

PHYSIQUE	PROGRESSION	TERMINALE	
----------	-------------	-----------	--

### Introduction à l'étude de l'évolution temporelle des systèmes

CONTENUS (PLAN DU COURS)	OBJECTIFS A ATTEINDRE (CONNAISSANCES ET SAVOIR FAIRE)	ACTIVITES PROPOSEES (EXP, TICE, DOC, TD, TP...)	CALENDRIER
<ul style="list-style-type: none"> <li>- courant alternatif : étude d'une grandeur périodique (sinusoïdale non amortie)</li> <li>- HP : étude d'une grandeur pseudopériodique (pseudosinusoïdale amortie)</li> <li>- chute libre : évolution linéaire d'une grandeur</li> <li>- charge d'un condensateur : évolution asymptotique d'une grandeur</li> </ul>	<p>S'interroger sur les notions suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- évolution lente, rapide, monotone, variée, oscillante, oscillante amortie</li> <li>- différentes grandeurs dont les variations témoignent de l'évolution du système</li> <li>- paramètres extérieurs qui peuvent agir sur l'évolution temporelle</li> <li>- influence des conditions initiales dans l'évolution du système</li> </ul> <p><i>Savoir-faire expérimentaux : utiliser un dispositif expérimental permettant d'enregistrer un phénomène transitoire (chronophotographie, oscilloscope à mémoire, acquisition informatisée)</i></p>	<p><b>TP PH 01</b> : série de 4 manipulations sous forme de TP tournant</p>	

TP PH 01 utilisation de l'OSCILLO

### A- Propagation d'une onde ; ondes progressives

CONTENUS (PLAN DU COURS)	OBJECTIFS A ATTEINDRE (CONNAISSANCES ET SAVOIR FAIRE)	ACTIVITES PROPOSEES (EXP, TICE, DOC, TD, TP...)	CALENDRIER
<p><b>Chap. 1</b></p> <p><b>1. les ondes mécaniques progressives</b></p> <p><b>1.1 exemples d'ondes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- propagation dans un milieu à 1 dimension</li> <li>- propagation dans un milieu à 2 dimensions</li> <li>- propagation dans un milieu à 3 dimensions</li> </ul> <p><b>1.2 définitions</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- qu'est ce qu'une onde ? « on appelle onde mécanique le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu sans transport de matière »</li> <li>- ondes longitudinales ; ondes transversales</li> <li>- célérité d'une onde</li> </ul> <p><b>1.3 propriétés générales des ondes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- une onde se propage à partir de la source dans toutes les directions qui lui sont offertes</li> <li>- une onde se propage sans transport de matière mais avec transfert d'énergie mécanique</li> <li>- la célérité d'une onde dépend des propriétés du milieu</li> <li>- 2 ondes peuvent se croiser sans se perturber</li> </ul>	<p>Définir et reconnaître une onde transversale, une onde longitudinale</p> <p>Définir une onde mécanique et sa célérité</p> <p>Connaître et exploiter les propriétés générales des ondes</p>	<p>EXP : Propagation d'ondes mécaniques à 1 dimension (corde, ressort) à 2 dimensions (cuves à ondes) à 3 dimensions (son)</p> <p>SIMULATEUR HATIER : Illustration de l'influence de l'inertie et de la rigidité du milieu sur la célérité (corde +- tendue, corde +- grosse)</p> <p><b>Ex n°4 p31, n°16 p34</b></p>	

CONTENUS (PLAN DU COURS)	OBJECTIFS A ATTEINDRE (CONNAISSANCES ET SAVOIR FAIRE)	ACTIVITES PROPOSEES (EXP, TICE, DOC, TD, TP...)	CALENDRIER
<p><b>1.4 analyse de la propagation d'une onde</b></p>	<p>Définir une onde progressive à une dimension et savoir que la perturbation d'un point du milieu, à l'instant <math>t</math>, est celle qu'avait la source au temps <math>t' = t - \tau</math>, <math>\tau</math> étant le retard (dans un milieu non dispersif). Exploiter la relation entre le retard, la distance et la célérité.</p> <p>Exploiter un document expérimental (vidéo) donnant l'aspect de la perturbation à des dates données en fonction de l'abscisse :interprétation. mesure d'une distance, calcul d'un retard et/ou d'une célérité.</p> <p>Exploiter un document expérimental (acquisition informatisée, sismographe...) obtenu à partir de capteurs délivrant un signal lié à la perturbation et donnant l'évolution temporelle de la perturbation en un point donné: interprétation. mesure d'un retard, calcul d'une célérité, calcul d'une distance.</p> <p>Savoir-faire expérimentaux : <i>Utiliser un dispositif expérimental pour mesurer un retard ou une distance lors de la propagation d'une onde. En particulier utiliser un oscilloscope pour mesurer le retard d'un clap, sonore ou d'une salve d'ultrasons.</i></p>	<p><b>Ex n°8 p32</b></p> <p><b>TP PH 02 : propagation et réflexion d'une onde transversale le long d'une corde</b> <b>TICE</b></p> <p><b>Ex n°21 p 36</b></p> <p><b>TPPH 03 : mesure de la vitesse de propagation d'une onde ultrasonore (salve)</b></p>	
<p><b>Chap.2</b> <b>2. les ondes mécaniques progressives périodiques</b> <b>2.1 exemples d'ondes périodiques</b> - le long d'une corde (1 dim) mvt de la source : périodicité temporelle mvt d'un point de la corde longueur d'onde : périodicité spatiale relation entre période et longueur d'onde - à la surface de l'eau (2 dim) - onde sonore (3 dim) <b>2.2 dispersion des ondes</b> - dans l'eau mise en évidence de l'influence de la fréquence sur la célérité de l'onde à la surface de l'eau ; notion de milieu dispersif - dans l'air <b>2.3 diffraction des ondes</b> - ondes progressives planes à la surface de l'eau mise en évidence expérimentale de la diffraction; influence de la dimension de l'ouverture ou de l'obstacle sur le phénomène observé - ondes sonores</p>	<p>Reconnaître une onde progressive périodique et sa période. Définir pour une onde progressive sinusoïdale, la période, la fréquence, la longueur d'onde. Connaître et utiliser la relation <math>\lambda = vT</math> Connaître la signification et l'unité de chaque terme, savoir justifier cette relation par une équation aux dimensions. Exploiter un document expérimental ((oscillogramme) : détermination de la période, de la fréquence, de la longueur d'onde.</p> <p>Définir un milieu dispersif.</p> <p>Savoir, pour une longueur d'onde donnée, que le phénomène de diffraction est d'autant plus marqué que la dimension d'une ouverture ou d'un obstacle est plus petite. Reconnaître sur un document un phénomène de diffraction.</p> <p><i>Savoir-faire expérimentaux : Réaliser un montage permettant de mettre en évidence le phénomène de diffraction dans le cas d'ondes mécaniques, sonores ou ultrasonores.</i></p>	<p>EXP : Exemples d'ondes mécaniques progressives périodiques (corde, cuve à ondes) <b>Ex n° 1, 7, 13 q.2 p 52-54</b></p> <p><b>TPPH 03 : mesure de la vitesse de propagation d'une onde ultrasonore</b> <b>Ex n°21 p 56 les sons chez les dauphins partie 2 p58</b></p> <p>EXP : Mise en évidence du phénomène de dispersion (cuve à ondes)</p> <p><b>Ex n°20 p55</b> EXP : Mise en évidence du phénomène de diffraction (cuve à ondes, ondes sonores)</p>	

CONTENUS (PLAN DU COURS)	OBJECTIFS A ATTEINDRE (CONNAISSANCES ET SAVOIR FAIRE)	ACTIVITES PROPOSEES (EXP, TICE, DOC, TD, TP...)	CALENDRIER
<p><b>1.4 analyse de la propagation d'une onde</b></p>	<p>Définir une onde progressive à une dimension et savoir que la perturbation d'un point du milieu, à l'instant <math>t</math>, est celle qu'avait la source au temps <math>t' = t - \tau</math>, <math>\tau</math> étant le retard (dans un milieu non dispersif). Exploiter la relation entre le retard, la distance et la célérité.</p> <p>Exploiter un document expérimental (vidéo) donnant l'aspect de la perturbation à des dates données en fonction de l'abscisse : interprétation, mesure d'une distance, calcul d'un retard et/ou d'une célérité. Exploiter un document expérimental (acquisition informatisée, sismographe...) obtenu à partir de capteurs délivrant un signal lié à la perturbation et donnant l'évolution temporelle de la perturbation en un point donné: interprétation, mesure d'un retard, calcul d'une célérité, calcul d'une distance.</p> <p>Savoir-faire expérimentaux : <i>Utiliser un dispositif expérimental pour mesurer un retard ou une distance lors de la propagation d'une onde. En particulier utiliser un oscilloscope pour mesurer le retard d'un clap, sonore ou d'une salve d'ultrasons.</i></p>	<p><b>Ex n°8 p32</b></p> <p><b>TP PH 02 : propagation et réflexion d'une onde transversale le long d'une corde</b> <b>TICE</b></p> <p><b>Ex n°21 p 36</b></p> <p><b>TPPH 03 : mesure de la vitesse de propagation d'une onde ultrasonore (salve)</b></p>	
<p><b>Chap.2</b> <b>2. les ondes mécaniques progressives périodiques</b> <b>2.1 exemples d'ondes périodiques</b> - le long d'une corde (1 dim) mvt de la source : périodicité temporelle mvt d'un point de la corde longueur d'onde : périodicité spatiale relation entre période et longueur d'onde - à la surface de l'eau (2 dim) - onde sonore (3 dim) <b>2.2 dispersion des ondes</b> - dans l'eau mise en évidence de l'influence de la fréquence sur la célérité de l'onde à la surface de l'eau ; notion de milieu dispersif - dans l'air <b>2.3 diffraction des ondes</b> - ondes progressives planes à la surface de l'eau mise en évidence expérimentale de la diffraction; influence de la dimension de l'ouverture ou de l'obstacle sur le phénomène observé - ondes sonores</p>	<p>Reconnaître une onde progressive périodique et sa période. Définir pour une onde progressive sinusoïdale, la période, la fréquence, la longueur d'onde. Connaître et utiliser la relation <math>\lambda = vT</math> Connaître la signification et l'unité de chaque terme, savoir justifier cette relation par une équation aux dimensions. Exploiter un document expérimental ((oscillogramme) : détermination de la période, de la fréquence, de la longueur d'onde.</p> <p>Définir un milieu dispersif.</p> <p>Savoir, pour une longueur d'onde donnée, que le phénomène de diffraction est d'autant plus marqué que la dimension d'une ouverture ou d'un obstacle est plus petite. Reconnaître sur un document un phénomène de diffraction.</p> <p><i>Savoir-faire expérimentaux : Réaliser un montage permettant de mettre en évidence le phénomène de diffraction dans le cas d'ondes mécaniques, sonores ou ultrasonores.</i></p>	<p>EXP : Exemples d'ondes mécaniques progressives périodiques (corde, cuve à ondes) <b>Ex n° 1, 7, 13 q.2 p 52-54</b></p> <p><b>TPPH 03 : mesure de la vitesse de propagation d'une onde ultrasonore</b> <b>Ex n°21 p 56 les sons chez les dauphins partie 2 p58</b></p> <p>EXP : Mise en évidence du phénomène de dispersion (cuve à ondes)</p> <p><b>Ex n°20 p55</b> EXP : Mise en évidence du phénomène de diffraction (cuve à ondes, ondes sonores)</p>	

CONTENUS (PLAN DU COURS)	OBJECTIFS A ATTEINDRE (CONNAISSANCES ET SAVOIR FAIRE)	ACTIVITES PROPOSEES (EXP, TICE, DOC, TD, TP...)	CALENDRIER
<p><b>Chap. 3</b>  <b>3. Modèle ondulatoire de la lumière</b>  <b>3.1 diffraction de la lumière</b>  - par un trou  influence de la dimension de l'ouverture ou de l'obstacle sur le phénomène observé ;  - par une fente  - par un obstacle  - relations entre l'écart angulaire du faisceau diffracté et la largeur de la fente ou du fil : <math>\theta = \lambda/a</math></p> <p><b>3.2 propagation de la lumière dans le vide</b>  - nature ondulatoire de la lumière  - célérité de la lumière  - longueur d'onde et fréquence  - fréquence et couleur ; lumière monochromatique, lumière polychromatique</p> <p><b>3.3 propagation de la lumière dans un milieu transparent</b>  - définition d'un milieu transparent  - célérité de la lumière  - indice de réfraction du milieu  - dispersion de la lumière blanche par un prisme : l'indice d'un milieu transparent dépend de la fréquence de la lumière</p>	<p>Savoir que, étant diffractée, la lumière peut être décrite comme une onde.  Connaître l'importance de la dimension de l'ouverture ou de l'obstacle sur le phénomène observé.  Exploiter une figure de diffraction dans le cas des ondes lumineuses.  Connaître et savoir utiliser la relation <math>\lambda = c/v</math>, la signification et l'unité de chaque terme.  Connaître et savoir utiliser la relation <math>\theta = \lambda/a</math>, la signification et l'unité de chaque terme.</p> <p>Définir une lumière monochromatique et une lumière polychromatique.  Connaître les limites des longueurs d'onde dans le vide du spectre visible et les couleurs correspondantes.  Situier les rayonnements ultraviolets et infrarouges par rapport au spectre visible.</p> <p>Savoir que la lumière se propage dans le vide et dans les milieux transparents.  Savoir que la fréquence d'une radiation monochromatique ne change pas lorsqu'elle passe d'un milieu transparent à un autre.  Savoirs que les milieux transparents sont plus ou moins dispersifs.  Définir l'indice d'un milieu transparent pour une fréquence donnée.  <i>Savoir-faire expérimentaux :</i>  <i>Réaliser un montage permettant de mettre en évidence le phénomène de diffraction dans le cas des ondes lumineuses.</i>  <i>Réaliser des mesures permettant de vérifier la pertinence de la relation <math>\theta = \lambda/a</math>.</i></p>	<p>EXP : Réalisation de différentes figures de diffraction (trou, fente verticale, horizontale, fil..)</p> <p><b>Ex n° 14 p77 : diffraction par un trou</b></p> <p><b>Ex n° 23 p 79 : diamètre d'un cheveu</b></p> <p>EXP : Réalisation de différents spectres (laser He-Ne, lampe aux vapeurs de Hg, lumière blanche)</p> <p><b>Ex n°7 p76 : propagation dans différents milieux</b></p> <p>EXP : Dispersion de la lumière blanche par un prisme  <b>Ex n° 9 p 76 : dispersion de la lumière</b></p> <p><b>TP PH 04 : Le phénomène de diffraction</b></p>	

## B- Transformations nucléaires

CONTENUS (PLAN DU COURS)	OBJECTIFS A ATTEINDRE (CONNAISSANCES ET SAVOIR FAIRE)	ACTIVITES PROPOSEES (EXP, TICE, DOC, TD, TP...)	CALENDRIER
<p><b>Chap. 4</b></p> <p><b>1. La radioactivité</b></p> <p><b>1.1 noyau atomique et radioactivité</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- composition d'un noyau : notation <math>{}^A_ZX</math></li> <li>- isotopes</li> <li>- masse d'un noyau</li> <li>- stabilité des noyaux : diagramme <math>(N,Z)</math></li> </ul> <p><b>1.2 Les différentes formes de radioactivité</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- définition de la radioactivité</li> <li>- lois de conservation : de la charge électrique et du nombre de nucléons</li> <li>- radioactivité <math>\alpha</math> (def, équation, caractéristiq)</li> <li>- radioactivité <math>\beta^-</math> (def, équation, caractéristiq)</li> <li>- radioactivité <math>\beta^+</math> (def, équation, caractéristiq)</li> <li>- rayonnement <math>\gamma</math></li> </ul> <p><b>1.3 la radioactivité dans notre environnement</b> (corps humain, roche, habitation...)</p>	<p>Connaître la signification du symbole <math>{}^A_ZX</math> et donner la composition du noyau correspondant.</p> <p>Définir l'isotopie et reconnaître des isotopes.</p> <p>Reconnaître les domaines de stabilité et d'instabilité des noyaux sur un diagramme <math>(N,Z)</math></p> <p>Définir un noyau radioactif.</p> <p>Reconnaître et utiliser les lois de conservation.</p> <p>Définir la radioactivité <math>\alpha</math>, <math>\beta^-</math>, <math>\beta^+</math>, l'émission <math>\gamma</math> et écrire l'équation d'une réaction nucléaire pour une émission <math>\alpha</math>, <math>\beta^-</math> ou <math>\beta^+</math> en appliquant les lois de conservation.</p> <p>A partir de l'équation d'une réaction nucléaire, reconnaître le type de radioactivité.</p>		

<p><b>Chap. 5</b>  <b>2. décroissance radioactive</b>  <b>2.1 loi de décroissance radioactive</b>  - caractère aléatoire d'une désintégration  - constante radioactive  - loi de décroissance radioactive : évolution de la population moyenne d'un ensemble de noyaux radioactifs <math>\Delta N = -\lambda N \Delta t</math> ;  <math>N = N_0 e^{-\lambda t}</math>  - demi-vie <math>t_{1/2} = \ln 2 / \lambda</math>  - constante de temps <math>\tau = 1 / \lambda</math>  <b>2.2 utilisation de la loi de décroissance</b>  - activité d'un échantillon radioactif  - datation (archéologie, géologie)</p>	<p>Connaître l'expression de la loi de décroissance et exploiter la courbe de décroissance.  Connaître la définition de la constante de temps et du temps de demi-vie.  Utiliser les relations entre <math>\tau</math>, <math>\lambda</math> et <math>t_{1/2}</math>.  Déterminer l'unité de <math>\lambda</math> ou de <math>\tau</math> par analyse dimensionnelle.</p> <p>Savoir que 1Bq est égal à une désintégration par seconde.  Expliquer la signification et l'importance de l'activité dans le cadre des effets biologiques.  Expliquer le principe de la datation, le choix du radioélément et dater un événement.</p> <p><i>Savoir-faire expérimentaux :</i>  <i>Réaliser une série de comptage relatifs à une désintégration radioactive.</i>  <i>A partir d'une série de mesures, utiliser un tableur ou une calculatrice pour calculer la moyenne, la variance et l'écart type du nombre de désintégrations enregistrées pendant un intervalle de temps donné.</i></p>	<p><a href="#">TP PH 05 : Décroissance radioactive</a>  <b>TICE</b></p> <p><a href="#">TP PH 06 : caractère aléatoire du phénomène de désintégration radioactive.</a>  <b>TICE</b></p> <p><b>Ex n° 10 p101 : exploitation <math>A=f(t)</math></b>  <b>Ex n°11 Q 1.2.3 p102 : <math>^{210}\text{Po}</math> Pierre &amp; Marie Curie</b>  <b>Ex n°18 p103 : source labo <math>^{137}\text{Cs}</math></b></p> <p><b>Ex n° 23 p105 : datation en géol <math>^{230}\text{Th}</math></b>  <b>Ex BAC p107 : datation archéologie <math>^{14}\text{C}</math></b></p>	
--	---	--	--

CONTENUS (PLAN DU COURS)	OBJECTIFS A ATTEINDRE (CONNAISSANCES ET SAVOIR FAIRE)	ACTIVITES PROPOSEES (EXP, TICE, DOC, TD, TP...)	CALENDRIER
<p><b>Chap. 6</b>  <b>3. Noyaux, masse et énergie - Réactions nucléaires.</b>  <b>3.1 équivalence masse-énergie</b>  - énergie de masse <math>E = m c^2</math>  - défaut de masse <math>\Delta m</math>  - énergie de liaison <math>E_l = \Delta m c^2</math>  - l'électron-volt : unités eV, keV, MeV  - énergie moyenne de liaison par nucléon  - courbe d'Aston <math>-E_l/A = f(A)</math>  <b>3.2 fission et fusion nucléaire</b>  Exploitation de la courbe d'Aston ; domaines de la fission et de la fusion.  - fusion nucléaire  - fission nucléaire  Existence de conditions à réaliser pour obtenir l'amorçage de réactions de fission et de fusion.  <b>3.3 bilan énergétique d'une réaction nucléaire</b>  énergie libérée <math>-\Delta E = \Delta E_l</math>  - réactions nucléaires spontanées (<math>\alpha</math>, <math>\beta</math>)  - réactions nucléaires provoquées (fusion, fission)</p>	<p>Connaître la relation d'équivalence masse-énergie et calculer une énergie de masse.  Définir et calculer un défaut de masse et une énergie de liaison.  Définir et calculer l'énergie de liaison par nucléon.  Savoir convertir des J en eV et réciproquement.  Commenter la courbe d'Aston pour dégager l'intérêt énergétique des fissions et des fusions.  Définir la fission et la fusion et écrire les équations des réactions nucléaires en appliquant les lois de conservation.  A partir de l'équation d'une réaction nucléaire, reconnaître le type de réaction.  Faire le bilan énergétique d'une réaction nucléaire en comparant les énergie de masse.</p>	<p><b>Ex n° 14 p124 : <math>\Delta m, E_l</math></b>  <b>Ex n°7 p122 : fission, bilan énergie</b>  <b>Ex n°8 p123 : fission, Aston</b>  <b>Ex n°17 p124 : fusion, bilan énergie</b></p> <p>DOC p 124-125 (utilisations industrielles des réactions nucléaires)  DOC ( la fission et le réacteur naturel du Gabon)</p>	

## C- Evolution des systèmes électriques

CONTENUS (PLAN DU COURS)	OBJECTIFS A ATTEINDRE (CONNAISSANCES ET SAVOIR FAIRE)	ACTIVITES PROPOSEES (EXP, TICE, DOC, TD, TP...)	CALENDRIER
<p><b>Chap. 7</b>  <b>1. Dipôle RC</b>  <b>1.1 le condensateur</b>                      - description, symbole                      - principe de fonctionnement d'un condensateur au cours de la charge et au cours de la décharge ( charges des armatures, intensité : débit de charges, algébrisation en convention récepteur)                      - relation charge-intensité pour un condensateur <math>i=dq/dt</math>, <math>q</math> charge du condensateur en convention récepteur.                      - relation charge-tension <math>q=Cu</math> : <math>C</math> capacité du condensateur, , unité le Farad (<math>F</math>)                      - énergie emmagasinée dans un condensateur  <b>1.2 le dipôle RC</b>                      1.2.1 étude théorique                      - tension aux bornes du condensateur lors de la charge : équation différentielle, résolution analytique ; intensité du courant.                      - tension aux bornes du condensateur lors de la décharge : équation différentielle, résolution analytique ; intensité du courant.                      1.2.2 étude expérimentale                      - réponse d'un dipôle RC à un échelon de tension                      - constante de temps du dipôle RC</p>	<p>Connaître la représentation symbolique d'un condensateur.                      En utilisant la convention récepteur, savoir orienter un circuit sur un schéma, représenter les flèches-tension, noter les charges des armatures du condensateur.                      Connaître les relations charge-intensité et charge-tension pour un condensateur en convention récepteur ; connaître la signification de chacun des termes et leur unité. Savoir exploiter la relation <math>q=Cu</math> .                      Effectuer la résolution analytique pour la tension aux bornes du condensateur ou la charge de celui-ci lorsque le dipôle RC est soumis à un échelon de tension.                      En déduire l'expression de l'intensité dans le circuit.                      Connaître l'expression de la constante de temps et savoir vérifier son unité par analyse dimensionnelle.                      Connaître l'expression de l'énergie emmagasinée dans un condensateur.                      Savoir que la tension aux bornes du condensateur n'est jamais discontinue.                      Savoir exploiter un document expérimental pour :                      - identifier les tensions observées,                      - montrer l'influence de R et de C sur la charge ou la décharge,                      - déterminer une constante de temps lors de la charge et de la décharge.  <i>Réaliser un montage électrique à partir d'un schéma.</i>  <i>Réaliser les branchements pour visualiser les tensions aux bornes du générateur, du condensateur et du conducteur ohmique.</i>  <i>Montrer l'influence de l'amplitude de l'échelon de tension, de la résistance et de la capacité sur le phénomène observé lors de la charge et de la décharge du condensateur.</i></p>	<p>SIMULATEUR HATIER : étude de la charge et de la décharge d'un condensateur (régime transitoire, régime permanent)</p> <p><b>Ex n°8 p148 : Décharge, énergie libérée</b></p> <p><b>Ex n° 9 p149 : Charge, Equa. Dif.</b></p> <p><b>Ex n°10 p149 : Décharge, Equa. Dif.</b></p> <p><b>Ex n°15 p151 : Flash électronique</b></p> <p>Ex feuille poly( flash électronique)</p> <p>EXP: mise en évidence de l'énergie emmagasinée dans un condensateur</p> <p>SIMULATEUR HATIER : influence de R et C sur la durée de charge ou de décharge</p> <p><b><u>TP PH 06</u></b>: charge et décharge d'un condensateur</p> <p><b><u>TP PH 06 bis</u></b>: charge et décharge d'un condensateur TICE</p>	

CONTENUS (PLAN DU COURS)	OBJECTIFS A ATTEINDRE (CONNAISSANCES ET SAVOIR FAIRE)	ACTIVITES PROPOSEES (EXP, TICE, DOC, TD, TP...)	CALENDRIER
<p><b>Chap. 8</b>  <b>2. dipôle RL</b>  2.1 la bobine  - description  - comportement d'une bobine (une bobine s'oppose aux variations du courant, en régime permanent la bobine se comporte comme un fil conducteur de résistance faible, continuité du courant dans un circuit qui contient une bobine)  - symbole  - tension aux bornes d'une bobine : convention récepteur</p> $u=ri+L\frac{di}{dt}$ <p>L l'inductance ; son unité : le henry (H)  - énergie emmagasinée dans une bobine  2.2 réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension  - étude expérimentale  - étude théorique à l'établissement du courant (résolution analytique de l'équation différentielle)  - constante de temps du dipôle RL</p>	<p>Savoir qu'une bobine s'oppose aux variations du courant du circuit où elle se trouve et que l'intensité de ce courant ne subit pas de discontinuité.  Connaître la représentation symbolique d'une bobine.</p> <p>En utilisant la convention récepteur, savoir orienter le circuit sur un schéma et représenter les différentes flèches-tension.  Connaître l'expression de la tension aux bornes d'une bobine ; connaître la signification de chacun des termes et leur unité. Savoir exploiter la relation.  Connaître l'expression de l'énergie emmagasinée.</p> <p>Effectuer la résolution analytique pour l'intensité du courant dans un dipôle RL soumis à un échelon de tension.  En déduire la tension aux bornes de la bobine.  Connaître l'expression de la constante de temps et savoir vérifier son unité par analyse dimensionnelle.  Savoir exploiter un document expérimental pour :  - identifier les tensions observées  - montrer l'influence de R et de L lors de l'établissement et de la disparition du courant  - déterminer une constante de temps.  <i>Réaliser un montage électrique à partir d'un schéma.</i>  <i>Réaliser les branchements pour visualiser les tensions aux bornes du générateur, de la bobine et du conducteur ohmique supplémentaire.</i>  <i>Montrer l'influence de l'amplitude de l'échelon de tension, de R et de L sur le phénomène observé.</i></p>	<p>EXP : mise en évidence du comportement d'une bobine (régime transitoire : la bobine s'oppose à l'établissement ou à l'annulation du courant, régime permanent : la bobine se comporte comme un simple fil de faible résistance)  SIMULATEUR HATIER : mise en évidence de la continuité de l'intensité du courant</p> <p>EXP : vérification de la relation <math>u_L=L\frac{di}{dt}</math></p> <p>EXP : mise en évidence de l'énergie emmagasinée dans une bobine</p> <p><b>Ex n° 17 p173 : à l'établissement du courant</b></p> <p><b>Ex nb°19 p174 partie 3 : rupture du courant</b></p> <p><b>Ex n° 20 p174 : dipôle RL soumis à une tension en créneaux</b></p> <p><b><u>TP PH 07 : dipole RL TICE</u></b></p>	

CONTENUS (PLAN DU COURS)	OBJECTIFS A ATTEINDRE (CONNAISSANCES ET SAVOIR FAIRE)	ACTIVITES PROPOSEES (EXP, TICE, DOC, TD, TP...)	CALENDRIER
<p><b>Chap. 9</b>  <b>3 - Oscillations libres dans un circuit RLC série</b>  <b>3.1 Décharge oscillante d'un condensateur dans une bobine.</b>  - étude expérimentale : observation d'une décharge oscillante amortie  - influence de R sur l'amortissement : régimes périodique, pseudo-périodique, apériodique.  - influence de L et C sur la pseudo-période ('expression de la pseudo-période, analyse dimensionnelle)  <b>3.2 oscillateur non amorti : circuit LC</b>  - circuit LC  - équation différentielle traduisant la décharge  - forme de la solution  - période propre des oscillations :</p> $T_0 = 2\pi \sqrt{LC}$ - utilisation des Conditions Initiales <b>3.3 aspect énergétique</b> - expression de l'énergie - transfert d'énergie entre le condensateur et la bobine (circuit LC), effet Joule (circuit RLC) <b>3.4 Entretien des oscillations</b> - principe - montage - expérience	<p>Définir et reconnaître les régimes périodique, pseudo-périodique et apériodique.  Savoir tracer l'allure de la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps pour les régimes périodique, pseudo-périodique et apériodique.  Dans le cas d'un amortissement négligeable, effectuer la résolution analytique pour la tension aux bornes du condensateur ou la charge de celui-ci.  En déduire l'expression de l'intensité dans le circuit.  Connaître l'expression de la période propre, la signification de chacun des termes et leur unité.  Savoir que le dispositif qui entretient les oscillations fournit l'énergie évacuée par transfert thermique  Savoir interpréter en terme d'énergie les régimes périodique, pseudo-périodique, apériodique et entretenu.  Savoir exploiter un document expérimental pour :  - identifier les tensions observées,  - reconnaître un régime  - montrer l'influence de R et de L ou C sur le phénomène d'oscillations  - déterminer une pseudo-période.</p> <p>Savoir-faire expérimentaux  <i>Réaliser un montage électrique à partir d'un schéma.</i>  <i>Réaliser les branchements pour visualiser les tensions aux bornes du condensateur et de la résistance supplémentaire éventuelle.</i></p> <p><i>Montrer l'influence de R, L et C sur le phénomène observé.</i>  <i>Mesurer une pseudo-période et une période.</i>  <i>Utiliser un oscilloscope :</i>  - le régler : mode balayage, finesse du trait réglage du "zéro", choix de la sensibilité verticale et choix d'une base de temps, sélection des voies;  - repérer les tensions observables simultanément dans un circuit ;  - visualiser et déterminer les caractéristiques d'une tension;  - visualiser l'image d'une intensité;  - visualiser simultanément deux tensions.</p>	<p>SIMULATEUR HATIER : observation des oscillations électriques libres amorties pseudo-périodiques lors de la décharge d'un condensateur dans une bobine, étude de l'influence de R sur l'amortissement : observation des différents régimes, étude de l'influence de L et C sur la valeur de la pseudo-période : établissement de son expression)</p> <p>SIMULATEUR HATIER: entretien des oscillations : régime périodique  EXP : oscillations entretenues</p> <p><b>Ex n° 5 p193: équa. dif.</b></p> <p><b>Ex n° 13 p195 : oscill. Libres pseudopériodiques ds RLC</b></p> <p><b>Ex n° 19 p196 : comparaison uc(t) et Ec(t) et exploitation</b></p> <p><b>Ex n° 29 p200 : circuit LC piano électronique</b></p> <p><b>TP PH 08</b> : oscillations électriques libres dans un circuit RLC <b>TICE</b></p>	

## D- Evolution des systèmes mécaniques

CONTENUS (PLAN DU COURS)	OBJECTIFS A ATTEINDRE (CONNAISSANCES ET SAVOIR FAIRE)	ACTIVITES PROPOSEES (EXP, TICE, DOC, TD, TP...)	CALENDRIER
<p><b>Chap. 10</b>  <b>1. La mécanique de Newton</b>  <b>1.1 vecteurs vitesse et accélération</b>            -vecteur vitesse (définition <math>v_G = d\vec{OM}/dt</math>, construction graphique, coordonnées cartésiennes)            -vecteur accélération (déf <math>a_G = d\vec{v}_G/dt</math>, construction graphique, coordonnées cartésiennes, coordonnées normale et tangentielle)  <b>1.2 les lois de Newton</b>            -1° loi : principe d'inertie (rappels)            Importance du choix du référentiel dans l'étude du mouvement du centre d'inertie d'un solide : référentiels galiléens            - 3° loi : loi des actions réciproques (rappel)            Importance du choix du système sur lequel s'applique les forces extérieures.             -2° loi de Newton appliquée au centre d'inertie            lien qualitatif entre <math>\sum F_{ext}</math> et <math>\vec{\Delta}v_G</math> (rappels )            Approche expérimentale            Enoncé complet : <math>\sum F_{ext} = m \vec{a}_G</math></p>	<p>Choisir un système. Choisir les repères d'espace et de temps.            Faire l'inventaire des forces extérieures appliquées à ce système.            Définir le vecteur accélération et exploiter cette définition, connaître son unité.            Enoncer les trois lois de Newton.            Savoir exploiter un document expérimental (série de photos, film, acquisition de données avec un ordinateur...) : reconnaître si le mouvement du centre d'inertie est rectiligne uniforme ou non, déterminer des vecteurs vitesse et accélération, mettre en relation accélération et somme des forces, tracer et exploiter des courbes <math>v_G = f(t)</math>.</p>	<p><i>TP PH 09 : vecteur vitesse et accélération, vérification de la seconde loi de Newton</i>  <i>Tracé des vecteurs vitesse et accélération sur des enregistrements de mouvements divers de solides (la résultante des forces appliquées au solide est donnée).</i>  <i>Vérification de la pertinence des grandeurs <math>m \cdot \Delta v_G / \Delta t</math> et <math>\Sigma F_{ext}</math> intervenant dans la deuxième loi de Newton (une des grandeurs étant fixée, l'étude porte sur les variations relatives des deux autres).</i></p> <p><b>Ex n° 11 p220 : 2<sup>nd</sup> loi de Newton</b></p> <p><b>Ex n° 17 p 222 : <math>v_G = f(t)</math> exploitation</b></p> <p><b>Ex n°19 p222 partie 1&amp;2 : catapultage, mvt rectiligne à acc cste ,éq. Horaire</b></p> <p><b>Ex n° 21 p223 : saut en parachute</b></p> <p><b>Ex type BAC p225 : skieur</b></p>	

CONTENUS (PLAN DU COURS)	OBJECTIFS A ATTEINDRE (CONNAISSANCES ET SAVOIR FAIRE)	ACTIVITES PROPOSEES (EXP, TICE, DOC, TD, TP...)	CALENDRIER
<p><b>Chap. 11</b></p> <p><b>2.1 chute verticale d'un solide</b></p> <p><b>2.1.1 chute verticale avec frottement</b></p> <p>- Evolution de la vitesse d'une bille dans un fluide : régime initial et régime asymptotique (dit "permanent"), influence des caractéristiques de la bille, influence des caractéristiques du fluide</p> <p>-Bilan des forces appliquées au solide</p> <p>Force de pesanteur ; notion de champ de pesanteur uniforme</p> <p>Poussée d'Archimède</p> <p>Forces de frottement fluide (modélisation)</p> <p>- Application de la deuxième loi de Newton à un mouvement de chute verticale :Equation différentielle du mouvement</p> <p><b>2.1.2 chute verticale libre</b></p> <p>-Application de la seconde loi de Newton à un mouvement de chute libre : mouvement rectiligne uniformément accéléré ; accélération indépendante de la masse de l'objet.</p> <p>- Résolution analytique de l'équation différentielle du mouvement : importance des conditions initiales.</p>	<p>Définir un champ de pesanteur uniforme. d'Archimède</p> <p>Appliquer la deuxième loi de Newton à un corps en chute verticale dans un fluide et établir l'équation différentielle du mouvement, la force de frottement étant donnée.</p> <p>Connaître le principe de la méthode d'Euler pour la résolution approchée d'une équation différentielle</p> <p>Définir une chute libre, établir son équation différentielle et la résoudre.</p> <p>Définir un mouvement rectiligne uniformément accéléré.</p> <p>Savoir exploiter des reproductions d'écrans d'ordinateur (lors de l'utilisation d'un tableur grapheur) correspondant à des enregistrements expérimentaux</p> <p>Savoir exploiter des courbes <math>vG = f(t)</math> pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- reconnaître le régime initial et/ou le régime asymptotique.</li> <li>- évaluer le temps caractéristique correspondant au passage d'un régime à l'autre.</li> <li>- déterminer la vitesse limite.</li> </ul> <p>Dans le cas de la résolution par méthode itérative de l'équation différentielle, discuter la pertinence des courbes obtenues par rapport aux résultats expérimentaux (choix du pas de résolution, modèle proposé pour la force de frottement).</p> <p>Savoir-faire expérimentaux</p> <p><i>Savoir enregistrer expérimentalement le mouvement de chute d'un solide dans l'air et/ou dans un autre fluide en vue de l'exploitation du document obtenu.</i></p> <p><i>Utiliser un tableur ou une calculatrice pour résoudre une équation différentielle par la méthode d'Euler.</i></p>	<p>SIMULATEUR HATIER :</p> <p>Etude de la vitesse d'une bille en chute verticale dans un fluide (dans l'air et dans l'huile) : influence de la masse volumique de la bille, influence de la viscosité et de la masse volumique du fluide</p> <p><u>TP PH 10: chutes verticales (chute avec frottement, chute libre)</u></p> <p><i>Etude de la chute verticale de solides de même forme mais de masses différentes, dans l'air et dans l'huile.</i></p> <p><i>Détermination des vitesses limites</i></p> <p><i>Influence de la masse sur la vitesse limite</i></p> <p><i>Modélisation de la force de frottement</i></p> <p><i>Résolution de l'équation différentielle par la méthode itérative d'Euler à l'aide d'un tableur</i></p> <p><i>Confrontation des résultats théoriques et expérimentaux, importance du choix du pas de discrétisation temporelle et du modèle théorique choisi pour la force de frottement.</i></p> <p><i>Enregistrement, à l'aide d'une Webcam, d'un mouvement de chute verticale d'une balle de golf dans l'air, et confrontation des résultats expérimentaux au modèle théorique de la chute libre.</i></p>	

CONTENUS (PLAN DU COURS)	OBJECTIFS A ATTEINDRE (CONNAISSANCES ET SAVOIR FAIRE)	ACTIVITES PROPOSEES (EXP, TICE, DOC, TD, TP...)	CALENDRIER
<p><b>Chap. 12</b>  <b>2.2 Mouvements plans</b>  <b>2.2.1 Mouvements de projectiles dans un champ de pesanteur uniforme</b>  -étude expérimentale ; application de la deuxième loi de Newton au mouvement du centre d'inertie d'un projectile dans un champ de pesanteur uniforme dans le cas où les frottements peuvent être négligés.  -équations horaires paramétriques (importance des conditions initiales, vecteur accélération, vecteur vitesse, vecteur position)  -équation de la trajectoire</p> <p><b>2.2.2 Satellites et planètes</b>  -lois de Kepler (trajectoire elliptique).  -loi de gravitation universelle pour des corps dont la répartition des masses est à symétrie sphérique et la distance grande devant leur taille (rappel).  -mouvement d'une planète autour du soleil (étude dans le référentiel héliocentrique, application de la deuxième loi de Newton au centre d'inertie d'une planète : force centripète, vecteur accélération : accélération radiale, modélisation du mouvement du centre d'inertie de la planète par un mouvement circulaire uniforme, vitesse, période de révolution)  - mouvement d'un satellite autour de la terre (étude dans le référentiel géocentrique, altitude)  -satellite géostationnaire  -interprétation qualitative de l'impesanteur dans le cas d'un satellite en mouvement circulaire uniforme.</p>	<p>Appliquer la deuxième loi de Newton à un projectile dans un champ de pesanteur uniforme. Montrer que le mouvement est plan.  Etablir l'équation de la trajectoire à partir des équations horaires paramétriques.  Savoir exploiter un document expérimental reproduisant la trajectoire d'un projectile : tracer des vecteurs vitesse et accélération, déterminer les caractéristiques du vecteur accélération, trouver les conditions initiales.  <i>Savoir-faire expérimentaux :</i>  <i>Savoir enregistrer expérimentalement la trajectoire d'un projectile et exploiter le document obtenu.</i></p> <p>Enoncer les lois de Kepler et les appliquer à une trajectoire circulaire ou elliptique.  Définir un mouvement circulaire uniforme et donner les caractéristiques de son vecteur accélération.  Connaître les conditions nécessaires pour observer un mouvement circulaire uniforme : vitesse initiale non nulle et force radiale.  Enoncer la loi de gravitation universelle pour des corps dont la répartition des masses est à symétrie sphérique et la distance grande devant leur taille.  Appliquer la deuxième loi de Newton à un satellite ou une planète.  Démontrer que le mouvement circulaire et uniforme est une solution des équations obtenues en appliquant la deuxième loi de Newton aux satellites ou aux planètes.  Définir la période de révolution et la distinguer de la période de rotation propre.  Exploiter les relations liant la vitesse, la période de révolution et le rayon de la trajectoire.  Connaître et justifier les caractéristiques imposées au mouvement d'un satellite pour qu'il soit géostationnaire.  Retrouver la troisième loi de Kepler pour un satellite ou une planète en mouvement circulaire uniforme.  Exploiter des informations concernant le mouvement de satellites ou de planètes.</p>	<p><a href="#">TP PH 11: Mouvements de projectiles</a>  <i>Etude expérimentale de mouvements de projectiles de masses différentes dans un champ de pesanteur ; influence des conditions initiales sur la trajectoire (flèche, portée).</i>  <i>Exploitation d'une vidéo préenregistrée : modélisation de la trajectoire, coordonnées des vecteurs vitesse et accélération (confrontation aux équations théoriques), détermination des conditions initiales (vitesse initiale et angle de tir)</i></p> <p>POLY (lois de Kepler)</p>	

CONTENUS (PLAN DU COURS)	OBJECTIFS A ATTEINDRE (CONNAISSANCES ET SAVOIR FAIRE)	ACTIVITES PROPOSEES (EXP, TICE, DOC, TD, TP...)	CALENDRIER
<p><b>Chap. 13</b>  <b>3. Systèmes oscillants</b>  <b>3.1 Présentation de divers systèmes oscillants mécaniques</b>            Pendule pesant, pendule simple et système solide-ressort en oscillation libre : position d'équilibre, écart à l'équilibre, abscisse angulaire, amplitude, amortissement (régime pseudo-périodique, régime apériodique), pseudo-période et isochronisme des petites oscillations, période propre.            Expression de la période propre d'un pendule simple : justification de la forme de l'expression par analyse dimensionnelle.</p> <p><b>3.2 Le dispositif solide-ressort</b>            Force de rappel exercée par un ressort.            Étude dynamique du système "solide" : choix du référentiel, bilan des forces, application de la 2ème loi de Newton, équation différentielle, solution analytique dans le cas d'un frottement nul. Période propre.</p>	<p>Définir un pendule simple.            Justifier la position d'équilibre dans le cas d'un pendule simple.            Définir l'écart à l'équilibre, l'abscisse angulaire, l'amplitude, la pseudo-période, la période propre et les mesurer sur un enregistrement.            Énoncer la loi d'isochronisme des petites oscillations.            Savoir comment un système peut atteindre un régime apériodique.            Savoir que dans le cas d'un amortissement faible, la pseudo-période est voisine de la période propre.            Pour un pendule simple, justifier la forme de l'expression de la période propre par analyse dimensionnelle.            À partir d'une série de résultats expérimentaux, vérifier la validité de l'expression de la période propre d'un pendule simple.</p> <p><i>Savoir-faire expérimentaux</i>  <i>Décrire un protocole expérimental permettant :</i>  <i>- d'enregistrer le mouvement d'un système oscillant plus ou moins amorti</i>  <i>- de vérifier la loi d'isochronisme des petites oscillations</i>  <i>- de vérifier l'expression de la période propre dans le cas du pendule simple.</i></p> <p>Connaître les caractéristiques de la force de rappel exercée par un ressort.            Appliquer la deuxième loi de Newton au solide et effectuer la résolution analytique dans le cas d'un dispositif oscillant horizontalement.            Connaître la signification de tous les termes intervenant dans la solution de l'équation différentielle et leur unité.            Connaître et savoir exploiter l'expression de la période propre, vérifier son homogénéité par analyse dimensionnelle.</p> <p><i>Savoir-faire expérimentaux</i>  <i>Enregistrer un mouvement oscillant amorti.</i>  <i>Savoir mesurer une amplitude, une pseudo-période.</i>  <i>Savoir faire varier l'amortissement.</i>  <i>Savoir montrer l'influence des paramètres masse et rigidité sur la période propre.</i></p>	<p><b>TP PH 12 : Oscillateurs mécaniques</b>  <i>-pendule pesant : étude d'un dispositif permettant l'enregistrement du mouvement d'un système oscillant</i>  <i>-pendule simple : isochronisme des petites oscillations, période propre</i></p> <p><i>- dispositif solide ressort : Étude de la force de rappel exercée par un ressort en statique.</i></p> <p><i>À l'aide du simulateur HATIER « Pendule élastique »</i>  <i>- enregistrer <math>x = f(t)</math></i>  <i>- déterminer l'amplitude et la pseudopériode</i>  <i>- déterminer l'influence de l'amortissement sur l'amplitude et sur la pseudopériode</i>  <i>- déterminer l'influence des paramètres <math>m</math> et/ou <math>k</math>.</i></p>	

CONTENUS (PLAN DU COURS)	OBJECTIFS A ATTEINDRE (CONNAISSANCES ET SAVOIR FAIRE)	ACTIVITES PROPOSEES (EXP, TICE, DOC, TD, TP...)	CALENDRIER
<b>3.3 Le phénomène de résonance</b> Présentation expérimentale du phénomène : excitateur, résonateur, amplitude et période des oscillations, influence de l'amortissement Exemples de résonances mécaniques.	Savoir que la résonance mécanique se produit lorsque la période de l'excitateur est voisine de la période propre du résonateur. Savoir que l'augmentation de l'amortissement provoque une diminution de l'amplitude. Connaître des exemples de résonance mécanique.	Exemples de systèmes en résonance dans la vie courante : balançoire, pont, roues, instruments de musique, mal de mer, marées	
<b>Chap. 14</b> <b>4. Aspects énergétiques</b> Travail élémentaire d'une force. -travail d'une force constante pour un déplacement rectiligne -travail d'une force quelconque pour un déplacement quelconque -travail du poids. -travail d'une force extérieure appliquée à l'extrémité d'un ressort, l'autre extrémité étant fixe. Energie cinétique Energie potentielle. -énergie potentielle de pesanteur -énergie potentielle élastique du ressort. Énergie mécanique. -énergie mécanique du système solide-ressort. -énergie mécanique d'un projectile dans un champ de pesanteur uniforme.	Connaître l'expression du travail élémentaire d'une force. Établir l'expression du travail d'une force extérieure appliquée à l'extrémité d'un ressort, par méthode graphique et par intégration. Établir et connaître l'expression de l'énergie potentielle élastique d'un ressort. Établir l'expression de l'énergie mécanique d'un système solide-ressort et d'un projectile dans un champ de pesanteur. Exploiter la relation traduisant, lorsqu'elle est justifiée, la conservation de l'énergie mécanique d'un système. Calculer la variation de l'énergie cinétique d'un système à partir de la variation d'énergie potentielle et réciproquement. Savoir exploiter un document expérimental pour - calculer des énergies - reconnaître et interpréter la conservation ou la non-conservation de l'énergie mécanique d'un système.	<i>Activité de réinvestissement des enregistrements des  travaux pratiques précédents d'un point de vue  énergétique (projectile dans un champ de pesanteur  uniforme, oscillation d'un ressort horizontal) :</i> - calcul des énergies potentielle et cinétique - transferts d'énergie - énergie mécanique - conservation ou non de l'énergie mécanique  <i>Un tableur, un logiciel de traitement de données, des  logiciels de simulation peuvent être utilisés pour  atteindre les objectifs cités ci-dessus.</i>	
<b>Chap. 15</b> <b>5. L'atome et la mécanique de Newton :</b> ouverture au monde quantique Limites de la mécanique de Newton Quantification des échanges d'énergie. Quantification des niveaux d'énergie d'un atome, d'une molécule, d'un noyau. Application aux spectres, constante de Planck, $\Delta E = h\nu$	Connaître les expressions de la force d'interaction gravitationnelle et de la force d'interaction électrostatique. Savoir que l'énergie de l'atome est quantifiée et que la mécanique de Newton ne permet pas d'interpréter cette quantification. Connaître et exploiter la relation $\Delta E = h\nu$ , connaître la signification de chaque terme et leur unité. Convertir les joules en eV et réciproquement. Interpréter un spectre de raies. Dans les échanges d'énergie, associer le MeV au noyau et l'eV au cortège électronique.	Étude d'une banque de données des volumes atomiques. Observation de la variété des systèmes planétaires et de l'identité de la structure et des propriétés (masse, dimension, spectre) de tous les systèmes atomiques de même composition. Étude d'un document montrant la quantification des échanges d'énergie*. Étude de spectres*.	


