

Table des matières

Présentation de la collection	3
Comment utiliser ce livre ?	5
Quelques conseils pour bien apprendre	7
SAVOIRS	9
Thème 1 - Modèle scalaire des ondes lumineuses.	10
Thème 2 - Superposition d'ondes lumineuses.	14
Thème 3 - Interférences par division du front d'onde : trous d'Young	17
Thème 4 - Interférences par division d'amplitude : interféromètre de Michelson	24
Thème 5 - Onde transmise par un objet diffractant	28
Thème 6 - Système thermodynamique ouvert en régime stationnaire	32
Thème 7 - Diffusion de particules	36
Thème 8 - Diffusion thermique	40
Thème 9 - Rayonnement thermique.	46
Thème 10 - Changement de référentiel en mécanique classique.	49
Thème 11 - Dynamique dans un référentiel non galiléen.	54
Thème 12 - Fonctionnement d'un véhicule à roues	59
Thème 13 - Description d'un fluide en mouvement	62
Thème 14 - Actions de contact dans un fluide en mouvement	66
Thème 15 - Équations dynamiques locales	71
Thème 16 - Bilans macroscopiques	74
Thème 17 - Sources du champ électromagnétique	78
Thème 18 - Électrostatique	83
Thème 19 - Magnétostatique	97
Thème 20 - Équations de Maxwell	105
Thème 21 - Ondes mécaniques dans les solides déformables	111
Thème 22 - Ondes acoustiques dans un fluide	118
Thème 23 - Ondes électromagnétiques dans le vide	125
Thème 24 - Phénomènes de propagation linéaires	133
Thème 25 - Interface entre deux milieux	142
Thème 26 - Introduction à la physique du laser	153
Thème 27 - Approche ondulatoire de la physique quantique	162
Thème 28 - Outils mathématiques	182
SAVOIR- FAIRE	191
Thème 0 - Savoir-faire de base	192
Comment contrôler la pertinence d'un résultat ?	192
Vérifier l'homogénéité d'un résultat	192
Vérifier le caractère scalaire ou vectoriel de la grandeur physique. . .	192
Vérifier le caractère infinitésimal ou non d'une grandeur physique . .	193

Vérifier le sens de variation d'une grandeur	194
Déterminer les limites pour des valeurs nulles ou infinies des paramètres	194
Déterminer les nullités d'une expression	196
Repérer les divergences d'une expression	197
Comment présenter un résultat numérique ?	198
Déterminer un ordre de grandeur sans outil.	198
Écrire le résultat numérique avec le bon nombre de chiffres significatifs	199
Commenter le résultat numérique	200
Comment trouver rapidement l'expression d'une grandeur physique ?	200
Déterminer la dimension d'une grandeur physique à partir d'une expression connue	200
Déterminer l'homogénéité d'une expression	201
Utiliser des grandeurs physiques adimensionnées	201
Comment trouver une formule par l'analyse dimensionnelle ?	202
Utiliser la technique de l'analyse dimensionnelle	202
Comment simplifier une équation ?	203
Comparer les différents termes de l'équation	204
Évaluer numériquement les différents termes de l'équation	204
À vous de jouer !	205
Thème 1 - Modèle scalaire des ondes lumineuses.	207
Comment associer un modèle scalaire à la lumière ?	207
Déterminer l'expression de la vibration lumineuse	207
Appliquer les contraintes imposées par le modèle scalaire	208
Comment déterminer un chemin optique ?	208
Utiliser la définition du chemin optique dans un milieu homogène.	208
Calculer le chemin optique pour une succession de milieux homogènes	209
Utiliser les propriétés du chemin optique en présence d'une lentille	209
Comment déterminer un retard de phase ?	211
Calculer le retard de phase en fonction du temps de propagation.	211
Calculer le retard de phase en fonction du chemin optique	212
Tenir compte des exceptions	213
Comment déterminer une intensité lumineuse ?	214
Calculer une intensité lumineuse à partir de la vibration lumineuse.	214
Comment modéliser une source lumineuse ?	214
Dessiner le profil spectral	214
Déterminer la relation entre les largeurs spectrales de raie en longueur d'onde et en fréquence	215
Modéliser la source lumineuse par un train d'onde	215
Comment relier la cohérence temporelle à la largeur spectrale ?	216
Utiliser la transformée de Fourier	216
Faire le lien avec la physique quantique	218
À vous de jouer !	218

Thème 2 - Superposition d'ondes lumineuses.	221
Comment établir la formule de Fresnel ?	221
Utiliser la construction de Fresnel.	221
Utiliser la représentation complexe.	223
Comment déterminer le contraste ?	223
Déterminer les intensités extrémales et utiliser la formule du contraste.	223
Retrouver le contraste à partir de la formule de Fresnel.	224
Quelle est l'intensité obtenue pour la superposition de deux ondes ?	226
Déterminer si les ondes sont cohérentes ou incohérentes.	226
Comment déterminer l'intensité pour la superposition de N ondes cohérentes ?	227
Sommer les N amplitudes	227
Utiliser la construction de Fresnel.	228
Utiliser un grapheur	229
Utiliser la représentation complexe	230
À vous de jouer !	231
Thème 3 - Interférences par division du front d'onde : trous d'Young	233
Comment obtenir deux sources cohérentes ?	233
Utiliser un dispositif à division du front d'onde : les trous d'Young . .	233
Comment interpréter la forme des franges observées ?	234
Déterminer le champ d'interférences à l'aide d'une construction géométrique	234
Calculer la largeur du champ d'interférences.	235
Définir les franges d'interférences	236
Utiliser l'ordre d'interférences	236
Déterminer l'ordre d'interférence sur un écran placé parallèlement aux sources	237
Comment étudier le dispositif des fentes d'Young ?	240
Déterminer les différences et les similitudes entre les deux dispositifs.	240
Comment déterminer l'indice d'une lame de verre avec le dispositif des trous d'Young ?	241
Prévoir le sens de déplacement de la frange centrale.	241
Calculer la différence de chemin optique introduit par la lame de verre	241
Comment étudier le dispositif des trous d'Young qui est éclairé avec une source étendue ?	242
Translater la source ponctuelle	242
Prévoir le résultat pour une source étendue.	244
Chercher les largeurs de source qui annulent le contraste	244
Sommer les intensités de chaque source	246
Comment est modifiée l'intensité si la source n'est pas monochromatique ?	248
Estimer les positions des brouillages dans le cas du doublet	248

Calculer l'intensité dans le cas du doublet	249
Estimer la position du brouillage pour la source quasi monochromatique réelle	250
Modéliser la source quasi monochromatique réelle par un profil rectangulaire	252
Déterminer les longueurs d'ondes éteintes dans le cas de la lumière blanche	253
Comment étudier un montage comprenant un système de N trous équidistants ?	255
Utiliser le montage de Fraunhofer	255
À vous de jouer !	260
Thème 4 - Interférences par division d'amplitude : interféromètre de Michelson	262
Comment modéliser l'interféromètre de Michelson ?	262
Décrire l'interféromètre de Michelson réel	262
Déterminer le schéma de principe et les deux trajets des rayons lumineux qui interfèrent	262
Déterminer l'intensité en sortie	264
Comment trouver le schéma équivalent de l'interféromètre de Michelson ?	265
Utiliser les lois de la réflexion	265
Comment trouver la figure d'interférences lorsque l'interféromètre de Michelson est éclairé par une source ponctuelle ?	268
Déterminer la position des sources secondaires pour la lame à faces parallèles	268
Déterminer la position des sources secondaires pour le coin d'air	269
Comment trouver la figure d'interférences lorsque l'interféromètre de Michelson est éclairé par une source étendue ?	270
Trouver la surface de localisation des interférences et interpréter lorsque l'interféromètre de Michelson est réglé en lame d'air à faces parallèles	270
Déterminer l'ordre d'interférence et le rayon des anneaux dans le cas de la lame d'air à faces parallèles	272
Déterminer la surface de localisation lorsque l'interféromètre de Michelson est réglé en coin d'air	274
Déterminer l'ordre d'interférence et l'interfrange	276
Comment obtenir un interférogramme ?	277
Déterminer l'intensité au centre des anneaux	277
À vous de jouer !	281
Thème 5 - Onde transmise par un objet diffractant	283
Comment déterminer les fréquences spatiales d'un objet diffractant ?	283
Déterminer sa décomposition en série de Fourier	283
Comment trouver les ondes transmises par un objet diffractant ?	284
Étudier le cas simple de la mire sinusoïdale	284
Étudier le réseau de pas a	287

Étudier la fente de largeur b	288
Généraliser pour un objet quelconque	289
Comment faire du filtrage en optique ?	291
Retirer expérimentalement les composantes souhaitées dans le plan de Fourier.	291
Déterminer si le filtrage est involontaire	293
Filtrer un réseau de fentes	294
Observer des détails par strioscopie	295
À vous de jouer !	296
Thème 6 - Système thermodynamique ouvert en régime stationnaire	299
Comment écrire les principes de la thermodynamique sous forme infinitésimale ?	299
Définir le système et ses états infiniment proches	299
Appliquer la loi de conservation de l'énergie.	300
Faire un bilan entropique	302
Comment appliquer les principes de la thermodynamique à un système ouvert ?	303
Définir le système ouvert	304
Définir le système fermé associé au système ouvert.	304
Faire un bilan de masse	304
Faire un bilan d'énergie	305
Faire un bilan entropique	309
Comment utiliser les diagrammes pour l'étude des machines thermiques utilisant un fluide en écoulement ?	310
Utiliser un diagramme température-entropie	311
Utiliser un diagramme pression-enthalpie ou diagramme des frigoristes.	314
À vous de jouer !	317
Thème 7 - Diffusion de particules.	321
Comment établir l'équation de conservation du nombre de particules?	321
Établir l'équation traduisant le bilan local dans le cas d'un problème unidimensionnel en coordonnées cartésiennes	321
Établir l'équation traduisant le bilan local dans le cas d'un problème unidimensionnel en coordonnées cartésiennes en présence de sources internes	323
Généraliser le bilan local pour une géométrie quelconque.	324
Comment établir l'équation diffusion des particules ?	324
Utiliser la loi de Fick	324
Établir l'équation de diffusion dans le cas d'un problème unidimensionnel à une dimension en coordonnées cartésiennes.	325
Généraliser l'équation de diffusion à une géométrie quelconque	326
Analyser une équation de diffusion afin de relier les grandeurs caractéristiques temporelle et spatiale	327
Comment résoudre l'équation de diffusion des particules en régime stationnaire ?	328

Simplifier l'équation de diffusion et la résoudre.	328
Utiliser les conditions aux limites	329
Utiliser la conservation du flux	330
Comment résoudre l'équation de diffusion des particules en régime dépendant du temps ?	332
Vérifier si la solution proposée convient	332
Utiliser les conditions aux limites et les conditions initiales	333
Comment étudier la diffusion au niveau microscopique ?	335
Mettre en place un modèle probabiliste discret à une dimension.	335
Résoudre le problème à l'aide de l'informatique.	335
Évaluer le coefficient de diffusion et la vitesse quadratique moyenne.	336
À vous de jouer !	339
Thème 8 - Diffusion thermique	343
Comment établir l'équation de diffusion thermique ?	343
Définir le système	343
Déterminer les flux thermiques entrant et sortant	343
Appliquer le premier principe de la thermodynamique	345
Généraliser le bilan local pour une géométrie quelconque	347
Utiliser la loi de Fourier	347
Établir l'équation de diffusion dans le cas d'un problème unidimensionnel à une dimension en coordonnées cartésiennes	348
Généraliser l'équation de diffusion pour une géométrie quelconque. .	348
Analyser une équation de diffusion afin de relier les grandeurs caractéristiques temporelle et spatiale	350
Comment résoudre l'équation de diffusion en régime stationnaire ?	351
Simplifier et résoudre l'équation de diffusion.	351
Utiliser la conservation du flux thermique	352
Utiliser les conditions aux limites	353
Déterminer la résistance thermique	354
Comment résoudre l'équation de diffusion en régime sinusoïdal forcé ?	361
Utiliser les propriétés de l'équation de diffusion	361
Déterminer l'équation en notation complexe	362
À vous de jouer !	366
Thème 9 - Rayonnement thermique	368
Comment déterminer le flux émis par un corps noir ?	368
Modéliser et réaliser un corps noir	368
Travailler à l'équilibre thermodynamique	368
Utiliser la loi de Planck	370
Utiliser la loi Stefan-Boltzmann	371
Déterminer le flux surfacique émis par un corps noir et un corps gris	371
Comment expliquer l'effet de serre ?	372
Déterminer le flux surfacique reçu par la Terre de la part du Soleil. .	372
Déterminer la température d'équilibre de la Terre sans atmosphère ..	372
Déterminer la température d'équilibre de la Terre en tenant compte de l'atmosphère	373

À vous de jouer !	375
Thème 10 - Changement de référentiel en mécanique classique.	377
Comment déterminer la loi de composition des vitesses dans le cas d'un référentiel en translation uniforme par rapport à un autre ?	377
Définir les deux référentiels	377
Utiliser la relation de Chasles et le caractère absolu du temps.	377
Démontrer la transformation de Galilée	379
Comment déterminer les vitesses et accélérations dans un référentiel en translation par rapport à un autre référentiel ?	382
Déterminer les coordonnées d'un point dans les deux référentiels en translation	382
Dériver les vecteurs positions par rapport au temps	383
Dériver les vecteurs vitesses par rapport au temps	384
Comment déterminer les vitesses et accélérations dans un référentiel en rotation uniforme par rapport à un autre référentiel ?	386
Déterminer les coordonnées d'un point dans les deux référentiels en rotation	386
Dériver les vecteurs positions par rapport au temps	387
Dériver les vecteurs vitesses par rapport au temps	388
À vous de jouer !	393
Thème 11 - Dynamique dans un référentiel non galiléen.	395
Comment déterminer si le référentiel est galiléen ou non galiléen ?	395
Utiliser les propriétés du référentiel galiléen	395
Définir le référentiel galiléen utilisé	395
Comment étudier le mouvement d'une masse ponctuelle dans un référentiel en translation par rapport à un référentiel galiléen ?	395
Appliquer la loi de la quantité de mouvement	396
Appliquer la loi du moment cinétique.	397
Faire une étude énergétique	399
Comment étudier le mouvement d'une masse ponctuelle dans un référentiel en rotation uniforme par rapport à un référentiel galiléen ?	401
Appliquer la loi de la quantité de mouvement	401
Appliquer la loi du moment cinétique	402
Faire une étude énergétique	403
Comment appliquer les résultats précédents à la mécanique terrestre ?	404
Définir le référentiel Terrestre local	404
Déterminer le champ de pesanteur.	405
Appliquer la loi de la quantité de mouvement dans le référentiel Terrestre local	406
Déterminer l'expression de la force de Coriolis dans le référentiel Terrestre local	407
Comment étudier un problème de statique des fluides dans un référentiel non galiléen ?	408
Utiliser les forces volumiques ou des équivalents volumiques des forces de pression	408

À vous de jouer !	412
Thème 12 - Fonctionnement d'un véhicule à roues	415
Comment étudier le mouvement d'un véhicule à roues tracté ?	415
Modéliser le système	415
Appliquer la condition de roulement sans glissement	415
Faire le bilan des forces exercées sur le véhicule et utiliser les lois de Coulomb	416
Appliquer la loi de la quantité de mouvement	417
Appliquer la loi du moment cinétique aux roues	417
Affiner le modèle en tenant compte du moment de frottement de roulement	418
Comment étudier le mouvement d'un véhicule à roues motrices ?	419
Appliquer la loi de la quantité de mouvement	419
Appliquer la loi du moment cinétique aux roues	421
Faire un bilan énergétique	422
À vous de jouer !	424
Thème 13 - Description d'un fluide en mouvement	426
Comment étudier un fluide en mouvement ?	426
Utiliser la description eulérienne	426
Déterminer les lignes de champ	427
Comment étudier un écoulement stationnaire ?	428
Utiliser un changement de référentiel	428
Comment caractériser un écoulement incompressible ?	429
Utiliser la dérivée particulaire	429
Utiliser la définition de l'écoulement incompressible	430
Utiliser l'équation locale de conservation de la masse	431
Utiliser la conservation du flux	434
Établir le critère qui caractérise l'approximation d'écoulement incompressible	435
Comment déterminer l'accélération d'une particule fluide ?	436
Calculer la dérivée particulaire de la vitesse	436
Comment caractériser un écoulement rotationnel ?	437
Calculer le rotationnel de la vitesse	438
Déterminer le potentiel des vitesses pour un écoulement irrotationnel	440
Comment caractériser un écoulement quelconque ?	441
Décomposer le mouvement général d'une particule fluide	441
Comment déterminer la vitesse de l'écoulement autour d'un obstacle ?	441
Déterminer le potentiel des vitesses par analogie	441
Utiliser les conditions aux limites	442
À vous de jouer !	444
Thème 14 - Actions de contact dans un fluide en mouvement	447
Comment déterminer les forces de pression ?	447
Utiliser la définition de la force de pression locale	447
Déterminer la résultante des forces de pression	447

Déterminer l'équivalent volumique des forces de pression	448
Comment déterminer la contrainte de cisaillement ?	449
Définir l'écoulement de cisaillement plan	449
Utiliser la viscosité d'un fluide newtonien	449
Déterminer un équivalent volumique des forces de viscosité	450
Comment déterminer un coefficient de tension superficiel ?	451
Définir le coefficient de tension superficiel	451
Utiliser un bilan énergétique	452
Comment déterminer la force de traînée ?	453
Étudier l'écoulement autour d'une sphère	453
Utiliser l'analyse dimensionnelle	454
Utiliser la courbe donnant le coefficient de traînée en fonction du nombre de Reynolds	455
À vous de jouer !	457
Thème 15 - Équations dynamiques locales	460
Comment utiliser l'équation de Navier-Stokes ?	460
Appliquer la deuxième loi de Newton à une particule fluide.	460
Utiliser l'analyse dimensionnelle	461
Résoudre l'équation de Navier-Stokes dans le cas de l'écoulement de Couette plan	461
Comment déterminer les conditions aux limites ?	464
Déterminer la nature du fluide	464
Écrire les conditions aux limites en fonction de la nature du fluide . .	464
Déterminer l'épaisseur de la couche limite	464
Comment trouver les équations pour un fluide parfait ?	465
Appliquer la deuxième loi de Newton à une particule fluide.	465
Modifier l'équation d'Euler	467
Déterminer la relation de Bernoulli pour un écoulement parfait stationnaire incompressible et irrotationnel	467
Déterminer la relation de Bernoulli pour un écoulement parfait stationnaire incompressible et rotationnel	468
À vous de jouer !	473
Thème 16 - Bilans macroscopiques	476
Comment établir un bilan de masse ?	476
Travailler sur le système ouvert et fixe dans le référentiel d'étude. . . .	476
Travailler sur le système fermé et mobile dans le référentiel d'étude .	477
Comment déterminer un bilan de quantité de mouvement ?	478
Appliquer la deuxième loi de Newton au système fermé associé.	478
Comment déterminer un bilan d'énergie ?	481
Appliquer le bilan d'énergie sur un système fermé associé.	481
À vous de jouer !	483
Thème 17 - Sources du champ électromagnétique.	485
Comment trouver la relation entre l'intensité de courant I et le vecteur densité de courant \vec{j} ?	485

Déterminer la densité volumique de charge en fonction de la charge totale	485
Déterminer la densité volumique de charge ρ en fonction de la densité des porteurs de charge.	486
Déterminer la densité volumique de courant \vec{j} en fonction de la densité des porteurs de charge et de la vitesse moyenne	486
Calculer l'intensité de courant	487
Comment déterminer l'équation de conservation de la charge ?	488
Faire un bilan unidimensionnel de conservation.	488
Généraliser le bilan à trois dimensions	490
Comment utiliser le bilan en régime stationnaire ?	490
Exploiter le caractère conservatif du vecteur densité de courant.	490
Démontrer la loi des nœuds.	490
Comment étudier la conduction dans un conducteur ohmique ?	491
Utiliser le modèle classique de Drüde	491
Retrouver la loi d'Ohm locale	492
Vérifier le domaine de validité de la loi d'Ohm locale	492
Calculer une résistance	493
Retrouver la loi d'Ohm en présence d'un champ magnétique	494
Interpréter l'effet Hall	495
Déterminer la puissance dissipée par effet Joule	496
À vous de jouer !	498
Thème 18 - Electrostatique	502
Comment déterminer les lignes du champ électrostatique ?	502
Déterminer une différence de potentiel	502
Utiliser le théorème de Stokes	503
Déterminer les équations des lignes de champ	504
Comment déterminer l'expression du champ électrostatique ?	505
Utiliser les propriétés de symétrie	505
Utiliser le théorème de Gauss.	507
Comment justifier qu'une carte représente bien des lignes de champ électrostatique ?	512
Repérer les sources	512
Observer loin des sources	513
Distinguer les équipotentiels des lignes de champ	513
Comment établir les actions créées par un dipôle ?	513
Utiliser le dipôle le plus simple et utiliser l'approximation dipolaire	513
Établir l'expression du potentiel créé par un dipôle électrostatique	514
Déterminer le champ électrostatique créé par le dipôle	515
Comment établir les actions subies par un dipôle ?	516
Calculer la force et le moment subis par un dipôle placé dans un champ extérieur	516
Comment déterminer le champ créé par un condensateur plan ?	518
Déterminer le champ créé par un plan infini	518
Utiliser le théorème de superposition	519
Déterminer la capacité du condensateur	519

Comment modéliser le noyau atomique ?	520
Déterminer l'énergie de constitution du noyau par analyse dimensionnelle	520
Apporter progressivement les charges depuis l'infini	521
Comment utiliser l'analogie avec le champ gravitationnel ?	522
Utiliser les lois de Coulomb et de Newton	522
Utiliser le théorème de Gauss	523
À vous de jouer !	524
Thème 19 - Magnétostatique	528
Comment déterminer la direction du champ magnétostatique ?	528
Utiliser les symétries	528
Utiliser les propriétés topographiques	530
Comment déterminer l'expression du champ magnétostatique ?	532
Utiliser le théorème d'Ampère	532
Utiliser le théorème de superposition	533
Déterminer le champ magnétostatique créé par un câble	533
Déterminer le champ magnétostatique créé par un solénoïde long sans effets de bord et son inductance	536
Comment déterminer les actions subies par un dipôle magnétique ?	539
Déterminer la force de Laplace et le couple exercés par un champ extérieur uniforme sur un dipôle magnétostatique	539
Utiliser l'analogie avec les actions subies par le dipôle électrostatique	541
Déterminer le moment magnétique atomique	542
Déterminer l'aimantation de saturation	544
Déterminer la force de contact exercée par un aimant par analyse dimensionnelle	545
À vous de jouer !	546
Thème 20 - Équations de Maxwell	550
Comment établir les équations de Maxwell intégrales à partir des équations de Maxwell locales ?	550
Utiliser le théorème de Green-Ostrogradski	550
Utiliser le théorème de Stokes	552
Vérifier la compatibilité des équations de Maxwell	553
Comment faire un bilan énergétique ?	554
Déterminer la puissance fournie par le champ aux charges	554
Faire un bilan d'énergie global sur un système ouvert	555
Déterminer l'équation locale de conservation de l'énergie	557
Comment établir les équations de propagation des champs ?	560
Utiliser les équations de Maxwell	560
Déterminer la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques	561
Estimer le retard dû à la propagation	562
Comment travailler dans l'ARQS « magnétique » ?	562
Simplifier l'équation de conservation de la charge	562
Simplifier les équations de Maxwell	563
Retrouver le théorème d'Ampère dans l'ARQS « magnétique »	564

À vous de jouer !	565
Thème 21 - Ondes mécaniques dans les solides déformables.....	568
Comment établir l'équation d'onde le long d'une corde élastique ?	568
Faire des hypothèses simplificatrices	568
Appliquer la deuxième loi de Newton à un morceau de corde.....	569
Comment établir l'équation vérifiée par les ondes sonores dans un solide ?	570
Utiliser une chaîne de ressorts	570
Appliquer la deuxième loi de Newton à une masse ponctuelle.....	571
Appliquer l'approximation des milieux continus	571
Retrouver la loi de Hooke	572
Établir l'équation à partir du modèle continu	573
Comment trouver les solutions de l'équation de d'Alembert ?	574
Rechercher la solution sous la forme d'une onde plane progressive harmonique	575
Interpréter la solution d'onde plane progressive harmonique	576
Superposer deux ondes planes progressives harmoniques se propageant en sens inverses	577
Chercher la solution générale sous forme d'onde stationnaire	578
Choisir la famille de solution	579
Chercher la solution sous forme d'onde plane progressive non harmonique	579
Comment déterminer les modes propres d'une corde fixée à ses deux extrémités ?	581
Rechercher les pulsations propres en utilisant les conditions aux limites	581
Construire la solution par superposition des modes propres	582
Comment étudier la corde de Melde ?	583
Déterminer la solution particulière du régime forcé	583
À vous de jouer !	585
Thème 22 - Ondes acoustiques dans un fluide	588
Comment établir l'équation de propagation de l'onde sonore dans un fluide ?	588
Appliquer l'approximation acoustique	588
Écrire les trois équations locales	588
Linéariser les équations locales	589
Éliminer la vitesse pour trouver l'équation de propagation du son ...	590
Comparer les célérités du son dans un liquide et dans un gaz	592
Comment trouver la solution de l'équation de propagation ?	593
Rechercher la solution sous la forme d'une onde plane progressive harmonique OPPH	593
Utiliser la représentation complexe de l'OPPH	594
Déterminer la vitesse de phase dans un cas particulier	595
Déterminer la relation de dispersion	595
Déterminer la relation entre la vitesse et la surpression	596

Utiliser des superpositions d'OPPH	597
Comment établir un bilan énergétique ?	599
Déterminer la puissance transférée à une surface	599
Déterminer la densité volumique d'énergie	599
Calculer l'intensité sonore	603
Comment décrire l'onde sonore émise par une source ponctuelle ?	604
Déterminer la surpression et la vitesse	604
Procéder au bilan énergétique	605
Comment déterminer le décalage de fréquence dû à l'effet Doppler ?	606
Déterminer la fréquence reçue par le récepteur lorsque la source est en mouvement	606
Utiliser le traitement du signal	607
À vous de jouer !	608
Thème 23 - Ondes électromagnétiques dans le vide	611
Comment établir les équations de propagation	611
Utiliser les équations de Maxwell et l'analyse vectorielle	611
Comment trouver la solution de l'équation de propagation ?	613
Projeter l'équation de propagation sur un axe	613
Utiliser la structure de l'onde plane progressive harmonique homogène OPPHH	613
Utiliser le calcul en complexe pour trouver la structure de l'OPPHH	614
Utiliser le principe de superposition	617
Comment faire un bilan énergétique ?	618
Déterminer la densité volumique d'énergie	618
Déterminer le vecteur de Poynting	618
En déduire la vitesse de propagation de l'énergie	619
Comment déterminer la polarisation d'une onde électromagnétique ?	620
Relier l'expression du champ électrique à l'état de polarisation	620
Utiliser des polariseurs et des lames à retard de phase	623
À vous de jouer !	626
Thème 24 - Phénomènes de propagation linéaires	629
Comment déterminer la conductivité du plasma ?	629
Modéliser le plasma	629
Déterminer la densité volumique de courant	630
Comment établir la relation de dispersion ?	631
Utiliser la structure de l'onde plane progressive harmonique	631
Établir les équations de Maxwell en complexes	631
Découpler les équations de Maxwell	632
Comment trouver la forme de l'onde dans le plasma ?	633
Écrire la relation de dispersion en fonction de la pulsation plasma	633
Discuter en fonction de la pulsation par rapport à la pulsation plasma	634
Comment déterminer l'épaisseur de peau dans un métal ?	636
Déterminer la relation de dispersion pour le conducteur ohmique	636
Définir l'onde se propageant dans le conducteur	637
Remarquer l'analogie avec la diffusion thermique	637

Comment déterminer la vitesse de groupe ?	638
Comprendre sur l'étude d'un cas particulier	638
Déterminer la vitesse de propagation de l'enveloppe	639
Utiliser la définition	640
À vous de jouer !	641
Thème 25 - Interface entre deux milieux	645
Comment étudier la réflexion et la transmission d'une onde sonore au niveau d'une interface ?	645
Modéliser le système	645
Expliciter les conditions aux limites	646
Déterminer les coefficients de réflexion et de transmission en amplitude	648
Déterminer les coefficients de réflexion et de transmission en puissance	649
Comment étudier la réflexion et la transmission d'une onde électromagnétique ?	651
Définir le système et déterminer les champs dans les différentes zones	651
Utiliser les conditions aux limites	652
Comment étudier l'interface vide-plasma ?	653
Définir l'onde dans le cas où la pulsation est supérieure à la pulsation plasma	653
Déterminer l'onde dans le cas où la pulsation est inférieure à la pulsation plasma	655
Comment étudier l'interface vide-conducteur ohmique ?	657
Déterminer l'onde se propageant dans le métal dont la conductivité est supposée réelle	657
Déterminer l'onde du domaine visible se propageant dans le métal de conductivité réelle	658
Comment étudier la polarisation par réflexion vitreuse sous incidence oblique ?	659
Décomposer l'onde en deux ondes polarisées rectilignes	659
À vous de jouer !	660
Thème 26 - Introduction à la physique du laser	663
Comment décrire les phénomènes d'absorption et d'émission ?	663
Déterminer les propriétés du photon pour l'émission spontanée	663
Définir le phénomène d'absorption	664
Définir le phénomène d'émission stimulée	665
Comment inverser la population ?	667
Utiliser un système amplificateur	667
Comment obtenir un oscillateur ?	668
Utiliser un système bouclé qui constitue un oscillateur électrique	668
Étudier l'oscillateur à pont de Wien	669
Déterminer la condition d'amplification pour la cavité du laser	672

Comment étudier les propriétés optiques d'un laser ?	674
Déterminer la longueur de Rayleigh	674
Déterminer les caractéristiques du faisceau après traversée d'une lentille mince convergente placée avant la longueur de Rayleigh.	676
Déterminer les caractéristiques du faisceau après traversée d'une lentille mince convergente placée après la longueur de Rayleigh	678
À vous de jouer !	678
Thème 27 - Approche ondulatoire de la physique quantique.	681
Comment résoudre un problème de physique quantique ?	681
Normaliser la fonction d'onde associée au système quantique.	681
Déterminer l'équation de Schrödinger pour une particule libre	682
Déterminer la vitesse de groupe de la particule libre	683
Comment résoudre l'équation de Schrödinger ?	684
Chercher la solution sous forme d'onde stationnaire.	684
Comment étudier la particule dans un puits de potentiel infini ?	686
Déterminer l'équation vérifiée par la fonction d'onde pour les états stationnaires	686
Résoudre l'équation vérifiée par la fonction d'onde pour les états stationnaires et utiliser les conditions aux limites.	687
Déterminer la densité de probabilité de présence de la particule dans le puits de potentiel infini	688
Comment étudier la particule dans un puits de potentiel fini ?	690
Établir les équations dans les trois zones	690
Résoudre les équations dans les trois zones en utilisant les conditions de passage	691
Comment étudier l'effet tunnel ?	695
Établir les équations dans les différents domaines	695
Résoudre les équations dans les différents domaines en utilisant les conditions aux limites	696
Déterminer le facteur de transmission	697
Comment étudier le double puits de potentiel symétrique ?	700
Déterminer la configuration du potentiel	700
Déterminer les solutions du double puits infini	700
Utiliser les résultats du double puits infini pour le double puits de hauteur finie	701
Étudier l'évolution temporelle de la superposition des deux états	702
À vous de jouer !	705
CORRIGÉS DES EXERCICES	707