
- 2) Modèle des liaisons fortes
- 3) Structure des bandes

II - Dopage de semi-conducteurs

- 1) Définition et type de conduction (*paires électrons/trous*)
- 1) Types de dopages
- 2) Influence sur le diagramme de bandes

CRISTALLOGRAPHIE

E.I. Les défauts

I - Défauts ponctuels

- 1) Type de défauts (*substitution, interstitiels, lacune*)
- 2) Aspect thermodynamique (*stabilité !*)
- 3) Notation de Kroger-Vinck

II - Défauts à une dimension

- 1) Définition (*dislocations*)
- 2) Caractérisation des dislocations (*vecteur de Burger*)
- 3) Terminaison des défauts

On peut, au besoin, ajouter une partie :

III - Solutions solides

- 1) Définition
- 2) Loi de Végard

MATÉRIAUX

E.I. Liaisons chimiques à l'état solide

(à moduler en fonction du focus que l'on souhaite faire)

I - Les systèmes cristallins métalliques

- 1) Modèles compacts (HC et CFC)
(comment agencer des sphères de manière à occuper un volume d'espace minimal ?)
- 2) Les sites interstitiels
- 3) Alliages (d'insertion et de substitution)

II - Les cristaux covalents

- 1) Définition, nature de la cohésion et types de cristaux
(liaisons covalentes, structures 3D, feuillets ou linéaires)
- 2) Exemple de structure 3D : la maille diamant
- 3) Exemple de structure feuillets : la maille graphite

III - Les cristaux moléculaires

- 1) Définition et nature de la cohésion
(liaisons de Van der Waals et/ou liaisons hydrogènes)
- 2) Exemple : le cristal de diiode
- 3) Exemple : la glace

MILIEUX ORGANISÉS

E.I. Systèmes colloïdaux

Intro : définition d'un système colloïdal (IUPAC)

I - De l'amphiphile à la micelle

- 1) La molécule amphiphile
- 2) Processus de micellisation
- 3) Structure des micelles

II - Systèmes dispersés

- 1) Définition et type de systèmes (*tableau phase dispersée/milieu continu*)
- 2) Exemple : suspensions
- 3) Exemple : émulsions

Notes en lien avec les leçons de ce thème :

Représenter une structure cristallographique "en direct" au tableau (et proprement) est un incontournable.

Rappel : en DRX, on observe toute forme de structuration, de matière comme d'absence de matière ! (e.g. la DRX mésoporeuse)

Exemples intéressants à intégrer : cristaux liquides (TV), nanomatériaux (i.e. inférieurs à 100 nm), à une ou plusieurs dimensions

1D = graphène

2D = nanotubes

3D = nanoparticules

LC 4

PRINCIPES THERMODYNAMIQUES APPLIQUÉS À LA CHIMIE

(premier principe, évolution de systèmes chimiques, potentiel chimique, changement de phase, de l'idéal au réel, aspects expérimentaux)

Bibliographie :

- Thermodynamique chimique, P. MORLAËS ET J.-C. MORLAËS (graphes diagrammes binaires)
- Thermodynamique de la chimie, LEMARCHAND, GUYOT, JOUSSET, JULLIEN
- HPrépa thermodynamique chimique, A. DURUPHTY, C. MESNIL, T. ZOBINI (p.248)
- Thermodynamique et cinétique chimiques, SCACCHI
- PC/PC* tout-en-un, 4ed, FOSSET
 - Thermodynamique chimique p.1*
 - Équilibre chimique p.95*
 - Diagrammes binaires p.207*
- L'indispensable en thermodynamique chimique : les applications, LEGRAND
- Techniques de l'Ingénieur :
 - Dessalement de l'eau de mer*
 - Dialyse*

Programmes :

SECONDE GÉNÉRALE :

Modélisation des transformations physiques

- écriture symbolique d'un changement d'état
- modélisation microscopique d'un changement d'état
- transformations physiques endothermiques et exothermiques
- énergie de changement d'état

TERMINALE SPÉCIALITÉ :

Évolution spontanée d'un système chimique

- état d'équilibre chimique
- quotient de réaction Q_r et constante d'équilibre $K(T)$
- critère d'évolution spontanée et transformation

Équilibres acide-base

- constante d'acidité K_A d'un couple acide-base, produit ionique de l'eau K_e
- diagrammes de prédominance et de distribution d'un couple acide-base

PCSI :

Étude de la transformation chimique

- équilibre chimique, constante d'équilibre
- évolution d'un système vers l'équilibre chimique
- activités
- équilibres physiques, coefficients de partage

Diagrammes E-pH

Équilibres de solubilité

Équilibres acido-basiques

PC/PC* :

Outils pour la thermodynamique chimique

- potentiel chimique (corps pur et mélanges)
- équilibres chimiques
- diagrammes binaires
- thermodynamique de l'oxydoréduction

Sujets possibles :

ÉVOLUTION THERMODYNAMIQUE D'UN SYSTÈME CHIMIQUE

APPLICATION DU SECOND PRINCIPE À L'ÉVOLUTION D'UN SYSTÈME CHIMIQUE

E.I. Critères d'équilibre

E.I. Relation de Van't Hoff

(à voir comme un dernier chapitre de thermo PC/PC*)

I - Prédiction du sens d'évolution d'un système chimique

- 1) Enthalpie libre de réaction et affinité chimique
- 2) Prévion du sens d'évolution spontanée du système (*lien avec la constante d'équilibre*

K^0)

3) Accès à K^0 et description de l'état final du système

- (a) À partir de l'enthalpie libre standard de réaction
- (b) À partir d'une combinaison linéaire d'équations de réaction
- (c) À partir de l'enthalpie standard de réaction (relation de Van't Hoff)

II - Description et déplacement d'équilibre

- 1) Facteur d'équilibre et variance
- 2) Déplacement d'équilibre : modification de la température (*application de la loi de*

Van't Hoff)

POTENTIEL CHIMIQUE

E.I. Ebulliométrie

I - Le potentiel chimique : expressions pour des mélanges en phase condensée

- 1) Constituant condensé pur
- 2) Mélange idéal
- 3) Mélange non idéal

II - Applications

- 1) Ébullioscopie (*mélanges idéaux*)
- 2) Loi de Henry (*mélanges non idéaux*)

(*On peut aussi moduler avec une partie sur l'expression du potentiel chimique pour des gaz*)

PREMIER PRINCIPE DE LA THERMODYNAMIQUE APPLIQUÉ AUX TRANSFORMATIONS

E.I. Application aux transformations monobares

PB. : comment décrire le bilan énergétique d'un système siège d'une transformation physico-chimique ?

I - Description énergétique d'une transformation physico-chimique

- 1) Transformation physique
- 2) Système siège d'une réaction chimique : enthalpie de réaction
- 3) Simplifications
 - (a) États standards
 - (b) Approximation d'Ellingham

II - Détermination de l'enthalpie standard de réaction

- 1) Par la théorie : loi de Hess
- 2) En pratique : calorimétrie

ÉQUILIBRE CHIMIQUE

E.I. Transformations en solution aqueuse

(ici à un niveau L1/début de L2)

I - Description d'un équilibre

- 1) L'activité chimique
- 2) Le quotient de réaction
- 3) La constante d'équilibre

II - Applications

- 1) Équilibres acido-basiques en solution aqueuse
- 2) Équilibres de précipitation en solution aqueuse
- 3) Équilibres de complexation en solution aqueuse

OSMOSE

E.I. Osmose inverse pour le dessalement de l'eau de mer

I - Description du phénomène d'osmose

1) Mise en évidence de la pression osmotique (*reprendre figure 9 TI Dessalement eau de mer*)

2) Expression de la pression osmotique à partir des potentiels chimiques

II - Applications

1) L'osmose inverse pour le dessalement de l'eau de mer (*se référer à la TI correspondante*)

2) L'osmose dans les milieux biologiques (*pression osmotique cellulaire et/ou dialyse*)

IDÉALITÉ ET ÉCARTS À L'IDÉALITÉ

On peut reprendre un plan type "potentiel chimique" en passant du temps à expliquer la nécessité d'introduire un écart à l'idéalité (γ_i ou f_i). S'appuyer notamment sur des schémas pour mettre en avant cet écart.

Il est également envisageable d'explicitier le modèle de Van der Waals pour des gaz réels ou la théorie de Debye-Hückel (à moduler en fonction de l'élément imposé).

LC 5

ASPECTS CINÉTIQUES DE LA RÉACTIVITÉ EN CHIMIE

(modèles cinétiques, aspects expérimentaux, catalyse, contrôle des transformations chimiques)

Bibliographie :

- Chimie verte, concepts et applications, AUGÉ (cycles catalytiques)
- Thermodynamique et cinétique chimiques, SCACCHI
- Cinétique et dynamique des réactions chimiques, MOSTAFAVI
processus photochimiques p.219
- Chimie fondamentale, CHOTTARD, DEPESAY, LEROUX
Cinétique enzymatique p.218
- Chimie organométallique et catalyse, ASTRUC
Bonne introduction de la chimie organométallique
- Mémo visuel, BONNAMOUR
- Biochimie générale, 11ed, WEIL
Catalyse enzymatique p.65
Cinétique enzymatique p.83
- Biochimie, 2ed, VOET
Vitesses des réactions enzymatiques p.345
Michaelis-Menten p.366
- PCSI Chimie tout-en-un, 5ed., FOSSET
Cinétique chimique p.83
Cinétique des réactions complexes p.423
Michaelis-Menten p.469
- Techniques de l'Ingénieur :
Catalyse hétérogène - Mode d'action des catalyseurs
Catalyse hétérogène dans les procédés industriels
Catalyse acido-basique
Catalyse enzymatique

Programmes :

1ÈRE SPÉCIALITÉ :

Évolution d'un système chimique

- évolution des quantités de matière
- tableau d'avancement, avancement final, avancement maximal
- transformation totale et non totale

TERMINALE SPÉCIALITÉ :

Évolution temporelle d'une transformation chimique

- transformation lentes et rapides
- facteurs cinétiques et catalyse
- vitesse de disparition/apparition (volumiques)
- temps de demi-réaction
- loi de vitesse d'ordre 1

Évolution temporelle d'une transformation nucléaire

PCSI :

Vitesses (de réaction, de disparition, d'apparition)

Notion d'ordres
Méthodes différentielle et intégrale
Cinétique en réacteurs ouverts
Influence de la température sur la vitesse (Arrhenius)
Mécanismes réactionnels

- actes élémentaires, molécularité
- théorie des collisions
- réactions complexes (AEQS, ECD)
- notion de catalyse

PC/PC* :

Éléments de génie des procédés

- RPAC

Cinétique de l'oxydoréduction

Sujets possibles :

ÉVOLUTION TEMPORELLE D'UN SYSTÈME CHIMIQUE FERMÉ

E.I. Ordres de réaction

E.I. Dégénérescence de l'ordre

I - Facteurs cinétiques (*approche expérimentale*)

- 1) Influence de la température
- 2) Influence de la concentration des réactifs

II - En pratique : détermination expérimentale d'ordres de réaction

- 1) Réduction du cadre d'étude à un seul réactif
- 2) Méthode différentielle
- 3) Méthode intégrale
- 4) Temps de demi-réaction

Activités possibles : suivi conductimétrique de la saponification de l'éthanoate d'éthyle par l'hydroxyde de sodium (Bordas T^e spé.) ou suivi par spectrophotométrie de la réaction des ions iodures et du peroxydisulfate (100 manipulations de chimie, Bréal)

CATALYSE

E.I. Catalyse par les complexes de métaux de transition

I - Caractéristiques des catalyseurs

- 1) Structure électronique
(*décompte électronique des ligands ; attention aux exceptions à la règle des 18 e⁻ !*)
- 2) Paramètres catalytiques (*activité, TON, TOF, surface spécifique*)

II - Aspects mécanistiques

- 1) Addition oxydante
- 2) Substitution de ligands (*mécanismes associatif, dissociatif et concerté*)
- 3) Insertion/migration (*favorisé pour les métaux "pauvres"*)
- 4) β -H élimination

III - Application à l'étude de cycles catalytiques

- 1) Couplage croisé (*au choix*)
- 2) Procédé Wacker

E.I. Aspects mécanistiques de la catalyse

II - Catalyse homogène : les étapes-clés

- 1) Addition oxydante
- 2) Substitution de ligands (*mécanismes associatif, dissociatif et concerté*)

- 3) Insertion/migration (*favorisé pour les métaux "pauvres"*)
 - 4) β -H élimination
- III - Application à l'étude de cycles catalytiques
- 1) Couplage croisé (*au choix*)
 - 2) Procédé Wacker

CONTRÔLE DES TRANSFORMATIONS CHIMIQUES

CHOIX DES CONDITIONS OPÉRATOIRES

E.I. Contrôle cinétique/contrôle thermodynamique

- I - Les types de contrôle : application aux réactions de SN et E
Faire des schémas de profils réactionnels et comparer SN/E
- 1) Contrôle thermodynamique
 - 2) Contrôle cinétique
- II - Paramètres influençant le contrôle
- 1) Température
 - 2) Durée d'expérience
 - 3) Puissance et encombrement du nucléophile
 - 4) Encombrement du substrat

RÉACTEURS

I - Grandeurs étudiées

- 1) Débit molaire et débit volumique
- 2) Temps de passage et temps de séjour
- 3) Taux de conversion

II - Réacteur continu parfaitement agité (RPAC)

- 1) Hypothèses
- 1) Bilan de matière (*et simplification en régime permanent*)
- 2) Étude d'une réaction unique en fonction de son ordre (*au global défavorable si supérieur*

à 1)

III - Réacteur piston (RP)

- 1) Hypothèses
- 2) Étude d'une réaction unique

Conclusion : on compare les deux !

RÉACTIONS COMPLEXES

E.I. Pré-équilibre rapide

I - Introduction aux réactions complexes

II - Mécanismes réactionnels

- 1) Réactions en séquence ouverte (par stades)
- 2) Réactions en séquence fermée (en chaîne)

III - Détermination de la loi de vitesse d'une réaction complexe

- 1) Étape cinétiquement déterminante
- 2) Approximation des états quasi stationnaires
- 3) Pré-équilibre rapide

CATALYSE ENZYMATIQUE

I - Les enzymes

- 1) Définition et classification
- 2) Site actif
- 3) Quelques exemples et rôles dans les processus biologiques

II - Catalyse enzymatique

- 1) Les enzymes michaeliennes
- 2) Détermination de l'équation de Michaelis-Menten
- 3) Influence de la température (*aborder la dénaturation*)

On pourra prendre pour exemple la carboxypeptidase A (voir : Voet, Silverman, Chottard (III))

LC 6

MÉTHODES D'ANALYSE EN CHIMIE

(analyses quantitatives, spectroscopies, critères de choix des méthodes)

Bibliographie :

- Analyse chimique, 7ed, ROUESSAC
- Chimie analytique, trad. 8ed, SKOOG
- Mémo visuel, BONNAMOUR
- Techniques expérimentales en chimie, BERNARD (incertitudes)
- Quantitative chemical analysis, 4ed, HARRIS
- 40 expériences illustrées de chimie, GRÜBER
- Analyse chimique quantitative de Vogel, 6ed, MENDHAM, DENNEY, BARNES, THOMAS
- Physique PCSI tout-en-un, SALAMITO
Incertitudes p.1153
- Invitation à la fluorescence moléculaire, VALEUR
- Photophysique et photochimie, DELLAIRE
- Techniques de l'Ingénieur :
Chromatographie en phase liquide - Théorie et méthodes de séparation
Chromatographie en phase gazeuse

Programmes :

SECONDE GÉNÉRALE :

Chromatographie sur couche mince

1ÈRE SPÉCIALITÉ :

Absorbance, spectre d'absorption, couleur d'une espèce en solution, loi de Beer-Lambert

Détermination d'une quantité de matière par titrage

- titrage avec suivi colorimétrique
- réaction d'oxydo-réduction support du titrage
- définition et repérage de l'équivalence

Structure des entités organiques

- identification des groupes par spectroscopie infrarouge

TERMINALE SPÉCIALITÉ :

Analyse physique d'un système chimique

- absorbance, loi de Beer-Lambert
- conductance, conductivité : loi de Kohlrausch
- spectroscopie infrarouge et UV-vis

Méthodes de suivi d'un titrage

- suivi pH-métrique
- suivi conductimétrique

Polymères (bases)

PCSI :

Spectroscopies

- spectroscopie IR
- RMN

Sujets possibles :

SPECTROSCOPIES

E.I. Détermination de structures en chimie organique

I - Identification de fonctions par spectroscopie IR

- 1) Principe de fonctionnement (*loi de Hooke*)
- 2) Interprétation des spectres

II - Détermination structurale par spectroscopie RMN

- 1) Description de l'appareillage
- 2) Principe général d'acquisition (*mouvement de précession, etc...*)
- 3) Interprétation des spectres

E.I. Spectroscopies d'émission de fluorescence et de phosphorescence

I - Fondamentaux en photoluminescence

1) États électroniques (*singulet et triplet, fondamental ou excité ; exemple en parlant de HO et BV pour molécules organiques*)

2) Types de transitions : diagramme de Perrin-Jablonski

(*parler des désexcitations radiatives et non radiatives, de leurs temps caractéristiques*)

3) Faisabilité d'une transition : règle d'or de Fermi

II - Acquisition de spectres

1) Spectroscopie d'émission et d'excitation

2) Rendement quantique (*évaluation des pertes dues aux processus non radiatifs*)

MÉTHODES D'ANALYSE EN CHIMIE

E.I. Matériaux solides

I - Détermination structurale : diffraction des rayons X

- 1) Principe et sources de rayons X
- 2) Diffusion par un atome
- 3) Diffusion par un cristal (*loi de Bragg*)

II - Caractérisation de l'adsorption (et/ou de surfaces spécifiques)

- 1) Isothermes d'adsorption
- 2) Analyse thermogravimétrique
- 3) Tomographie

E.I. Molécules biologiques

I - Séparation de mélanges complexes

- 1) Électrophorèse
- 2) Chromatographie d'exclusion stérique

II - Détermination structurale : diffraction des rayons X

- 1) Problématique de la résolution structurale des protéines
- 2) Principe de la méthode

CRITÈRES DE CHOIX DES MÉTHODES D'ANALYSE

E.I. Comparaison des méthodes conductimétriques et pH-métriques

I - Généralités sur les méthodes d'analyse

- 1) Type d'informations recherchées
- 2) Types d'analyses

II - Choix de la méthode : application à la quantification d'une espèce chimique au sein d'un mélange

- 1) Nature de l'échantillon à analyser
- 2) Précision

3) Conclusion/bilan

ANALYSES QUANTITATIVES

E.I. Erreurs de mesure et incertitudes

I - Incertitude sur une mesure

1) Types d'erreurs et d'incertitudes

(erreurs systématiques, aléatoires ou aberrantes ; incertitudes relative ou absolue)

2) Évaluation des incertitudes *(type A/type B)*

3) Types de distribution pour l'écart-type *(triangulaire, rectangulaire, gaussienne)*

4) Propagation

II - Application (au cas d'un titrage)

1) Évaluation d'une incertitude de type B "à la main"

2) Utilisation d'une méthode numérique pour un calcul de type A *(Monte-Carlo avec GUM)*

LC 7
MÉTHODES DE SÉPARATION EN CHIMIE
(principes, applications)

Bibliographie :

- Stéréochimie des composés organiques, ELIEL
- Chimie analytique, trad. 8ed, SKOOG
Séparation p.815
- Analyse quantitative de Vogel, rev. 6ed, MENDHAM
- Analyse chimique, 7ed, ROUESSAC
- Thermodynamique chimique, DURUPHTY
Distillation p.208
Équilibres binaires liquide-vapeur p.195
- Chimie industrielle, 2ed, PERRIN, SCHARFF
Raffinage du pétrole p.54
- Mémo visuel, BONNAMOUR
- Chimie PC/PC*, 4ed, FOSSET
Diagrammes liquide-vapeur p.207
Distillation p.226
- Techniques expérimentales en chimie, BERNARD
- Techniques de l'Ingénieur :
Chromatographie en phase liquide - Théorie et méthodes de séparation
Chromatographie en phase gazeuse
Extraction liquide-liquide - Présentation générale
Extraction liquide-liquide - Bases physico-chimiques des procédés
Utilisation du CO₂ supercritique comme solvant de substitution
Séparations chirales par CPL, GPS et CPG
Méthodes chromatographiques

Programmes :

1ÈRE SPÉCIALITÉ :

Solubilité dans un solvant et extraction par un solvant

PCSI :

Extraction liquide/liquide

Recristallisation

CCM

PC/PC* :

Distillation (diagrammes binaires liquide/vapeur)

Sujets possibles :

CHROMATOGRAPHIES

E.I. Plan général pour les méthodes chromatographiques

I - Principes généraux

- 1) Aspects historiques (*introduire la notion de phases stationnaire et mobile*)
- 2) Types de séparations (*adsorption, partage, exclusion, échange d'ions*)
- 3) État physique de la phase mobile (*gaz, liquide, supercritique*)

II - Chromatographie en phase gaz

- 1) Principe
- 2) Fonctionnement de l'appareil
- 3) Caractéristiques et spécificités

III - Chromatographie en phase liquide

On décline ensuite au choix :

- 1) Chromatographie sur couche mince (CCM)
- 2) Chromatographie liquide haute performance (HPLC)
- 3) Chromatographie d'exclusion stérique
- 4) Chromatographie par résine échangeuse d'ions

E.I. Chromatographie d'exclusion stérique

I - Vers la chromatographie d'exclusion stérique

- 1) Principe de séparation
- 2) Instrumentation
- 3) Liens avec l'HPLC

II - Applications à l'analyse des polymères

- 1) Étalonnage
- 2) Étalonnage universel

SÉPARATION DE STÉRÉOISOMÈRES

I - Séparation de diastéréoisomères

- 1) Par recristallisation
- 2) Par distillation
- 3) Autres méthodes

II - Séparation d'énantiomères

(insister sur les aspects historiques de cette problématique)

- 1) Par chromatographie chirale
- 2) Par formation d'une espèce diastéréoisomérique
- 3) Par dédoublement cinétique (avec un catalyseur chiral)

Conclusion : comparer le coût, la rapidité, la technicité des différentes méthodes présentées (compromis !)

DISTILLATIONS

E.I. Analyse d'une application industrielle

I - De la distillation simple à la distillation fractionnée

- 1) Distillation simple
- 2) Distillation fractionnée

II - Distillation fractionnée à l'échelle industrielle : raffinage du pétrole

- 1) Contexte
- 2) Étapes de séparation

PRINCIPES DE LA CHROMATOGRAPHIE D'ADSORPTION/DE PARTAGE

E.I. Mise en évidence et optimisation des facteurs de séparation

I - Influence de la structure de la colonne

- 1) Longueur
- 2) Remplissage
- 3) Rayon

II - Choix des phases

- 1) Choix de la phase stationnaire

- 2) Choix de la phase mobile
- III - Influence de paramètres physiques
 - 1) Température
 - 2) Pression

EXTRACTION LIQUIDE-LIQUIDE

E.I. Extraction contre-courant

- I - Extraction liquide-liquide discontinue
 - 1) Principe de base
 - 2) Constante de partage
 - 3) Comparaison des rendements d'une extraction simple ou séquentielle
- II - Vers les extractions liquide-liquide continues optimisées : système contre-courant
 - 1) Positionnement du problème
 - 2) Principe théorique
- III - Extractions liquide-liquide : utilisation des agents de transfert de phase
 - 1) Contexte
 - 2) Principe d'extraction d'ions
 - 3) Choix de l'agent de transfert de phase

Notes en lien avec les leçons de ce thème :

S'appuyer, comme toujours et plus encore, sur des exemples !

LC 8

TRANSFERT D'ÉLECTRONS EN CHIMIE

(oxydo-réduction, électrochimie analytique, conversions énergie électrique-énergie chimique)

Bibliographie :

- Chimie et corrosion, LANDOLT
- Des matériaux, 3ème ed., DORLOT
- Électrochimie, des concepts aux applications, MIOMANDRE
- L'indispensable en électrochimie, BERTAGNA
- L'oxydoréduction, concepts et expériences, SARRAZIN
- De l'oxydoréduction à l'électrochimie, VERCHIER
(Bases d'électrochimie)
- Chimie PC/PC* tout-en-un, 4ed, FOSSET
Thermodynamique et cinétique de l'oxydoréduction p.339
- Mémo visuel, BONNAMOUR
- Électrochimie physique et analytique, 2ed, GIRAULT
- Quantitative chemical analysis, 4ed, HARRIS
- Techniques de l'Ingénieur :
Hydrogène par électrolyse de l'eau
Piles électriques - Présentation générale
Batteries Li-ion - Conception théorique

Programmes :

1ÈRE SPÉCIALITÉ :

Réactions d'oxydoréduction

- transformation modélisée par une réaction d'oxydoréduction : oxydant, réducteur, couple oxydant-réducteur, demi-équation électronique

TERMINALE SPÉCIALITÉ :

Piles, demi-piles

Oxydants et réducteurs usuels

Passage forcé d'un courant pour réaliser une transformation chimique

Constitution et fonctionnement d'un électrolyseur

Stockage et conversion d'énergie chimique

PCSI :

Oxydoréduction

- généralités (Nernst)
- piles
- types d'électrodes
- prévision du sens de réaction
- titrages par réaction d'oxydoréduction

Réactions d'oxydoréduction en chimie organique

- oxydation des alcools
- oxydation des alcènes
- réduction des composés carbonyles

PC/PC* :

Thermodynamique et cinétique de l'oxydoréduction (courbes i-E, montage à trois électrodes, ...)

Sujets possibles :

CONVERSIONS ÉNERGIE ÉLECTRIQUE/ÉNERGIE CHIMIQUE

E.I. Rendement faradique

I - Conversion d'énergie chimique en énergie électrique : piles

- 1) Présentation générale
- 2) Piles en circuit ouvert (*introduire la tension à vide*)
- 3) Piles en fonctionnement (*introduire le rendement thermodynamique*)

II - Conversion d'énergie électrique en énergie chimique : électrolyseurs

- 1) Présentation générale
- 2) Tension et courant d'électrolyse
- 3) Loi de Faraday et rendement faradique d'électrolyse

Pour les deux cas, il est intéressant d'illustrer les propos avec des exemples historiques ou industriels (pile Volta, pile Daniell, électrolyse de l'eau pour la production de dihydrogène, etc...)

PHÉNOMÈNES DE CORROSION

E.I. Corrosion humide

I - Description du phénomène

- 1) Corrosion uniforme
- 2) Corrosion différentielle
 - a) Contact galvanique
 - b) Aération différentielle

II - Protections contre la corrosion

- 1) Méthodes passives
- 2) Méthodes actives

Pour la corrosion sèche, se référer aux HPrépa (cf. diagrammes d'Ellingham)

ÉLECTROCHIMIE ANALYTIQUE

E.I. Applications des courbes intensité-potentiel

I - Titrages potentiométriques

- 1) Position du problème
- 2) Titration à courant nul
- 3) Titration à courant imposé

II - Titrages ampérométriques

- 1) À potentiel imposé
- 2) À différence de potentiel imposée

THERMODYNAMIQUE DE L'OXYDO-RÉDUCTION (L1)

E.I. Équation de Nernst

Introduction : parler de l'arbre de Saturne (pour lequel on observe une réaction spontanée, pourquoi ?)

I - Formalisme de l'oxydo-réduction

- 1) Oxydants et réducteurs
- 2) Degré d'oxydation
- 3) De la demi-équation à la réaction d'oxydo-réduction

II - Prédiction de la réactivité des espèces

- 1) Potentiel standard
- 2) Domaines de stabilité des espèces redox

- (a) Relation de Nernst (*on définit ainsi le potentiel d'oxydoréduction*)
- (b) Domaines de prédominance (ou d'existence)
- (*s'ils sont disjoints, on observe une réaction spontanée*)

THERMODYNAMIQUE ÉLECTROCHIMIQUE (L2)

I - L'équilibre électrochimique

- 1) Critère d'équilibre électrochimique
- 2) Travail maximal récupérable

II - De l'équilibre électrochimique à la relation de Nernst

- 1) Démonstration
- 2) Enthalpies libres de réaction et constante d'équilibre

CINÉTIQUE ÉLECTROCHIMIQUE (L2)

Problématique : peut-on mesurer la vitesse des réactions électrochimiques ?

I - La vitesse de réaction : une question d'intensité

- 1) Un système complexe

(schéma de l'interface électrode/électrolyte, avec limitations par le transfert de charge ou de matière. On insistera sur le fait que cette interface est complexe, et que les transferts électroniques sont donc rarement instantanés !)

- 2) Vitesse des réactions d'oxydoréduction (*notion de vitesse surfacique*)
- 3) Lien avec l'intensité du courant

II - Courbes intensité-potentiel

- 1) Définition
- 2) Tracé des courbes i-E (*montage à 3 électrodes*)

3) Allures (systèmes lents et rapides, surpotentiel cathodique et anodique, palier de diffusion)

Notes en lien avec les leçons de ce thème :

Pour les leçons à caractère applicatif, essayer de trouver un exemple (au mieux "fil rouge").

Lorsque la leçon s'y prête, prendre le temps de tracer les courbes i-E, ce sont les mécanismes réactionnels de l'électrochimie !

Prendre des exemples chiffrés pour les piles et accumulateurs (e.g. pile Daniell).

Dans la très grande majorité des cas, un niveau classe prépa est suffisant. Il faut néanmoins veiller à sortir au maximum du carcan très théorique des bouquins associés.

LC 9

CHIMIE MOLÉCULAIRE

(chimie organique, chimie inorganique moléculaire, relations structure-propriétés)

Bibliographie :

- Chimie organique (Généralités, études de grandes fonctions et méthodes spectroscopiques), 2ed, RABASSO
- Chimie organique (Hétéroéléments, stratégies de synthèse et chimie organométallique), 2ed, RABASSO
- Chimie organique, 2ed, CLAYDEN
- Traité de chimie organique, 6ed, VOLLHART
Oses p.1117
- Mécanismes réactionnels en chimie organique, BRÜCKNER
Réactions radicalaires
- PCSI tout-en-un, 5ed, FOSSET
Substitutions nucléophile et β -élimination p.553
Addition nucléophile p.609
Activation et protection p.1077
Réaction d'oxydo-réduction en chimie organique p.1139
- PC/PC* tout-en-un, 4ed, FOSSET
Constitution et réactivité des complexes p.633
Réactivité p.755
Addition sur les hydrocarbures insaturés p.829
Réactions d'addition/élimination p.919
Addition nucléophile sur les carbonyles p.1013
- Chimie inorganique, 3ed, SHRIVER, ATKINS
- Chimie organométallique, ASTRUC
- Chimie verte, concepts et applications, AUGÉ
Catalyse p.133

Programmes :

1ÈRE SPÉCIALITÉ :

Structure des entités organiques

- formules brutes et semi-développées
- squelettes carbonés saturés, groupes caractéristiques et familles de composés
- lien entre nom et formule semi-développée

TERMINALE SPÉCIALITÉ :

Structure et optimisation en chimie organique

- structure et propriétés
- formule topologique et familles fonctionnelles
- squelettes carbonés insaturés, cycliques
- isomérisation de constitution
- polymères

Stratégie de synthèse

- stratégie de synthèse multi-étapes
- modification de groupe caractéristique, modification de chaîne carbonée, polymérisation, protection/déprotection

- synthèses responsables

PCSI :

Configurations et conformations des molécules

SN1/SN2

β -élimination

Réactions d'additions nucléophiles

- réactif de Grignard
- A.N. sur groupe C=O

Équilibres de complexation

Activation et protection de groupes caractéristiques

PC/PC* :

Réactivité des complexes

Addition sur les hydrocarbures insaturés

- addition électrophile
- hydrogénation catalytique
- cycloaddition Diels-Alder
- époxydation
- réactions d'addition/élimination
- acides carboxylique et dérivés
- polymérisation

Addition nucléophile sur les carbonyles

- énolates
- addition de Mickaël
- crotonisation

Sujets possibles :

CARBOCATIONS EN CHIMIE ORGANIQUE

E.I. Réactivité des dérivés éthyléniques

I - Substitutions nucléophiles

1) SN1 et SN2

(pour les deux : mécanisme, profil réactionnel et stéréochimie)

2) Choix de l'un des mécanismes limite : rôle du carbocation

II - Addition nucléophile : de l'alcène à l'alcool

1) Activation électrophile de l'alcène en milieu acide

2) Addition nucléophile de l'eau

2) Régiosélectivité (*règle de Markovnikov*)

CHIMIE ORGANIQUE

E.I. Activation de fonctions

I - Activation des alcools

1) Activation nucléophile (*alcoolates*)

(a) Par action de bases fortes

(b) Par emploi d'un métal alcalin

2) Activation électrophile

(a) Passage par $R-OH_2^+$

(b) Passage par un ester sulfonique

II - Activation électrophile des carbonyles

1) Activation par protonation in situ

- 2) Application : l'acétalisation
- 3) Optimisation du rendement : conditions expérimentales (*Dean-Stark, etc...*)

COMPLEXES DE MÉTAUX DE TRANSITION

E.I. Géométrie des complexes

- I - Vers une description de la structure électronique des complexes
 - 1) Théorie du champ cristallin
 - 2) Théorie du champ de ligand
- II - OM sigma des complexes : application à la géométrie
 - 1) Complexes octaédriques
 - 2) Complexes tétraédriques

CONSTRUCTION DU SQUELETTE CARBONÉ

E.I. Réactivité en alpha des dérivés carbonylés et des dérivés d'acide

- I - Carbonyles, énols, énolates : structures et réactivité
(*parler, en introduction de cette partie, de l'équilibre céto-énolique*)
 - 1) Obtention de l'énolate par déprotonation
 - 2) Régiosélectivité (*énolate cinétique ou thermodynamique*)
 - 3) Réactivité duale des énolates
(*carbone nucléophile (i.e. contrôle orbitalaire) ou oxygène nucléophile (i.e. contrôle de charge)*)
- II - Formation de liaisons C-C par utilisation d'énolates
 - 1) Réaction d'alkylation
 - 2) Réaction d'aldolisation/crotonisation
 - 3) Réaction de Michael

RELATION STRUCTURE/PROPRIÉTÉS EN CHIMIE ORGANIQUE

E.I. Isomères

- I - Isomérisation
 - 1) Isomères de constitution
 - 2) Stéréoisomères
 - a) Diastéréoisomères
 - b) Enantiomères
 - II - Propriétés des énantiomères
 - 1) Propriétés physiques
 - 2) Propriétés chimiques
 - 3) Propriétés biologiques (*e.g. récepteurs olfactifs ou thalidomide*)
 - III - Propriétés des diastéréoisomères
 - 1) Propriétés physico-chimiques
 - 2) Exemple : acides fumarique et maléique
- On peut éventuellement moduler par ajout d'une partie :*
- III - Stéréodescripteurs
 - 1) Stéréodescripteur R ou S
 - 2) Stéréodescripteur Z ou E

CHIMIE DES RADICAUX

E.I. Réactions en chaîne

- I - Les radicaux : généralités
 - 1) Définition et types de radicaux (*radicaux neutres, anions, cations, et di-radicaux*)
 - 2) Stabilité et réactivité

II - Application en synthèse organique

- 1) Réactions en chaîne (*voir Bruckner p.33*)
 - (a) Initiation
 - (b) Propagation
 - (c) Terminaison
- 3) Un outil puissant (*e.g. conditions de Birch, cf. Clayden p.628*)
 - (a) Bilan de la réaction
 - (b) Contrôle de la régiosélectivité

On peut également aborder la réaction de Barton McCombie, l'isomérisation de l'acide fumarique/maléique ou la polymérisation radicalaire.

COMPOSÉS ORGANOMÉTALLIQUES EN CHIMIE ORGANIQUE

E.I. Addition comparée sur un composé carbonyle α - β -insaturé

(Pour l'exemple voir Tec&Doc PC p.513)

I - Un cas simple : addition nucléophile d'un magnésien sur un composé carbonyle

- 1) Description de la réactivité
- 2) Addition nucléophile sur un composé carbonyle (*aldéhyde, cétone, CO₂*)
- 3) Préparation in situ

II - Généralisation : réactivité de composés organométalliques sur des carbonyles α - β -insaturés

- 1) Magnésiens
- 2) Lithiens
- 3) Cuprates

Conclusion : bilan comparatif

CONSTRUCTION DU SQUELETTE CARBONÉ

E.I. Cyclisation

I - La réaction de Diels-Alder

- 1) Présentation de la réaction
- 2) Conformation réactive du diène (*cis*)
- 3) Mécanisme (*acte élémentaire !*)

II - Aspects thermodynamiques et cinétiques

- 1) Réversibilité de la réaction
- 2) Contrôle cinétique et contrôle thermodynamique (*contrôle cinétique orbitalaire*)
- 3) Exemple : réaction entre le butadiène et l'éthylène

III - Aspects stéréochimiques

- 1) Stéréosélectivité
- 2) Stéréospécificité (*règle de l'endo*)

Mentionner en ouverture ou en intro les autres types de cyclisation

GROUPEMENTS PROTECTEURS EN CHIMIE ORGANIQUE

E.I. Les diols

I - L'acétalisation

- 1) Présentation
- 2) Mécanisme

(expliciter le rôle particulier des diols qui favorisent la réaction car formation de liaisons intramoléculaires)

- 3) Déplacement de l'équilibre

II - Les éther-oxydes (benzyliques -OBn)

- 1) Présentation

- 2) Protection
- 3) Déprotection
- III - Les éthers silylés

- 1) Présentation
- 2) Protection et sélectivité
- 3) Déprotection et sélectivité

UTILISATION DE COMPLEXES DE MÉTAUX DE TRANSITION

E.I. Métathèse

- I - Métathèse des alcènes (ou oléfines)
 - 1) Présentation générale et type de catalyseurs employés
 - 2) Métathèse croisée (cross metathesis)
 - 3) Métathèse par fermeture de cycle (ring closing metathesis)
- II - Couplage croisés
 - 1) Concept général et exemples
 - 2) Étapes élémentaires
 - 3) Étude d'un cycle catalytique (*au choix*)

SÉLECTIVITÉ EN CHIMIE ORGANIQUE

E.I. Induction asymétrique

- I - Cas de deux réactifs achiraux
 - 1) Utilisation d'auxiliaires chiraux
 - 2) Utilisation de catalyseurs chiraux
- II - Cas d'un mélange racémique
 - 1) Résolution via le passage par des diastéréoisomères
 - 2) Résolution cinétique

SYNTHÈSE TOTALE ET ANALYSE RÉTROSYNTHÉTIQUE EN CHIMIE ORGANIQUE

E.I. Formalismes de l'analyse rétrosynthétique

- I - De l'intérêt d'une chimie bio-mimétique
 - 1) S'inspirer du vivant
 - 2) S'inscrire dans une démarche durable
 - (a) Les 12 principes de la chimie verte
 - (a) Facteur E
 - (b) Économie d'atomes
- II - Stratégie synthétique
 - 1) Synthèses linéaires ou convergentes
 - 2) Synthons/chirons et équivalents synthétiques
 - 3) Biomimétisme : les réactions domino (ou cascade) (*réactions "one-pot"*)

CHIMIE INORGANIQUE MOLÉCULAIRE

E.I. Stratégies de synthèse de complexes de métaux de transition

- I - Constitution de l'édifice
 - 1) Le ligand (*denticité, hapticité*)
 - 2) Le métal
 - 3) La liaison métal-ligand (*ligand σ -donneurs, π -donneur, π -accepteur*)

II - Stabilité et labilité du complexe

- 1) Aspects thermodynamiques

(*constantes de formation et de dissociation, effet des ligands macrocycliques ou polydentates*)

2) Aspects cinétiques (*effet trans notamment*)

LC 10
CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE
(synthèse, analyse, relations structure-propriétés)

Bibliographie :

- De la macromolécule au matériau polymère, HALAY
 - Bonne partie introductive p.15-23*
 - Voies classiques de la synthèse macromoléculaire p.24*
 - Caractérisation des macromolécules p.85*
 - Transition vitreuse p.197*
- Chimie et physico-chimie des polymères, 2ed, FONTANILLE
 - Propriétés mécaniques générales des polymères*
 - Courbes de variation contrainte/déformation p.408*
- Analyse chimique, 7ed, Rouessac
 - Chromatographie d'exclusion stérique p.127*
- Polymers OCP, WALTON, MORTIMER
- Chimie industrielle, 2ed, PERRIN, SCHAFF
 - Polymères p.571*
- Chimie organique et polymères PC/PC* Nathan, FRAJMAN
- Chimie PC/PC* tout-en-un, FOSSET
 - Formation de polymères p.703*
 - Ziegler-Natta p.710*
 - Réactions de polymérisation p.952*
- Techniques de l'Ingénieur :
 - Polymères biodégradables*
 - Analyse physico-chimique des polymères*
 - Masses molaires moyennes*

Programmes :

TERMINALE SPÉCIALITÉ :

Polymères

- définition
- distinction polymères naturels/polymères synthétiques

BTS MÉTIERS DE LA CHIMIE :

Classification des polymères : thermoplastiques amorphes, semi-cristallins, thermodurcissables, élastomères. Macromolécules d'origine naturelle (ADN, protéines)

Propriétés physico-chimiques : gonflement-solubilité

Structure et cohésion des macromolécules

Propriétés thermomécaniques : température de transition vitreuse, température de fusion

Réactions de polymérisation (par étapes ou en chaîne)

Aspects environnementaux (valorisation des déchets de polymères, vieillissement d'un matériau polymère)

Sujets possibles :

SYNTHÈSE DE POLYMÈRES / SYNTHÈSE DE MACROMOLÉCULES

E.I. Tacticité

E.I. Comparaison des voies de synthèse anioniques et radicalaires

I - La synthèse de polymères : principes

- 1) Polymérisation par étapes
- 2) Polymérisation en chaîne
 - (a) Méthode anionique
 - (b) Méthode radicalaire

II - Configuration des polymères

- 1) Notion de tacticité (*atactique, syndiotactique, isotactique*)
- 2) Comparaison des méthodes de synthèse vis-à-vis de son contrôle

E.I. Copolymères

I - La synthèse de polymères : principes

- 1) Polymérisation par étapes
- 2) Polymérisation en chaîne
 - (a) Méthode anionique
 - (b) Méthode radicalaire

II - Diversification de la structure des polymères : synthèses de copolymères

- 1) Définition
- 2) Synthèse de copolymères par voie radicalaire
- 3) Synthèse de copolymères par voie anionique

RELATIONS STRUCTURES-PROPRIÉTÉS

E.I. États vitreux et semi-cristallin

I - État physique d'un polymère

- 1) Organisation de la matière (*cristallin, semi-cristallin, amorphe ; taux de cristallinité*)
- 2) Transition vitreuse
- 3) Paramètres influençant la transition vitreuse

II - Propriétés physico-chimiques des polymères

- 1) Propriétés thermiques (*thermoplastique, thermodurcissable, élastomères*)
- 2) Propriétés mécaniques
 - (a) Solvatation (*e.g. poly(acide acrylique) dans les couches-culottes*)
 - (b) Module d'Young

PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES DES POLYMÈRES

E.I. Module d'Young

I - Interactions solvant/polymère

- 1) Notion de pelote statistique
- 2) Influence de la concentration sur la solvatation (*existence d'une concentration critique*)
- 3) Effets de gonflement ou de rétractation (*prendre pour exemple le PAA des couches-culottes*)

II - Résistance à la traction

- 1) Module d'Young
- 2) Types de ruptures
- 3) Influence de la température

CARACTÉRISATION / ANALYSE DE MACROMOLÉCULES

E.I. Propriétés mécaniques

E.I. Détermination de masses molaires moyennes
(à moduler en fonction de l'élément imposé)

I - Caractérisation de la polymolécularité d'une macromolécule

- 1) Masses molaires moyennes et indice de polydispersité
 - 2) Méthodes de détermination de masses molaire moyenne
 - (a) Chromatographie d'exclusion stérique
 - (b) Diffusion Light Scattering (DLS)
- II - Propriétés physico-chimiques des polymères
- 1) Organisation de la matière (*crystallin, semi-crystallin, amorphe ; taux de cristallinité*)
 - 2) Propriétés thermiques
 - (a) Classification des polymères (*thermoplastique, thermodurcissable, élastomères*)
 - (b) Transition vitreuse
 - 2) Propriétés mécaniques
 - (a) Solvatation (*e.g. poly(acide acrylique) dans les couches-culottes*)
 - (b) Module d'Young

Notes en lien avec les leçons de ce thème :

Autres méthodes de caractérisation qui peuvent être abordées :

- pour la caractérisation de la cristallinité : DRX, IR, Differential Scanning Calorimetry (DSC).
- pour l'élucidation de la tacticité : RMN ?
- pour l'élucidation de la structure globale : diffusion de neutrons, DRX à petits angles.

Illustrer le plus possible les leçons avec des exemples du quotidien ! (e.g. liaisons H pour le Kevlar, etc...)

LC 11
DU LABORATOIRE AUX PROCÉDÉS
(contraintes industrielles, changement d'échelles)

Bibliographie :

- Chimie verte, concepts et applications, AUGÉ
- Green Chemistry, an introductory text, LANCASTER
- Chimie industrielle, 2ed, PERRIN, SCHARFF
- Chimie organique industrielle, WEISSERNEI, ARPE
Oléfines p.63
- Extractive metallurgy of copper, SCHLESINGER
- Cours de chimie, BOTTIN, MALLET
Pour la distillation de O₂ et N₂ notamment
- Le génie chimique à l'usage des chimistes, LIETO
Réacteurs
- HPrépa Thermodynamique PC/PC*, DURUPHTY
Distillations
Diagrammes d'Ellingham
- Chimie PCSI tout-en-un, FOSSET
Cinétique en réacteur ouvert p.235
- Chimie PC/PC*, FOSSET
Génie des procédés p.263
- Techniques de l'Ingénieur :
Chlore-soude
Les liquides ioniques : des solvants pour l'industrie
Ammoniac
Acide sulfurique
Calcul de réacteurs catalytiques - Synthèse de l'ammoniac
Réacteurs chimiques - Principes
Pétrole
Hydroformylation des alcènes
Hydrogénation des hydrocarbures
Traitement du gaz naturel

Programmes :

PC/PC* :

Éléments de génie des procédés

- opérations unitaires
- bilans de matière
- transferts thermiques
- RPAC
- réacteurs en écoulement piston

Sujets possibles :

CHIMIE VERTE

E.I. Métrique de la chimie verte

- I - Chimie verte
- 1) 12 principes

- 2) Des outils de quantification
(facteur E, économie d'atomes, analyse du cycle de vie)
- 3) Des leviers pour une chimie plus durable
(solvants, catalyseurs, activations (micro-ondes, ultrasons), matières premières renouvelables)
- II - Étude d'un procédé industriel : la synthèse de l'ibuprofène
 - 1) Procédé Boots (1960)
 - 2) Procédé BHC (1990)

Pour un effet certain, on peut également opter pour la synthèse du Viagra.

CARBURANTS HYDROCARBURES

E.I. Procédés de séparation et pouvoir calorifique

- I - Filières de production
 - 1) Pétrole
 - 2) Synthèse de Fisher-Tropsch
 - 3) Vers l'essence issue de nouveaux procédés
- II - Procédés de séparation
 - 1) Dessalage
 - 2) Colonne de distillation
 - 3) Élimination du soufre
- III - Valorisation des coupes de pétrole et aspects énergétiques
 - 1) Craquage catalytique
 - 2) Aspects énergétiques

MÉTALLURGIE

E.I. Diagramme d'Ellingham

- I - Construction d'un diagramme d'Ellingham
 - 1) Aspects théoriques et conventions
 - 2) Construction du diagramme du zinc
- II - Extraction du zinc à partir de la blende
 - 1) Grillage
 - 2) Voie pyrométallurgique
 - 3) Voie hydrométallurgique

PROCÉDÉS INDUSTRIELS CONTINUS

E.I. Modélisation de réacteurs chimiques ouverts

- I - Grandeurs étudiées
 - 1) Débit molaire et débit volumique
 - 2) Temps de passage et temps de séjour
 - 3) Taux de conversion
- II - Réacteur continu parfaitement agité (RPAC)
 - 1) Hypothèses
 - 1) Bilan de matière (*et simplification en régime permanent*)
 - 2) Étude d'une réaction unique en fonction de son ordre (*au global défavorable si supérieur à 1*)
- III - Réacteur piston (RP)
 - 1) Hypothèses
 - 2) Étude d'une réaction unique

Conclusion : on compare les deux !

LC 12

CHIMIE DANS LA MATIÈRE VIVANTE

(constitution de la matière vivante, réactivité dans le vivant)

Bibliographie :

- Metals and Life, CRABB, MOORE
Photosynthèse p.193
- Biochimie générale, 11ed, WEIL
- Biochimie, 6ed, BERG
Hémoglobine p.183
Photosynthèse p.541
- Biochimie, 2ed, VOET
Les biomolécules p.55
Enzymes p.331
Photosynthèse p.626
- Biologie, 5ed, RAVEN, JOHNSON
Photosynthèse p.154
- BCPST 1 Biologie, PEYCRU
- Biochimie, 2ed, PRATT, CORNELY
- Techniques de l'Ingénieur :
Structures hybrides ADN-protéines : synthèse et applications
Introduction à la chimie supramoléculaire - Du vivant à l'ingénierie moléculaire

Programmes :

1ÈRE ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE :

Une conversion de l'énergie solaire : la photosynthèse

PCSI :

Catalyse enzymatique

- loi de vitesse
- site actif d'une enzyme
- complexe enzyme-substrat

Sujets possibles :

BIOMOLÉCULES

E.I. Enzymes

I - Des acides aminés aux protéines

- 1) Les acides aminés
- 2) La liaison peptidique
- 3) La structure protéique (*primaire, secondaire, tertiaire, quaternaire*)

II - Les enzymes

- 1) Définition et classification
- 2) Site actif
- 3) Catalyse enzymatique

CONSTITUTION DE LA MATIÈRE VIVANTE

E.I. Des acides aminés aux protéines

I - Les acides aminés

- 1) Définition
- 2) Quelques propriétés des acides aminés (*parler de la chiralité*)
- 3) Formation de liaisons peptidiques (*après avoir discuté de la réactivité des acides aminés au 2)*)

II - Les protéines

- 1) Définition
- 2) Structure protéique (*primaire, secondaire, tertiaire, quaternaire*)
- 3) Synthèse peptidique au laboratoire (*phase liquide ou sur support solide (résine de Merrifield)*)

ÉNERGIE DANS LE VIVANT

E.I. Adénosine triphosphate (ATP)

I - L'ATP : une monnaie énergétique

- 1) Variation d'enthalpie libre associée à l'hydrolyse de l'ATP
- 2) Lien avec la structure moléculaire

II - Synthèse de l'ATP

- 1) Par phosphorylation
- 2) Par couplage osmochimique (ATP-synthase)

(Voir *Biologie BCPST 1 4ed.*, PEYCRU p.208-112)

RÉACTIVITÉ D'OXYDORÉDUCTION DANS LE VIVANT

E.I. Photosynthèse

Poser, en intro, le but de la photosynthèse : on veut former des trioses à partir du CO₂. Problème : cette réaction nécessite un fort agent réducteur (NADPH) et de l'énergie (ATP). La phase "claire" de la photosynthèse s'attache donc à former ces deux molécules par photolyse de l'eau (la phase "sombre" correspondant à la formation des trioses à proprement parlé (cycle de Calvin)).

I - Capture et conversion de l'énergie lumineuse

- 1) Rôle des structures pigmentaires (*"antenne" collectrice*)
- 2) Transfert de l'énergie jusqu'au centre réactionnel (*résonance*)

II - Les réactions dépendantes de la lumière ("phase claire")

- 1) Les photosystèmes PSII et PSI
- 2) Le cheminement des électrons : schéma en Z
- 3) Variation d'enthalpie libre au cours du processus

(Voir *Biologie BCPST 1 4ed.*, PEYCRU p.224-228)

CHIMIE BIO-INSPIRÉE

E.I. Rôle des métaux dans le vivant

I - Un rôle structurel

- 1) Repliement des protéines (*e.g. "doigts de zinc" Zn²⁺*)
- 2) Cofacteurs enzymatiques

II - Un rôle fonctionnel

- 1) Transport et stockage de O₂ (*e.g. hèmes*)
- 2) Transferts électroniques (*e.g. Cu dans les cytochrome C*)
- 3) Fixation de l'azote (*e.g. nitrogénases*)

LP 1
SPECTRES

Bibliographie :

- Optique, une approche expérimentale, HOUARD (*spectre de la lumière blanche p.6*)
- Lumière et luminescence, VALEUR
- Le livre scolaire 2de (*p.271-285*)
- Le livre scolaire 1ère spécialité *p.361-377*
- 1ère spécialité Bordas collection espace (*p.339-359*)

Programmes :

SECONDE GÉNÉRALE :

Lumière blanche, lumière colorée.

Spectres d'émission : spectres continus d'origine thermique, spectres de raies.

Dispersion de la lumière blanche par un prisme ou par un réseau.

1ÈRE SPÉCIALITÉ :

Le photon. Énergie d'un photon.

Description qualitative de l'interaction lumière-matière : absorption et émission.

Quantification du niveau d'énergie des atomes.

Expériences :

- spectre d'une lampe à vapeur de mercure, mesure de la longueur d'onde associée aux raies via la formule des réseaux.
- mesure de la constante de Rydberg à partir du spectre de raies d'émission de l'hydrogène (FRUCHART p.354)

Éléments imposés possibles :

RAIES DE BALMER

I - Interaction lumière-matière

- 1) Quantification de l'énergie de l'atome
- 2) Transition énergétiques

II - Atome d'hydrogène

- 1) Séries de l'atome d'hydrogène
- 2) Série de Balmer

LP 2
ONDES MÉCANIQUES

Bibliographie :

- PCSI, SALAMITO
- PC/PC*, 4ème ed., SANZ
Ondes mécaniques unidimensionnelles p.873
- Mémo visuel, FAINI
- Mécanique, fondements et applications, J.P. PÉREZ
- Dictionnaire de physique, TAILLET
- Le lire scolaire 1ère spécialité
- 1ère spécialité Bordas collection espace

Programmes :

1ÈRE SPÉCIALITÉ :

Onde mécanique progressive, grandeurs physiques associées.
Célérité d'une onde, retard.
Ondes mécaniques périodiques, ondes sinusoïdales.
Relation entre période, longueur d'onde et célérité.

PCSI :

Signaux physiques, propagation d'un signal.

PC/PC* :

Physique des ondes : ondes mécaniques unidimensionnelles
(corde vibrante, solide élastique, équation de d'Alembert).

Expériences :

- Corde de Melde

Éléments imposés possibles :

CORDE DE MELDE

- I - Propagation d'un signal
 - 1) Ondes progressives
 - 2) Ondes progressives sinusoïdales
- II - Superposition de signaux
 - 1) Battements
 - 2) Ondes stationnaires

Étude de la corde de Melde

LP 3
PHÉNOMÈNES ACOUSTIQUES

Bibliographie :

- PCSI, SALAMITO
- PC/PC*, 4ème ed., SANZ
 - Ondes acoustiques dans les fluides p.921*
 - Tuyaux sonores p.947*
- Mémo visuel, FAINI
- Dictionnaire de physique, TAILLET
- Physique PC/PC*, Tec et doc, OLIVIER
- Le livre scolaire 2de
- Le livre scolaire Terminale spécialité
- Le livre scolaire 1ère enseignement scientifique

Programmes :

SECONDE GÉNÉRALE :

Émission et propagation d'un son

- émission et propagation d'un signal sonore
- vitesse de propagation d'un signal sonore
- signal sonore périodique, fréquence et période
- perception d'un son : hauteur, timbre, intensité et niveau d'intensité sonore

1ÈRE ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE :

Son et musique, porteurs d'information

TERMINALE SPÉCIALITÉ :

Propagation des ondes

- intensité sonore
- atténuation (en dB)

PCSI :

Superposition de deux signaux : phénomène de battements

PC/PC* :

Ondes acoustiques dans les fluides

(approximation acoustique, équation de d'Alembert, ...)

Expériences :

- corde de Melde
- tube de Kundt (FRUCHART p.529)
- illustration du phénomène de battements avec deux diapasons (qualitatif)

Éléments imposés possibles :

RÉSONANCES ACOUSTIQUES

- I - Propagation des ondes sonores dans un fluide
 - 1) Approximation acoustique
 - 2) Approche eulérienne

- 3) Équation de propagation de la surpression
- II - Tuyaux résonants
- 1) Définition et conditions aux limites
 - 2) Analogie avec une corde vibrante

LP 4
MODÈLES DE L'OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE

Bibliographie :

- PCSI, SALAMITO
 - onde lumineuse p.129*
 - optique géométrique p.167*
- Optique, une approche expérimentale, HOUARD
- Mémo visuel, FAINI
- Dictionnaire de physique, TAILLET
- Optique, fondements et applications, J.P. PÉREZ
- Optique géométrique, Mémento sciences, TAILLET
- livres de seconde générale
- livres de 1ère spécialité
- livres de Terminale spécialité

Programmes :

SECONDE GÉNÉRALE :

Analyse spectrale des ondes lumineuses

- propagation rectiligne de la lumière
- vitesse de propagation de la lumière dans le vide ou dans l'air

Propagation des ondes lumineuses

- lois de Snell-Descartes
- indice optique d'un milieu matériel
- grandissement, lentilles, modèle de la lentille mince convergente
- modèle de l'œil réduit

1ÈRE SPÉCIALITÉ :

Images et couleurs

- relation de conjugaison d'une lentille mince convergente, grandissement
- image réelle, image virtuelle, image droite, image renversée

TERMINALE SPÉCIALITÉ :

Modèle optique d'une lunette astronomique, grandissement

PCSI :

Optique géométrique générale (lois de Descartes, miroir plan, approximation de Gauss, lentilles minces et applications, modèle de l'œil...)

Expériences :

- mesure de la distance focale d'une lentille mince convergente par auto-collimation.
- mesure de la distance focale d'une lentille mince convergente par la méthode de Bessel.
- formation d'images (SEXTANT p.21)
- construction d'une loupe (SEXTANT p.28)
- construction d'un microscope (SEXTANT p.30)
- construction d'une lunette astronomique ((DUFFAIT CAPES p.184)

Éléments imposés possibles :

FORMATION D'UNE IMAGE À L'AIDE D'UNE LENTILLE

I - Cadre de l'optique géométrique

- 1) Notion de rayon lumineux
- 2) Principe de Fermat
- 3) Réfraction et réflexion

II - Formation d'une image par un système optique

- 1) Avec un miroir plan (*définition ponctuel/étendu, réel/virtuel, stigmatisme et aplanétisme*)
- 2) Avec une lentille mince (*définition SO centré et focalisé, conditions de Gauss*)
- 3) Limitations (*aberrations chromatiques et géométriques*)

MIRAGES

I - Propagation de la lumière

- 1) Le modèle du rayon lumineux
- 2) Vitesse de propagation dans un milieu : notion d'indice optique

II - Les phénomènes au contact d'un dioptre

- 1) Observation et description
- 2) Lois de Snell-Descartes pour la réflexion et la réfraction
- 3) Application à la description des mirages

LP 5
ATOMES ET NOYAUX

Bibliographie :

- Dictionnaire de physique, TAILLET
- Mémoriser visuel, FAINI
- Livres scolaires de seconde générale
- Livres scolaires de terminale spécialité
- Livres scolaires de terminale enseignement scientifique
- Mécanique, fondements et applications, J.P. PÉREZ

Programmes :

SECONDE GÉNÉRALE :

Le noyau de l'atome

- écriture conventionnelle A_ZX ou AX
- élément chimique
- propriétés du proton, du neutron et de l'électron
- neutralité de l'atome

Modélisation de transformations nucléaires

- isotopes
- écriture symbolique d'une réaction nucléaire
- aspects énergétiques des transformations nucléaires

Le cortège électronique

- configuration électronique (1s, 2s, 2p, 3s, 3p) d'un atome à l'état fondamental
- électrons de valence
- familles chimiques

TERMINALE SPÉCIALITÉ :

Evolution temporelle d'une transformation nucléaire

- stabilité et instabilité des noyaux : diagramme (N,Z), radioactivité α et β , équation d'une réaction nucléaire, lois de conservation
- radioactivité γ
- évolution temporelle d'une population de noyaux radioactifs
- applications à la datation et dans le domaine médical

TERMINALE ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE :

Le futur des énergies - énergie nucléaire

Expériences :

- spectre d'une lampe à vapeur de mercure, mesure de la longueur d'onde associée aux raies via la formule des réseaux.
- mesure de la constante de Rydberg à partir du spectre de raies d'émission de l'hydrogène (FRUCHART p.354)
- programme Python : modélisation de l'évolution temporelle d'une population de noyaux radioactifs
- simulation sur l'expérience de Rutherford

Éléments imposés possibles :

DIFFUSION DE RUTHERFORD

I - Stabilité des noyaux

- 1) Diagramme (N,Z)
- 2) Différents types de radioactivité
- 3) Application de la radioactivité *alpha* : diffusion de Rutherford

II - Décroissance radioactive

- 1) Loi de décroissance radioactive
- 2) Comparaison du modèle avec une loi générée aléatoirement

LP 6
ASPECTS ONDULATOIRES EN OPTIQUE

Bibliographie :

- Optique, une approche expérimentale, HOUARD
- PC/PC*, SANZ
Optique p.691
- PCSI, SALAMITO
- Mémo visuel, FAINI
- Dictionnaire de physique, TAILLET
- Optique géométrique, Mémento sciences, TAILLET
- Livres scolaires de première spécialité
- Livres scolaires de terminale spécialité

Programmes :

1ÈRE SPÉCIALITÉ :

Modèles ondulatoire et particulaire de la lumière

- domaines des onde électromagnétiques
- relation entre longueur d'onde, célérité et fréquence

TERMINALE SPÉCIALITÉ :

Interférences et diffraction

- diffraction d'une onde
- angle caractéristique de diffraction
- interférences de deux ondes (fentes d'Young)

PCSI :

Ondes lumineuses : généralités, diffraction, polarisation rectiligne (loi de Malus)

PC/PC* :

Modèle scalaire des ondes lumineuses

Superposition d'ondes lumineuses

Interférences

- trous d'Young
- Michelson (coin d'air et lame d'air)
- diffraction

Expériences :

- interférences par fentes d'Young (DUFFAIT CAPES section 2 p.222/226)
- mesure de la taille d'un objet par diffraction (DUFFAIT CAPES section 2 p.225 ou HOUARD p.300)

Éléments imposés possibles :

LIMITATIONS DE L'OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE

I - Les interférences lumineuses

1) Conditions d'interférences

2) Méthodes de division de la source (*du front d'onde et d'amplitude*)

II - Interférences non localisées

- 1) Fentes d'Young
 - 2) Multiplicité des sources : réseaux plans
- II - Interférences localisées : interféromètre de Michelson
- 1) Schéma du système
 - 2) Configuration lame à faces parallèles
 - 3) Configuration coin d'air

LP 7
EFFET DOPPLER

Bibliographie :

- Livres scolaires de terminale spécialité
- Livres scolaire de terminale STL SPCL

Programmes :

TERMINALE SPÉCIALITÉ :

Propagation des ondes

- effet Doppler et décalage

TERMINALE STL SPCL :

Effet Doppler

Expériences :

- Banc à ultrasons pour effet Doppler (JEULIN). Le boîtier associé contient un multiplieur et un filtre passe-bas permettant de ne garder que le cosinus de plus faible fréquence. On obtient donc directement le signal de fréquence Δf sur l'oscilloscope. (FRUCHART p.539)
- Simulation sur l'effet Doppler

Éléments imposés possibles :

RADAR DOPPLER

I - Effet Doppler, un phénomène ondulatoire

- 1) Cadre commun
- 2) Origine de l'effet Doppler
- 3) Détermination du décalage Doppler

II - Mesure de vitesses par effet Doppler

- 1) Radar
- 2) Lien avec le Big Bang

LP 8
PHÉNOMÈNES DE POLARISATION OPTIQUE

Bibliographie :

- Optique, une approche expérimentale, HOUARD
Polarisation p.249
- Optique, J.P. PÉREZ
États de polarisation p.210
- PCSI, SALAMITO
Polarisation rectiligne de la lumière p.143
- Mémo visuel, FAINI
p.157-158
- Physique, HECHT (p.1012)

Programmes :

PCSI :

Polarisation rectiligne de la lumière (loi de Malus)

Expériences :

- vérification de la loi de Malus (FRUCHART p.184, SEXTANT p.265)
- vérification de la loi de Biot (SEXTANT p.317)

On peut également parler de la polarisation de Rayleigh pour le ciel.

Éléments imposés possibles :

FILTRES ANTI REFLETS

I - Généralités

- 1) Types de polarisation
- 2) Obtention d'une lumière polarisée
- 3) Loi de Malus

II - Un cas commun : la polarisation par réflexion

- 1) Angle de Brewster
- 2) Application : filtres anti-reflets

LP 9
CIRCUITS ÉLECTRIQUES, SIGNAUX ÉLECTRIQUES

Bibliographie :

- livres scolaires de seconde générale
- livres scolaire de première spécialité
- PCSI, SALAMITO
- Mémo visuel, FAINI
- HPrépa électronique/électrocinétique 1ère année, BRÉBEC

Programmes :

SECONDE GÉNÉRALE :

Signaux et capteurs

- loi des nœuds et des mailles
- caractéristique d'un dipôle
- loi d'Ohm
- résistance et système à comportement de type ohmique
- capteurs électriques

1ÈRE SPÉCIALITÉ :

Études énergétiques en électricité

- lien entre intensité d'un courant continu et débit de charges
- modèle d'une source réelle de tension continue
- puissance et énergie, bilan de puissance dans un circuit
- effet Joule, cas des dipôles ohmiques
- rendement d'un convertisseur

TERMINALE SPÉCIALITÉ :

Évolution temporelle dans un circuit capacitif

- comportement capacitif ; modèle du condensateur
- relation entre charge et tension d'un condensateur
- modèle du circuit RC série, charge et décharge

PCSI :

Circuits électriques dans l'ARQS

Circuit linéaire du premier ordre

Circuit linéaire du second ordre

Régime sinusoïdal

Expériences :

- Étude d'un circuit RC (charge, décharge, filtrage) (DUFFAIT CAPES p.68)
Illustrer en parlant de l'un des rôles du circuit RC : déclenchement d'un appareil photo
- Étude d'un circuit RLC (DUFFAIT CAPES p.74)
- Montage ampèremètre/voltmètre (DUFFAIT CAPES p.46)
- Pont de Wheatstone (DUFFAIT CAPES p.47)

Éléments imposés possibles :

APPLICATION DE LA RÉSONANCE AU FILTRAGE

I - Résonances de charge et d'intensité dans un circuit RLC série

- 1) Étude du système en notation complexe
- 2) Conditions de résonance
- 3) Influence du facteur de qualité

II - Application au filtrage

- 1) Filtres du 2^{ème} ordre
- 2) Influence de la résonance

COMPORTEMENT DÉRIVATEUR D'UN FILTRE

I - Du circuit électrique au filtre

- 1) Traitement du signal par filtrage : définition
- 2) Fonction de transfert
- 3) Comportement en fréquence

(diagramme de Bode, caractérisation d'un filtre par son gabarit ou son ordre)

II - Étude de filtres

- 1) Filtres du 1^{er} ordre *(comportement dérivateur/intégrateur)*
- 2) Filtres du 2^{ème} ordre

LOIS GÉNÉRALES DE L'ÉLECTRODYNAMIQUE

I - Description de l'électrodynamique

- 1) Vocabulaire *(noeuds, maille, etc...)*
- 2) Cadre de travail : ARQS
- 3) Lois de Kirchhoff

II - Caractérisation des dipôles

- 1) Conventions *(banquier)*
- 2) Caractéristiques de quelques dipôles
- 3) Notion de point de fonctionnement

MODÉLISATION LINÉAIRE DES COMPOSANTS

I - Les dipôles passifs

(relations courant/tension, ordres de grandeur, aspects énergétiques, association en série/parallèle)

- 1) La résistance
- 2) La bobine
- 3) Le condensateur

II - Les dipôles actifs

- 1) Générateurs
- 2) Les quadripôles

LP 10
CONSERVATION DE L'ÉNERGIE

Bibliographie :

- Expériences de physique (Optique, mécanique, ondes, fluides), J.-P. BELLIER
- Livres scolaires de première spécialité
- PCSI, SALAMITO
 - Aspects énergétiques de la dynamique du point matériel p.609*
 - Forces centrales p.763*
- Mémo visuel, FAINI
- Dictionnaire de physique, TAILLET

Programmes :

1ÈRE SPÉCIALITÉ :

Études énergétiques en mécanique

- énergie cinétique d'un système modélisé par un point matériel
- travail d'une force, expression dans le cas d'une force centrale
- théorème de l'énergie cinétique
- forces conservatives, énergie potentielle
- forces non conservatives : exemple des frottements
- énergie mécanique
- conservation et non conservation de l'énergie mécanique

PCSI :

Aspects énergétiques de la dynamique du point

- travail et puissance d'une force
- théorèmes énergétiques (cinétique et mécanique)
- énergie potentielle et forces conservatives

Mouvement dans un champ de force centrale ; champ Newtonien

Expériences :

- Conservation de l'énergie mécanique d'un pendule simple (+ modélisation script Python)

Éléments imposés possibles :

VITESSES DE LIBÉRATION

I - Forces et énergies

- 1) Travail de puissance d'une force
- 2) Cas des forces conservatives
- 3) Théorèmes énergétiques (TEC, TPC, TEM, TPM)
- 4) Moment cinétique, moment d'une force, TMC

II - Mouvements conservatifs

- 1) Profil énergétique unidimensionnel (*équilibre, stabilité, état lié ou libre*)
- 2) Champ de forces centrales
- 3) Un cas particulier : le champ newtonien

ÉTATS LIÉS, ÉTATS DE DIFFUSION

I - Aspects énergétiques de la dynamique du point

- 1) Travail et puissance d'une force

- 2) Cas des forces conservatives
 - 3) Théorèmes énergétiques
- II - Mouvements conservatifs
- 1) Profil énergétique unidimensionnel (*équilibre, stabilité, état lié ou libre*)
 - 2) Champ de forces centrales
 - 3) Un cas particulier : le champ newtonien

LP 11

TRANSMETTRE, LIRE, STOCKER, AFFICHER DE L'INFORMATION

Bibliographie :

- Physique-chimie Term STL, DURANDEAU
Ondes électromagnétiques dans les communications p.49
- Mémo visuel, FAINI
- Dictionnaire de physique, TAILLET
- Livres scolaires de première enseignement scientifique
- Livres scolaires de terminale enseignement scientifique

Programmes :

1ÈRE STL SPCL :

Stockage et transmission d'une image numérique

- codage RVB
- capacité mémoire
- chaîne de transmission d'information, débit

1ÈRE ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE :

Le son, une information à coder

- échantillonnage et quantification
- compression d'un fichier audio

TERMINALE STL SPCL :

Analyse et contrôle des flux d'information

- chaîne d'informations
- capteur conditionneur
- filtrage et amplification de tension
- gabarit
- numérisation d'une tension : convertisseur analogique/numérique
- fibre optique
- ouverture numérique
- bande passante
- transmission, débit
- supports optiques numériques

TERMINALE ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE :

De l'information à l'intelligence artificielle

Expériences :

- Diffraction d'un laser sur un CD et un DVD
- Modulation d'amplitude avec un multiplieur (DUFFAIT CAPES p.153)

Éléments imposés possibles :

STOCKAGE OPTIQUE DE L'INFORMATION ET LIMITATIONS

- I - Stockage optique : du CD au DVD
 - 1) Fabrication du DVD
 - 2) Lecture du DVD

3) Stockage

Transition : CD en perte de vitesse, utilisation de plateformes de vidéos à la demande nécessitant la transmission d'informations

II - Transmission d'informations

- 1) Chaîne de transmission
- 2) Débit et atténuation

Bibliographie :

- Optique, une approche expérimentale, HOUARD
 - Lumière et couleur p.1*
 - Formation des images p.73*
 - Appareil photo p.148*
- Mémo visuel, FAINI
- Dictionnaire de physique, TAILLET
- Optique géométrique, Mémento sciences, TAILLET
- Lumière et luminescence, VALEUR
- PCSI, SALAMITO
- Livres scolaires de seconde générale
- Livres scolaires de première spécialité

Programmes :

SECONDE GÉNÉRALE :

Analyse spectrale des ondes lumineuses

- lumière blanche et lumière colorée

Propagation des ondes lumineuses

- dispersion de la lumière blanche par un prisme ou un réseau
- modèle de l'œil réduit

1ÈRE SPÉCIALITÉ :

La lumière : images et couleurs

- relation de conjugaison d'une lentille mince convergente
- grandissement
- image réelle, virtuelle, droite et renversée
- couleur blanche, couleurs complémentaires, synthèse additive, soustractive
- absorption, diffusion, transmission
- vision des couleurs et trichromie

PCSI :

Ondes lumineuses

Optique géométrique

Expériences :

- modélisation de l'œil par un modèle optique (SEXTANT p.27)
- spectre d'une lampe à mercure et lien avec la longueur d'onde (formule des réseaux)
- modélisation d'un instrument d'optique
 - microscope* (DUFFAIT CAPES p.191)
 - appareil photo*
- vérification de la relation de conjugaison d'une lentille mince convergente (DUFFAIT CAPES p.176)

Éléments imposés possibles :

ABERRATIONS

I - Formation d'une image par un système optique

- 1) Cadre de l'optique géométrique
- 2) Le miroir plan (*définition ponctuel/étendu, réel/virtuel, stigmatisme et aplanétisme*)
- 2) Les lentilles minces (*définition SO centré et focalisé, conditions de Gauss*)

II - Limitations des systèmes réels

- 1) Aberrations chromatiques (*mise en évidence du caractère dispersif*)
- 2) Aberrations géométriques (*mise en évidence du caractère astigmatique*)
 - (a) Distorsions (barillet, coussinets)
 - (b) Coma
 - (c) Sphéricité

DÉCOMPOSITION SPECTRALE

I - Nature de la source lumineuse

- 1) Lumière blanche, lumière colorée
- 2) Caractériser une source lumineuse : spectres d'émissions
- 3) Dispersion de la lumière

II - Perception de la lumière

- 1) Formation d'images par une lentille mince
- 2) L'œil et sa modélisation

LP 13
MOUVEMENTS, INTERACTIONS ET NOTION DE CHAMP

Bibliographie :

- Livres scolaires de seconde générale
- Livres scolaires de première spécialité
- Livres scolaires de terminale spécialité
- Mémo visuel, FAINI
- Dictionnaire de physique, TAILLET

Programmes :

SECONDE GÉNÉRALE :

Décrire un mouvement

- description du mouvement d'un système
- référentiel et relativité du mouvement par celui d'un point
- vecteur déplacement, vecteur vitesse, mouvement rectiligne

Modéliser une action sur un système

- modélisation d'une action par une force
- principe des actions réciproques
- caractéristiques d'une force
- exemples de forces

Principe d'inertie

- modèle du point matériel
- principe d'inertie
- cas d'immobilité et de mouvements rectilignes uniformes
- cas de la chute libre à une dimension

1ÈRE SPÉCIALITÉ :

Modélisation d'interactions fondamentales

- charge électrique, interaction électrostatique, influence électrostatique, loi de Coulomb
- force de gravitation et champ de gravitation
- force électrostatique et champ électrostatique

Mouvement d'un système

- lien entre force appliquée et variation du vecteur vitesse

TERMINALE SPÉCIALITÉ :

Description d'un mouvement

- vecteurs position, vitesse et accélération
- repère de Frenet pour un mouvement circulaire

Mouvement dans un champ uniforme

- deuxième loi de Newton
- équilibre d'un système
- mouvement dans un champ uniforme
- principe de l'accélération linéaire
- aspects énergétiques

Mouvement dans un champ de gravitation

- lois de Kepler

Expériences :

- déviation d'un faisceau d'électrons (voir notice de l'appareil)
- détermination de \vec{g} pour une chute libre (DUFFAIT CAPES p.241)

Éléments imposés possibles :

FRÉQUENCE CYCLOTRON

I - Électromagnétisme et force de Lorentz

- 1) Notions de champs \vec{E} et \vec{B}
- 2) Propriétés des composantes électriques et magnétiques de la force de Lorentz

II - Mouvements dans un champ uniforme

- 1) Champ électrique uniforme
- 2) Champ magnétique uniforme

LP 14
MACHINES THERMIQUES

Bibliographie :

- PCSI, SALAMITO
Machines thermiques p.947
- Mémo visuel, FAINI
- Dictionnaire de physique, TAILLET
- Thermodynamique, fondements et applications, J.P. PÉREZ

Programmes :

TERMINALE SPÉCIALITÉ :

Étude d'un système thermodynamique

- modèle du gaz parfait, masse volumique, température thermodynamique, pression
- énergie interne d'un système
- premier principe de la thermodynamique
- capacité thermique d'un système incompressible

Bilans d'énergie thermique

- modes de transfert thermique
- flux thermique et résistance thermique
- bilan thermique du système Terre-atmosphère et effet de serre
- loi phénoménologique de Newton

PCSI :

Système thermodynamique à l'équilibre

Énergie échangée par un système au cours d'une transformation

Premier principe. Bilans d'énergie

Seconde principe. Bilans d'entropie

Machines thermiques

- machine monotherme
- machines thermiques dithermes (moteur thermique, machine frigorifique, pompe à chaleur)
- cycle de Carnot

Expériences :

- Pompe à chaleur
- Moteur de Stirling (mesurer la masse d'éthanol entre t_0 et t_f , mesurer la puissance électrique fournie, calcul du "rendement")

Éléments imposés possibles :

RENDEMENT ET CYCLE DE CARNOT

I - Machines thermiques dithermes

- 1) Définition
- 2) Bilan énergétique et entropique (*inégalité de Clausius*)
- 3) Diagramme de Raveau

II - Les récepteurs dithermes

- 1) Principe de fonctionnement
- 2) Efficacité
- 3) Cas idéal : le récepteur de Carnot

LP 15
TRANSFERTS THERMIQUES

Bibliographie :

- Livres scolaires de première enseignement scientifique
- Livres scolaires de terminale spécialité
- Mémo visuel, FAINI
- Dictionnaire de physique, TAILLET
- PCSI, SALAMITO
Transferts thermiques p.864
- PC/PC*, SANZ
Diffusion thermique p.119
Rayonnement thermique p.159

Programmes :

1ÈRE ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE :

Bilan radiatif terrestre

Bilan thermique du corps humain

TERMINALE SPÉCIALITÉ :

Bilans thermiques

- modes de transfert thermique
- flux thermique et résistance
- bilan thermique du système Terre-atmosphère et effet de serre
- loi phénoménologique de Newton

Étude d'un système thermodynamique

- 1er principe
- capacité thermique d'un système incompressible

PCSI :

Énergie échangée par un système au cours d'une transformation

Premier principe. Bilans d'énergie

Deuxième principe. Bilans d'entropie

Machines thermiques

PC/PC* :

- Diffusion thermique
- Rayonnement thermique (corps noir, Wien, ...)

Expériences :

- Diffusion thermique dans une barre de cuivre (glaçons d'un côté et eau chaude de l'autre, plus simple que la barre de laiton)

Éléments imposés possibles :

ENTHALPIE DE CHANGEMENT D'ÉTAT

- I - Premier principe de la thermodynamique
 - 1) Définition et modes de transferts mis en jeu
 - 2) Enthalpie

3) Bilans d'énergie (*notion de capacité thermique, énoncés des lois de Joule pour GP et PCI*)

II - Changements d'état du corps pur

1) Approche descriptive (*courbes d'analyse thermiques, diagrammes de phase et de Clapeyron*)

2) Aspects thermodynamiques (*enthalpie et entropie de changement d'état*)

DIFFUSION THERMIQUE

*voir livres de prépa PC/PC**

LP 16

RÉGULATION

Bibliographie :

- Terminale STL Physique-Chimie, DURANDEAU
- Livres scolaires de terminale STL

Programmes :

1ÈRE STL SPCL :

Utilisation d'une chaîne de mesure en tout ou rien

- chaîne de mesure utilisée en tout ou rien
- régulation de température

TERMINALE STL SPCL :

Système de régulation

- boucle de régulation
- caractéristique statique
- régulation à action discontinue TOR
- régulation à action continue, critères de performance
- correction P, point de fonctionnement
- correction proportionnelle intégrale (PI)

Expériences :

- Utilisation d'une plaquette Arduino : allumage ou extinction d'une LED en fonction de la luminosité ambiante.

Éléments imposés possibles :

RÉGULATION D'UNE TEMPÉRATURE EN TOUT OU RIEN

I - Introduction aux systèmes de régulation

- 1) Allumez la lumière ! (*faire schéma de l'expérience proposée*)
- 2) Régulation et vocabulaire associé (*boucle de régulation, régulation en TOR, etc...*)
- 3) Principe d'une chaîne de mesure en tout ou rien

II - Application à la régulation d'une température

- 1) Schéma de principe
- 2) Régulation en tout ou rien à deux seuils

LP 17
INTERACTIONS LUMIÈRE-MATIÈRE

Bibliographie :

- Lumière et luminescence, VALEUR
Émission de lumière par la matière p.36
- Optique, une approche expérimentale, HOUARD
Le LASER et ses applications p.341
- Livres scolaires de seconde générale
- Livres scolaires de première spécialité
- Livres scolaires de terminale spécialité
- PCSI, SALAMITO
Introduction à la mécanique quantique p.227
- PC/PC*, SANZ
LASER p.1165

Programmes :

SECONDE GÉNÉRALE :

Analyse spectrale des ondes lumineuses

- spectres d'émissions

1ÈRE SPÉCIALITÉ :

Modèles ondulatoire et particulaire de la lumière

- le photon, énergie d'un photon
- interaction lumière-matière : absorption et émission
- quantification des niveaux d'énergie des atomes

TERMINALE SPÉCIALITÉ :

Effet photoélectrique et enjeux énergétiques

- énergie, vitesse, masse d'un photon
- effet photoélectrique et travail d'extraction
- absorption et émission de photons

PCSI :

Dualité onde-particule de la lumière

Dualité onde-particule de la matière

PC/PC* :

Faisceau LASER

Expériences :

- analyse du spectre de raies d'émission de l'hydrogène, mesure de la constante de Rydberg. (FRUCHART p.354)
- analyse du spectre d'une lampe à vapeurs de mercure, mesure de λ à l'aide de la formule des réseaux.
- effet photoélectrique (qualitatif).

Éléments imposés possibles :

EFFET PHOTOÉLECTRIQUE

(*effet photoélectrique Hecht p.1123*)

(*oscillateur optique PC/PC* Dunod p.1098*)

I - Expérience fondatrice : effet photoélectrique

- 1) Approche classique
- 2) Hypothèse de Planck
- 3) Approche d'Einstein

II - Processus d'interaction lumière/matière

- 1) Absorption
- 2) Émission spontanée
- 3) Émission stimulée
- 4) Bilan de population

PHYSIQUE DU LASER

I - La LASER, un oscillateur optique

- 1) Bref historique
- 2) Absorption, émissions spontanée et stimulée
- 3) Inversion de population (*amplification par pompage*)

II - Propriétés optiques du faisceau LASER

- 1) Profil d'intensité lumineuse
- 2) Effet de la pupille de sortie (*auto-diffraction en traversant son waist*)
- 3) Modes propres (*cavité résonante*)

LP 18
MÉCANIQUE DU POINT

Bibliographie :

- Livres scolaires de seconde générale
- Livres scolaires de première spécialité
- Livres scolaires de terminale spécialité
- PCSI, SALAMITO (p.483)
- PC/PC*, SANZ (p.171)
- Mécanique, J.P. PÉREZ
- Mémo visuel, FAINI
- Dictionnaire de physique, TAILLET

Programmes :

SECONDE GÉNÉRALE :

Décrire un mouvement

- description du mouvement d'un système
- référentiel et relativité du mouvement par celui d'un point
- vecteur déplacement, vecteur vitesse, mouvement rectiligne

Modéliser une action sur un système

- modélisation d'une action par une force
- principe des actions réciproques
- caractéristiques d'une force
- exemples de forces

Principe d'inertie

- modèle du point matériel
- principe d'inertie
- cas d'immobilité et de mouvements rectilignes uniformes
- cas de la chute libre à une dimension

1ÈRE SPÉCIALITÉ :

Modélisation d'interactions fondamentales

- charge électrique, interaction électrostatique, influence électrostatique, loi de Coulomb
- force de gravitation et champ de gravitation
- force électrostatique et champ électrostatique

Mouvement d'un système

- lien entre force appliquée et variation du vecteur vitesse

Études énergétiques en mécanique

- énergie cinétique d'un système modélisé par un point matériel
- travail d'une force, expression dans le cas d'une force constante
- théorème de l'énergie cinétique
- forces conservatives, énergie potentielle
- forces non conservatives : exemple des frottements
- énergie mécanique
- conservation et non conservation de l'énergie mécanique

TERMINALE SPÉCIALITÉ :

Description d'un mouvement

- vecteurs position, vitesse et accélération d'un point
- repère de Frenet pour un mouvement circulaire

Mouvement dans un champ uniforme

- deuxième loi de Newton et référentiel galiléen
- équilibre d'un système
- mouvement dans un champ uniforme
- principe de l'accélération linéaire
- aspects énergétiques

Mouvement dans un champ de gravitation

- lois de Kepler

PCSI :

Cinématique du point

Principes de la dynamique newtonienne

Aspects énergétiques de la dynamique du point

Mouvement dans un puit de potentiel

Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique ou magnétique (Lorentz, cyclotron)

Mouvement dans un champ de force centrale, champs newtoniens

PC/PC* :

Changements de référentiels

Dynamique dans un référentiel non galiléen

Expériences :

- détermination de \vec{g} à l'aide d'un pendule simple (ficelle + masse + potence).
- aspects énergétiques du pendule simple (ex. conservation énergie mécanique).

Éléments imposés possibles :

DÉTERMINATION DE L'ACCÉLÉRATION GRAVITATIONNELLE

I - Dynamique du point matériel en référentiel galiléen : mise en pratique

- 1) La chute libre (*détermination expérimentale de g*)
- 2) Le pendule simple (*détermination expérimentale de g*)

II - Aspects énergétiques

- 1) Théorème de l'énergie cinétique
- 2) Théorème de l'énergie mécanique (*application à la chute libre*)

III - Ajout de forces non conservatives : les frottements

- 1) Frottements fluides
- 2) Frottements solides

RÉFÉRENTIEL NON GALILÉEN

I - Changement de référentiels en mécanique classique

- 1) Rappels sur la notion de référentiel
- 2) Référentiels en translation
- 3) Référentiel en rotation uniforme (par rapport à un axe fixe)

II - Dynamique en référentiel non galiléen : expression du PFD

- 1) Référentiels en translation
- 2) Référentiels en rotation

LP 19
MOUVEMENT D'UN SOLIDE

Bibliographie :

- PCSI, SALAMITO
Cinématique du solide p.539
Moment cinétique et solide en rotation p.715
- Mécanique, J.P. PÉREZ
- Mémo visuel, FAINI
- Dictionnaire de physique, TAILLET

Programmes :

PCSI :

Cinématique du solide

- repérage du solide
- mouvement de translation
- solides en rotation autour d'un axe fixe

Moment cinétique et solide en rotation

- moment cinétique d'un solide
- moment d'une force
- loi du moment cinétique pour un solide en rotation
- pendule de torsion
- pendule pesant
- énergie d'un solide autour d'un axe fixe

Expériences :

- pendule pesant
- utiliser un gyroscope ? Montrer les trois mouvements de rotation possibles pour un solide : rotation propre, nutation, précession. Mesurer la période de précession par exemple (voir Mécanique J.P. Pérez). Intéressant même sans présenter les aspects théoriques.

Éléments imposés possibles :

PENDULE PESANT, PENDULE SIMPLE

I - Moment cinétique d'un système Σ

- 1) Définition du moment cinétique
- 2) Moments des forces appliquées à Σ
- 3) Théorème du moment cinétique

II - Cas des solides en rotation (*bien définir la notion de solide*)

- 1) Théorème du moment cinétique (*on ajoute le moment des efforts de liaisons*)
- 2) Le pendule pesant (*comparer les résultats au pendule simple*)

III - Approche énergétique du mouvement des solides

- 1) Grandeurs énergétiques (*énergie cinétique, énergie potentielle*)
- 2) Théorèmes énergétiques

LP 20
DESCRIPTION D'UN FLUIDE AU REPOS

Bibliographie :

- Livres scolaires de première spécialité
- Livres scolaires de terminale spécialité
- PCSI, SALAMITO
- Mémo visuel, FAINI
- Dictionnaire de physique, TAILLET

Programmes :

1ÈRE SPÉCIALITÉ :

Description d'un fluide au repos

- échelles de description
- grandeurs macroscopiques de description d'un fluide au repos : masse volumique, pression, température.
- modèle de comportement d'un gaz : loi de Mariotte
- actions exercées par un fluide sur une surface : forces pressantes
- loi fondamentale de la statique des fluides

TERMINALE SPÉCIALITÉ :

Poussée d'Archimède

PCSI :

Statique des fluides

- forces volumiques et surfaciques, pression
- pression d'un fluide soumis au champ de pesanteur
- facteur de Boltzmann
- actions exercées par un fluide au repos sur un solide (poussée d'Archimède)
- équation locale de la statique des fluides

Expériences :

- vérification de l'équation locale de la statique des fluides.

Éléments imposés possibles :

APPLICATION À L'ATMOSPHÈRE

I - Champs de force dans un fluide au repos

- 1) Définition du système (*particule de fluide*) et du cadre d'étude
- 2) Résultante des forces de pression
- 3) Relation fondamentale de la statique des fluides

II - Applications

- 1) Fluide homogène incompressible (*théorème de Pascal*)
- 2) Fluide homogène compressible (*modèle de l'atmosphère isotherme*)

En fonction de l'élément imposé (e.g. POUSSÉE D'ARCHIMÈDE), on peut également intégrer la partie suivante :

III - Actions exercées par les fluides au repos

- 1) Forces pressantes
- 2) Poussée d'Archimède

Bibliographie :

- Livres scolaires de terminale spécialité
- PC/PC*, SANZ
- PC/PC* Physique, S. OLIVIER
- Mémo visuel, FAINI
- Dictionnaire de physique, TAILLET

Programmes :

TERMINALE SPÉCIALITÉ :

Modélisation de l'écoulement d'un fluide

- écoulement d'un fluide en régime permanent
- relation de Bernoulli, effet Venturi

PC/PC* :

Description d'un fluide en mouvement

- approximation des milieux continus
- champ de vitesse dans un fluide en écoulement
- conservation de la masse
- conditions aux limites
- exemple d'écoulements (incompressible, tourbillonnaire, irrotationnel...)

Expériences :

- vérification de la loi de Torricelli : vidange d'un réservoir (FRUCHART p.422).
- impact de la viscosité : écoulement de Poiseuille (FRUCHART p.441)

Éléments imposés possibles :

TUBE DE PITOT

- I - Dynamique d'un écoulement parfait
 - 1) Hypothèses
 - 2) Équation d'Euler
- II - Théorème de Bernoulli
 - 1) Hypothèses
 - 2) Écoulement irrotationnel
 - 3) Écoulement rotationnel
- III - Applications
 - 1) Loi de Torricelli
 - 2) Tube de Pitot

CINÉMATIQUE DES FLUIDES

- I - Description des fluides en mouvement
 - 1) Approche Lagrangienne et Eulérienne
 - 2) Trajectoires et lignes de courant
- II - Écoulement et transport de masse
 - 1) Notion de débit
 - 2) Équation de conservation de la masse

III - Écoulements caractéristiques

- 1) Stationnaire
- 2) Homogène
- 3) Incompressible
- 4) Irrotationnel

VISCOSITÉ

I - Fluides visqueux

- 1) Définition des forces visqueuses
- 2) Types d'écoulements (*laminaire/turbulent, nombre de Reynolds*)

II - Écoulement autour d'un obstacle

- 1) Couche limite
- 2) Trainée

DYNAMIQUE DES FLUIDES

I - Fluides parfaits

- 1) Bilans des forces sur une particule de fluide
- 2) Équation du mouvement : équation d'Euler
- 3) Théorème de Bernoulli

II - Fluides réels

- 1) Forces visqueuses (volumiques)
- 2) Équation du mouvement : Navier-Stokes
- 3) Nombre de Reynolds

Bibliographie :

- Le livre scolaire 2de générale (p.328-329)
- Le livre scolaire 1ère spécialité (p.386-387)
- Le livre scolaire Term spécialité (p.598-599)
- PCSI, SALAMITO
Mesures et incertitudes p.1155
- Mémo visuel, FAINI
- Dictionnaire de physique, TAILLET

Programmes :

SECONDE GÉNÉRALE :

Mesure et incertitudes

- variabilité de la mesure d'une grandeur physique
- exploiter : histogramme, moyenne et écart-type
- incertitude-type
- écriture du résultat (chiffres significatifs)
- valeur de référence

1ÈRE SPÉCIALITÉ :

Incertitudes de type A et B

TERMINALE SPÉCIALITÉ :

Incertitudes-types composées

PCSI :

Variabilité de la mesure d'une grandeur physique

Incertitude

Incertitude-type (type A et B), intervalle de confiance

Incertitudes-types composées

Écriture du résultat d'une mesure (chiffres significatifs)

Comparaison de deux valeurs : écart normalisé

Régression linéaire

PC/PC* :

idem PCSI

Expériences :

- mesure de \bar{g} selon plusieurs méthodes, e.g. avec une chute libre (chronomètre ou capteur optique) ou un pendule simple.
- diffraction par un cheveu (DUFFAIT CAPES p.225)
- simulation Monte-Carlo (GUM)

Éléments imposés possibles :

ÉVALUATION D'UNE INCERTITUDE TYPE COMPOSÉE PAR SIMULATION NUMÉRIQUE

I - Prise en compte de la variabilité d'une mesure physique

- 1) Types d'erreurs et d'incertitudes
(*erreurs systématiques ou aléatoire, incertitude relative ou absolue*)
- 2) Évaluation des incertitudes (*type A/type B*)
- 3) Propagation

II - Application expérimentale : mesure de g

- 1) Emploi d'une méthode numérique (Monte-Carlo)
- 2) Comparaison des types d'incertitudes (A et B)
- 3) Écriture du résultat

Montage expérimental : pendule pesant + simulation Monte-Carlo (GUM)

Bibliographie :

- Livres scolaires de première enseignement scientifique
- Terminale STL Physique-Chimie, DURANDEAU
Ondes et télécommunications p.49
- CAPES de sciences physiques, DUFFAIT (p.15)
- Expériences d'électronique, DUFFAIT (p.44)
- Physique expérimentale, FRUCHART

Programmes :

1ÈRE ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE :

Le son, une information à coder

- discrétisation du signal analogique sonore (échantillonnage et quantification)
- lien entre la fréquence d'échantillonnage et la taille du fichier
- compression

1ÈRE STL SPCL :

Chaîne de mesure (capteur, conditionneur, CAN, calculateur, afficheur)

TERMINALE STL SPCL :

Chaîne d'information

Capteur conditionneur

Filtrage et amplification de tension

Numérisation d'une tension : CAN

Fibre optique

Bande-passante, débit

Expériences :

- échantillonnage, critère de Shanon (DUFFAIT CAPES p.15)
modifier la fréquence d'échantillonnage d'un signal avec LATIS Pro
- convertisseur analogique/numérique (DUFFAIT CAPES p.16)

Éléments imposés possibles :

REPLIEMENT DE SPECTRE

I - Du mesurande au signal

- 1) Utilisation de capteur
- 2) Étalonnage

II - Du signal à l'information

- 1) Échantillonnage
- 2) Détermination de \vec{g} pour le pendule

LP 24
OSCILLATIONS LIBRES ET FORCÉES

Bibliographie :

- Expériences d'électronique, DUFFAIT
- CAPES de sciences physiques, DUFFAIT
- Mémo visuel, FAINI
- HPrépa électronique/électrocinétique 1ère année, BRÉBEC
- Dictionnaire de physique, TAILLET
- PCSI, SALAMITO

Programmes :

SECONDE GÉNÉRALE :

Signaux et capteurs

- loi des nœuds, loi des mailles
- caractéristique d'un dipôle
- loi d'Ohm
- résistance et système à comportement de type ohmique
- capteurs électriques

1ÈRE SPÉCIALITÉ :

Études énergétiques en électricité

- lien entre intensité d'un courant continu et débit de charges
- modèle d'une source réelle de tension continue
- puissance et énergie, bilan de puissance dans un circuit
- effet Joule, cas des dipôles ohmiques
- rendement d'un convertisseur

TERMINALE SPÉCIALITÉ :

Évolutions temporelles dans un circuit capacitif

- comportement capacitif ; modèle du condensateur
- relation entre charge et tension d'un condensateur
- modèle du circuit RC série, charge et décharge

PCSI :

Circuit linéaire du premier ordre

Circuit linéaire du second ordre

Régime sinusoïdal (résonance, fonction de transfert)

Expériences :

- étude du régime transitoire d'un circuit RLC (*réponse libre d'un oscillateur harmonique amorti, mesure du facteur de qualité*) (DUFFAIT CAPES p.75)

Éléments imposés possibles :

MESURE D'UN FACTEUR DE QUALITÉ D'UN RÉSONATEUR

I - Oscillateur électrocinétique

- 1) Circuit RLC
- 2) Résolution analytique en régime permanent

- 3) Facteur de qualité
- II - Oscillateur mécanique
 - 1) Système masse/ressort/frottements (amortisseurs)
 - 2) Résolution analytique en régime permanent
 - 3) Analogie électromécanique (*faire un tableau comparatif*)

OSCILLATEURS EN RÉGIME SINUSOÏDAL FORCÉ

- I - Expressions complexes des signaux
 - 1) Cadre et notations
 - 2) Passage en notation complexe (*on peut aborder la construction de Fresnel*)
 - 3) Impédances complexes des dipôles linéaires passifs
- II - Étude d'oscillateurs en régime sinusoïdal forcé
 - 1) Circuit RLC série
 - 2) Système masse/ressort/frottements

LP 25
MOUILLAGE

Bibliographie :

- PC/PC*, SANZ
Tension superficielle p.324
- Physique-Chimie BCPST2, CÔTE
- Gouttes, bulles, perles et ondes, P.G. DE GENNES
- Physique expérimentale, FRUCHART
- Dictionnaire de physique, TAILLET
- Techniques de l'Ingénieur :
Lois du mouillage et de l'imprégnation

Programmes :

BCPST2 :

Phénomènes de tension superficielle

- coefficient de tension superficielle. Énergie de surface
- mouillabilité. Angle de contact, loi d'Young
- loi de Laplace exprimant la différence de pression en fonction du coefficient de tension superficielle et du rayon d'une interface sphérique
- loi de Jurin de l'ascension capillaire (aspect énergétique)

Expériences :

- vérification de la loi d'Young-Dupré, décrivant le mouillage d'un liquide sur une surface solide (Gouttes, bulles, perles et ondes, P.G. DE GENNES p.24)
- mesure de tension superficielle par arrachement (FRUCHART p.466)
- vérification de la loi de Jurin (FRUCHART p.472)

Éléments imposés possibles :

MOUILLAGE PARTIEL ET ANGLE DE CONTACT

I - La tension superficielle

- 1) Origine microscopique
- 2) Considérations énergétiques

II - Descriptions aux interfaces liquide/solide/gaz

- 1) Loi de Laplace
- 2) Loi d'Young-Dupré
- 2) Angle de mouillage (*notion de mouillage total, partiel ou nul*)

NOTION DE FORCE CAPILLAIRE

I - La tension superficielle

- 1) Origine microscopique
- 2) Considérations énergétiques
- 3) Mesure par arrachement

II - L'une de ses manifestation : la montée capillaire

- 1) Loi de Jurin
- 2) Vérification expérimentale

Bibliographie :

- PC/PC*, SANZ
Diffusion de particules p.89
Diffusion thermique p.119
- Mémo visuel, FAINI (p.83-91)
- Dictionnaire de physique, TAILLET
- Physique, HECHT

Programmes :

1ÈRE ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE :

Bilan radiatif terrestre
Bilan thermique du corps humain

PC/PC* :

Diffusion de particules

- courant de particules
- bilans de particules
- loi de Fick
- équation de diffusion

Diffusion thermique

- flux thermique, vecteur densité de courant thermique
- bilan énergétique/thermique
- loi de Fourier
- équation de diffusion thermique
- résistance thermique

Expériences :

- diffusion thermique dans une barre de cuivre (glaçons d'un côté et eau chaude de l'autre, plus simple que la barre de laiton)
- diffusion de colorant dans l'eau (qualitatif)

Éléments imposés possibles :

RÉSISTANCE THERMIQUE

I - Jalons descriptifs du phénomène de diffusion thermique

- 1) Flux thermique
- 2) Densité de courant de chaleur
- 3) Loi de Fourier

II - Vers une mise en équation

- 1) Équation de la chaleur
- 2) Cas du régime stationnaire
- 3) Résistance thermique

DIFFUSION DE PARTICULES

I - Jalons descriptifs du phénomène de diffusion de particules

- 1) Mise en évidence de la diffusion dans la vie courante

- 2) Flux de particules
 - 3) Densité de courant de particules
- II - Vers une mise en équation
- 1) Loi de Fick
 - 2) Équation de conservation
 - 3) Équation de diffusion

Bibliographie :

- Expériences d'électronique, DUFFAIT
- CAPES de sciences physiques, DUFFAIT
- PCSI, SALAMITO
 - Filtrage linéaire p.435*
 - Analyse fréquentielle d'un système linéaire p.401*
- Mémo visuel, FAINI
- HPrépa électronique/électrocinétique, BRÉBEC
- Dictionnaire de physique, TAILLET

Programmes :

PCSI :

Filtrage linéaire

- réponse d'un système linéaire en régime permanent
- puissance moyenne
- filtrage passe-bas/passe-haut/passe-bande

Analyse fréquentielle d'un système linéaire

- diagrammes de Bode
- filtres du 1er ordre/2ème ordre
- gabarit (amplitude, phase)

Expériences :

- Circuit RC passe-haut/passe-bas (1^{er} ordre) (DUFFAIT Expériences d'électronique p.141)
- Circuit RLC passe-bas et passe-bande 2^d ordre (DUFFAIT Expériences d'électronique p.145)

Éléments imposés possibles :

DIAGRAMME DE BODE

I - Du circuit électrique au filtre

- 1) Traitement du signal par filtrage : définition
- 2) Fonction de transfert
- 3) Comportement en fréquence : diagramme de Bode
(*et caractérisation d'un filtre par son gabarit ou son ordre*)

II - Étude de filtres

- 1) Filtres du 1^{er} ordre (*comportement dérivateur/intégrateur*)
- 2) Filtres du 2^{ème} ordre

APPLICATION DE LA RÉSONANCE AU FILTRAGE

I - Résonances de charge et d'intensité dans un circuit RLC série

- 1) Étude du système en notation complexe
- 2) Conditions de résonance
- 3) Influence du facteur de qualité

II - Application au filtrage

- 1) Filtres du 2^{ème} ordre
- 2) Influence de la résonance

DÉTECTION SYNCHRONE

I - Modulation d'amplitude (AM)

- 1) Porteuse, signal modulateur
- 2) Montage de modulation d'amplitude
- 3) Facteur de modulation

II - Démodulation

- 1) Détecteur de crêtes
- 2) Démodulation synchrone

Plan alternatif :

I - Effet Doppler, un phénomène ondulatoire

- 1) Cadre commun
- 2) Origine de l'effet Doppler
- 3) Détermination du décalage Doppler par détection synchrone

II - Mesure de vitesses par effet Doppler

- 1) Radar
- 2) Lien avec le Big Bang

Bibliographie :

- PCSI, SALAMITO
Thermodynamique p.801
- Dictionnaire de physique, TAILLET
- Mémo visuel, FAINI (p.45-76)
- Thermodynamique, fondements et applications, J.P. PÉREZ
- HPrépa Thermodynamique 1ère année, BRÉBEC
- Physique, HETCH

Programmes :

TERMINALE SPÉCIALITÉ :

Énergie interne d'un système ; aspects thermodynamiques
Premier principe de la thermodynamique. Transfert thermique, travail
Capacité thermique d'un système incompressible
Loi phénoménologique de Newton

PCSI :

Système thermodynamique à l'équilibre
Énergie échangée par un système au cours d'une transformation
Premier principe. Bilans d'énergie
Deuxième principe. Bilans d'entropie

Expériences :

- mesure de la capacité thermique d'un calorimètre (DUFFAIT CAPES p.279)
- mesure de la capacité thermique massique de l'eau par une méthode électrique (DUFFAIT CAPES p.281)

Éléments imposés possibles :

PREMIER PRINCIPE

I - Un principe de conservation

1) Aspects énergétiques

(définition de systèmes fermés et isolés, des formes d'énergie, des modes de transferts de cette énergie)

2) Énoncé du premier principe

3) Enthalpie

II - Bilans énergétiques pour des systèmes idéaux

1) Gaz parfait *(introduction des capacités thermiques à volume ou pression constantes)*

2) Phases condensées idéales

III - Types de transformations

1) Isochore

2) Isobare

3) Isotherme

4) Adiabatique

SECOND PRINCIPE

I - Un principe d'évolution

1) Énoncé du second principe

2) Expressions des termes d'échange et de création (*cas particuliers*)

3) Interprétation microscopique

II - Bilans entropiques pour des systèmes idéaux

1) Gaz parfait

2) Phases condensées idéales

On peut éventuellement ajouter une partie :

III - Diagrammes entropiques des transformations

Bibliographie :

- PCSI, SALAMITO
Théorie cinétique des gaz p.807
Étude SF₆ (Amagat) p.823
- Mémo visuel, FAINI (p.49-54)
- Dictionnaire de physique, TAILLET
- Physique, HECHT
- Livres scolaires de première spécialité
- Livres scolaires de terminale spécialité

Programmes :

1ÈRE SPÉCIALITÉ :

Loi de Boyle-Mariotte ($PV = \text{constante}$)

TERMINALE SPÉCIALITÉ :

Modèle du gaz parfait

Masse volumique, température thermodynamique, pression

Équation d'état du gaz parfait

PCSI :

Descriptions microscopique et macroscopique de la matière

- phase solide/liquide/gaz
- agitation thermique
- libre parcours moyen
- échelles micro/méso/macro

Étude d'un gaz à l'échelle microscopique

- distribution des vitesses moléculaires
- pression
- température

Expériences :

- Vérification de l'équation d'état des gaz parfaits

Éléments imposés possibles :

LIBRE PARCOURS MOYEN

I - Description d'un système thermodynamique

- 1) Échelles de description
- 2) Définition d'un système thermodynamique

II - Approche microscopique du gaz parfait

- 1) Hypothèses du gaz parfait
- 2) Théorie cinétique du gaz parfait (*pression et température cinétique*)
- 3) Équation d'état

LP 30
ÉLECTROMAGNÉTISME

Bibliographie :

- PC/PC*, SANZ
Ondes électromagnétiques dans le vide p.971
- PC/PC* Physique, S. OLIVIER
Ondes électromagnétiques dans les diélectriques p.703
- HPrépa électromagnétisme 2ème année PC/PC* PSI/PSI*, BRÉBEC
- Mémo visuel, FAINI (p.178-186)
- Dictionnaire de physique, TAILLET

Programmes :

1ÈRE SPÉCIALITÉ :

Domaines des ondes électromagnétiques

PC/PC* :

Sources de champ électromagnétique (charge électrique, vecteur densité de courant, équation de conservation de la charge)

Champ électrostatique (loi de Coulomb, champ créé par une distribution de charges, symétries, théorème de Gauss...)

Champ magnétostatique (théorème d'Ampère, symétries et invariances...)

Équations de Maxwell

Ondes électromagnétiques dans le vide (OPPH, Poynting...)

Dispersion, absorption

Interface entre deux milieux (coefficients de transmission/réflexion)

Ondes électromagnétiques dans les milieux diélectriques

Expériences :

- électroaimants : mesurer le champ magnétique en fonction de l'intensité donnée (teslamètre, théorème d'Ampère).
- condensateur d'Aepinus (on vérifie $C = \epsilon_0 \frac{S}{e}$, en mesurant C au RLC-mètre).
- pour les milieux diélectriques : mesure de la vitesse d'une onde électromagnétique dans un câble coaxial.

Éléments imposés possibles :

PROPAGATION D'UNE ONDE ÉLECTROMAGNÉTIQUE DANS UN DIÉLECTRIQUE

I - Généralisation de la relation de dispersion

- 1) Relation de dispersion
- 2) Indice de milieu
- 3) Milieu diélectrique

II - Interface entre deux milieux

- 1) Positionnement du problème
- 2) Coefficients de réflexion et de transmission

ÉLECTROSTATIQUE

I - Description générale

- 1) Création du champ électrique : loi de Coulomb

2) Topographie (*symétries et invariances*)

3) Application au cas d'un fil infini

TR : évoquer les rapides difficultés calculatoires d'une application de la loi de Coulomb dès que le système se complexifie : on a besoin d'autres outils.

II - Vers l'analyse de systèmes plus complexes

1) Équations locales (*Maxwell-Gauss et Maxwell-Faraday*)

2) Théorème de Gauss

3) Application au cas d'un fil infini

MAGNÉTOSTATIQUE

I - Description générale

1) Création du champ magnétostatique : loi de Biot et Savart

2) Topographie (*symétries et invariances*)

3) Application au cas d'un fil infini

TR : évoquer les rapides difficultés calculatoires d'une application de la loi de Biot et Savart dès que le système se complexifie : on a besoin d'autres outils.

II - Vers l'analyse de systèmes plus complexes

1) Équations locales (*Maxwell-Thomson (flux) et Maxwell-Ampère*)

2) Théorème d'Ampère

3) Application au cas d'un fil infini

ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES DANS LES MILIEUX MATÉRIELS

I - Diélectriques

1) Définition ($\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$)

2) Équation de propagation

3) Solutions et relation de dispersion

II - Conducteurs

1) Définition (*loi d'Ohm locale*)

2) Équation de propagation

3) Solutions et relation de dispersion

MC 1

SYNTHÈSES EN CHIMIE MOLÉCULAIRE INCLUANT LES MANIPULATIONS SOUS GAZ INERTE
(aménagement fonctionnel, construction de squelettes hydrogénéocarbonés,...)

Manipulations :

- Acylation de Friedel-Craft

MANIPULATIONS COMMENTÉES DE CHIMIE ORGANIQUE, DROUIN P.228
BUP 104, 925(1), 2010, P.671-682, F. LAIBE, A. MARTINEZ

- Réaction de Cannizaro

CHIMIE ORGANIQUE EXPÉRIMENTALE, BLANCHARD P.301
100 MANIPULATIONS DE CHIMIE ORGANIQUE ET INORGANIQUE, MESPLÈDE P.91

- Synthèse d'un composé aromatique (anthracène) (*rendement quantique de fluorescence*)

40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.287

- Réduction du (+)-camphre

Par NaBH_4 : MANIPULATIONS COMMENTÉES DE CHIMIE ORGANIQUE, DROUIN P.101
Par le L-sélectride : MANIPULATIONS COMMENTÉES DE CHIMIE ORGANIQUE, DROUIN P.104

- Réaction de Wittig dans l'eau

BUP 112, 1006, 2018, P.969-977, B. CHATELET

- Réaction de Diels-Alder

CHIMIE ORGANIQUE EXPÉRIMENTALE, BLANCHARD P.111

- Synthèse du camphre par l'eau de Javel

40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.412

- Réduction de la nitroacétophénone

40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.247
(LA MICROCHIMIE : TECHNIQUES ET EXPÉRIENCES, CHEYMOL P.170)

- Nitration du toluène (*CPG*)

CHIMIE ORGANIQUE EXPÉRIMENTALE, BLANCHARD P.135

- Étude des propriétés optiques de quelques complexes de cobalt

40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.201

- Synthèse et dédoublement racémique d'un complexe de nickel chiral

CHIMIE INORGANIQUE ET GÉNÉRALE, GIRARD P.118

- Synthèse de l'aspirine

LA CHIMIE EXPÉRIMENTALE 1, LE MARÉCHAL P.151

- Oxydation du menthol en menthone

L'ÉPREUVE ORALE DU CAPES, PORTEU-DE-BUCHÈRE P.320

- **Réaction de Wittig-Horner-Wadsworth-Emmons**

40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.276

CHIMIE ORGANIQUE EXPÉRIMENTALE, BLANCHARD P. 375 (TP)

- **Synthèse et titrage d'un organomagnésien**

40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.379

- **Synthèse de la benzopinacolone**

PROTOCOLE SITE

- **Synthèse du complexe $K_3[Co(NO_2)_6]$**

40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.232

- **Condensation aldolique : synthèse d'une chalcone**

40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.254

- **Substitution électrophile aromatique**

40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.297

- **Substitution nucléophile aromatique**

40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.305

- **Élimination décarboxylante d'un β -bromoacide**

ÉPREUVE DE TRAVAUX PRATIQUES DE CHIMIE À L'ORAL DES CONCOURS, DAUMARIE MANIPULATION 12

- **Condensation de Claisen**

MANIPULATIONS COMMENTÉES DE CHIMIE ORGANIQUE, DROUIN P.327

- **Epoxydation de la R-carvone**

PROTOCOLE SITE

- **Ethérification catalysée par une zéolithe (catalyse hétérogène)**

40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.365

- **Influence du solvant sur la vitesse d'une réaction**

CHIMIE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE, FOSSET P.328 (bof pour la toxicité)

- **Polymérisation radicalaire du styrène**

MANIPULATIONS COMMENTÉES DE CHIMIE ORGANIQUE, DROUIN P.190 OU 79

- **Oxydation par le cuivre de la benzoïne en benzile**

40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.385

Sujets possibles :

COMPOSÉS AROMATIQUES

I - Substitution électrophile aromatique

Acylation de Friedel-Craft

Substitution électrophile aromatique Gruber

II - Substitution nucléophile aromatique

Synthèse d'un composé fluorescent = substitution nucléophile aromatique Gruber

SÉLECTIVITÉ EN CHIMIE ORGANIQUE

I - Régiosélectivité

Substitution électrophile aromatique (ortho/meta)

Nitration du toluène

II - Diastéréosélectivité

Réduction du (+)-camphre par NaBH_4

Élimination décarboxylante d'un β -bromoacide (montrer l'influence du choix du solvant)

Réaction de Wittig-Horner-Wadsworth-Emmons

III - Chimiosélectivité

Epoxydation de la R-carvone

CARBANIONS EN CHIMIE ORGANIQUE

I - Création de liaisons C-C simple

Condensation de Claisen

II - Création de liaisons C-C doubles

Réaction de Wittig-Horner-Wadsworth-Emmons

Autre manipulation possible : chalcone

CARBOCATIONS EN CHIMIE ORGANIQUE

I - Implication dans une réaction de transposition

Synthèse de la benzopinacolone

II - Une espèce à stabiliser ? Du rôle de l'environnement

Élimination décarboxylante d'un β -bromoacide

OXYDO-RÉDUCTION EN SYNTHÈSE ORGANIQUE

I - Vers des oxydations répondant aux principes de la chimie verte

Oxydation du menthol par l'eau de Javel

II - Chimiosélectivité de l'oxydo-réduction : une problématique majeure

Réduction de la nitroacétophénone

SYNTHÈSE DE COMPLEXES DE MÉTAUX DE TRANSITION

I - Risques et caractérisations

Synthèse du complexe $\text{K}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$

II - Contrôle de la chiralité

Synthèse et dédoublement d'un complexe de nickel chiral

UTILISATION DU FOND CHIRAL EN SYNTHÈSE ORGANIQUE

I - En tant que substrat

Oxydation du menthol par l'eau de Javel

II - En tant qu'agent de dédoublement

Synthèse et dédoublement d'un complexe de nickel chiral

APPLICATION EN SYNTHÈSE DES ÉLÉMENTS DU BLOC P

I - En tant qu'activateur pour la formation de liaisons simples C-C

Acylation de Friedel-Craft

II - En tant que réactif pour la formation de liaisons doubles C-C

Réaction de Wittig-Horner-Wadsworth-Emmons

RÉACTIONS DE SUBSTITUTION NUCLÉOPHILE

I - Catalyse d'une SN_1

Ethérification catalysée par une zéolithe (catalyse hétérogène)

Synthèse de la benzopinacolone (catalyse homogène)

II - Influence du solvant sur la vitesse d'une SN_2

Influence du solvant sur la vitesse d'une réaction (Fosset)

RÉACTIONS RADICALAIRES EN CHIMIE ORGANIQUE

I - Réaction de polymérisation

Polymérisation radicalaire du styrène

II - Réaction d'oxydation par transfert monoélectronique

Oxydation par le cuivre de la benzoïne en benzile

MC 2

ACTIVATIONS MOLÉCULAIRES EN CHIMIE
(catalyse, photochimie, oxydo-réduction, ...)

Manipulations :

- **Couplage de Suzuki**

40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.392

- **Photoisomérisation de l'acide maléique**

CHIMIE ORGANIQUE EXPÉRIMENTALE, BLANCHARD P.99

- **Oxydation du sel de Seignette catalysée par le cobalt**

CHIMIE INORGANIQUE EXPÉRIMENTALE, ARTERO P. 135

CHIMIE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE, FOSSET P.334

LA CHIMIE EXPÉRIMENTALE 1, LE MARÉCHAL P.278

- **Synthèse de l'aspirine**

LA CHIMIE EXPÉRIMENTALE 1, LE MARÉCHAL P.151

- **Acylation de Friedel-Craft** (*formation d'un acylium*)

MANIPULATIONS COMMENTÉES DE CHIMIE ORGANIQUE, DROUIN P.228

BUP 104, 2010, p.671-682, F. LAIBE, A. MARTINEZ

- **Ethérisation catalysée par une zéolithe (catalyse hétérogène)**

40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.365

- **Influence du solvant sur la vitesse d'une réaction**

CHIMIE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE, FOSSET P.328 (bof pour la toxicité)

- **Élimination décarboxylante d'un β -bromoacide**

EPREUVE DE TRAVAUX PRATIQUES DE CHIMIE À L'ORAL DES CONCOURS, DAUMARIE MANIPULATION 12

- **Synthèse de l'acétate de benzyle (estérification de Fischer)**

40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.403

- **Réaction de Wittig-Horner-Wadsworth-Emmons**

40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.276

CHIMIE ORGANIQUE EXPÉRIMENTALE, BLANCHARD P. 375 (TP)

- **Luminescence d'un complexe de terbium**

40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.157

- **Synthèse de la benzopinacolone**

PROTOCOLE SITE

Sujets possibles :

ACTIVATION PHOTOCHEMIQUE

- I - Activation d'une réaction
Photoisomérisation de l'acide maléique
- II - Activation d'une propriété physique
Luminescence d'un complexe de terbium

CATALYSE HÉTÉROGÈNE

- I - Catalyse par une zéolithe
Ethérisation catalysée par une zéolithe
- II - Catalyse par un métal noble
Couplage de Suzuki

INFLUENCE DU SOLVANT SUR LA RÉACTIVITÉ

- I - Influence du solvant sur la cinétique
Influence du solvant sur la vitesse d'une réaction (Fosset)
- II - Influence sur la stéréochimie du produit
Élimination décarboxylante d'un β -bromoacide

CATALYSE DES ESPÈCES MÉTALLIQUES

- I - Catalyse homogène : mise en évidence de l'intermédiaire réactionnel
Oxydation du sel de Seignette catalysée par le cobalt
- II - Catalyse hétérogène au service de la chimie verte
Couplage de Suzuki

ACTIVATION DE FONCTIONS EN CHIMIE ORGANIQUE

- I - Activation par un acide de Lewis
Acylation de Friedel-Craft (formation d'un acylium)
 - II - Activation par un acide de Brønsted
Synthèse de la benzopinacolone (transposition pinacolique)
- Autres manipulations classiques : synthèse de l'aspirine, estérification de Fischer

ACIDO-BASICITÉ EN CHIMIE ORGANIQUE

- I - Emploi d'un acide de Brønsted : formation d'un carbocation
Synthèse de la benzopinacolone
- II - Action d'une base : formation d'un ylure de phosphore
Réaction de Wittig-Horner-Wadsworth-Emmons

MC 3
SÉPARATIONS
(extraction, distillations, recristallisation, chromatographies, ...)

Manipulations :

- **Hydrométallurgie du zinc**

UNE VIE DE ZINC, BUP 89, 770, 1995, P.99-116, J.-L VIGNES

- **Chromatographie par résine échangeuse d'ions : séparation du cobalt et du nickel**

CHIMIE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE, FOSSET P.230

CHIMIE-TOUT : EXPÉRIENCES COMMENTÉES, BENTOLILA P.97

- **Hydrodistillation et extraction du limonène** (*À éviter pour le dichlorométhane*)

100 MANIPULATIONS DE CHIMIE ORGANIQUE ET INORGANIQUE, MESPLÈDE P.190

- **Extraction de l'eugénol du clou de girofle**

100 MANIPULATIONS DE CHIMIE ORGANIQUE ET INORGANIQUE, MESPLÈDE P.170

- **Extraction de l'huile essentielle de lavandin**

BUP N°789, VOL.90, DÉCEMBRE 1996, F. CANAUD

- **Synthèse de l'acétate de benzyle (estérification de Fischer)**

40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.403

- **Extraction de l'ion permanganate par un agent de transfert de phase en milieu organique**

CHIMIE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE, FOSSET P.376

- **Couplage de Suzuki**

40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.392

- **Lactonisation de Baeyer-Villiger** (*chimie sans solvant*)

JCE 2005 P.1837

- **Nitration du toluène** (*CPG*)

CHIMIE ORGANIQUE EXPÉRIMENTALE, BLANCHARD P.135

- **Substitution nucléophile aromatique**

40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.305

- **Acylation de Friedel-Craft**

MANIPULATIONS COMMENTÉES DE CHIMIE ORGANIQUE, DROUIN P.228

BUP 104, 925(1), 2010, P.671-682, F. LAIBE, A. MARTINEZ

- **Coefficient de partage du diiode dans l'eau et le dichlorométhane**

CHIMIE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE, FOSSET P.115

Sujets possibles :

Distillations

- I - Une voie d'accès aux molécules d'origine naturelle
 - Hydrodistillation et extraction du limonène*
 - Extraction de l'huile essentielle de lavandin*
 - Extraction de l'eugénol du clou de girofle*
- II - Une méthode de déplacement d'équilibre
 - Synthèse de l'acétate de benzyle (Dean-Stark)*

Purification de composés solides

- I - Séparation produit/catalyseur hétérogène
 - Couplage de Suzuki*
 - (montrer la phase de séparation du palladium sur charbon en re-solubilisant le produit)*
- II - Recristallisation
 - Lactonisation de Baeyer-Villiger*

Techniques chromatographiques

- I - Des méthodes d'analyse de mélanges complexes (CPG)
 - Nitration du toluène*
- II - Des voies de suivi et de purification du milieu réactionnel (CCM + colonne sur silice)
 - Substitution nucléophile aromatique*

Séparation d'espèces ioniques

- I - Extraction par un agent de transfert de phase
 - Extraction de l'ion permanganate par un agent de transfert de phase en milieu organique*
- II - Séparation par complexation
 - Séparation Ni^{2+} et Co^{2+} sur résine échangeuse d'ions*

Extraction par solvant

- I - Exploitation de l'extraction en synthèse organique
 - Acylation de Friedel-Craft*
- II - Étude du partage entre deux solvants
 - Coefficient de partage du diiode dans l'eau et le dichlorométhane*

MC 4

ANALYSES QUANTITATIVES

(calibrations, dosages, titrages, spectres, potentiels d'oxydo-réduction, ...)

Manipulations :

- **Dosage du glucose dans une solution de réhydratation (Adiaril)**

DES EXPÉRIENCES DE LA FAMILLE RED-OX, CACHAU P.424

FLORILÈGE DE CHIMIE PRATIQUE, DAUMARIE P.221

- **Dosage de O₂ par la méthode de Winkler**

LA CHIMIE EXPÉRIMENTALE 1, LE MARÉCHAL P.77

DES EXPÉRIENCES DE LA FAMILLE RED-OX, CACHAU P. 413

L'ÉPREUVE ORALE DU CAPES DE CHIMIE, PORTEU-DE-BUCHÈRE P.245

- **Titration des ions permanganate dans l'eau de Dakin**

DES EXPÉRIENCES DE LA FAMILLE RED-OX, CACHAU P.395

- **Titration coulométrique de la vitamine C**

QUANTITÉ D'ÉLECTRICITÉ ET COULOMÉTRIE, BUP 109, 972, 2015, P.403-419

- **Pouvoir tampon d'un tampon primaire acide acétique/acétate de sodium**

40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES DE CHIMIE, GRUBER P.182

- **Titration d'une solution d'eau de Javel**

DES EXPÉRIENCES DE LA FAMILLE RED-OX, CACHAU P.391

- **Mesure de la basicité du Destop (conductimétrie)**

DES EXPÉRIENCES DE LA FAMILLE ACIDE-BASE, CACHAU P.291

- **Titration du peroxyde d'hydrogène**

DES EXPÉRIENCES DE LA FAMILLE RED-OX, CACHAU P.388

- **Synthèse et titration d'un organomagnésien**

40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.379

- **Titration potentiométrique à courant nul des ions Fe(II)/Ce(IV)**

FLORILÈGE DE CHIMIE PRATIQUE, DAUMARIE P.218

100 MANIPULATIONS DE CHIMIE GÉNÉRALE ET ANALYTIQUE, MESPLÈDE, P.92

ou voir également

- **Étalonnage d'une solution de sulfate de cérium par une solution de sel de Mohr**

DES EXPÉRIENCES DE LA FAMILLE RED-OX, CACHAU P.131

- **Titration d'une solution d'acide aspartique (comparaison pH-métrie/conductimétrie)**

DES EXPÉRIENCES DE LA FAMILLE ACIDE-BASE, CACHAU P.239

- **Titration d'une solution contenant des ions Fe²⁺ et Co²⁺**

40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.71

- **Dosage d'un mélange d'acides par une base forte ou par une base faible**
DES EXPÉRIENCES DE LA FAMILLE ACIDE-BASE, CACHAU P.208

- **Dosage de l'acide borique en absence et en présence de D-mannitol**
DES EXPÉRIENCES DE LA FAMILLE ACIDE-BASE, CACHAU P.215

- **Mise en évidence de la concentration critique micellaire du SDS**
CHIMIE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE, FOSSET P.391

- **Étalonnage d'une solution d'hydroxyde de sodium par une solution d'acide oxalique**
DES EXPÉRIENCES DE LA FAMILLE ACIDE-BASE, CACHAU P.84

- **Hydrométallurgie du zinc**
UNE VIE DE ZINC, BUP 89, 770, 1995, P.99-116, J.-L VIGNES

Et en dernier recours pour les daltoniens... :

- **Dosage des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} par l'EDTA (dureté d'une eau)**
DES EXPÉRIENCES DE LA FAMILLE ACIDE-BASE, CACHAU P.253

Sujets possibles :

Contrôle qualité

- I - Utilisation d'une méthode destructive : contrôle par titrage
Titration d'une solution d'acide aspartique
- II - Emploi d'une méthode non destructive : dosage par spectrophotométrie
Titration des ions permanganate dans l'eau de Dakin

Dosage et extraction d'ions métalliques

- I - Du minerai à la solution
Hydrometallurgie du zinc
- II - Dosage d'ions métalliques au sein d'un mélange
Titration d'une solution contenant des ions Fe^{2+} et Co^{2+}

Titration

- I - Comparaison des méthodes de suivi
Titration de l'acide aspartique
- II - Méthode indirecte
Titration d'une solution d'eau de Javel

Dosage colorimétrique

- I - Emploi d'un indicateur coloré (*redox*)
Étalonnage d'une solution de sulfate de cérium par une solution de sel de Mohr
- II - Utilisation du caractère coloré de l'espèce à titrer
Titration des ions permanganate dans l'eau de Dakin

Capteurs en chimie : calibration, sensibilité, limites

- I - Des capteurs complémentaires
Dosage d'une solution d'acide aspartique
- II - Mesures spectroscopiques, utilisation et limitations
Titration des ions permanganate dans l'eau de Dakin

Mesures et incertitudes en chimie expérimentale

- I - Incertitudes et étalonnage d'une solution (ex. titrante)
Étalonnage d'une solution d'hydroxyde de sodium par une solution d'acide oxalique (suivi colorimétrique, pH-métrie, conductimétrie)
- II - Incertitudes et mesures spectroscopiques
Titration des ions permanganate dans l'eau de Dakin (parler notamment des limites des lois utilisées e.g. Beer-Lambert)

Dosage de mélanges

- I - Rôle d'un agent complexant
Titration d'une solution contenant des ions Fe^{2+} et Co^{2+}
- II - Choix de l'agent titrant et de la méthode de suivi
Dosage d'un mélange d'acides par une base forte ou par une base faible

Conductimétrie et applications

- I - Une méthode de suivi indispensable
Titration d'une solution d'acide aspartique
- II - Une voie d'accès à des grandeurs thermodynamiques

Mise en évidence de la concentration critique micellaire du SDS

Applications de la complexation à des fins quantitatives

I - Complexation pour le dosage d'un mélange

Titration d'une solution contenant des ions Fe^{2+} et Co^{2+}

II - Complexation pour l'analyse d'un nettoyant oculaire

Dosage de l'acide borique en présence de D-mannitol

MC 5

CARACTÉRISATIONS STRUCTURALES EN CHIMIE

(conditionnement des échantillons pour l'analyse, point de fusion, RMN, UV, IR, spectrométrie de masse, ...)

Manipulations :

- **Synthèse et caractérisation du complexe $\text{Fe}(\text{acac})_3$** (*balance d'Evans*)
40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES DE CHIMIE, GRUBER P.209

- **Synthèse et caractérisation de nanoparticules d'or**
BUP 107, 952, 2013, P.327-339, J. PIARD

- **Synthèse d'un composé aromatique (anthracène)** (*rendement quantique de fluorescence*)
40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.287

- **Mise en évidence de la concentration critique micellaire du SDS**
Par conductimétrie : CHIMIE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE, FOSSET P.391

- **Synthèse et dédoublement racémique d'un complexe de nickel chiral** (*polarimétrie*)
CHIMIE INORGANIQUE ET GÉNÉRALE, GIRARD P.118

- **Synthèse de l'aspirine** (*IR, RMN*)
LA CHIMIE EXPÉRIMENTALE 1, LE MARÉCHAL P.151

- **Détermination de la stœchiométrie du complexe $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$ par la méthode de Job** (*UV-vis*)
MONTAGES DE CHIMIE INORGANIQUE ET GÉNÉRALE, BRÉNON-AUDAT P.82
40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉE DE CHIMIE, GRUBER P.193

- **Détermination du mode de coordination du DMSO** (*IR*)
CHIMIE INORGANIQUE EXPÉRIMENTALE, ARTERO P.62
CHIMIE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE, FOSSET P.176

- **Nitration du toluène** (*CPG*)
CHIMIE ORGANIQUE EXPÉRIMENTALE, BLANCHARD P.135

- **Polymérisation radicalaire du styrène**
MANIPULATIONS COMMENTÉES DE CHIMIE ORGANIQUE, DROUIN P.190 OU 79

- **Synthèse du complexe $\text{K}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$**
40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.232

- **Luminescence d'un complexe de terbium**
40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.157

- **Complexe tétraédrique et complexe octaédrique du cobalt (II)**

Sujets possibles :

Absorption, émission, diffusion

- I - Absorption et émission : des méthodes de caractérisation en synthèse organique
Synthèse d'un composé aromatique (anthracène)
- II - Exploitation des propriétés diffusives d'un système colloïdal
Synthèse et caractérisation de nanoparticules d'or

Caractérisation physico-chimique de matériaux organiques et inorganiques

- I - Matériaux polymères
Polymérisation radicalaire du styrène (IR, microscope, CCM ?)
- II- Détermination de la taille de nanoparticules
Synthèse et caractérisation de nanoparticules d'or

Insister sur le fait que les matériaux polymères et les nanoparticules font partie de notre vie courante.

Systèmes colloïdaux : mise en évidence, structuration et propriétés

- I - Mise en évidence de la structuration d'un système colloïdal
Mise en évidence de la concentration critique micellaire du SDS
- II - Exploitation des propriétés diffusives d'un système colloïdal
Synthèse et caractérisation de nanoparticules d'or

Spectroscopies appliquées à la détermination structurale de composés chimiques

- I - Éluclation structurale de composés organiques
Synthèse d'un composé aromatique (anthracène) (RMN, UV-vis et fluorescence)
- II - Caractérisation des liaisons métal/ligands au sein de complexes de métaux de transition
Détermination du mode de coordination du DMSO (IR)

Structure et propriétés des complexes de métaux de transition

- I - Caractérisation des liaisons métal/ligands au sein de complexes de métaux de transition
Détermination du mode de coordination du DMSO
- ou I bis - Éluclation structurale de complexes de métaux de transition
Détermination de la stœchiométrie du complexe $Fe(SCN)^{2+}$ par la méthode de Job
- II - Propriétés magnétiques de complexes de métaux de transition
Synthèse du complexe $Fe(acac)_3$
- ou II bis - Propriétés optiques de complexes de métaux de transition
Synthèse du complexe $K_3[Co(NO_2)_6]$

Couleur et luminescence

- I - Couleur et géométrie d'un complexe
Complexe tétraédrique et complexe octaédrique du cobalt (II) (UV-vis)
- II - Propriétés optiques des composés organiques aromatiques
Synthèse d'un composé aromatique (anthracène) (RMN et fluorescence)

Manipulations :

- **Étude de la cinétique de saponification de l'acétate d'éthyle**
CHIMIE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE, FOSSET P.331
CHIMIE ORGANIQUE ET GÉNÉRALE, GIRARD P.168
CHIMIE INORGANIQUE ET GÉNÉRALE, BRÉNON-AUDAT P.272
DES EXPÉRIENCES DE LA FAMILLE ACIDE-BASE, CACHAU P.168
L'ÉPREUVE ORALE DU CAPES DE CHIMIE, PORTEU-DE-BUCHÈRE P.286

- **Mise en évidence de la concentration critique micellaire du SDS**
par conductimétrie : CHIMIE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE, FOSSET, P.391

- **Étude cinétique de l'hydrolyse du vert de malachite en milieu basique**
CHIMIE INORGANIQUE ET GÉNÉRALE, GIRARD P.150

- **Étude cinétique de la décoloration de la phénolphtaléine en milieu basique**
CHIMIE INORGANIQUE ET GÉNÉRALE, GIRARD P.136

- **Dismutation du peroxyde d'hydrogène catalysée par les ions iodures**
CHIMIE INORGANIQUE ET GÉNÉRALE, GIRARD P.200

- **Diagramme E-pH du fer**
100 MANIPULATIONS DE CHIMIE GÉNÉRALE ET ANALYTIQUE, MESPLÈDE P.220
DES EXPÉRIENCES DE LA FAMILLE RED-OX, CACHAU P.232
L'ÉPREUVE ORALE DU CAPES DE CHIMIE, PORTEU-DE-BUCHÈRE P.180

- **Diagramme E-pNH₃ de l'argent**
PROTOCOLE SITE
CHIMIE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE, FOSSET P.149
DES EXPÉRIENCES DE LA FAMILLE RED-OX, CACHAU P.308

- **Détermination du pK_a à l'état excité du 2-naphtol**
40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.167

- **Détermination du pK_a du BBT**
L'ÉPREUVE ORALE DU CAPES DE CHIMIE, PORTEU-DE-BUCHÈRE P.132 (2ED.)
LA CHIMIE EXPÉRIMENTALE 1, LE MARÉCHAL
DES EXPÉRIENCES DE LA FAMILLE ACIDE-BASE, CACHAU P.132

- **Détermination du pK_a du couple acide acétique/ion acétate (*pH-métrie*)**
DES EXPÉRIENCES DE LA FAMILLE ACIDE-BASE, CACHAU P.137

- **Enthalpie de dissolution de l'acide benzoïque**
CHIMIE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE, FOSSET P.106

- **Détermination du produit de solubilité du chlorure d'argent (I) par potentiométrie**
CHIMIE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE, FOSSET P.101
- **Dosage de l'acide phosphorique par calorimétrie**
DES EXPÉRIENCES DE LA FAMILLE ACIDE-BASE, CACHAU P.190
- **Solvolyse du chlorure de tertibutyle**
FLORILÈGE DE CHIMIE PRATIQUE, DAUMARIE P.71
CHIMIE ORGANIQUE EXPÉRIMENTALE, BLANCHARD P.167
L'ÉPREUVE ORALE DU CAPES DE CHIMIE, PORTEU-DE-BUCHÈRE P.35
- **Mesures de coefficients de diffusion par voltampérométrie cyclique**
ÉLECTROCHIMIE DES CONCEPTS AUX APPLICATIONS, MIOMANDRE P.386
- **Expérience de la frontière mobile**
CHIMIE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE, FOSSET P.363
- **Détermination de l'enthalpie de réaction entre Cu^{2+} et Zn^{2+}**
DES EXPÉRIENCES DE LA FAMILLE RED-OX, CACHAU P.213
- **Étude du complexe $[\text{Fe}(\text{SCN})_n]^{(3-n)+}$**
40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.193
- **Rôle catalytique du cobalt dans l'oxydation du sel de Seignette par l'eau oxygénée**
LA CHIMIE EXPÉRIMENTALE 1, LE MARÉCHAL P.278
CHIMIE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE, FOSSET P.334 (*qualitatif*)
CHIMIE INORGANIQUE EXPÉRIMENTALE, ARTERO P.135
- **Étude de l'équilibre estérification/hydrolyse**
CHIMIE INORGANIQUE ET GÉNÉRALE, GIRARD P.272
- **Synthèse de l'acétate de benzyle (estérification de Fischer)**
40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.403
- **Dosage de l'acide borique en absence et en présence de D-mannitol**
DES EXPÉRIENCES DE LA FAMILLE ACIDE-BASE, CACHAU P.215
- **Influence du solvant sur l'équilibre céto-énolique**
PROTOCOLE SITE
- **Étude du complexe triséthylènediaminocobalt (III) en régime non stationnaire**
(*détermination du potentiel standard d'un couple rapide*)
40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.118

Sujets possibles :

Détermination de grandeurs standard de réaction

- I - Étude de la dissolution d'un composé organique
Enthalpie de dissolution de l'acide benzoïque
- II - Détermination de l'enthalpie standard d'une réaction d'oxydo-réduction
Détermination de l'enthalpie de réaction entre Cu^{2+} et Zn^{2+}
- II bis - Détermination d'un potentiel standard par une méthode électrochimique
Étude du complexe triséthylènediaminecobalt (III) en régime non stationnaire

Détermination de paramètres cinétiques

- I - Détermination d'une constante de vitesse et élucidation mécanistique
Étude de la cinétique de saponification de l'acétate d'éthyle
- II - Influence de paramètres sur la cinétique
Dismutation du peroxyde d'hydrogène catalysée par les ions iodures

Acido-basicité de Lewis et de Brönsted

- I - Évaluation du pKa d'un indicateur coloré
Détermination du pKa du BBT
- II - Influence de la complexation sur le pKa d'un acide
Dosage de l'acide borique en présence de D-mannitol

Position et déplacement de l'équilibre chimique

- I - Utilisation de l'équilibre pour déterminer la stœchiométrie d'un complexe
Étude du complexe $[\text{Fe}(\text{SCN})_n]^{(3-n)+}$
- ou I bis - Équilibre acido-basique et indicateurs colorés
Détermination du pKa du BBT
- II - Déplacement de l'équilibre d'une réaction d'estérification (*Dean-Stark*)
Synthèse de l'acétate de benzyle
- ou II bis - Influence du solvant sur l'équilibre chimique
Influence du solvant sur l'équilibre céto-énolique

Catalyse et catalyseurs

- I - Mise en évidence du rôle catalytique
Étude de l'équilibre estérification/hydrolyse
- ou : Rôle catalytique du cobalt dans l'oxydation du sel de Seignette par l'eau oxygénée
- II - Influence de la quantité de catalyseur sur la constante de vitesse
Dismutation du peroxyde d'hydrogène catalysée par les ions iodures

Constantes d'équilibre et constantes de vitesse

- I - Évaluation du pKa d'un indicateur coloré
Détermination du pKa du BBT
- II - Détermination d'une constante de vitesse par conductimétrie
Étude de la cinétique de saponification de l'acétate d'éthyle

MC 7

ÉLECTROCHIMIE

(diagramme potentiel-pH, potentiométrie, voltamétrie, conductimétrie, électrolyse, batteries, ...)

Manipulations :

- **Titration potentiométrique à courant nul des ions Fe(II)/Ce(IV)**

FLORILÈGE DE CHIMIE PRATIQUE, DAUMARIE P.218

100 MANIPULATIONS DE CHIMIE GÉNÉRALE ET ANALYTIQUE, MESPLÈDE, P.92

- **Étude de la pile Daniell**

DES EXPÉRIENCES DE LA FAMILLE RED-OX, CACHAU P.243

100 MANIPULATIONS DE CHIMIE GÉNÉRALE ET ANALYTIQUE, MESPLÈDE P.145

CHIMIE INORGANIQUE ET GÉNÉRALE, GIRARD P.64 (*tracé courbes i - E*)

- **Étude du couple ferrocène/ferrocénium par voltampérométrie cyclique (*couple rapide*)**

BUP 899, 101, 2007, 2, P.23-31, C. ARONICA

- **Étude du complexe triséthylènediaminecobalt (III) en régime non stationnaire (*couple rapide*)**

40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.118

- **Titration coulométrique de la vitamine C**

QUANTITÉ D'ÉLECTRICITÉ ET COULOMÉTRIE, BUP 109, 972, 2015, P.403-419

- **Synthèse de l'eau de Javel (*électrolyse*)**

DES EXPÉRIENCES DE LA FAMILLE RED-OX, CACHAU P.337

- **Anodisation de l'aluminium**

LA CHIMIE EXPÉRIMENTALE 1, LE MARÉCHAL P.184

CHIMIE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE, FOSSET P.292

DES EXPÉRIENCES DE LA FAMILLE RED-OX, CACHAU P.182

- **Accumulateur au plomb**

LA CHIMIE EXPÉRIMENTALE 1, LE MARÉCHAL P.201

FLORILÈGE DE CHIMIE PRATIQUE, DAUMARIE P.271

L'ÉPREUVE ORALE DU CAPES DE CHIMIE, PORTEU-DE-BUCHÈRE P.195

- **Potentiel de Flade**

L'OXYDORÉDUCTION: CONCEPTS ET EXPÉRIENCES, SARRAZIN P.237

CHIMIE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE, FOSSET P.283

DES EXPÉRIENCES DE LA FAMILLE RED-OX, CACHAU P.268

- **Aération différentielle (pile d'Evans) (*qualitatif*)**

DES EXPÉRIENCES DE LA FAMILLE RED-OX, CACHAU P.166

CHIMIE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE, FOSSET P.252

- **Diagramme d'Evans relatif au système Fe/Zn en milieu corrosif**
(détermination d'un courant de corrosion)

DES EXPÉRIENCES DE LA FAMILLE RED-OX, CACHAU P.271

- **Tracé des courbes i-E pour un système rapide : Fe³⁺/Fe²⁺**
(bien pour montrer et expliquer les bases des courbes i-E)

DES EXPÉRIENCES DE LA FAMILLE RED-OX, CACHAU P.256

- **Expérience de la frontière mobile**

CHIMIE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE, FOSSET P.363

- **Conductimétrie dans un milieu de faible constante diélectrique**
(attention à éviter : dichlorométhane)

CHIMIE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE, FOSSET P.361

Sujets possibles :

Conversion d'énergie et réversibilité

- I - Conversion d'énergie chimique en énergie électrique
Étude de la pile Daniell - influence des concentrations et mesure de résistance interne
ou *Accumulateur au plomb*
- II - Mise en évidence de la réversibilité d'un système
Étude du couple ferrocène/ferrocénium par voltampérométrie cyclique
ou *Étude du complexe triséthylènediaminocobalt (III) en régime non stationnaire*
- II bis - Apport d'énergie électrique pour réaliser une transformation chimique
Synthèse de l'eau de Javel

Techniques électrochimiques d'analyse

- I - Détermination d'une concentration en régime stationnaire
Titration potentiométrique à courant nul des ions Fe(II)
- II - Détermination d'un potentiel standard en régime non stationnaire
Étude du complexe triséthylènediaminocobalt (III) en régime non stationnaire
ou *Étude du couple ferrocène/ferrocénium par voltampérométrie cyclique*

Corrosion humide

- I - Mise en évidence du phénomène de corrosion
Aération différentielle
- II - Détermination d'un courant de corrosion
Diagramme d'Evans relatif au système Fe/Zn en milieu corrosif
- III - Protection contre la corrosion
Anodisation de l'aluminium (tracé des courbes i-E avant/après)

Application des courbes i-E

- I - Conversions d'énergie chimique/électrique
Accumulateur au plomb
- II - Lutte contre la corrosion
Anodisation de l'aluminium

Courbes i-E : tracé expérimental et applications

- I - Tracé expérimental d'une courbe i-E pour un couple rapide
Tracé des courbes i-E pour un système rapide : Fe^{3+}/Fe^{2+}
- II - Une application : la lutte contre la corrosion
Anodisation de l'aluminium
ou *Diagramme d'Evans relatif au système Fe/Zn en milieu corrosif*
- II bis - Une application : les conversions d'énergie
Accumulateur au plomb

Conductivité des ions

- I - Mise en évidence de la mobilité
Expérience de la frontière mobile
- II - Validité et limites de la loi de Kohlrausch
Conductimétrie dans un milieu de faible constante diélectrique

MC 8

ENVIRONNEMENT NUMÉRIQUE

(traitement des données, connaissance des bases d'informations et des sources de littérature, recherche de données, ...)

Manipulations :

- **Addition nucléophile d'un organomagnésien** (*changer l'acroléine par le cinnamaldéhyde*)
40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES DE CHIMIE, GRUBER P.419

- **Titration potentiométrique à courant nul des ions Fe(II)/Ce(IV)**
FLORILÈGE DE CHIMIE PRATIQUE, DAUMARIE P.218
100 MANIPULATIONS DE CHIMIE GÉNÉRALE ET ANALYTIQUE, MESPLÈDE, P.92

- **Titration d'une solution d'acide aspartique**
(*comparaison pH-métrie/conductimétrie, prévision du titrage avec Dozzaqueux*)
DES EXPÉRIENCES DE LA FAMILLE ACIDE-BASE, CACHAU P.239

- **Étude de la cinétique de saponification de l'acétate d'éthyle**
(*acquisition automatisée via Latis-Pro*)
CHIMIE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE, FOSSET P.331
CHIMIE ORGANIQUE ET GÉNÉRALE, GIRARD P.168
CHIMIE INORGANIQUE ET GÉNÉRALE, BRÉNON-AUDAT P.272
DES EXPÉRIENCES DE LA FAMILLE ACIDE-BASE, CACHAU P.168
L'ÉPREUVE ORALE DU CAPES DE CHIMIE, PORTEU-DE-BUCHÈRE P.286

- **Suivi cinétique de la décoloration de l'érythrosine B**
40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES DE CHIMIE, GRUBER P.131

- **Étude cinétique de la décoloration de la phénolphtaléine en milieu basique**
CHIMIE INORGANIQUE ET GÉNÉRALE, GIRARD P.136

- **Acylation de Friedel-Craft**
MANIPULATIONS COMMENTÉES DE CHIMIE ORGANIQUE, DROUIN P.228
BUP 104, 925(1), 2010, P.671-682, F. LAIBE, A. MARTINEZ

- **Réduction de la nitroacétophénone**
40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.247
(LA MICROCHIMIE : TECHNIQUES ET EXPÉRIENCES, CHEYMOL P.170)

Sujets possibles :

Outils numériques en chimie expérimentale

Traitements numériques et modélisation des données expérimentales

Apport des outils numériques en chimie expérimentale

I - Simulation d'un dosage, choix de la méthode de suivi et exploitation des résultats

Titration d'une solution d'acide aspartique

ou *Titration potentiométrique à courant nul des ions Fe(II)/Ce(IV)*

II - Acquisition et traitements de données lors d'un suivi cinétique

Étude cinétique de la décoloration de la phénolphthaléine en milieu basique

ou *Étude cinétique de la saponification de l'acétate d'éthyle*

Bases de données en chimie expérimentale

I - Simulation d'un dosage, choix de la méthode de suivi et exploitation des résultats

Titration d'une solution d'acide aspartique

ou *Titration potentiométrique à courant nul des ions Fe(II)/Ce(IV)*

II - Utilisation des bases de données en chimie organique (*prévision des spectres IR et RMN*)

Acylation de Friedel-Craft

ou *Réduction de la nitroacétophénone*

Manipulations :

- **Lactonisation de Baeyer-Villiger** (*chimie sans solvant*)

JCE 2005 P.1837

PROTOCOLE SITE

- **Synthèse multicomposants de Biginelli** (*économie d'atomes et activation micro-ondes*)

L'ACTUALITÉ CHIMIQUE, MAI 2009, P.42-49

PROTOCOLE SITE

- **Nitration du toluène** (*CPG*)

CHIMIE ORGANIQUE EXPÉRIMENTALE, BLANCHARD P.135

- **Synthèse du complexe $K_3[Co(NO_2)_6]$**

40 EXPÉRIENCES ILLUSTRÉES, GRUBER P.232

- **Titration d'une solution d'acide aspartique** (*utilisation du fond chiral*)

DES EXPÉRIENCES DE LA FAMILLE ACIDE-BASE, CACHAU P.239

- **Oxydation du menthol en menthone** (*utilisation du fond chiral*)

L'ÉPREUVE ORALE DU CAPES, PORTEU-DE-BUCHÈRE P.320

Sujets possibles :

Impact environnemental en chimie expérimentale
Vers des synthèses organiques et inorganiques plus durables
Vers une chimie plus respectueuse de l'environnement

- I - Une chimie sans solvants ?
Lactonisation de Baeyer-Villiger
- II - Vers une optimisation des ressources
Synthèse multicomposants de Biginelli

Risques et règles de sécurité au laboratoire

- I - Contrôle des conditions opératoires
Nitration du toluène
- II - Gestion des gaz
Synthèse de $K_3[Co(NO_2)_6]$
- III - Traitement des déchets

Pour ce montage, insister en particulier sur les EPI et les EPC, sur les règles "de base" au laboratoire (port de la blouse, des lunettes, des gants si nécessaire ; ne pas manger, courir, boire, fumer, etc...)

Parler des pictogrammes de sécurité et des FDS.

Quelques tarifs au laboratoire...

”Le cynisme, c’est savoir le prix de chaque chose et la valeur d’aucune.”

Les aphorismes et pensées, Oscar Wilde

Fiole à vide - une centaine d’euros

Bécher - quelques dizaines d’euros

Éprouvette graduée - environ 100 euros

Agitateur magnétique chauffant - environ 1000 euros

Agitateur magnétique non chauffant - environ 500 euros

Bain à ultrasons - quelques centaines d’euros

Balance analytique - 1000 à 2000 euros

Balance de précision - de quelques centaines à 1000 euros

Banc Kofler - 2500 euros

Conductimètre - de 500 à 1000 euros

pH-mètre - de 500 à 1000 euros

Électrode au calomel saturé - 200 euros

Électrode de verre - 100 à 200 euros

Cellule conductimétrique - 500 euros

Micropipette - 100 à 200 euros

Polarimètre de Laurent - 800 euros

Réfractomètre d’Abbé - 800 euros

Spectrophotomètre UV-vis double faisceau - 10 000 euros

Thermomètre digital - 50 euros

Barreau aimanté - 1 euro

Ballon - quelques dizaines d’euros

Capillaires - 25 euros la boîte de 250

Dean-Stark - 100 euros

Montage de distillation - 300 euros

Vase Dewar - 150 euros

Plaque CCM - environ 1 euro la plaque

Spectromètre RMN - dépend du champ utilisé, de 10 000 euros à plusieurs centaines de milliers d'euros

Spectromètre IR - 10 000 à 50 000 euros

Récipiendaires du prix Nobel de chimie

1901 – Jacobus Henricus van 't Hoff

Découverte des lois de la dynamique chimique et de la pression osmotique dans les solutions

1902 – Hermann Emil Fischer

Synthèse des hydrates de carbone et des purines

1903 – Svante August Arrhenius

Théorie sur la dissociation électrolytique

1904 – Sir William Ramsay

Découverte des gaz inertes dans l'air, et détermination de leur place dans le système périodique

1905 – Johann Friedrich Wilhelm Adolf von Baeyer

Teintures organiques et composés hydroaromatiques

1906 – Henri Moissan

Recherche et isolation de l'élément fluor, et adoption au service de la science du four électrique nommé d'après lui

1907 – Eduard Buchner

Biochimie et découverte de la fermentation non cellulaire

1908 – Ernest Rutherford

Désintégration des éléments et chimie des substances radioactives

1909 – Wilhelm Ostwald

Catalyse et principes fondamentaux gouvernant l'équilibre chimique et les vitesses de réaction

1910 – Otto Wallach

Composés alicycliques

1911 – Maria Skłodowska-Curie

Découverte de nouveaux éléments : le radium et le polonium, étude de leur nature et de leurs composés

1912 – Victor Grignard et Paul Sabatier

Découverte du réactif de Grignard

Méthode d'hydrogénation des composés organiques en présence de métaux finement divisés

1913 – Alfred Werner

Lien entre les atomes dans les molécules

1914 – Theodore William Richards

Mesures précises des masses atomiques d'un grand nombre d'éléments chimiques

1915 – Richard Martin Willstätter

Recherches sur les pigments des plantes, spécialement la chlorophylle

1916 – 1917

1918 – Fritz Haber

Synthèse de l'ammoniac à partir de ses éléments

1919

1920 – Walther Hermann Nernst

Thermochimie

1921 – Frederick Soddy

Chimie des substances radioactives, et recherches à propos de l'origine et la nature des isotopes

1922 – Francis William Aston

Découverte, au moyen de son spectromètre de masse, des isotopes d'un grand nombre d'éléments non radioactifs et formulation de la règle des nombres entiers

1923 – Fritz Pregl

Invention de la méthode de la microanalyse des substances organiques

1924

1925 – Richard Adolf Zsigmondy

Chimie des solutions colloïdales

1926 – Theodor Svedberg

Systèmes dispersés

1927 – Heinrich Otto Wieland

Constitution de l'acide biliaire et les substances apparentées

1928 – Adolf Otto Reinhold Windaus

Constitution des stérols et leur lien avec les vitamines

1929 – Arthur Harden et Hans Karl August Simon von Euler-Chelpin

Fermentation du sucre et des enzymes de fermentation

1930 – Hans Fischer

Constitution de l'hémine et la chlorophylle, synthèse de l'hémine

1931 – Carl Bosch et Friedrich Bergius

Invention et développement de méthodes chimiques à haute pression

1932 – Irving Langmuir

Chimie des surfaces

1933

1934 – Harold Clayton Urey

Découverte de l'hydrogène lourd

1935 – Frédéric Joliot et Irène Joliot-Curie

Synthèse de nouveaux éléments radioactifs

1936 – Petrus Josephus Wilhelmus Debye

Recherches sur les moments dipolaires, sur la diffraction de rayons X et des électrons dans les gaz

1937 – Walter Norman Haworth et Paul Karrer

Recherches sur les hydrates de carbone et la vitamine C

Recherches sur les caroténoïdes, les flavines et les vitamines A et B2

1938 – Richard Kuhn

Travail sur les caroténoïdes et les vitamines

1939 – Adolf Friedrich Johann Butenandt et Leopold Ruzicka

Travail sur les hormones sexuelles

Travail sur les polyméthylènes et les terpènes supérieurs

1940 – 1941 – 1942

1943 – Georges de Hevesy

Travail sur l'usage des isotopes comme traceurs dans l'étude des processus chimiques

1944 – Otto Hahn

Découverte de la fission des noyaux lourds

1945 – Artturi Ilmari Virtanen

Chimie agricole et nutritionnelle, particulièrement sa méthode de préservation

1946 – James Batcheller Sumner, John Howard Northrop et Wendell Meredith Stanley

Préparation des enzymes et des protéines virales sous une forme purifiée

1947 – Sir Robert Robinson

Recherches sur les substances végétales ayant une importance biologique, particulièrement les alcaloïdes

1948 – Arne Wilhelm Kaurin Tiselius

Électrophorèse et analyse par adsorption, particulièrement à propos de la nature complexe des protéines du sérum

1949 – William Francis Giaque

Thermodynamique chimique, particulièrement le comportement des substances à températures extrêmement basses

1950 – Otto Paul Hermann Diels et Kurt Alder

Découverte et développement de la synthèse du diène

1951 – Edwin Mattison McMillan et Glenn Theodore Seaborg

Chimie des éléments transuraniens

1952 – Archer John Porter Martin et Richard Laurence Millington Synge

Invention de la chromatographie de partage

1953 – Hermann Staudinger

Chimie macromoléculaire

1954 – Linus Carl Pauling

Nature de la liaison chimique et application à la détermination de la structure de substances complexes

1955 – Vincent du Vigneaud

Composés soufrés biochimiquement importants, première synthèse d'une hormone polypeptidique

1956 – Sir Cyril Norman Hinshelwood et Nikolay Nikolaevich Semenov

Mécanisme des réactions chimiques

1957 – Lord Alexander R. Todd

Travaux sur les nucléotides et les coenzymes nucléotidiques

1958 – Frederick Sanger

Travail sur la structure des protéines, particulièrement celle de l'insuline

1959 – Jaroslav Heyrovsky

Découverte et développement des méthodes d'analyse polarographiques

1960 – Willard Frank Libby

Méthode d'utilisation du carbone 14 servant à déterminer l'âge en archéologie, en géologie, en géophysique et d'autres branches de la science

1961 – Melvin Calvin

Travaux portant sur l'assimilation du dioxyde de carbone par les plantes

1962 – Max Ferdinand Perutz et John Cowdery Kendrew

Études des structures des protéines globulaires

1963 – Karl Ziegler et Giulio Natta

Chimie et de la technologie des hauts polymères

1964 – Dorothy Crowfoot Hodgkin

Détermination par techniques RX des structures de substances biologiques importantes

1965 – Robert Burns Woodward

Remarquables accomplissements dans l'art de la synthèse organique

1966 – Robert S. Mulliken

Travail fondamental sur les liaisons chimiques et la structure électronique des molécules par la

méthode des orbitales moléculaires

1967 – Manfred Eigen, Ronald George Wreyford Norrish et George Porter

Études des réactions chimiques extrêmement rapides, obtenues en perturbant l'équilibre à l'aide de très courtes impulsions d'énergie

1968 – Lars Onsager

Découverte des relations réciproques qui portent son nom et qui sont fondamentales dans la thermodynamique des processus irréversibles

1969 – Derek H. R. Barton et Odd Hassel

Développement du concept de conformation et son application en chimie

1970 – Luis F. Leloir

Découverte des nucléotides-sucres et de leur rôle dans la biosynthèse des hydrates de carbone

1971 – Gerhard Herzberg

Structures électroniques et géométrie des molécules, particulièrement les radicaux libres

1972 – Christian B. Anfinsen, Stanford Moore et William H. Stein

Travaux sur la ribonucléase et contribution à la connaissance des relations entre la structure chimique et l'activité catalytique du centre actif de la ribonucléase

1973 – Ernst Otto Fischer et Geoffrey Wilkinson

Recherches pionnières, effectuées de façon indépendante, sur la chimie organométallique des complexes "sandwich"

1974 – Paul J. Flory

Chimie physique des macromolécules

1975 – John Warcup Cornforth et Vladimir Prelog

Travaux sur la stéréochimie des réactions catalysées par des enzymes
Contribution à la stéréochimie des molécules et des réactions organiques

1976 – William N. Lipscomb

Travaux sur la structure des boranes, qui ont apporté un nouvel éclairage sur la liaison chimique

1977 – Ilya Prigogine

Contributions à la thermodynamique hors équilibre, particulièrement la théorie des structures dissipatives

1978 – Peter D. Mitchell

Compréhension du transfert d'énergie biologique par formulation de la théorie chimiosmotique

1979 – Herbert C. Brown et Georg Wittig

Développement de l'usage des composés chimiques comprenant du bore et du phosphore, respectivement, dans d'importants réactifs en synthèse organique

1980 – Paul Berg, Walter Gilbert et Frederick Sanger

Études de la biochimie des acides nucléiques, avec un regard tourné vers l'ADN recombinant

Détermination des séquences de base dans les acides nucléiques

1981 – Kenichi Fukui et Roald Hoffmann

Théories, développées indépendamment, sur les mécanismes des réactions chimiques

1982 – Aaron Klug

Microscopie électronique cristallographique et découvertes sur la structure des complexes protéines-acides nucléiques biologiquement importants

1983 – Henry Taube

Mécanismes des réactions de transfert électronique, particulièrement dans les complexes métalliques

1984 – Robert Bruce Merrifield

Développement de la méthodologie de la synthèse chimique sur matrice solide

1985 – Herbert A. Hauptman et Jerome Karle

Mise au point de méthodes directes de détermination des structures cristallines

1986 – Dudley R. Herschbach, Yuan T. Lee et John C. Polanyi

Dynamique des processus chimiques élémentaires

1987 – Donald J. Cram, Jean-Marie Lehn et Charles J. Pedersen

Élaboration et utilisation de molécules exerçant, du fait de leurs structures, des interactions hautement sélectives

1988 – Johann Deisenhofer, Robert Huber et Hartmut Michel

Détermination de la structure tridimensionnelle des centres réactifs photosynthétiques

1989 – Sidney Altman et Thomas Cech

Découverte des propriétés catalytiques de l'ARN

1990 – Elias James Corey

Développement de la théorie et de la méthodologie de la synthèse organique

1991 – Richard R. Ernst

Spectroscopie de la résonance magnétique nucléaire à haute définition

1992 – Rudolph A. Marcus

Théorie des réactions par transfert d'électrons dans les systèmes chimiques

1993 – Kary B. Mullis et Michael Smith

Chimie de l'ADN

1994 – George A. Olah

Chimie des carbocations

1995 – Paul J. Crutzen, Mario J. Molina et F. Sherwood Rowland

Chimie de l'atmosphère, particulièrement en ce qui concerne la formation et la décomposition de l'ozone

- 1996 – Robert F. Curl Jr., Sir Harold W. Kroto et Richard E. Smalley**
Découverte des fullerènes
- 1997 – Paul D. Boyer, John E. Walker et Jens C. Skou**
Élucidation des mécanismes enzymatiques sous-jacents à la synthèse de l'adénosine triphosphate (ATP)
- 1998 – Walter Kohn et John A. Pople**
Développement de la théorie de la fonctionnelle de la densité
Développement de méthodes informatiques appliquées à la chimie quantique
- 1999 – Ahmed Zewail**
Études des états de transition d'une réaction chimique à l'aide de la spectroscopie à la femtoseconde
- 2000 – Alan J. Heeger, Alan G. MacDiarmid et Hideki Shirakawa**
Découverte des polymères conducteurs
- 2001 – William S. Knowles, Ryōji Noyori et K. Barry Sharpless**
Travaux sur la chiralité des réactions d'hydrogénation catalysées
Travaux sur la catalyse chirale de réactions d'oxydation
- 2002 – John B. Fenn, Koichi Tanaka et Kurt Wüthrich**
Développement de méthodes d'identification et d'analyses structurales de macromolécules biologiques
- 2003 – Peter Agre et Roderick MacKinnon**
Découvertes concernant les canaux des membranes cellulaires
- 2004 – Aaron Ciechanover, Avram Hershko et Irwin Rose**
Découverte de la dégradation contrôlée des protéines par l'ubiquitine
- 2005 – Yves Chauvin, Robert H. Grubbs et Richard R. Schrock**
Développement de la méthode de métathèse en synthèse organique
- 2006 – Roger D. Kornberg**
Travaux sur les bases moléculaires de la transcription chez les eucaryotes
- 2007 – Gerhard Ertl**
Études des réactions chimiques sur les surfaces solides
- 2008 – Osamu Shimomura, Martin Chalfie et Roger Y. Tsien**
Découverte et le développement de la protéine fluorescente verte, la GFP
- 2009 – Venkatraman Ramakrishnan, Thomas A. Steitz et Ada E. Yonath**
Études de la structure et de la fonction du ribosome
- 2010 – Richard F. Heck, Ei-ichi Negishi et Akira Suzuki**
Réactions de couplage catalysées par le palladium en synthèse organique

2011 – Dan Shechtman

Découverte des quasi-cristaux

2012 – Robert Lefkowitz et Brian Kobilka

Travail sur les récepteurs couplés aux protéines G

2013 – Martin Karplus, Michael Levitt et Arieh Warshel

Développement de modèles à multi-échelles pour les systèmes chimiques complexes

2014 – Eric Betzig, Stefan W. Hell et William E. Moerner

Nanoscopie et microscopie à fluorescence

2015 – Tomas Lindahl, Paul L. Modrich et Aziz Sancar

Études mécanistes de la réparation de l'ADN

2016 – Jean-Pierre Sauvage, James Fraser Stoddart et Bernard Lucas Feringa

Conception et synthèse de machines moléculaires

2017 – Jacques Dubochet, Joachim Frank et Richard Henderson

Cryo-microscopie électronique

2018 – Frances Arnold, George Smith et Gregory Winter

Travaux sur l'évolution dirigée des enzymes

2019 – John B. Goodenough, Stanley Whittingham et Akira Yoshino

Création des batteries au lithium-ion

2020 – Emmanuelle Charpentier et Jennifer Doudna

Mise au point de la technique d'édition génomique CRISPR-Cas9

2021 – Benjamin List et David MacMillan

Mise au point d'un troisième type de catalyse, l'organocatalyse asymétrique

2022 – Carolyn Bertozzi, Karl Barry Sharpless et Morten Peter Meldal

Développement de la "chimie click" et de la chimie bio-orthogonale