DIDA CONCEPT

Matériels et Travaux Pratiques pour l'Enseignement Supérieur

CATALOGUE 2020-2022



TRAVAUX PRATIQUES

Optique Fondamentale - Optique Avancée - Photonique - Ondes - Physique

OPTIQUE FONDAMENTALE

Dans ce premier chapitre, le terme d'Optique Fondamentale se réfère aux deux principaux domaines que sont l'optique géométrique et l'optique physique. Cette dernière comprend, quant à elle, l'étude de l'optique ondulatoire, de la couleur ou encore des interactions de la lumière avec la matière.

L'optique géométrique est donc une branche de l'optique qui s'appuie notamment sur la notion de rayons lumineux. Les **pages 4 à 9** de ce catalogue vous donneront un aperçu de tous les kits pouvant être utilisés pour mettre en évidence les lois de l'optique géométrique ou encore pour étudier les principes de fonctionnement de plusieurs instruments d'optique.

L'optique physique s'intéresse aux phénomènes ondulatoires comme par exemple la diffraction, les interférences, la polarisation ou encore la dispersion. Les **pages 10 à 27** sont consacrées à tous ces thèmes.

Enfin, les deux dernières pages de ce chapitre, qui peuvent être reliées aux thèmes instruments d'optique et imagerie, portent sur la photométrie et le rayonnement thermique.

TP optique géométrique avec laser sur supports magnétiques	P.4
TP complet étude de l'optique	P.5
TP optique géométrique sur banc optique	Р.6
TP focométrie avec systèmes de visée	P.7
TP INSTRUMENTS D'OPTIQUE SUR BANC	Р.8
TP APPAREIL PHOTO SUR BANC	P.9
TP diffraction et interférences	P.10
TP diffraction et interférences avec systèmes d'acquisition	P.11
TP interférences par division du front d'onde	P.12
TP interférences des ondes lumineuses à l'aide de fibres optiques	P.13
TP interférences en lumière blanche	P.14
TP ÉTUDE DES ANNEAUX DE NEWTON	P.15
TP optique de fourier et filtrage spatial	P.16
TP vitesse de la lumière	P.17
TP interféromètres de michelson d'entrée de gamme	Р.18
TP interféromètres de michelson haute luminosité sur marbre	P.19
Ensembles poly-interférométrie	P.20
TP interféromètre de michelson sur table optique (breadboard)	P.21
TP interféromètres de mach-zehnder	P.22
TP interféromètres de fabry-pérot	P.23
TP goniométrie	P.24
TP spectrogoniométrie	Р.25
TP dispersion	Р.26
TP construction de monochromateur et spectromètre	P.27
TP polarisation, biréfringence	P.28
TP POLARISATION ET APPLICATIONS AVEC PLATEFORME GONIOMÉTRIQUE	P.29
TP ÉTUDE DES PHOTORÉCEPTEURS	Р.30
TP RAYONNEMENT THERMIQUE	P.31

ENSEMBLES D'OPTIQUE

KITS D'OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE AU LASER À UTILISER À PLAT OU SUR SUPPORTS MAGNÉTIQUES

- · Plutôt adapté pour des premiers cycles, des rappels de début d'année ou pour des démonstrations de cours
- Phénomènes facilement observables grâce au Laser aussi bien en dehors qu'à l'intérieur des composants
- ① Nombreuses expériences d'optique avec la même base de matériels / valise de rangement



La valise "essentielle" comprise dans l'ensemble T0080 permet de réaliser les expériences suivantes :

- rayons paraxiaux et marginaux
- étude des dioptres, lentilles et miroirs
- réflexion, réfraction d'un faisceau, loi de Descartes
- minimum de déviation d'un prisme
- simulation de l'œil et des lentilles correctrices
- aberrations sphériques

TP OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE AVEC LASER SUR SUPPORTS MAGNÉTIQUES



Ensemble de base : Optique Géométrique au Laser (Ref : T0080)

- 1 tableau magnétique 60x40cm (dont un côté quadrillé) avec pieds
- 1 valise "essentielle" de 14 composants optiques sur semelle magnétique
- 6 planches pédagogiques : lunette, télescope, œil, appareil photo, aberrations, disque gradué Spell-Descartes
- 1 laser à 5 faisceaux rouge 635nm 1mW avec alimentation, commutateur de sélection 1, 3, 5 faisceaux, et semelle magnétique



Ensemble complémentaire : Optique Plus (Ref : T0081)

- nécessite l'ensemble de base T0080 -
 - 1 valise "complémentaire" de 15 composants optiques sur semelle magnétique pour la réalisation des études complémentaires : lentilles en "air" convergentes et divergentes / prismes en "air" / déviation par un prisme équilatéral ou à angle droit / cube séparateur / montages à prismes



Ensemble réflexion-réfraction avec Laser ligne (Ref : T0082)

- 1 support et plateau rotatif gradué au degré sur 360°, en acier
- 1 laser ligne vert (532 nm 1 mW)
- 1 demi-disque diam. 12 cm en plexiglas sur semelle magnétique
- 1 cuve creuse hémi-cylindrique diam. 12 cm en plexiglas
- 1 guide de lumière modèle fibre optique en plexiglas
- 1 prisme équilatéral Crown, hauteur 40mm, base 40x40mm, indice 1.52

TP OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE ET SYNTHÈSE DES COULEURS



Ensemble optique et synthèse des couleurs, à poser sur table (Ref : T0083)

- 1 source LED à miroirs
- 1 accessoire 1/3 fentes avec lentille
- 1 miroir aimanté 80x20mm
- 2 réflecteurs en métal : concave et convexe
- 8 cartons 50x50 mm de 8 couleurs différentes
- 6 filtres diapo de couleurs primaires et secondaires
- 8 lentilles d'optique géométrique
- 1 valise 34x31x8cm avec mousses de protection

ENSEMBLES D'OPTIQUE

TP COMPLET POUR L'ÉTUDE DE L'OPTIQUE : LENTILLES, RÉFLEXION-RÉFRACTION, INTERFÉRENCES, DIFFRACTION, DISPERSION, POLARISATION

- Optique géométrique : lentilles, réflexion/réfraction
 Optique ondulatoire : diffraction, interférences
 Dispersion et couleurs : prismes, réseaux, synthèses



Excellent rapport performances/prix

Réalisé avec des matériaux qualititatifs et robustes, avec une optimisation du contenu pour un tarif très attractif.

Grande modularité et polyvalence

La plupart des éléments sont réutilisables pour différentes configurations, évitant les doublons.

Sécurité et praticité

Les sources fournies sont alimentées en basse tension et ne chauffent pas, pour la sécurité des utilisateurs.

TP COMPLET ÉTUDE DE L'OPTIQUE

TP Optique Géométrique (Ref : T0090)

- 1 banc profilé aluminium de longueur 2m gradué de -20 à +180cm avec pieds réglables
- 4 cavaliers (1 cavalier haute stabilité à colonne renforcée, 3 cavaliers simples)
- 1 lanterne LED équivalent 40 W avec réglage de collimation par crémaillère
- 1 transformateur 5V pour lanterne LED
- 1 écran blanc 15 x 15 cm quadrillé
- 2 porte composants acier avec 6 bagues magnétiques
- 8 composants diamètre 40 mm : lentilles f+50/+100/+150/+200/+500/-200mm ; 1 miroir plan et f+200mm
- 1 jeton dépoli avec lettre objet sérigraphiée
- 1 jeu de 3 diaphragmes métalliques diamètre 40mm (ouvertures : 2, 5, 10mm)

Complément TP Réflexion totale et Réfraction (Ref: T0091) - nécessite l'ensemble de base T0090 -

- 1 disque gradué diamètre 23cm sur tige, pour l'étude des lois de Descartes
- 1 cuve hémi-cylindrique creuse et 1 demi-disque plexiglas plein, pour étude de la réfraction
- 1 guide de lumière en plexiglas, pour étude du principe de la fibre optique et de la réflexion totale
- 1 laser ligne rasante, 1mW, rouge 650nm, sur tige

Complément TP Couleurs et Dispersion (Ref: T0092) - nécessite l'ensemble de base T0090 -

- 2 réseaux de diffraction 50tr/mm et 200tr/mm, en format diapositive
- 2 prismes, 1 crown et 1 flint, de format équilatéral et de hauteur 40mm
- prisme creux en verre, à remplir, pour étude de l'indice d'un liquide
- 1 jeu de 6 filtres colorés (couleurs primaires et secondaires) en diapositive
- 1 plateau porte-prisme sur tige
- 1 support porte lame/diapo/réseau sur tige
- fente à ouverture symétrique réglable et montée sur tige
- 1 banc profilé aluminium de 50cm avec articulation angulaire à lier au banc principal

Complément TP Interférences et Diffraction (Ref: T0093) - nécessite l'ensemble de base T0090 -

- 1 diode laser 650nm 1mW sur tige
- 1 jeton diamètre 40mm chromé : 7 fils et 7 fentes à disposition radiale
- 1 jeton diamètre 40mm chromé : fentes doubles et multiples à disposition radiale
- 1 jeton diamètre 40mm chromé: trous, trous d'Young, obstacles divers à disposition radiale

Complément TP Polarisation et loi de Malus (Ref: T0094) - nécessite l'ensemble de base T0090 -

- 1 polariseur en monture rotative graduée au 1° sur 360°
- 1 analyseur en monture rotative graduée au 1° sur 360°
- 1 filtre coloré vert en verre, en bague magnétique pour ajout à la sortie de la lanterne LED
- 1 luxmètre 200000 lux, sur tige, avec résolution 0.1 lux

OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE

Expériences sur les lentilles, la focométrie, l'imagerie et les aberrations

Deux niveaux d'étude

- Introductif (T0111): objets, images, lentilles, miroirs, distances focales, Bessel, autocollimation...
- Avancé (T0112): lentilles minces, lentilles épaisses, plans focaux, aberrations géométriques et chromatiques, distorsion...

① La qualité de l'optomécanique est parfaitement adaptée au Supérieur



Bancs éclairés, pour la prise de note et la lecture des graduations, sans gêner les voisins.

Supports magnétiques, qui permettent une fixatior très rapide des composants tout en les protégeant de la casse.

Stabilité et confort haut de gamme, avec les bancs prismatiques et les patins anti-vibrations

TP OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE SUR BANC OPTIQUE



TP Optique Géométrique et loi des lentilles (Ref : T0111)

- 1 banc prismatique de 2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 5 cavaliers prismatiques standards
- 1 écran blanc métallique 20x20cm
- 1 source blanche LED avec condenseur, dépoli et alimentation
- 2 montures acier pour accueil des bagues magnétiques
- 1 jeu de 6 lentilles et 2 miroirs au diamètre 40mm
- 1 jeu de 3 diaphragmes métalliques
- 1 lettre objet métallique
- 1 objet mire de grossissement
- 8 bagues magnétiques pour lentilles
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences



TP Étude de systèmes optiques épais et aberrations optiques (Ref : T0112)

- 1 banc prismatique de 2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 5 cavaliers prismatiques standards
- 1 écran blanc métallique 20x20cm
- 1 source halogène 12V/75W avec condenseur, dépoli et alim.
- 1 jeu de 3 filtres colorés RVB au diamètre 40mm
- 1 jeu de 6 lentilles et 2 miroirs au diamètre 40mm
- 2 montures acier pour accueil des bagues magnétiques
- 8 bagues magnétiques pour composants diamètre 40mm
- 1 diaphragme à iris
 1 condenseur double démor
- 1 condenseur double démontable en lentilles plan-convexe
- 1 lentille asphérique en monture
- 1 lentille achromatique en monture
- 1 système épais de 2 lentilles achromatiques
- 1 monture double face pour assemblage de 2 lentilles accolées
- 1 dispositif de Galilée pour assemblage de 2 lentilles non accolées
- 1 jeu d'objets et de mires calibrées, grille, micromètres etc.
- 1 caméra CMOS 8MP pour visualisation et traitement des images
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

FOCOMÉTRIE AVEC SYSTÈMES DE VISÉE

MÉTHODES DE MESURE DE DISTANCES FOCALES PAR DES INSTRUMENTS D'OPTIQUE

- Réglage d'une lunette de visée à l'infini
- Réglage d'un collimateur à l'infini
- Réalisation du pointage des plans focaux d'un système optique à étudier
- Utilisation et application de la méthode de Corni
- Création d'un viseur à frontale fixe

(1) Les principales expériences de focométrie regroupées dans un seul Kit



Lunette de visée polyvalente :

Transformable en lunette à l'infini ou en viseur à distance finie.

Collimateur cible:

Pour bien différencier le réticule provenant du collimateur de celui provenant de la lunette de visée.

Réglages stables et précis :

Avec nos systèmes de pignon-crémaillères, les réglages sont confortables, stables et précis, pour des mesures réussies.

Éléments additionnels permettant de compléter le champ d'expériences :

- Lunette autocollimatrice pour étude de l'autocollimation
- Viseur à frontale fixe pour réalisation de pointages à distance finie
- Systèmes optiques épais d'étude : objectif d'appareil photo à étudier...

TP FOCOMÉTRIE AVEC SYSTÈMES DE VISÉE

TP Focométrie avec systèmes de visée (Ref : T0114)

- 1 banc prismatique de 2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 4 cavaliers prismatiques standards
- 1 cavalier prismatique à réglage latéral
- 1 cavalier prismatique à réglage vertical
- 1 lunette de visée, à réglage par crémaillère
- 2 bonnettes f+100 et f+200mm pour transformation de lunette en viseur à distance finie
- 1 collimateur à réticule cible, à réglage par crémaillère
- 1 lanterne LED à focalisation réglable
- 1 jeu de 6 lentilles de précision et 2 miroirs diamètre 40mm
- 6 supports aluminium à contrebague
- 1 écran blanc métallique 20x20cm
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

Accessoires optionnels

- Lunette autocollimatrice à éclairage LED, version supérieure
- Viseur standard à frontale fixe 15cm



INSTRUMENTS D'OPTIQUE

RÉALISATION D'INSTRUMENTS D'OPTIQUE SUR BANC

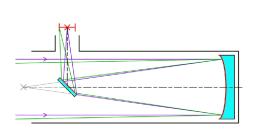
- Microscope (T0113)
- Lunette astronomique (T0113)
- Lunette de Galilée (T0113)

- Télescope de Newton (T0114)
- Œil fictif (T0114)
- Loupe (T0113/T0114)

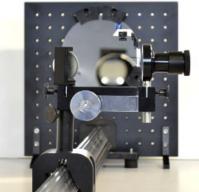
© Idéal pour appréhender les principes de fonctionnement d'instruments d'observations / Optiques de diamètre 80 mm

Expériences réalisables :

- Construction de divers instruments d'optique, sur banc
- Différences entre microscope, lunette de Galilée et lunette astronomique
- Notions d'objectifs et d'oculaires
- Notions d'objets et images à l'infini, de systèmes afocaux, de grandissement
- Réalisation d'un télescope de Newton avec bancs perpendiculaires
- Réalisation d'un œil fictif





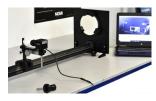


TP INSTRUMENTS D'OPTIQUE SUR BANC



TP Instruments d'optique : Lunettes et Microscope (Ref : T0113)

- 1 banc prismatique de 2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 6 cavaliers prismatiques standards
- 1 source 12V/75W avec condenseur, dépoli et alimentation
- 5 supports en aluminium pour grande lentille de diamètre 80mm
- 1 jeu de 5 lentilles au diamètre 80mm, dont 1 divergente
- 1 diaphragme à iris
- 1 mire 4 en 1, pour étude du grossissement
- 1 écran blanc métallique 20x20cm
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences



TP Instruments d'optique : Télescope de Newton (Ref : T0115)

- 1 banc prismatique de 2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 4 cavaliers prismatiques standards
- 1 dispositif d'écartement réglable
- 1 oculaire en monture sur tige
- 1 caméra haute résolution 8MP sur tige avec objectif variable
- 1 source halogène 12V/75W avec condenseur et alimentation
- 1 miroir sphérique f+750mm, diamètre 150mm avec monture à poser
- 1 miroir plan 45° avec support sur tige
- 1 lentille au diamètre 80mm, en monture sur tige
- 1 diaphragme à iris
- 1 objet dépoli diamètre 80mm
- 1 lettre objet métallique diamètre 80mm en bague métallique
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

INSTRUMENTS D'OPTIQUE

ÉTUDE DE L'APPAREIL PHOTO

Deux façons d'aborder le sujet

- En réalisant votre propre appareil photo réflex à partir d'un kit éclaté (T0117), l'objectif étant plutôt d'étudier le système optique en lui-même et les propriétés géométriques associées.
- En utilisant un Appareil Photo Numérique (APN) du commerce (T0118) pour une étude plus exhaustive de l'image numérique et des paramètres qui influent sur les propriétés et la qualité de l'image.
- © Étude d'un système réel ou «éclaté» pour mieux comprendre le fonctionnement d'un accessoire de la vie quotidienne

Expériences réalisables avec l'appareil photo reflex éclaté (T0117) :

- Lentilles pour simuler un téléobjectif
- Réalisation d'un objectif grand angle
- Cage d'APN en plexiglas avec miroir rotatif
- Pentaprisme pour chemin viseur
- Système de viseur à lentille oculaire
- Écran dépoli pour simulation du capteur
- Diaphragme à iris pour étude de l'ouverture

Expériences réalisables avec l'APN du commerce (T0118):

- Étude de l'objectif en tant que système optique
- Étude optique de l'APN : Grandissement, Angle de Champ
- Étude photographique d'un APN : Ouverture, Temps de pose, Mise au point
- Étude du capteur CMOS : Taille d'un Pixel, Norme ISO, Sensibilité, Résolution, Pouvoir séparateur
- Étude d'une image numérique : Couleurs RVB, Restitution des teintes, Conversion numérique

TP APPAREIL PHOTO SUR BANC



TP Réalisation d'un appareil photo pédagogique sur banc (Ref : T0117)

- 1 banc prismatique de 2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 6 cavaliers prismatiques standards
- 1 écran blanc métallique 20x20cm
- 1 source lumineuse avec lettre objet métallique
- 1 jeu de lentilles pour réalisation de différents objectifs
- 3 montures de lentilles avec bagues magnétiques
- 1 diaphragme à iris
- 1 kit appareil photo éclaté, avec pentaprisme, miroir, oculaire...
- 1 écran dépoli
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences



TP Étude et caractérisation d'un APN du commerce (Ref : T0118)

- 1 banc prismatique de 2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 4 cavaliers standards
- 1 appareil APN Bridge sur tige, 18MP ou +, avec zoom optique 60x
- 1 écran métallique avec mire de résolution
 1 écran avec règle graduée pour profondeu
- 1 écran avec règle graduée pour profondeur de champ
- 1 jeu de 3 filtres colorés RVB bagués
- 1 monture acier, sur tige
- 1 mire de calibration et d'étude du grossissement 4 en 1
- 1 support porte lame/mire/filtres
- 1 valise de rangement + 1 notice d'expériences

DIFFRACTION ET INTERFÉRENCES

DIFFRACTION PAR UNE FENTE, UN FIL, UN TROU, UN TRIANGLE. INTERFÉRENCES D'YOUNG PAR BI-FENTES, BI-TROUS...

Différents niveaux de TP, sans système d'acquisition :

- Introduction (T0211/T0212) : Diffraction et interférences au laser, par un fil, par une fente, par des bifentes, par un réseau de diffraction
- Complet (70214) : Diffraction et interférences par diverses mires (fils, fentes, bifentes, trous et trous d'Young. Étude de l'influence de la longueur d'onde.
- © La qualité de la source et des jetons de diffraction permettent une étude des phénomènes dans les meilleures conditions

Avantages:

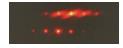
- Système de jetons magnétiques rotatifs : très pratique ! Alignez une fois puis tournez le jeton pour faire défiler les obstacles.
- Jetons de diffraction chromés : sans compromis sur la qualité ! Haute précision, haut contraste, haute résistance à la chaleur.
- Grande variété et quantité d'obstacles utiles et originaux, de la fente simple au triple trous, en passant par le trou de serrure, le triangle, les fentes multiples...
- Banc prismatique de précision avec éclairage rasant pour prendre facilement des notes dans le noir : le meilleur du confort et de la praticité!

Diodes Laser de qualité supérieure :

- Symétrie circulaire et homogénéité du faisceau comparables à celles des Lasers He-Ne : nos diodes Lasers intègrent un dispositif unique d'épuration et de mise en forme de faisceau.
- Faisceau issu d'une diode Laser avec extenseur : diode standard (à gauche) / diode qualité sup. (à droite).



- Exemple de figure de diffraction d'un réseau, observée à 3m : diode standard (en haut) / diode qualité sup. (en bas).



TP OPTIQUE ONDULATOIRE: DIFFRACTION ET INTERFÉRENCES

TP Diffraction par une fente et un fil (Ref : T0211)

- 1 banc prismatique de 1,2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 3 cavaliers prismatiques standards
- 1 diode laser rouge 650nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation
- 1 écran blanc métallique 20x20cm
- 1 monture acier avec bague magnétique rotative
- 1 jeton diamètre 40mm chromé : 7 fentes et 7 fils de diffraction
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

TP Diffraction et Interférences d'Young, au laser (Ref : T0212)

- 1 banc prismatique de 2 m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 3 cavaliers prismatiques standards
- 1 diode laser rouge 650nm 1 mW à symétrie circulaire, alimentation
- 1 écran blanc spécial diffraction, avec règle graduée 40x10cm
- 1 monture acier avec 2 bagues magnétiques rotatives
- 1 jeton diamètre 40mm chromé : 7 fentes et 7 fils de diffraction
- 1 jeton diamètre 40mm chromé : 7 bi-fentes et fentes multiples
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

TP Complet sur la diffraction et les interférences au laser (Ref : T0214)

- 1 banc prismatique de 2 m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 1 cavalier prismatique standard
- 1 cavalier prismatique à translation latérale
- 1 cavalier prismatique à translation verticale
- 1 diode laser rouge 650nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation
- 1 diode laser verte 532nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation
- I diode laser bleu 450nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation
- 1 support de diode laser à réglage d'orientation X-Y
- 1 écran blanc spécial diffraction, avec règle graduée 40x10cm
- 1 monture sur tige, en acier avec 4 bagues magnétiques
- 1 jeton diamètre 40mm chromé : 7 fentes et 7 fils de diffraction
- 1 jeton diamètre 40mm chromé: 7 bi-fentes et fentes multiples
 1 jeton diamètre 40mm chromé: réseau double 12 tr et 50 tr/mm
- 1 jeton diamètre 40mm chromé : trous, trous d'Young, obstacles divers
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences



DIFFRACTION ET INTERFÉRENCES

Relevés d'intensité d'une figure de diffraction ou d'interférences

Deux techniques possibles

• Avec une barrette CCD/CMOS (T0213):

Plus rapide, mais faible dynamique de sensibilité

• Avec une photodiode motorisée (T0215) :

Plus long, mais grande qualité d'acquisition

© Gagnez du temps et de la précision sur les mesures grâce à des systèmes d'acquisitions et d'exploitations des figures observées

Avantages de la barrette CCD:

- Rapide : L'acquisition s'effectue en temps réel, il est possible d'optimiser l'alignement de sa figure pendant l'acquisition.
- Compact : La largeur de la barrette CCD n'étant que de quelques cm, il n'est donc pas nécessaire de trop étaler la figure de diffraction. La taille des pixels étant de l'ordre de 8µm, la résolution reste correcte même si la figure est de petite dimension.
- En revanche, les barrettes CCD saturent facilement et leur dynamique est faible, rendant difficile le relevé complet d'une figure de diffraction.

Avantages de la photodiode THD:

- Pilotable : Associée à la platine de translation motorisée et au logiciel dédié, le signal mesuré est relié à la position de la photodiode.
- Rapport signal/bruit : La photodiode THD est capable d'acquérir des signaux de luminosités très différentes. Sa très grande dynamique permet donc l'acquisition complète d'une figure de diffraction avec le lobe principal et une dizaine de lobes secondaires.
- En revanche, cette technique nécessite une mise en œuvre plus exigeante en terme de place et d'alignement.

TP OPTIQUE ONDULATOIRE: DIFFRACTION ET INTERFÉRENCES AVEC SYSTÈMES D'ACQUISITION



TP Diffraction avec une barrette CCD (Ref : T0213)

- 1 banc prismatique de 2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
 - 1 cavalier prismatique standard
- 1 cavalier prismatique à translation latérale
- 1 cavalier prismatique à translation verticale
- 1 barrette CCD-CMOS 3648pixels
- 1 jeu de filtres atténuateurs adaptables sur la caméra
- 1 diode laser rouge 650nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation
- 1 diode laser verte 532nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation
- 1 diode laser bleu 450nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation
- 1 support de diode laser à réglage d'orientation X-Y
 1 écran blanc spécial diffraction, avec règle graduée 40x10cm
- 1 monture sur tige, en acier avec 4 bagues magnétiques
- 1 jeton diamètre 40mm chromé : 7 fentes et 7 fils de diffraction
- 1 jeton diamètre 40mm chromé : 7 bi-fentes et fentes multiples
- 1 jeton diamètre 40mm chromé : réseau double 12 tr et 50 tr/mm
- 1 jeton diamètre 40mm chromé : trous, trous d'Young, obstacles divers
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences



TP Diffraction avec une photodiode et motorisation (Ref : T0215)

- 1 banc prismatique de 1,2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 1 platine de translation pilotable avec logiciel dédié
- 1 support élévateur de précision
- 1 cavalier prismatique à translation latérale
- 1 cavalier prismatique à translation verticale
- 1 photodiode THD avec interface
- 1 diode laser rouge 650nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation
- 1 diode laser verte 532nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation
- 1 diode laser bleu 450nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation
- 1 support de diode laser à réglage d'orientation X-Y
- 1 écran blanc spécial diffraction, avec règle graduée 40x10cm
- 1 monture sur tige, en acier avec 4 bagues magnétiques
- 1 jeton diamètre 40mm chromé : 7 fentes et 7 fils de diffraction
- 1 jeton diamètre 40mm chromé : 7 bi-fentes et fentes multiples
- 1 jeton diamètre 40mm chromé : réseau double 12 tr et 50 tr/mm
 1 jeton diamètre 40mm chromé : trous, trous d'Young, obstacles divers
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

INTERFÉRENCES DES ONDES LUMINEUSES

ÉTUDE DES PHÉNOMÈNES DE DIFFRACTION ET D'INTERFÉRENCES

Plusieurs niveaux de TP, fournis avec documentation

• Interférences **localisées** : Anneaux de Newton (T0222)

La mesure des rayons de ces anneaux permet de déterminer la longueur d'onde d'une radiation ainsi que le rayon de courbure d'une lentille plan-convexe • Interférences **non localisées** : Fentes d'Young, Miroir de Fresnel, Biprisme de Fresnel (T0221 et T0222)

Ces dispositifs forment des interférences sur un champ étendu, à partir d'une source unique.

🙂 Le banc avec accouplement goniométrique ouvre de nouveaux champs d'études dont certains sont exploités ci-dessous

Expériences réalisables :

- Réaliser quelques expériences avec des dispositifs interférentiels classiques tels que les fentes d'Young, le miroir et le biprisme de Fresnel (T0221/T0222).
- Mesurer l'interfrange pour en déduire par exemple l'indice du milieu du Biprisme ou de l'angle au sommet de celui-ci (T0221/T0222).
- Après étalonnage avec une source monochromatique connue (Sodium), utiliser les dispositifs d'interférences pour mesurer les longueurs d'onde d'autres sources (T0222).
- Différentiation entre interférences localisées et non localisées (T0222).
- La mesure des rayons des anneaux permet de déterminer la longueur d'onde d'une radiation inconnue ainsi que le rayon de courbure d'une lentille plan-convexe (T0222).



TP INTERFÉRENCES PAR DIVISION DU FRONT D'ONDE

TP Interférences par division du front d'onde (Ref : T0221)

- Bancs prismatiques de 0,60 + 1,20 m avec accouplement goniométrique
- 1 système avec éclairage rasant
- 3 cavaliers prismatiques standards
- 1 cavalier prismatique à réglage latéral et vertical
- 1 système de biprisme de Fresnel, en monture, avec réglage de rotation
- 1 système de miroirs de Fresnel, en monture, avec réglages
- 1 jeton diamètre 40mm chromé avec fentes et 4 paires de fentes d'Young en monture
- 1 lentille de projection f+150mm diamètre 80mm, en monture
- 1 diode laser verte 532nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation et objectif extenseur
- 1 écran blanc métallique 20x20cm
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences



TP Complet sur les interférences localisées et non localisées (Ref : T0222)

- Bancs prismatiques de 0,60 + 1,20 m avec accouplement goniométrique
- 1 système avec éclairage rasant
- 3 cavaliers prismatiques standards
- 1 cavalier prismatique à réglage latéral et vertical
- 1 système de biprisme de Fresnel, en monture, avec réglage de rotation
- 1 système de miroirs de Fresnel, en monture, avec réglages
- 1 système d'anneaux de Newton, en monture, avec réglages
- 1 jeton diamètre 40mm chromé avec fentes et 4 paires de fentes d'Young en monture
- 1 lentille de projection f+150mm diamètre 80mm, en monture
- 1 diode laser verte 532nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation et objectif extenseur
- 1 lampe spectrale sodium+mercure avec alimentation
- 1 condenseur double
- 1 jeu de 3 filtres interférentiels, raies du mercure, diamètre 40mm, en monture
- 1 écran métallique 20x20cm
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

12

INTERFÉRENCES DANS UN GRAIN DE SPECKLE

Speckle et Interférences d'Young sont obtenus à l'aide de fibres optiques pour des expériences originales

- Un objet diffusant éclairé en lumière cohérente génère un système d'interférences dans l'espace appelé speckle en anglais ou granularité laser en français
- La figure de speckle contient des informations multiples sur l'objet : état de surface, forme, déformation, phase...
- L'idée des expériences proposées sur cette page est d'exploiter ces propriétés pour réaliser plusieurs montages interférométriques simples à régler et permettant d'identifier et mesurer quelques caractéristiques optiques comme la cohérence spatiale



Expériences originales : Interférences à l'aide de fibres optiques

La même source laser est injectée dans deux fibres. En sortie, les deux cônes de lumière vont interférer entre eux.

Avec une caméra CMOS sans objectif et un filtre interférentiel adapté à la source utilisée, il est possible d'observer la figure obtenue dans la zone de coïncidence.

La figure de Speckle reste identique, même si l'un des deux faisceaux est occulté. Cela montre la cohérence de la source utilisée.

Avec le dispositif des fibres d'Young, dans le champ coïncident, un système de franges s'est formé à l'intérieur de chaque grain de Speckle et l'interfrange observée est directement liée à l'écartement 'e' entre les deux sorties de fibres.

La taille des pixels de la caméra étant connue, il est possible de déterminer l'interfrange en μm et au final de vérifier les formules de Young.

TP INTERFÉRENCES DES ONDES LUMINEUSES À L'AIDE DE FIBRES OPTIQUES



TP Interférences d'Young dans un grain de speckle (Ref : T0228)

- 1 banc prismatique de 1,2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 3 cavaliers standards prismatiques
- 1 cavalier prismatique à réglage latéral et vertical
- 2 dispositifs fibrés d'interférences d'Young, avec des écartements différents
- 1 lentille de projection diamètre 40mm, f+100mm, en monture
- 1 diode laser verte 532nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation et objectif extenseur
- 1 filtre interférentiel 532nm pour caméra
- 1 caméra CMOS Haute résolution, sur tige
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences



TP Étude de la cohérence spatiale de sources très cohérentes (Ref : T0229)

- 1 banc prismatique de 1,2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 3 cavaliers prismatiques standards
- 1 cavalier prismatique à réglage latéral et vertical
- 1 dispositif fibré d'interférences d'Young, sans différence de marche
- 2 dispositifs fibrés d'étude de la cohérence, avec plusieurs différences de marche
- 1 lentille de projection diamètre 40mm, f+100mm, en monture
- 1 diode laser rouge 635nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation et objectif extenseur
- 1 laser He-Ne rouge 632.8nm 1mW, avec alimentation et objectif extenseur
- 1 caméra CMOS Haute résolution, sur tige
- 1 filtre interférentiel 633nm pour caméra
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

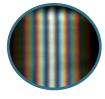
INTERFÉRENCES EN LUMIÈRE BLANCHE

Expériences historiques - Deux configuration : en projection ou visée directe

- Interférences en lumière blanche par des fentes d'Young (T0226) en projection sur un écran.
- Interférences en lumière blanche par un biprisme de Fresnel (T0227) en visée directe avec un viseur à oculaire de Fresnel.
- 🙂 Pour aller plus loin sur cette thématique et étudier de nouveaux phénomènes apparaissant en lumière polychromatique

Pour pouvoir visualiser des interférences en lumière blanche, il est nécessaire d'avoir :

- Une lampe halogène de bonne puissance munie d'un condenseur
- Une fente réglable ou un diaphragme à iris pour obtenir une source ponctuelle
- Un dispositif d'interférences (biprisme ou bifente) pour obtenir deux sources ponctuelles cohérentes
- Des lentilles pour améliorer si nécessaire la projection de la figure d'interférences
- Un écran d'observation ou un viseur à oculaire micrométrique pour observation et mesure directe



TP INTERFÉRENCES EN LUMIÈRE BLANCHE

TP Diffraction et Interférences en lumière blanche par fente et bifente (Ref : T0226)

- 1 banc prismatique de 2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
 - 5 cavaliers prismatiques standards
- 1 cavalier prismatique à réglage latéral
- 1 fente réglable de grande dimension
- 1 diaphragme à iris
- 1 monture acier avec 4 bagues magnétiques pour jetons
- 1 jeton diamètre 40mm chromé : 1 fente unique
- 1 jeton diamètre 40mm chromé : 1 bifente unique espacée de 200μm
- 1 jeton diamètre 40mm chromé : 1 bifente unique espacée de 300μm
- 1 jeton diamètre 40mm chromé : 1 bifente unique espacée de 400μm
- 2 lentilles f+200mm/f+300mm diamètre 80mm, en monture 1 source blanche 12V/75W halogène avec condenseur et alimentation
- 1 écran blanc métallique 20x20cm
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences



TP Complet sur les interférences localisées et non localisées (Ref : T0227)

- 1 banc prismatique de 2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 5 cavaliers prismatiques standards
- 1 cavalier prismatique à réglage latéral
- 1 fente réglable de grande dimension
- 1 diaphragme à iris
- 1 biprisme de Fresnel
- 1 monture acier avec 3 bagues magnétiques pour jetons
- 1 jeton diamètre 40mm chromé : 1 bifente unique espacée de 200μm
- 1 jeton diamètre 40mm chromé : 1 bifente unique espacée de 300μm
- 1 jeton diamètre 40mm chromé : 1 bifente unique espacée de 400µm
- 2 lentilles f+200mm/f+300mm diamètre 80mm, en monture
- 1 source blanche 12V/75W halogène avec condenseur et alimentation
- 1 viseur avec oculaire micrométrique
- 1 écran blanc métallique 20x20cm
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

ANNEAUX DE NEWTON

ÉTUDE DES ANNEAUX DE NEWTON

Plusieurs niveaux de TP:

- Introduction (T0223): Visualisation et mesure du rayon des anneaux de Newton, par transmission ou par réflexion, avec une source de sodium.
- Complet (T0224): La source de sodium sert d'étalon pour calculer le rayon de courbure de la lentille plan-convexe, on cherche ensuite à mesurer la longueur d'onde des autres sources fournies (mercure, laser ...)
- Réalisation d'un appareil de Newton (T0225) : Détails cidessous
- © Principes et applications d'un dispositif illustrant le phénomène d'interférences localisées

Expérience originale : réalisation d'un appareil de Newton sur banc

- Une lentille plan-convexe dont on va mesurer le rayon de courbure R, est accolée à une lame plane.
- L'un des bras du banc sert à assembler un dispositif d'éclairage du plan de la lentille avec un faisceau parallèle de lumière monochromatique.
- La lame semi- transparente, inclinée à 45° et orientée vers la source, permet l'éclairement du dispositif sous incidence normale par la source sans gêner l'observation des anneaux.
- Sur l'autre bras du banc, un système de viseur avec oculaire micrométrique est utilisé pour visualiser de façon nette le plan des interférences et réaliser des mesures précises de rayons des anneaux avec le réticule micrométrique.



TP ÉTUDE DES ANNEAUX DE NEWTON



TP Introduction aux anneaux de Newton, au Sodium (Ref : T0223)

- 1 banc prismatique de 1,2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 4 cavaliers prismatiques standards
- 2 pieds en V pour positionnement hors banc
- 1 système d'anneaux de Newton, en monture, avec réglages
- 1 lentille de projection f+150mm diamètre 80mm, en monture
- 1 lampe spectrale Sodium avec alimentation
- 1 condenseur double
- 1 écran blanc métallique 20x20cm
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

TP Étude complète des anneaux de Newton, avec différentes sources (Ref : T0224)

- 1 banc prismatique de 1,2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 3 cavaliers prismatiques standards
- 1 cavalier prismatique à réglage latéral et vertical
- 2 pieds en V pour positionnement hors banc
- 1 système d'anneaux de Newton, en monture, avec réglages
- 1 lentille de projection f+150mm diamètre 80mm, en monture
- 1 diode laser verte 532nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation et objectif extenseur
- 1 lampe spectrale sodium+mercure avec alimentation
- 1 condenseur double
- 1 jeu de 3 filtres interférentiels, raies du mercure, diamètre 40mm, en monture
- 1 écran blanc métallique 20x20cm
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences



TP Réalisation d'un appareil de Newton sur banc (Ref : T0225)

- 1 banc prismatique de 1,2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 3 cavaliers prismatiques standards
- 1 cavalier prismatique à réglage latéral
- 2 pieds en V pour positionnement hors banc
- 1 système d'anneaux de Newton, en monture, avec réglages
- 1 lentille plan-convexe d'étude, de focale inconnue
- 1 lame plane à associer avec la lentille plan-convexe à étudier
- 1 lame séparatrice grande surface R50/T50 avec support
- 1 lunette viseur avec oculaire et réticule micrométrique et bonnettes
- 1 lampe spectrale sodium+mercure avec alimentation
- 1 condenseur double
- 1 diaphragme à iris
- 1 jeu de 3 filtres interférentiels, raies du mercure, diamètre 40mm, en monture
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

OPTIQUE DE FOURIER

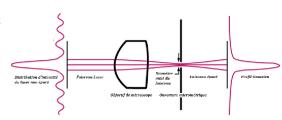
FILTRAGE SPATIAL, STRIOSCOPIE, TRAITEMENT OPTIQUE D'IMAGES

- Filtrage passe bas et passe haut de fréquences spatiales (T0231/T0232/T0233)
- Expérience d'Abbe (T0231/T0233)
- Détramage et Strioscopie (T0232/T0233)

- Fabrication d'un filtre spatial ou épurateur de faisceau laser (T0231/T0233)
- Doublage de fréquence (T0232/T0233)
- Réseau Zoné de Fresnel (T0232/T0233)
- © Pour aller plus loin sur la diffraction, la formation et le traitement d'images / des observations spéctaculaires

Épuration d'un faisceau Laser:

- Avec un laser, la technique la plus simple est de placer un trou métallique de petite dimension (50 ou 100µm) au niveau du waist (point le plus convergent du faisceau laser après que celui-ci ait traversé un objectif de microscope (x10 ou x20)). Cela a pour conséquence de "nettoyer" le faisceau, par contre vous perdez un peu en luminosité car une partie sera diffractée.
- Cette technique est en elle-même une expérience de filtrage spatial.



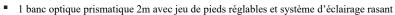
TP FILTRAGE SPATIAL



TP Étude d'un filtre spatial et d'un épurateur de faisceau laser (Ref : T0231)

- 1 banc optique prismatique 2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 4 cavaliers prismatiques standards
- 1 cavalier prismatique à réglage latéral et vertical
- 1 diode laser verte 532nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation
- 1 ensemble de 2 objectifs 10x et 20x
- 1 filtre spatial avec réglage X-Y du pinhole et réglage Z du plan focal de l'objectif
- 1 ensemble de 2 pinholes (50 et 100μm)
- 1 jeu de lentilles en monture
- 1 écran blanc métallique 20x20cm
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

TP Strioscopie et Détramage au laser (Ref : T0232)



- 4 cavaliers prismatiques standards + 2 cavaliers prismatiques à réglage latéral
- 1 cavalier prismatique à réglage latéral et vertical
- 1 diode laser rouge 650nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation et support réglable en X-Y
- 1 objectif achromatique de précision 20x en monture
- 1 fente réglable à ouverture symétrique, sur monture rotative
- 1 jeu de lentilles en monture
- 5 jetons diamètre 40mm pour détramage, strioscopie, réseau zoné, doublage de fréquence...
- 1 ensemble de montures pour les différents éléments ci-dessus
- 1 écran blanc métallique 20x20cm
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences



TP Complet Optique de Fourier et filtrage spatial (Ref : T0233)

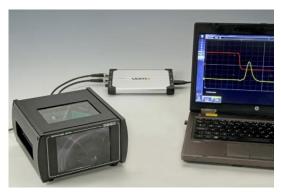
- 1 banc optique prismatique 2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 3 cavaliers prismatiques standards + 3 cavaliers prismatiques à réglage latéral
- 2 cavaliers prismatiques à réglage latéral et vertical
- 1 diode laser verte 532nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation
- 1 ensemble de 2 objectifs 10x et 20x
- 1 filtre spatial avec réglage X-Y du pinhole et réglage Z du plan focal de l'objectif
- 1 ensemble de 2 pinholes (50 et 100μm)
- 1 jeu de lentilles en monture
- 1 diaphragme à iris sur tige
- 5 jetons diamètre 40mm pour détramage, strioscopie, réseau zoné, doublage de fréquence...
- 1 ensemble de montures pour les différents éléments ci-dessus
- 1 écran blanc métallique 20x20cm
- 1 caméra couleur CMOS 8MP
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

VITESSE DE LA LUMIÈRE

Deux méthodes pour la mesure de la vitesse de la lumière

- T0831 Expérience moderne opto-électronique par mesure temps de vol d'une impulsion : ne nécessite pas de longues distances
- T0832 Mesure par modulation HF et déphasage d'un signal lumineux périodique : ne nécessite pas forcément de longues distances, mais les distances importantes améliorent la précision
- © Les 2 systèmes peuvent également être utilisés pour mener des mesures de distance (Télémétrie)

T0831



Mesure de temps de vol:

Des impulsions lumineuses de 15ns sont émises par une LED haute luminosité.

Lorsque ces impulsions arrivent sur le rétro-réflecteur, elles sont renvoyées vers la source, sans nécessiter de réglages fastidieux.

Les impulsions lumineuses qui reviennent frappent une photodiode haute cadence qui les convertit en impulsions électriques observables à l'oscilloscope.

Un signal de synchronisation est disponible pour marquer le moment de l'émission des impulsions et constitue une référence pour la mesure du temps de vol .

T0832



Mesure de déphasage :

Une diode laser modulable 50MHz émet un signal périodique avec une variation très rapide d'intensité lumineuse.

Une photodiode est placée à l'autre extrémité de la paillasse.

Les 2 miroirs permettent d'inclure un aller-retour supplémentaire de trajet. Avec une paillasse de 2m de long, vous aurez ainsi un trajet optique pouvant aller jusqu'à 6m.

Le signal de la photodiode est récupéré sur un oscilloscope à haute bande passante, et synchronisé avec le signal du laser.

On mesure alors le déphasage entre les signaux pour différentes distances et on remonte à la vitesse de la lumière.

TP MESURE DE LA VITESSE DE LA LUMIÈRE



TP Mesure par temps de vol d'une impulsion ultra-courte (Ref : T0831)

- 1 système d'émission d'impulsions lumineuse 15ns
- 1 lame semi réfléchissante pour synchronisation
- 1 photodiode ultrarapide avec sortie BNC
- 1 lentille de fresnel
- 1 écran réflecteur «coin de cube»
- 1 oscilloscope 2 voies 100MHz
- Adaptateur secteur, connectique, mètre ruban
- 1 notice d'expériences



TP Mesure par déphasage d'un signal périodique haute fréquence (Ref : T0832)

- 1 diode laser modulable haute fréquence 50 MHz
- 1 boîtier d'alimentation pour diode HF avec entrée modulation externe
- 4 pieds d'optique en V
- 1 support de diode laser sur tige avec réglage X-Y
- 2 miroirs plans dia.80mm en monture
- 1 photodiode ultrarapide sur tige
- 1 oscilloscope 2 voies 100MHz
- Adaptateur secteur, connectique, mètre ruban...
- 1 notice d'expériences

INTERFÉROMÈTRES DE MICHELSON

Expériences autour des interféromètres de Michelson prémontés compacts

- Idéal pour les TP élèves
- Compact et économique

- Utilisable avec tout type de sources
- Fonctionnement habituel des réglages

Excellent rapport qualité/pédagogie/prix

Expériences réalisables :

- Réglage de l'interféromètre en configuration lame d'air à faces parallèles (T0303/306)
- Réglage de l'interféromètre en configuration coin d'air (T0303/306)
- Interférences localisées sur un plan ou à l'infini, franges d'égale épaisseur (T0303/306)
- Mesure de la longueur d'onde d'une source monochromatique (T0303/306)
- Interférences avec différentes sources et notion de cohérence spatiale (T0303)
- Interférences en lumière blanche, teintes de Newton, blanc d'ordre supérieur (T0303)
- Étalonnage et mesure de la démultiplication du système de translation du miroir mobile (T0306)
- Mesure de l'épaisseur et/ou de l'indice d'une lame très mince (option)
- Mesure précise de l'indice de l'air par dépression dans une enceinte (option)

TP INTERFÉROMÈTRES DE MICHELSON D'ENTRÉE DE GAMME



TP Interféromètre de Michelson Compact au laser (Ref : T0306)

- 1 interféromètre de Michelson compact
- 1 diode laser rouge 650nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation, extenseur 4x
- 1 système rotatif de mesure d'une lame mince
- 1 lentille de projection en monture
- 3 pieds d'optique de hauteur adaptée
- 1 écran blanc métallique 20x20cm
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences



TP Interféromètre de Michelson, modèle étudiant (Ref: T0303)

- 1 interféromètre de Michelson étudiant
- 1 diode laser rouge 650nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation, extenseur 4x
- 1 lampe spectrale Sodium-Mercure E27 avec alimentation
- 1 lanterne LED équiv. 40W avec réglage de collimation et alimentation
- 1 condenseur double
- 1 diaphragme à iris
- 2 lentilles de projection en monture
- 4 pieds d'optique de hauteur adaptée
- 1 écran blanc métallique 20x20cm
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences + 1 poster pédagogique

Accessoires optionnels

- Vernier numérique 1μm Mitutoyo (seulement sur modèle étudiant)
- Kit mesure de l'indice de l'air avec enceinte à vide 40mm et pompe manuelle à dépression
- Kit étude de l'épaisseur de lames minces, sur plateforme rotative
- Pack de 3 filtres interférentiels raies du Mercure 436 + 546 + 578nm, diamètre 40mm
- Condenseur double modulaire sur tige

INTERFÉROMÈTRES DE MICHELSON

Expériences autour de l'interféromètre de Michelson à grandes optiques

- Idéal pour les TP cours
- Grande luminosité: miroirs diamètre 40mm séparatrice diamètre 80mm
- Facilité de réglage : vis de précision, réglages centrés X-Y
- Oualité optique supérieure : planéité lambda/20
- Grande stabilité : marbre en acier, plots anti-vibrations, poids 20kg
- © La référence pour l'enseignement supérieur : optiques et optomécaniques de grande qualité

Expériences réalisables :

- Réglage de l'interféromètre en configuration lame d'air à faces parallèles (T0310/0311)
- Réglage de l'interféromètre en configuration coin d'air (T0310/0311)
- Interférences localisées sur un plan ou à l'infini, franges d'égale épaisseur (T0310/0311)
- Interférences avec différentes sources et notion de cohérence spatiale (T0310/0311)
- Interférences en lumière blanche, teintes plates et de Newton, blanc d'ordre supérieur (T0310/0311)
- Mesure de la longueur d'onde d'une source monochromatique (T0310/0311)
- Mesure de l'épaisseur et/ou de l'indice d'une lame très mince (T0310)
- Mesure précise de l'indice de l'air par dépression dans une enceinte (T0310)
- Étude des anti-coïncidences du sodium et détermination du doublet (T0310)
- Analyse de sources lumineuses par spectrométrie de Fourier (T0310)

TP INTERFÉROMÈTRES DE MICHELSON HAUTE LUMINOSITÉ SUR MARBRE



TP Réglage et étude d'un interféromètre de Michelson (Ref : T0311)

- 1 interféromètre de Michelson haute luminosité non motorisé
- 1 diode laser rouge 650nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation, extenseur 4x
- 1 lampe spectrale Sodium-Mercure E27 avec alimentation
- 1 lanterne blanche Haute-luminosité 12V/75W avec alimentation
- 1 condenseur double
- 1 diaphragme à iris
- 2 lentilles de projection en monture
- 3 pieds d'optique de hauteur adaptée
- 1 grand écran 60x40cm avec pieds, à poser sur la table
- 1 housse de protection
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences + 1 poster pédagogique



TP Complet étude et applications du Michelson (Ref : T0310)

- 1 interféromètre de Michelson haute luminosité **motorisé**
- 1 module de spectrométrie de Fourier avec logiciel dédié
- 1 photodiode amplifiée sur tige
- 1 diode laser rouge 650nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation, extenseur 4x
- 1 lampe spectrale Sodium-Mercure E27 avec alimentation
- 1 lanterne blanche Haute-luminosité 12V/75W avec alimentation
- 1 condenseur double
- 1 diaphragme à iris
- 2 lentilles de projection en monture
- 3 pieds d'optique de hauteur adaptée
- 1 grand écran 60x40cm avec pieds, à poser sur la table
- 1 système rotatif de mesure d'une lame mince
- 1 kit mesure de l'indice de l'air avec enceinte à vide 40mm et pompe manuelle à dépression
- 1 housse de protection
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences + 1 poster pédagogique

Accessoires optionnels

- Vernier numérique 1μm Mitutoyo
- Kit mesure de l'indice de l'air avec enceinte à vide 40mm et pompe manuelle à dépression
- Kit étude de l'épaisseur de lames minces, sur plateforme rotative
- Pack de 3 filtres interférentiels raies du Mercure 436 + 546 + 578nm, diamètre 40mm
- Condenseur double modulaire sur tige

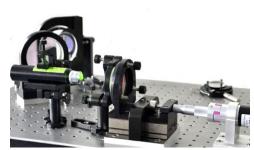
INTERFÉROMÉTRIE SUR TABLE OPTIQUE

Ensemble complet et polyvalent pour la réalisation de multiples montages interférométriques

- Avec les ensembles Poly-Interférométrie, tous les éléments sont fournis pour élaborer et comparer différentes configurations d'interféromètres, analyser les atouts et défauts, influer sur la luminosité et la longueur des chemins optiques ou encore étudier différentes méthodes de compensation d'un retard optique.
- La qualité des optiques et la stabilité des fixations du breadboard vous permettent aussi d'envisager de fixer votre interféromètre de façon quasi-définitive avec la possibilité de l'utiliser en lumière polychromatique et de réaliser de nombreuses expériences applicatives et originales.
- © Ensemble modulaire et modulable au service d'une pédagogie adaptée à tous les besoins

Construire son propre interféromètre :

- Interféromètre de Michelson : Composé de deux miroirs réglables dont l'un translatable et d'une lame séparatrice. C'est l'interféromètre le plus connu et facile à construire, le chemin optique d'un des bras est modifiable avec précision.
- Interféromètre de Mach-Zehnder: Composé de deux miroirs réglables et de deux lames séparatrices. Conception basée sur deux bras indépendants, sans aller-retour. Le chemin optique est délicat à modifier.
- Interféromètre de Fabry-Pérot : Composé de deux miroirs de réflectivité 95% dont l'un réglable et translatable. Basé sur les interférences à ondes multiples, il possède la plus grande finesse et permet des analyses spectrales.
- Interféromètre Holographique : Composé de deux miroirs réglables et d'une lame séparatrice. Les interférences sont produites au sein d'une plaque holographique.



ENSEMBLES POLY-INTERFÉROMÉTRIE

TP Poly-Interférométrie: Michelson + Mach Zenhder (Ref: T0330)

- 1 table optique à nid d'abeille (Breadboard) 60x45x5 cm
- 2 lames séparatrices diamètre 50mm en monture X-Y
- 1 couple lame séparatrice+compensatrice diamètre 50 en monture accolée avec réglage de parallélisme
- 2 miroirs diamètre 40mm de planéité lambda/20 en monture X-Y
- 1 chariot de translation microguidée à vernier micrométrique 0.01mm
- 1 diode laser verte 532nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation, extenseur 4x
- 1 lanterne LED à collimation réglable
- 2 lentilles de projection en monture avec pied magnétique
- 1 écran sur pied magnétique + 1 valise de rangement + 1 notice d'expériences

Complément TP Fabry-Pérot (Ref: T0332)

- nécessite l'ensemble poly-interférométrie T0330 -
- 2 miroirs de Fabry-Pérot R95%, planéité lambda/10, diamètre 50 en monture réglable
- 1 adaptateur pour montage d'un des miroirs sur chariot de translation
- 1 lampe spectrale sodium avec alimentation et pied support pour placement hors-table
- 1 condenseur avec pied support

Complément TP Holographie (Ref : T0333)

nécessite l'ensemble poly-interférométrie T0330 -

- 1 laser He-Ne 632.8nm 5mW avec support
- 2 paires de lunettes de sécurité
- 1 lame séparatrice 30/70 avec monture et pied magnétique
- 1 plateau porte-objets sur tige, avec monture et pied magnétique
- 1 jeu de plaques holographiques, avec produits révélateurs et blanchisseurs

Option Motorisation Pilotable (Ref : T0334)

■ 1 platine long trajet motorisée, avec interface de pilotage et pièce d'adaptation pour miroir

TEL: +33 (0)3 82 20 81 07 FAX: +33 (0)3 82 46 75 78

- 1 photodiode amplifiée sur tige
- 1 logiciel d'interfaçage, de synchronisation et d'acquisition

20

INTERFÉROMÉTRIE DE MICHELSON

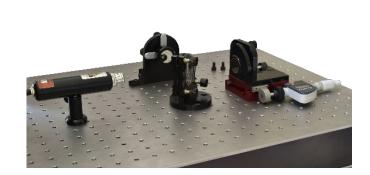
Au plus proche des montages industriels et de recherche, tout en restant pédagogique

Liberté : Explorez différents montages, allongez les bras de l'interféromètre ou bien réalisez le au plus compact pour une meilleure luminosité, c'est vous qui choisissez.

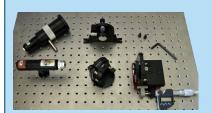
Stabilité : La référence des tables d'optique en terme de stabilité et de rigidité.

Praticité : Magnétisme et serrage M6, permettant de modifier le montage tout en gardant une bonne stabilité.

Modularité: Les composants et réglages sont optimisés pour être utilisés dans le plus de cadres possibles.



TP INTERFÉROMÈTRES DE MICHELSON SUR TABLE OPTIQUE (BREADBOARD)



TP Michelson à petits miroirs, sur Breadboard (Ref : T0305)

- 1 interféromètre de Michelson Petites Optiques sur table optique 60x45x5 cm
- 1 ensemble de pieds magnétique
- 1 source blanche LED à collimation réglable
- 1 diode laser rouge 650nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation, extenseur 4x
- 1 lentille diamètre 40mm de projection et pied magnétique
- 1 écran blanc sans tige avec pied magnétique porte écran
- 1 notice d'expériences + 1 poster pédagogique



TP Michelson à grands miroirs, sur Breadboard (Ref : T0315)

- 1 interféromètre de Michelson Grandes Optiques sur table optique 60x45x5 cm
- 1 ensemble de pieds magnétiques
- 1 diode laser rouge 650nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation, extenseur 4x
- 1 lampe spectrale Sodium-Mercure E27 avec alimentation
- 1 lanterne blanche Haute-luminosité 12V/75W avec alimentation
- 1 condenseur double
- 1 diaphragme à iris
- 2 lentilles de projection en monture
- 1 grand écran blanc à poser, 60x40cm
- 1 système rotatif de mesure d'une lame mince 1 kit mesure de l'indice de l'air avec cuve à vide
- 1 notice d'expériences + 1 poster pédagogique



TP Spectrométrie de Fourier au Michelson, sur Breadboard (Ref : T0316)

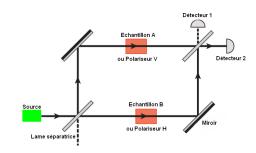
- 1 interféromètre de Michelson Grandes Optiques sur table optique 60x45x5 cm
- 1 ensemble de pieds magnétiques
- 1 motorisation pilotable avec couplage Oldham
- 1 interface de mesure et synchronisation avec logiciel d'acquisition et export
- 1 photodiode amplifiée sur tige
- 1 diode laser rouge 650nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation, extenseur 4x
- lampe spectrale Sodium-Mercure E27 avec alimentation
- 1 lanterne blanche Haute-luminosité 12V/75W avec alimentation
- 1 condenseur double
- 1 diaphragme à iris
- 2 lentilles de projection en monture
- 1 grand écran blanc à poser, 60x40cm
- 1 système rotatif de mesure d'une lame mince
- kit mesure de l'indice de l'air avec cuve à vide 1 notice d'expériences + 1 poster pédagogique

INTERFÉROMÈTRES DE MACH-ZEHNDER

Une variante de l'interférométrie à deux ondes

L'approche expérimentale de la dualité onde-corpuscule :

- Cette application développée pour un niveau Master est basée sur l'interféromètre de Mach-Zehnder, dont le principe et les applications classiques peuvent être étudiés
- Ce produit est un exemple de notre constante implication dans la recherche de nouvelles solutions ou applications pour permettre une évolution de l'enseignement pratique.



TP INTERFÉROMÈTRES DE MACH-ZEHNDER



TP Mach-Zehnder pré-monté (Ref : T0346)

- 1 interféromètre de Mach-Zehnder prémonté
- diode laser verte 532nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation, extenseur 4x
- 1 support réglable X-Y pour diode laser
- 1 lentille de projection en monture
- 1 écran blanc métallique 20x20cm
- 3 pieds d'optique de hauteur adaptée
- 1 notice d'expériences

TP Mach-Zehnder sur Breadboard (Ref: T0347)



- 1 table optique à nid d'abeille (Breadboard) 60x45x5 cm
- 1 ensemble de pieds magnétiques
- 2 miroirs lambda/20 diamètre 40mm avec réglages X-Y de précision
- 2 lames séparatrices lambda/10 diamètre 50mm réglables en X-Y
- 1 diode laser verte 532nm -- 1mW à symétrie circulaire, alimentation, extenseur 4x
- 1 support réglable X-Y pour diode laser
- 1 lentille de projection en monture
- 2 écrans blanc métallique 20x20cm
- 1 pied d'optique de hauteur adaptée
- 1 notice d'expériences

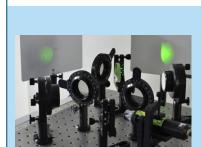




- 1 ensemble de pieds magnétiques
- 2 miroirs lambda/20 diamètre 40mm avec réglages X-Y de précision
- 2 lames séparatrices lambda/10 diamètre 50mm réglables en X-Y
- 3 polariseurs en monture graduée réglable
- 2 photodiodes sur tige
- 1 diode laser verte 532nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation, extenseur 4x
- support réglable X-Y pour diode laser
- 2 écrans blanc métallique 20x20cm
- 2 pieds d'optique de hauteur adaptée
- 1 notice d'expériences

Accessoires optionnels

- Diode laser rouge 650nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation, extenseur 4x
- Kit mesure de l'indice de l'air avec enceinte à vide 40mm et pompe manuelle à dépression
- Kit étude de l'épaisseur de lames minces, sur plateforme rotative



INTERFÉROMÈTRES DE FABRY-PÉROT

Interféromètre constitué de deux miroirs plans et parallèles à haut coefficient de réflexion. Son principal atout est son pouvoir de résolution élevé

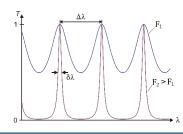
- Coefficient de réflexion 95% offrant un bon compromis entre luminosité et finesse élevée (environ 60).
- Séparation du doublet du sodium
- Séparation des modes d'une laser multimode

© Grâce à son principe et à sa finesse, le Fabry-Pérot ouvre des champs d'applications différents des autres interféromètres

Expériences réalisables :

- Réglage d'un Fabry-Pérot
- Séparation du doublet du Sodium
- Identification du nombre de modes d'une diode laser
- Analyse de filtres interférentiels





Finesse d'un Fabry-Pérot :

La finesse d'un Fabry-Pérot dépend du coefficient de réflexion des miroirs, selon la formule

$$\mathcal{F}pprox rac{\pi\sqrt{F}}{2} = rac{\pi R^{rac{1}{2}}}{1-R}.$$

Les interféromètres de Fabry-Pérot proposé ici ont une finesse d'environ 60, et donc d'une limite de résolution en longueur d'onde de l'ordre du picomètre.

TP INTERFÉROMÈTRES DE FABRY-PÉROT



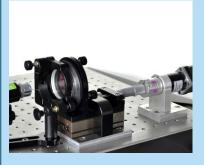
TP Fabry-Pérot pré-monté (Ref: T0341)

- 1 interféromètre de Fabry-Pérot prémonté
- 1 lampe spectrale Sodium E27 avec alimentation
- 1 diode laser verte 532nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation, extenseur 4x
- 1 condenseur double
- 1 lentille de projection en monture
- 1 écran blanc métallique 20x20cm
- 3 pieds d'optique de hauteur adaptée



TP Fabry-Pérot sur Breadboard (Ref: T0342)

- 1 interféromètre de Fabry-Pérot sur table optique 60x45x5cm
- 1 ensemble de pieds magnétiques
- 2 miroirs de Fabry-Pérot R95%, planéité lambda/10, diamètre 50 en monture réglable
- 1 chariot de translation avec vernier micrométrique 0.01mm
- 1 lampe spectrale Sodium E27 avec alimentation
- 1 diode laser verte 532nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation, extenseur 4x
- 1 condenseur double
- 1 lentille de projection en monture
- 1 écran blanc métallique 20x20cm
- 2 pieds d'optique de hauteur adaptée



TP Fabry-Pérot motorisé, sur Breadboard (Ref : T0343)

- 1 interféromètre de Fabry-Pérot sur table optique 60x45x5cm
- 1 ensemble de pieds magnétiques
- 2 miroirs de Fabry-Pérot R95%, planéité lambda/10, diamètre 50 en monture réglable
- 1 platine de translation pilotable avec couplage Oldham
- 1 interface de mesure et synchronisation avec logiciel d'acquisition et export
- 1 photodiode amplifiée sur tige
- 1 lampe spectrale Sodium E27 avec alimentation
- 1 diode laser verte 532nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation, extenseur 4x
- 1 condenseur double
- 1 lentille de projection en monture
- 1 écran blanc métallique 20x20cm
- 2 pieds d'optique de hauteur adaptée

Accessoires optionnels

- Diode laser rouge 650nm- 1mW à symétrie circulaire, alimentation, extenseur 4x
- Pack Lampe spectrale avec ampoule Sodium+Mercure
- Condenseur double modulaire, diamètre 80mm, focale f+75mm

DISPERSION ET GONIOMÉTRIE

ÉTUDE DE LA DISPERSION ET DES SPECTRES. AVEC UN GONIOMÈTRE

- Étude de la dispersion par un prisme
- Étude de la dispersion par un réseau
- Détermination de l'angle limite de réfraction

- Principe de l'autocollimation
- Lecture d'un vernier
- Raies de Balmer (option)

© Excellent rapport qualité/pédagogie/prix



Principe de l'autocollimation (T0421/T0422):

La lunette autocollimatrice est constituée d'un objectif, d'un oculaire et d'un réticule, avec en plus une lame semiréfléchissante. Elle permet d'éclairer si nécessaire, le réticule à l'aide d'une source LED auxiliaire, sans empêcher le passage de la lumière directe par l'oculaire classique.

On pointe à la lunette la direction normale à la face d'un prisme ou d'un miroir d'auto-collimation qui réfléchira en partie la lumière émise par la lampe : le réticule et son image nette doivent se superposer, la lunette est réglée à l'infini. On se sert ensuite de cette lunette à l'infini, pour régler en conséquence le collimateur de fente à l'infini, en ajustant le réglage d'objectif jusqu'à ce que l'image de la fente apparaisse parfaitement nette.

TP GONIOMÉTRIE

TP Dispersion par un prisme et un réseau avec un goniomètre (Ref : T0420)

- 1 goniomètre standard 30 secondes d'arc, à lunette simple
- 2 réseaux PATON de 100 et 300 traits/mm avec support adapté
- 2 prismes équilatéraux Crown et Flint, haut.40mm avec support adapté
- 1 lampe spectrale MercureE27
- 1 loupe éclairante
- 1 poster tableau des spectres + 1 notice d'expériences

TP Réglage d'un goniomètre par autocollimation et dispersion par un prisme et un réseau (Ref · T0421)

- 1 goniomètre standard 30 secondes d'arc, à lunette autocollimatrice
- 2 réseaux PATON de 100 et 300 traits/mm avec support adapté
- 2 prismes équilatéraux Crown et Flint, haut.40mm avec support adapté
- 1 lampe spectrale Mercure et Sodium
- 1 miroir d'autocollimation
- 1 loupe éclairante
- 1 poster tableau des spectres + 1 notice d'expériences

TP Complet étude de la goniométrie et de la dispersion (Ref : T0422)

- 1 goniomètre supérieur à lunette autocollimatrice
- 1 embase rehausseur et stabilisatrice
- 2 réseaux PATON de 300 et 600 traits/mm avec support adapté
- 2 prismes équilatéraux Crown et Flint, haut.40mm avec support adapté
- 1 prisme équilatéral 60°-60°-60° Flint ExtraDense indice 1.72, haut.48mm
- 1 prisme d'étude 58°-60°-62° Flint ExtraDense indice 1.72, haut.48mm
- 1 miroir d'autocollimation
- 1 lampe spectrale Mercure et Sodium
- 1 loupe éclairante
- 1 poster tableau des spectres + 1 notice d'expériences

Accessoire optionnel

■ Pack étude de Balmer, alimentation + 1 tube d'Hélium ou Mercure + 2 tubes d'Hydrogène

TEL: +33 (0)3 82 20 81 07 FAX: +33 (0)3 82 46 75 78

SPECTROGONIOMÉTRIE

Expériences classiques (T0423/0424/0425)

- Manipulation et réglage d'un appareil optique de précision
 Visualisation d'un spectre discontinu

Expériences originales (T0424/0425)

- Étude des raies de Balmer de l'Hydrogène
 Mesure d'angles de prismes spéciaux

- Mesure de l'angle limite de réfraction
- Observation d'un spectre cannelé avec lunette autocollimatrice



Retrouvez le principe d'un réfractomètre d'Abbe en réalisant le montage et les mesures sur un goniomètre



Utilisez la lunette autocollimatrice du goniomètre pour mesurer les franges d'interférences d'un spectre cannelé

TP SPECTROGONIOMÉTRIE



TP Étude des spectres avec un spectrogoniomètre à trépied

- sans 3^{ème} lunette auxiliaire spectroscope (Ref : T0423)
- avec 3^{ème} lunette auxiliaire spectroscope (Ref : T0424)
- 1 goniomètre à trepied avec lunette autocollimatrice
- 2 réseaux PATON de 300 et 600 traits/mm avec support adapté
- 2 prismes équilatéraux Crown et Flint, haut.40mm avec support adapté
- 1 prisme équilatéral 60°-60°-60° Flint ExtraDense indice 1.72, haut.48mm
- 1 miroir d'autocollimation
- lampe spectrale Mercure et Sodium
- 1 loupe éclairante
- 1 poster tableau des spectres + 1 notice d'expériences



TP Complet Spectrogoniométrie, Mesure d'angles, Raies de Balmer, Réfractométrie, Biréfringence (Ref: T0425)

- 1 spectrogoniomètre à trepied avec lunette autocollimatrice et auxiliaire
- 2 réseaux PATON de 300 et 600 traits/mm avec support adapté
- 2 prismes équilatéraux Crown et Flint, haut.40mm avec support adapté
- 1 prisme équilatéral 60°-60°-60° Flint ExtraDense indice 1.72, haut.48mm
- 1 prisme d'étude 58°-60°-62° Flint ExtraDense indice 1.72, haut.48mm
- 1 système à double prisme pour étude du principe du réfractomètre d'Abbe
- 1 miroir d'autocollimation
- 1 pack étude de la biréfringence du quartz avec lame de quartz et 2 bonnettes polarisantes
- 1 pack étude des raies de Balmer avec alimentation à tubes capillaires, 1 tube He, 2 tubes H 1 lampe spectrale spectrale Mercure et Sodium
- 1 diode laser verte 532nm avec extenseur, pour étude biréfringence et réfractométrie
- 1 pied d'optique en V
- 1 loupe éclairante
- 1 poster tableau des spectres + 1 notice d'expériences

DISPERSION

ÉTUDE DE LA DISPERSION ET DES SPECTRES, SUR UN BANC OPTIQUE ROTATIF

- Étude de la dispersion par un prisme
- Étude de la dispersion par un réseau
- Détermination de l'angle limite de réfraction
- Étude de l'absorption et de la transmission d'un filtre coloré
- Réalisation d'un montage spectroscopique ou spectrométrique avec une barrette CCD

© Abordez la dispersion chromatique de manière qualitative, quantitative et pratique grâce à ces ensembles



Grande praticité du banc goniométrique :

Avec le banc prismatique à accouplement goniométrique gradué, les expériences de Dispersion deviennent plus rapides et précises!

Ne vous encombrez pas avec les sources lumineuses volumineuses :

Avec la fente fibrée de longueur 2m, il est aisé d'amener la lumière de sources encombrantes ou lointaines (lampes spectrales, tube fluorescents, soleil...) comme source d'étude pour le banc de dispersion.

Obtenez des spectres de qualité :

Notre sélection d'optique, de réseaux, de prismes et la précision de la fente symétrique permettent des décompositions de spectres précises et réussies

Numérisez et quantifiez vos résultats :

Acquisition du profil d'intensité des raies d'une lampe spectrale avec la barrette CCD. Après un étalonnage avec des longueurs d'onde connues, des mesures de longueurs d'onde peuvent être effectuées.

TP DISPERSION

TP Étude de la Dispersion par un prisme ou un réseau, avec des bancs goniométriques (Ref : T0411)

- 1 ensemble de bancs pivotants prismatiques longueur 60+60cm et système d'éclairage rasant
- 5 cavaliers prismatiques standards
- 1 écran avec règle gradué 10x40cm sur tige
- 1 fente réglable de grande dimension à ouverture symétrique
- 2 réseaux PATON de 100 et 200 traits/mm avec support porte réseau
- 2 lentilles de projection au diamètre 40mm en bague magnétique
- 2 supports de lentille en acier
- 2 prismes équilatéraux, Crown, Flint avec support porte prisme
- 1 lanterne LED à spectre Blanc Chaud et collimation réglable

TP Complet Banc de Dispersion et de Spectrométrie (Ref : T0413)

- 1 ensemble de bancs pivotants prismatiques longueur 60+60cm et système d'éclairage rasant
- 4 cavaliers prismatiques standards
- 1 cavalier prismatique à réglage latéral et vertical
- 1 barrette CCD-CMOS linéaire avec logiciel
- 1 fente fibrée à ouverture symétrique de précision
- 1 support de fibre sur tige
- 1 jeu de 4 réseaux PATON de 100 à 600 traits/mm avec support adapté
- 1 jeu de 2 lentilles diamètre 40mm en bague magnétique
- 1 jeu de 3 prismes équilatéraux, Crown, Flint et Flint extra-dense, haut.40mm
- 1 jeu de 6 filtres colorés en verre, diamètre 40mm en bague magnétique
- 2 supports magnétiques pour composants diamètre 40mm
- 1 lanterne à collimation réglable avec pack 7 LED de couleurs différentes
- 1 lampe spectrale double Mercure et Sodium

Accessoire optionnel

Pack étude de Balmer, alimentation + 1 tube d'Hélium ou Mercure + 2 tubes d'Hydrogène

MONOCHROMATEUR, SPECTROMÉTRIE

Monochromateur, Czerny-Turner, Spectromètre CCD éclaté

- Construire son propre spectromètre : différents montages possibles : Czerny-Turner, Réseau plan ou concave, Réseau fixe ou pivotant
- Étudier le principe : Dispersion par un réseau. Construction de l'image d'une fente
- Chercher le bon compromis : en influant sur la sensibilité, la résolution, le pas du réseau, la largeur de la fente, la largeur spectrale selon l'application
- Réaliser des acquisitions de spectre : avec une photodiode et un réseau sur platine rotative motorisée ou avec la barrette CCD et un réseau fixe

Un système riche pédagogiquement

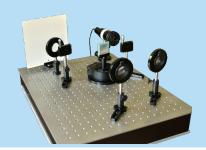


Cet ensemble est l'outil idéal pour bien comprendre le principe de fonctionnement de cet instrument utilisé pour sélectionner des longueurs d'onde et qui est généralement perçu comme une boîte noire.

L'intérêt est clairement didactique puisque chaque partie du système, chaque composant, chaque configuration sont étudiés et exploités.

L'utilisateur aura également à effectuer des réglages et à optimiser des alignements, ce qui permet de lui apporter des compétences complémentaires à sa formation scientifique.

TP CONSTRUCTION DE MONOCHROMATEUR ET SPECTROMÈTRE



TP Monochromateur, introduction et démonstration du principe (Ref : T0401)

- 1 table optique à nid d'abeille (Breadboard) 60x45x5 cm
- 1 ensemble de pieds magnétiques
- 1 plateforme rotative graduée
- 1 réseau 600tr/mm par réflexion avec son support adapté
- 2 fentes réglables par vernier, sur tige
- 2 miroirs concaves f+100mm diamètre 40mm en monture
- 2 lentilles de projection diamètre 40mm en monture
- 1 écran blanc métallique 20x20cm
- 1 source blanche collimatée, équiv.40W

TP Monochromateur, réalisation de mesures avec photodiode et platine rotative motorisée (Ref : T0402)

- nécessite l'ensemble de base T0401 -
 - 1 platine rotative de précision motorisée avec interface de pilotage et de synchronisation
 - 1 photodiode amplifiée sur tige
 - 1 logiciel pour le pilotage de la platine et l'acquisition des enregistrements

TP Spectromètre CCD éclaté, construction et réalisation de mesures avec une barrette CCD (Ref : T0403)

- nécessite l'ensemble de base T0401 -
 - Capteur CCD/CMOS avec sortie USB
 - Logiciel d'acquisition en temps réel

Accessoires optionnels

- Pack étude de Balmer, alimentation + 1 tube d'Hélium ou Mercure + 2 tubes d'Hydrogène
- Réseau holographique par réflexion plan 300 traits/mm
- Réseau holographique par réflexion concave 1200 traits/mm

POLARISATION, BIRÉFRINGENCE

Expériences classiques et originales sur la polarisation de la lumière



Étude de la polarisation et de la biréfringence :

L'ensemble T0510 vous permet d'étudier :

- La polarisation d'une source et la vérification de la loi de Malus
- Le déphasage optique et le comportement des lames à retard de phase
- La mesure de la biréfringence d'une lame de Quartz avec un spectre cannelé
- L'étude du fonctionnement d'une cellule à cristaux liquides
- La vérification de la loi de Biot et l'analyse du pouvoir rotatoire de solutions chimiques

TP POLARISATION, BIRÉFRINGENCE



- 1 banc prismatique de 1,2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 4 cavaliers prismatiques standards
- 2 polariseurs en monture graduée
- 1 diode laser rouge 650nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation
- 1 luxmètre à sonde déportée sur tige
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

TP Complet Polarisation et Biréfringence (Ref : T0510)

- 1 banc prismatique de 2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 4 cavaliers prismatiques standards
- 1 cavalier prismatique à réglage vertical
- 2 polariseurs en monture graduée
- 1 lame demi-onde à 560nm
- 1 lame quart-onde à 560nm 1 lame biréfringente en monture
- 1 système LCD pilotable 4 afficheurs
- 2 cuves de polarimétrie long. 10 et 20 cm
- 1 diode laser rouge 650nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation
- 1 source collimatable à LED 560nm
- 1 écran blanc métallique 20x20cm
- 1 luxmètre à sonde déportée sur tige
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

POLARISATION ET ANGLE DE BREWSTER

Exploitation complète de la polyvalence d'un goniomètre pour réaliser de nombreuses expériences

- La plateforme goniométrique permet une grande précision de mesure (1 minute d'arc), nécessaire lorsque l'on souhaite vérifier avec exactitude les propriétés de polarisation de matériaux réfléchissants et réaliser des mesures précises d'indice de réfraction
- L'angle de Brewster est un angle d'incidence particulier pour lequel la lumière réfléchie possède des propriétés de polarisation particulières qui seront par exemple exploitées pour déterminer l'indice de réfraction d'un matériau ou l'épaisseur d'une couche transparente sur un substrat.

🙂 La table goniométrique et ses compléments permettent d'étudier la polarisation et ses applications de manière très complète



L'ensemble de base T0535 vous permet d'étudier : Loi de Malus / Polarisation d'une source (rectiligne, elliptique, circulaire) / Étude du déphasage par des lames retard / Polarisation par réflexion vitreuse, angle de Brewster.

L'ensemble complémentaire T0536 ajoute les expériences suivantes : Principe de l'Ellipsométrie / Mesure de l'indice optique de matériaux non transparents.

L'ensemble complémentaire T0537 ajoute les expériences suivantes : Vérification de la loi de Biot et l'analyse du pouvoir rotatoire de solutions chimiques / Étude de la biréfringence de lames de Quartz et Mica / Étude du fonctionnement d'une cellule à cristaux liquides.

TP POLARISATION ET APPLICATIONS AVEC PLATEFORME GONIOMÉTRIQUE

TP Polarisation et angle de Brewster avec table goniométrique (Ref : T0535)

- 1 plateforme goniométrique de précision 1 minute d'arc avec plateau porte prisme
- 2 bras pivotants porte composants
- 1 lanterne LED verte 560nm, collimatable
- 2 prismes haut. 40mm, en crown et en flint
- 2 polariseurs linéaires en monture graduée et rotative
- 1 lame quart-onde 560nm en monture graduée et rotative
- 1 lame demi-onde 560nm en monture graduée et rotative
- 1 luxmètre sur tige
- 1 loupe éclairante
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

Complément TP Ellipsométrie (Ref: T0536)

- nécessite l'ensemble de base T0535 -
 - 1 plateau porte réseau
 - 1 polariseur circulaire, en monture graduée et rotative
 - 1 diode laser verte 532nm 1mW à symétrie circulaire
- 1 jeu de 4 substrats et d'échantillons d'étude (aluminium, silicium, ...)
- 1 logiciel «Ellipso» de calcul
- 1 notice d'expériences

Complément TP Biréfringence et Pouvoir Rotatoire (Ref : T0537)

- nécessite l'ensemble de base T0535 -
 - 1 analyseur à pénombre
- 1 lame biréfringente en quartz taillée suivant l'axe X
- 1 lame biréfringente en quartz taillée suivant l'axe Z
- 1 lame de mica en monture
- 1 système d'étude LCD avec 4 cellules à cristaux liquides dans différents états
- 1 diode laser rouge 650nm 1mW à symétrie circulaire

PHOTOMÉTRIE

ÉTUDE DES PHOTORÉCEPTEURS: RÉPONSE, FONCTIONNEMENT, EXPLOITATION, APPLICATION

- Détecteurs thermiques et Détecteurs photoniques
- Caractérisation énergétique d'un rayonnement
- Réponse spectrale des photorécepteurs
- Réponse dynamique des photorécepteurs

- Fonctionnement d'une photodiode et d'une photorésistance
- Mesure d'un réseau de caractéristiques statiques
- Réalisation d'un montage d'exploitation d'un photodétecteur
- Linéarité des photorécepteurs

① Une nouveauté à un prix abordable pour étudier différents types de capteurs optiques

Réponse spectrale d'un photorécepteur (T0881-T0883) :

Peu de photorécepteurs donnent une réponse ne dépendant exclusivement que du flux lumineux. En général, les photorécepteurs possèdent une réponse spectrale non uniforme, que l'on peut étudier à condition de bien isoler cette dépendance vis à vis des autres.

Dans un premier temps, on étalonne une source blanche à l'aide d'une thermopile qui est l'un des rares photorécepteurs dont la réponse ne dépend pas de la longueur d'onde du rayonnement.

Une fois la source étalonnée, celle-ci peut ensuite servir de référence pour les photorécepteurs à caractériser afin de retrouver leur courbe de sensibilité spectrale.

Réponse dynamique d'un photorécepteur (T0881-T0883) :

La réponse dynamique d'un photorécepteur est sa capacité à suivre des variations rapides d'éclairements reçus. Elle est principalement caractérisée par son temps de réponse.

On utilise un laser modulable haute fréquence, de part sa capacité à réaliser des variations très rapides d'éclairement pour mesurer le temps de réponse pour une tension et une résistance de charge donnée. Pour une même tension, on modifie la résistance de charge afin d'étudier son influence sur le temps de réponse du photorécepteur. Pour une même résistance de charge, on fait ensuite varier la tension d'alimentation afin de mesurer son impact sur le temps de réponse.

Mesure d'un ensemble de caractéristiques d'un photorécepteur (T0883):

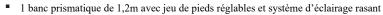
Un dispositif optique basé sur 2 polariseurs permet de faire varier le flux lumineux suivant la loi de Malus et de réaliser de manière pratique et précise le tracé de la courbe caractéristique ainsi que la courbe de linéarité de la réponse du photorécepteur étudié. Plusieurs montages peuvent être étudiés : - Montage à résistance de charge - Montage à amplificateur opérationnel - Point de fonctionnement - Influence de l'impédance d'entrée de l'appareil de mesure

TP ÉTUDE DES PHOTORÉCEPTEURS

TP Étude de la réponse spectrale d'un photorécepteur (Ref : T0881)

- 1 banc prismatique de 1,2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 3 cavaliers prismatiques standards
- 1 source halogène 150W à sortie fibre flexible, couleur de température 3200K
- 1 roue de 6 filtres interférentiels de BP 10nm (longueurs d'onde réparties entre 450 et 950nm)
- 1 thermopile
- 1 photodiode amplifiée
- 1 luxmètre sur tige
- 1 ouvrage d'expériences «Physique Expérimentale»
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

TP Étude de la réponse dynamique d'un photorécepteur (Ref : T0882)



- 4 cavaliers prismatiques standards
- 1 diode laser rouge modulable Haute Fréquence 20MHz
- 1 photodiode amplifiée
- 1 kit étude des photorécepteurs avec 100 composants actifs et 100 composants passifs
- 1 platine électronique en monture sur tige avec 4 entrées/sorties par fiche 4mm
- 2 polariseurs en monture graduée
- 1 ouvrage d'expériences «Physique Expérimentale»
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

TP Étude complète d'un réseau de caractéristiques d'un photorécepteur (Ref : T0883)

- 1 banc prismatique de 1,2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 4 cavaliers prismatiques standards
- 1 source halogène 150W à sortie fibre flexible, couleur de température 3200K
- 1 roue de 6 filtres interférentiels de BP 10nm (longueurs d'onde réparties entre 450 et 950nm)
- 1 thermopile
- 1 photodiode amplifiée
- 1 luxmètre sur tige
- 1 kit étude des photorécepteurs avec 100 composants actifs et 100 composants passifs
- 1 platine électronique en monture sur tige avec 4 entrées/sorties par fiche 4mm
- 2 polariseurs en monture graduée
- 1 ouvrage d'expériences «Physique Expérimentale»
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences



30

RAYONNEMENT

Loi de Stefan-Boltzmann. Loi du carré de la distance. Cube de Leslie

- L'intensité de rayonnement d'une source lumineuse et donc sa puissance par unité de surface diminuent de manière inversement proportionnelle au carré de la distance avec la source lumineuse
- Une source lumineuse que l'on considérera comme rayonnement ponctuel face aux distances d'étude, est associée à une thermopile pour mesurer l'intensité relative de rayonnement et vérifier cette loi

① Une nouveauté à un prix abordable pour répondre à un besoin souvent exprimé

Loi du carré de la distance (T0871):

Une source lumineuse que l'on considérera comme rayonnement ponctuel face aux distances d'étude, est associée à une thermopile pour mesurer l'intensité relative de rayonnement et vérifier la loi de décroissance au carré de la distance.

Au cours des mesures, il est important de saisir l'intensité de rayonnement de la lumière ambiante et de compenser les mesures en conséquence.

Pour les distances plus importantes, il peut être nécessaire de rajouter un amplificateur/filtreur de signaux adapté aux faibles impédances et capable d'amplifier jusqu'à un facteur de 100000. Les bruits HF sont éliminés par un filtre passe-bas avec constante de temps commutable.

Loi de STEFAN BOLTZMANN (T0871):

La loi de Stefan Boltzmann décrit la dépendance de l'intensité de rayonnement d'un corps noir vis à vis de la température.

On varie l'intensité de la source à filament et donc sa température. Son rayonnement est relevé par des mesures avec la thermopile. La température du filament est déterminée par le calcul de la résistance dépendant de la température au cours d'une mesure avec 4 conducteurs.

Rayonnement thermique d'un cube de Leslie (T0873):

Le rayonnement émis par un corps dépend de sa température et de sa surface. On utilise un cube de Leslie rempli d'eau chaude, puis on mesure l'intensité relative des radiations thermiques émises avec la thermopile en fonction de la température afin de confirmer la loi de Kirchhoff. L'amplificateur de signaux permet d'améliorer grandement la précision des mesures.

TP RAYONNEMENT THERMIQUE

TP Étude de la loi du carré de la distance de la loi de Stefan-Boltzmann (Ref : T0871)

- 1 banc prismatique de 1,2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 2 cavaliers prismatiques standards
- 1 source à filament quasi ponctuel avec alimentation à courant continu 0-30V / 0-5A
- 1 thermopile avec sorties douilles 4mm
- 2 multimètres 6kpoints, 3 en 1
- toute la connectique nécessaire au bon fonctionnement de l'expérience



TP Étude du rayonnement thermique d'un cube de Leslie (Ref : T0873)

- 1 banc prismatique de 1,2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 2 cavaliers prismatiques standards
- 1 cube de Leslie 10x10x10cm, en aluminium, avec couvercle et orifices de mesure
- 1 support de cube, rotatif
- 1 thermopile avec sorties douilles 4mm
- 2 multimètres 6kpoints, 3 en 1
- 1 sonde de température immersible avec afficheur numérique
- toute la connectique nécessaire au bon fonctionnement de l'expérience



OPTIQUE AVANCÉE

Dans ce deuxième chapitre, sont regroupés des Travaux Pratiques plus évolués en terme de niveaux scientifiques, de composants ou encore de thèmes abordés.

La plupart des produits proposés ici sont réellement originaux et sans concurrence. Cette gamme est le reflet de notre savoir-faire et de nos 20 ans d'expériences dans l'enseignement supérieur.

En outre, nombre de ces produits sont le fruit de collaborations avec des enseignants, des filières, des chercheurs, des laboratoires ou encore des industriels qui seront naturellement mentionnés dans le descriptif des TP.

Nous profitons de cette rubrique pour rappeler que nous sommes toujours à l'écoute de vos besoins pour imaginer et développer des solutions mais que nous sommes également à votre disposition si vous avez pu concevoir localement vos propres expériences. Nous pouvons alors intervenir pour valoriser et promouvoir votre travail avec différentes formes de retours possibles pour vous, votre filière ou votre établissement.

N'hésitez donc pas à nous solliciter pour nous faire part de vos besoins ou nous présenter vos propres développements.

TP strioscopie et imagerie de schlieren	Р.34
TP Holographie	P.35
TP Cavité Laser He-Ne	Р.36
TP Cavité Fabry-Pérot confocale	P.37
TP effet Pockels et modulation électro-optique	Р.38
TP Déflexion et modulation acousto-optique	Р.39
TP Effet Faraday	P.40
TP Modulateur Spatial de Lumière - SLM	P.41
TP ÉTUDE D'UNE DIODE LASER	P.42
TP Plasmon propagatif de surface	P.43
TP Multiplexage Optique	P.44
TP TÉLÉCOM OPTIQUE - WDM	P.45
TP ÉTUDE DE FIBRES À GRADIENT ET SAUT D'INDICE	P.46
Plateforme modulaire d'étude des fibres optiques	P.47
TP Photographie de Speckle	P.48
TP Principes et applications de la triangulation laser	P.49
TP Déflectométrie optique	P.50
TP Analyseur de surface d'onde - Shack Hartmann	P.51
TP Ellipsométrie	P.52
TP Spectroscopie Raman	P.53

STRIOSCOPIE ET IMAGERIE DE SCHLIEREN

Pour rendre visible l'invisble et aller plus loin dans les applications du filtrage spatial

3 montages de strioscopie à étudier :

- Strioscopie axiale
- Strioscopie par méthode de Schlieren en Z
- Ombroscopie et étude des convections thermiques
- La strioscopie est une méthode optique de visualisation qui permet d'isoler dans une image les détails et petites variations, notamment des faibles variations d'indice comme lors de la compression de l'air ou d'autres fluides

Ces expériences peuvent être effectuées sur banc optique ou directement sur table





TP STRIOSCOPIE ET IMAGERIE DE SCHLIEREN

TP Imagerie de Schlieren par méthode de strioscopie axiale, sur banc (Ref : T9710)

- 1 banc prismatique de 1,2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 1 cavalier prismatique à réglage latéral
- 1 cavalier prismatique à réglage latéral et vertical
- 1 dispositif d'écartement réglable
- 1 source ponctuelle LED fibrée
- I fente réglable de grande dimension
- 1 miroir sphérique de grande focale et de diamètre 150mm
- 1 monture pour miroir diamètre 150mm en breadboard grand format 30x30cm à poser
- 1 caméra CMOS haute sensibilité avec filtre atténuateur
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

TP Imagerie de Schlieren par méthode de strioscopie en Z, sur table (Ref : T9715)

- 4 pieds d'optique
- 1 pied d'optique à réglage latéral
- 1 source ponctuelle LED fibrée
- 1 fente réglable de grande dimension
- 2 miroirs sphériques de grande focale et de diamètre 150mm
- 2 montures pour miroir diamètre 150mm en breadboard grand format 30x30cm à poser
- 1 caméra CMOS haute sensibilité
- 1 jeu de filtres atténuateurs avec monture magnétique
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

TP Visualisation de la convection thermique dans un liquide par Ombroscopie (Ref: T9730)

- 1 pied d'optique à réglage vertical
- 1 pied d'optique à réglage latéral
- 2 pieds d'optique standards
- 1 source ponctuelle LED fibrée
- 1 fente réglable de grande dimension
- 1 lentille de projection diamètre 80mm en monture
- 1 cuve d'étude de la convection thermique avec élément chauffant
- 1 miroir sphérique de grande focale et de diamètre 150mm, en monture
- 1 support élévateur de précision pour maintien du miroir
- 1 grand écran à poser sur la table, avec pieds
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

34

HOLOGRAPHIE

Pour des expériences et réalisations d'hologrammes réussies!

- Expérience nécessitant la haute stabilité permise par les tables à nid d'abeille
- Matériel soigneusement sélectionné et adapté pour la réalisation d'hologrammes
- Plusieurs montages et configurations sont possibles : En réflexion et en transmission! Les plaques holographiques fournies permettent les deux utilisations



Hologrammes très lumineux

Plaques holographiques avec émulsion ultrasensible et grains de 8 nm

Résultats spectaculaires

Une expérience séduisante pour les élèves comme pour les enseignants

Interférométrie Holographique

Pour l'étude des contraintes sur les matériaux

TP PRINCIPES ET APPLICATIONS DE L'HOLOGRAPHIE

Thèmes abordés:

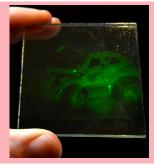
- Étude du modèle de Gabor, amélioré par Leith et Upatnieks : Enregistrement et restitution d'hologrammes en transmission
- Étude du modèle de Denisyuk : Enregistrement et restitution d'hologrammes en réflexion
- Calcul du contraste, du temps de pose à partir de données et de mesures
- Développement de plaques holographiques, ...

Principes et objectifs :

L'holographie consiste à enregistrer par interférométrie sur un support photosensible l'onde lumineuse diffusée, diffractée par un objet éclairé, puis à restituer cette onde lumineuse à partir de l'enregistrement (ou hologramme). Il existe deux familles de montage d'enregistrement d'hologrammes : montage par transmission ou par réflexion. Lors de l'observation, l'hologramme obtenu par transmission doit être éclairé «par l'arrière» de la plaque et par une source Laser qui peut être d'une autre couleur que celle utilisée lors de l'enregistrement tandis qu'un hologramme obtenu par réflexion peut être éclairé «par l'avant» et par une source ponctuelle blanche (halogène, soleil, ...).

Ces montages sont également à l'origine de techniques d'interférométrie holographique consistant à créer des interférences à partir de l'hologramme d'un objet et de l'objet lui-même afin de mesurer avec précision des déplacements ou des déformations de l'ordre du micromètre. Il existe pour cela plusieurs méthodes largement utilisées dans l'industrie comme par exemple «l'Interférométrie holographique par double exposition». Elle consiste à exposer deux fois la même plaque photosensible.

L'objectif de ce TP est de réaliser et régler optiquement différentes configurations expérimentales permettant l'enregistrement et la restitution d'hologrammes. Une fois l'enregistrement effectué, l'utilisateur aura à révéler, blanchir et sécher la plaque photosensible avant de terminer l'expérience par la reconstruction et l'observation de l'hologramme. Des aspects quantitatifs sont également abordés.



TP Holographie (Ref: T9720)

- 1 table optique à nid d'abeille (Breadboard) 60x45x5 cm
- 1 ensemble de 9 pieds magnétiques et supports
- 1 laser He-Ne 632.8nm polarisé, 5mW avec alimentation et support cylindrique
- 4 objectifs de précision (20x et 60x) avec 2 montures porte-objectifs
- 1 puissancemètre laser + 2 paires de lunettes de protection
- 2 miroirs haute planéité lambda/20 diamètre 40mm en monture X-Y
- 1 lame séparatrice (30-70%) avec monture adaptée
- 1 plateau porte objet + 1 écran de visualisation
- 1 lot de 30 plaques holographiques (6x6 cm)
- 1 kit de produits de développement (non toxique) : blanchisseur + révélateur + 2 cuvettes
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

Les plaques photosensibles utilisées sont constituées d'une émulsion holographique ultrasensible, conçue et mise au point par des spécialistes des lasers et de l'holographie. Dès votre premier enregistrement (avec exposition correcte et sans bouger bien sur) vous obtiendrez votre meilleur hologramme à la fois en luminosité et en clarté.

PHYSIQUE DU LASER : CAVITÉ HE-NE

ÉTUDE DU PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UNE CAVITÉ LASER HE-NE ET DES PROPRIÉTÉS DE SON RAYONNEMENT

- polarisation du faisceau Laser par fenêtre de brewster
- réglage du miroir de sortie pour observer les modes
- propriétés spectrales et géométriques du faisceau Laser
- autocollimation, résonance, effet Laser, monochromaticité
- réglage de la longueur de la cavité et étude des conditions de



🍪 Ce produit a été développé en collaboration avec l'école CY TECH de Cergy



Thèmes abordés :

- Réglage et alignement d'une cavité Laser via un miroir externe
- Méthode d'autocollimation, cavité résonnante, effet Laser
- Étude des conditions de stabilité de la cavité. Mesure de la puissance d'émission en fonction de la longueur de la cavité
- Étude des propriétés géométriques : profil spatial, faisceau gaussien, col (waist), longueur de Rayleigh (Z), divergence
- Étude des spectres du gaz Hélium-Néon et du rayonnement Laser, monochromaticité, luminescence
- Étude de la polarisation, mesure du taux de polarisation. Observation des différents modes transverses

Principes et objectifs :

Le Kit utilisé se compose d'un tube rempli d'un gaz He-Ne. Un miroir fixe, de rayon de courbure $R_1 = 60$ cm et de réflectivité $\approx 99,99\%$, se trouve scellé à l'intérieur de ce tube. A l'opposé de ce miroir, une fenêtre de Brewster permet de polariser le faisceau de sortie. Pour fermer la cavité Laser, un deuxième miroir (externe) est utilisé. Son rayon de courbure est R₂ = 45 cm ou 60 cm (100 cm en option) et sa réflectivité proche de 99%. L'horizontalité et la verticalité de ce miroir peuvent être réglées par le biais de 2 vis micrométriques.

Les expériences à réaliser sont les suivantes :

Expérience 1. Réglage de la cavité pour l'obtention de l'effet laser

Expérience 2. Étude des conditions de stabilité de la cavité

Expérience 3. Étude des modes transverses

Expérience 4. Étude de la divergence du faisceau laser

Expérience 5. Focalisation par une lentille et étude des propriétés géométriques du faisceau laser

Expérience 6. Étude de la polarisation du faisceau laser

Expérience 7. Étude des spectres du gaz hélium-néon et du rayonnement laser

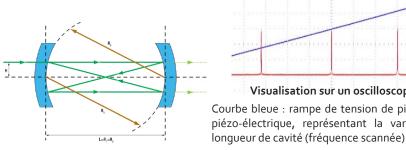
TP Cavité Laser He-Ne (Ref : T9280)

- 1 banc prismatique de 2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 5 cavaliers prismatiques standards
- 2 cavaliers prismatiques à réglage latéral et vertical
- 1 tube Plasma He-Ne avec support et alimentation de laboratoire
- 1 miroir de sortie de cavité R₂ = 45 ou 60 cm avec monture réglable de précision X-Y
- 1 diaphragme à iris
- 1 lentille diamètre 40 mm en monture
- 1 écran percé
- 1 puissancemètre laser avec support adapté
- 2 paires de lunettes de sécurité laser
- 1 caméra d'analyse CMOS haute résolution, sur tige
- 1 spectromètre à fibre (Visible) avec support adapté
- source Néon avec alimentation
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

PHYSIQUE DU LASER : CAVITÉ CONFOCALE

ANALYSE DES MODES LONGITUDINAUX AVEC UNE CAVITÉ CONFOCALE

- Mesure du FWHM (largeur à mi-hauteur) du mode longitudinal d'une diode laser ou d'un laser
- Analyse de la modicité d'un laser ou d'une diode laser. Nombre de modes, écart spectral entre les modes...
- Visualisation du comportement des modes d'un laser pendant son temps de chauffe
- Comparaison et mise en évidence des différences entre un laser et une diode laser

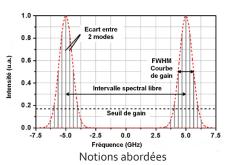


Visualisation sur un oscilloscope

Courbe bleue : rampe de tension de pilotage du piézo-électrique, représentant la variation de

Courbe rouge : signal perçu par la photodiode après traversée dans la cavité.

Dans cet exemple, le laser est monomode



Thèmes abordés :

- Intervalle Spectral Libre (ISL)

Schéma d'une cavité confocale

- Largeur à mi-hauteur (FWHM)
- Gain
- Modes longitudinaux
- Finesse et résolution

Principes et objectifs:

L'interféromètre de Fabry-Pérot classique, présenté dans le chapitre d'Optique Fondamentale, est constitué de miroirs plans. Mais cela n'est pas la seule manière d'obtenir un dispositif de Fabry-Pérot. Une autre méthode consiste à réaliser une cavité constituée de 2 miroirs sphériques. On parle alors de cavité confocale.

La longueur de la cavité résonante est modifiée grâce à un élément piézo-électrique. Le balayage sur la longueur de la cavité crée un spectromètre à haute résolution que l'on qualifie de scanner Fabry-Pérot.

Pour réaliser le balayage, on pilote la cale piezo-électrique avec une rampe de tension, qui va progressivement rallonger la longueur de la cavité. Une photodiode silicium placée à la sortie permet de collecter le signal sortant de la cavité. Le spectre de la source analysée peut alors être visualisé sur un oscilloscope.

On mesure et on examine aussi les paramètres caractéristiques d'un laser comme la finesse, l'intervalle spectral libre, la résolution, le contraste, l'écart fréquentiel entre les modes longitudinaux...

Alors qu'il est généralement difficile de comparer les propriétés spectrales de sources laser avec les systèmes usuels de spectrométrie dont les résolutions sont trop faibles, les scanners Fabry-Pérot sont quant à eux capables de révéler les différences qu'il peut exister entre une diode laser et un laser à gaz, sur la largeur spectrale des modes, leur écart, la courbe de gain etc...

TP Cavité Fabry-Pérot confocale (Ref : T9290)

- 1 banc prismatique de 1,2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 2 cavaliers cavaliers prismatiques standards
- 1 cavalier cavalier prismatique à réglages latéral et vertical
- 1 laser He-Ne 0.8mW 632.8nm non polarisé sur tige
- 1 diode laser rouge multimode 1mW
- 1 diode laser rouge monomode 1mW
- 1 monture pour diode laser, avec réglage d'orientation X-Y
- 1 optique de focalisation en monture
- 1 scanner à cavité confocale (540-815nm) à longueur réglable Finesse 150, Résolution 67MHz, intervalle spectral libre 10GHz
- 1 photodiode silicium haute sensibilité avec sortie fibrée
- 1 boîtier de pilotage et de synchronisation de l'élément piézo-électrique
- 1 monture de cavité à réglage angulaire 2 axes, sur tige inox
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

EFFET POCKELS & MODULATION ÉLECTRO-OPTIQUE

BIRÉFRINGENCE INDUITE PAR UN CHAMP ÉLECTRIQUE : UTILISEZ L'EFFET POCKELS POUR INSCRIRE ET TRANSPORTER UNE INFORMATION SUR UNE PORTEUSE OPTIQUE

- Tension appliquée raisonnable : Quelques centaines de Volts, beaucoup moins que pour une cellule de Kerr
- Modulation en polarisation : On modifie la biréfringence du et extraordinaires se propageant dans le cristal et induire une modification de polarisation en sortie de la cellule



Ce produit a été développé en collaboration avec le laboratoire LMOPS de Metz



Thèmes abordés :

- Polarisation et changement de l'état de polarisation de la lumière
- Biréfringence naturelle et induite par un champ électrique
- Modulation de polarisation, modulation d'amplitude
- Modulateur électro-optique, cristal de Niobate de Lithium (LiNbO₃), effet Pockels
- Tension demi-onde (V_), mesure de coefficient électro-optique par différentes méthodes
- Transmission optique en espace libre, démodulation

Principes et objectifs :

Une faisceau laser est polarisé rectilignement à 45° des axes (X,Y) du cristal de Niobate de Lithium. Le faisceau traverse ce cristal suivant son axe optique (Z).

Une tension appliquée au modulateur permet de modifier de manière linéaire un des indices de réfraction du cristal de LiNbO3 (effet Pockels). La biréfringence naturelle du matériau est alors modifiée, entraînant un déphasage entre les ondes ordinaires et extraordinaires se propageant dans le cristal. Ce déphasage induit une modification de la polarisation en sortie du modulateur. L'analyseur placé avant le détecteur permet de transformer cette variation de polarisation en variation d'intensité.

La fonction de transfert du montage (intensité transmise / intensité incidente) est mesurée expérimentalement soit par rotation de l'analyseur, soit par application d'une tension continue au cristal.

La courbe ainsi obtenue est utilisée pour l'étude de ses points de fonctionnement ou encore pour déterminer la tension demi-onde et le coefficient électro-optique (r,2) du matériau.

TP Effet Pockels et Modulation électro-optique (Ref : T9500)

- 1 banc prismatique de 1,2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 5 cavaliers prismatiques standards
- 1 cavalier prismatique à réglage latéral
- 1 laser He-Ne 632,8 nm polarisé / 0,5-0,8 mW avec alimentation type Laboratoire
- 1 support à réglage d'orientation x-y pour objet cylindrique
- 2 polariseurs en monture graduée
- 1 lame demi-onde cristalline 632.8nm en monture rotative graduée
- 1 lame quart-onde cristalline 632.8nm en monture rotative graduée
- 1 modulateur électro-optique (cellule de Pockels, cristal LiNbO₃) avec 2 câbles SMA-SMA
- 1 générateur-amplificateur de commande pour cellule de Pockels
- 1 détecteur amplifié à gain réglable
- 1 kit multimédia (radio + enceintes + toute la connectique nécessaire au bon fonctionnement)

TEL: +33 (0)3 82 20 81 07 FAX: +33 (0)3 82 46 75 78

- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences
- 1 oscilloscope 2 voies (option)
- 1 multimètre (option)

DÉFLEXION ET MODULATION ACOUSTO-OPTIQUE

EXPLOITATION DE L'INTERACTION ENTRE UNE ONDE ULTRASONORE ET UNE ONDE OPTIQUE AFIN DE DÉFLÉCHIR OU DE MODULER L'INTENSITÉ D'UN FAISCEAU LASER

- Les expériences proposées sont riches pédagogiquement puisqu'elles permettent non seulement d'étudier les différents phénomènes physiques intervenant lors de l'interaction acousto-optique mais aussi de proposer un aperçu des applications potentielles aussi bien en modulation d'intensité qu'en déflexion
- Les systèmes acousto-optiques sont ou ont été utilisés dans de nombreux domaines : imprimante laser, scanner, projection, laser impulsionnel, filtres accordables, etc ...
- Un produit équivalent est présenté dans le chapitre consacré aux ondes : il s'agit d'une interaction entre une onde optique et un réseau acoustique généré par des ultrasons dans un liquide



TP ÉTUDES DES PRINCIPES ET APPLICATIONS DE LA DÉFLEXION ET MODULATION ACOUSTO-OPTIOUF

Thèmes abordés:

- Cellule de Bragg / Détermination de l'angle de diffraction de Bragg
- Étude des faisceaux diffractés en fonction de la fréquence de l'onde acoustique
- Évaluation de la vitesse de l'onde acoustique dans le matériau
- Mesure de l'intensité de diffraction en fonction de la puissance de l'onde acoustique
- Calcul du rendement de diffraction et de l'absorption du milieu
- Étude de la modulation acousto-optique et application à l'inscription et au transport d'un signal audio sur une porteuse optique
- Étude de la déflexion acousto-optique et application à la projection et à l'adressage optique

Principes et objectifs :

L'effet acousto-optique concerne l'interaction entre une onde ultrasonore et une onde optique dans un milieu solide ou liquide. L'onde acoustique provoque la propagation d'une déformation et par suite une variation de l'indice de réfraction dans le milieu. L'onde acoustique est produite par exemple par un transducteur piézoélectrique. La variation d'indice de réfraction présente une périodicité spatiale et temporelle. Le réseau d'indice se déplace parallèlement à lui-même à la vitesse de l'onde acoustique. Comme cette vitesse est très inférieure à celle de la lumière, l'onde acoustique peut être considérée comme stationnaire et le réseau fixe vis à vis du faisceau lumineux incident. Le réseau d'indice de réfraction constitué par interaction acousto-optique est alors utilisé pour provoquer la diffraction d'une onde optique.

TP Déflexion et modulation acousto-optique (Ref : T9520)

- 1 banc prismatique de 1,2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 2 cavaliers prismatiques standards
- 1 cavalier prismatique à réglage angulaire
- 1 cavalier prismatique à réglage latéral
- 1 pied d'optique
- 1 laser He-Ne 632,8 nm polarisé / 0,5-0,8 mW avec alimentation type Laboratoire
- 1 support à réglage d'orientation x-y pour objet cylindrique
- 1 polariseur en monture graduée
- 1 modulateur / déflecteur acousto-optique (cellule de Bragg)
- 1 alimentation de commande pour cellule acousto-optique
- 1 plateau porte-objets avec réglage d'horizontalité
- 1 détecteur amplifié à gain réglable
- 1 écran métallique blanc et quadrillé 20x20 cm
- 1 capteur CCD/CMOS numérique + filtres OD1, OD3, polariseur + logiciel
- 1 kit multimédia (radio + enceintes + toute la connectique nécessaire au bon fonctionnement)
- 1 oscilloscope 2 voies (option)
- 1 générateur de fonctions basse fréquence (option)
- 1 multimètre (option)
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

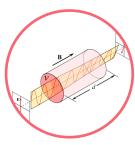
www.didaconcept.fr info@didaconcept.fr TEL:+33 (0)3 82 20 81 07 FAX:+33 (0)3 82 46 75 78

EFFET FARADAY

Ensemble permettant d'étudier le pouvoir rotatoire d'un barreau de flint soumis à un champ magnétique

- Expérience pouvant être montée sur banc d'optique
- Matériel adapté et étudié pour la réalisation de l'expérience
- Instrumentation complémentaire proposée en option (alimentation CC à courant élevé, teslamètre fort champ...)





Étude de l'effet Faraday

Certains matériaux, comme le Flint, deviennent optiquement actifs lorsqu'ils sont placés dans un champ magnétique.

Le plan de polarisation d'une lumière polarisée linéairement va tourner lorsqu'elle traverse le matériau dans le sens du champ magnétique. Il s'agit de l'effet Faraday.



Dans l'ensemble T0523, une paire de pôles coniques est utilisée pour concentrer le champ dans un parallélépipède en Flint. En fonction du champ soumis, une rotation du plan de polarisation peut être observée. Elle peut aller jusqu'à 10 degrés à condition d'avoir une alimentation capable de délivrer des courants élevés (en option).

TP EFFET FARADAY

TP Effet Faraday (nécessite alimentation CC à courant élevé) (Ref : T9560)

- 1 banc prismatique de 2 m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 5 cavaliers prismatiques standards
- 1 cavalier prismatique à réglage latéral et vertical
- 2 polariseurs en monture graduée
- 1 diode laser rouge 650nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation
- 1 transformateur en U
- 1 paire de bobines 900 spires
- 1 paire de pôles coniques
- 1 parallélépipède de flint pour effet Faraday
- 1 luxmètre à sonde déportée avec support sur tige
- 1 écran métallique blanc 20x20cm
- 1 ensemble de tous les supports, accessoires et câbles nécessaires
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

Accessoires optionnels

- Alimentation à Courant Continu 640W (0-32V et 0-20A)
- Teslamètre champ fort, jusqu'à 2 tesla

MODULATEUR SPATIAL DE LUMIÈRE (SLM)

EXPLOITATION D'UN SLM FONCTIONNANT EN TRANSMISSION POUR MODULER SPATIALEMENT L'AMPLITUDE ET LA PHASE D'UN FRONT D'ONDE OPTIQUE À DEUX DIMENSIONS

- Le modulateur spatial de lumière étudié ici est basé sur des micro-cristaux liquides transmissifs et présente une résolution de 1024 x 768 pixels pour un champ de 3 cm de coté
- Ce SLM fournit un déphasage d'environ 2 π à 450 nm, 1,8 π à 532 nm et 1 π à 800 nm
- Le SLM est livré avec monture, alimentation, câble USB, câble HDMI, adaptateur, logiciel de pilotage avec bibliothèque d'exemples et programmes Labview





TP ÉTUDES DES PRINCIPES ET APPLICATIONS D'UN MODULATEUR SPATIAL DE LUMIÈRE (SLM)

Thèmes abordés:

- Configuration optique d'un projecteur
- Propriétés de la lumière polarisée
- Propriétés optiques des cristaux liquides
- Modulation de phase et modulation d'amplitude de la lumière
- Diffraction par des structures à changement dynamique
- Éléments optiques diffractifs auto-conçus et leur interaction
- Filtrages de fréquences spatiales
- Optique de Fourier, interférométrie, holographie

Principes et objectifs :

Le dispositif SLM est simple à utiliser pour l'affichage d'images à l'aide d'un écran à cristaux liquides (LCD) monochrome et transparent. La petite taille du système et son interface de contrôle confortable sont des caractéristiques majeures pour permettre une utilisation aisée.

Ce TP permet l'étude des principes et applications du SLM dans les domaines de l'imagerie, de la diffraction, de l'optique de Fourier et de la polarisation.

TP Modulateur Spatial de Lumière - SLM (Ref : T9540)

- 1 banc prismatique de 1,2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 5 cavaliers prismatiques standards
- 1 Modulateur Spatial de Lumière (SLM): 400-850 nm / 1024X768 pixels avec monture
- 1 logiciel de contrôle, connectique, et manuel d'utilisation
- 1 diode laser rouge 650nm classe 3B, alimentation
- 1 extenseur afocal
- 1 support à réglage d'orientation x-y pour objet cylindrique
- 2 polariseurs en monture graduée
- 1 écran métallique blanc 20x20cm
- 2 paires de lunettes de sécurité laser large bande (OD1-2 de 500 à 700nm) 10mW max
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

www.didaconcept.fr info@didaconcept.fr TEL:+33 (0)3 82 20 81 07 FAX:+33 (0)3 82 46 75 78 41

CARACTÉRISTIQUES D'UNE DIODE LASER

GRÂCE À UN CONTRÔLEUR DÉVELOPPÉ SPÉCIFIQUEMENT, IL EST POSSIBLE DE MENER DE NOMBREUSES EXPÉRIENCES AUTOUR DES CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES ET OPTIQUES D'UNE DIODE LASER

- Ce TP est très riche pédagogiquement puisqu'il couvre différents domaines et que les phénomènes observés peuvent être analysés de manière plus ou moins approfondie en fonction des besoins
- L'utilisation du contrôleur de diode laser permet :
- de mener des études en température
- de contrôler le courant d'injection
- de mesurer le courant de moniteur
- de mesurer la tension aux bornes de la diode



Ce produit a été développé en collaboration avec la LPro Télécom et l'Institut XLIM de Limoges



Thèmes abordés:

- Détermination de la caractéristique courant/tension d'une diode laser
- Mesure de la puissance optique en fonction du courant de la photodiode interne de la diode (courant de moniteur)
- Étude de la puissance optique en fonction du courant d'injection et de la température
- Calcul du rendement électrique-optique
- Détermination du seuil d'oscillation et étude de son évolution avec la température
- Étude de la variation de longueur d'onde avec le courant d'alimentation et de la température
- Mesure de la divergence du faisceau émis et détermination des dimensions de la zone émettrice
- Évaluation du taux de polarisation en fonction de la puissance optique
- Asservissement en température, en courant, en puissance

Principes et objectifs :

Une diode laser est d'un point de vue électronique une diode à semi-conducteur. Elle possède une caractéristique $I_{DL} = f(U_{DL})$ (courant de la diode en fonction de la tension à ses bornes) de même allure qu'une diode normale. Cette caractéristique présente donc un seuil au delà duquel le courant va pouvoir traverser la diode, puis augmenter rapidement en fonction de la tension.

Les techniques d'alimentation des diodes lasers sont abordées dans ce TP, notamment par l'utilisation d'un contrôleur de diode laser. Des accessoires vont permettre des études quantitatives : barrette CCD, spectromètre (option).

TP Étude d'une Diode Laser (Ref : T9260)

- 1 banc prismatique de 1,2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 4 cavaliers prismatiques standards
- 1 cavalier prismatique à réglage latéral et vertical
- 1 diode Laser (650 nm 7 mW) et son support de régulation de température
- 1 alimentation et contrôleur numérique pour Diode Laser
- 1 dispositif de préréglage et d'accouplement
- 1 porte objectif sur tige avec réglage X_Y
- 1 objectif achromatique de précision 10X
- 1 porte lame mince sur tige
- 1 réseau de diffraction (600 tr/mm)
- 1 polariseur en monture graduée
- 1 puissancemètre laser avec support adapté
- 1 barrette CCD-CMOS 3648pixels avec logiciel d'acquisition et de traitement
- 2 paires de lunettes de sécurité laser
- 1 spectromètre (option)
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

42

PLASMON PROPAGATIF DE SURFACE

EXPÉRIENCES ORIGINALES METTANT EN ÉVIDENCE LES ONDES PLASMONS QUI SONT PRINCIPALEMENT EXPLOITÉES DANS DES CAPTEURS BIO-PHYSIQUES ET BIO-CHIMIQUES

- L'objectif de cet ensemble didactique est d'étudier le couplage entre une onde lumineuse excitatrice et l'onde plasmon de surface se propageant à la surface d'un film d'or de quelques nanomètres déposé sur un prisme
- L'extinction plasmon est étudiée avec un laser mais aussi en lumière bl<u>anche</u>
- plasmon mais également d'en mesurer précisément l'angle, de calculer la permittivité diélectrique de l'or, d'observer l'effet de la polarisation, d'étudier les propriétés de la réflexion d'une lumière blanche ou d'introduire une application aux mesures physico-chimiques



Ce produit a été développé en collaboration avec l'Institut INSP de Paris



la lumière réfléchie par la couche d'or change de couleur en fonction de l'angle et donc du couplage



Thèmes abordés:

- Propriétés fondamentales de la résonance plasmonique de surface, ondes évanescentes et ondes de surface
- Excitation de la résonance plasmon avec un Laser He-Ne, mesure de la position angulaire de l'extinction plasmon
- Sensibilité de la technique et dépendance de l'extinction plasmon en fonction de la longueur d'onde
- Permittivité diélectrique de l'or, approche des applications de bio-détection

Principes et objectifs :

Dans un métal, le gaz d'électrons peut osciller en bloc donnant lieu à une oscillation de charges. Cette oscillation peut être couplée à une onde électromagnétique, donnant d'ailleurs un moyen de détecter ces oscillations de charges.

On distingue deux types d'oscillations : 1) L'oscillation plasma présente dans tout le volume du métal. 2) Une oscillation particulière des électrons d'une couche superficielle (quelques dizaines de nanomètres) qui donne lieu à l'onde plasmon de surface. Cette onde est confinée au voisinage de l'interface métal-air ou métal-liquide.

Une onde lumineuse excitatrice monochromatique entre en couplage avec l'onde plasmon de surface se propageant à la surface d'un film d'or déposé sur un prisme. On mesure l'intensité réfléchie en fonction de l'angle afin d'obtenir la courbe d'extinction plasmonique. On note également une dépendance en longueur d'onde. En lumière blanche, un phénomène spectaculaire peut être observé, le faisceau réfléchi par la couche d'or change de couleur en fonction de l'angle.

TP Plasmon propagatif de surface (Ref : T9660)

- 1 banc prismatique de 2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 3 cavaliers prismatiques standards
- 3 cavaliers prismatiques à réglage latéral
- 1 pied d'optique
- 1 diode laser rouge 650nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation
- 1 support de diode laser à réglage d'orientation X-Y
- 1 objectif achromatique de précision 10X
- 1 porte objectif sur tige avec réglage X_Y
- 1 source 12V/75W avec condenseur et alimentation
- 1 polariseur en monture graduée
- 1 diaphragme à iris
- 5 filtres interférentiels (BP 3nm) au diamètre 25mm avec bague d'adaptation magnétique
- porte filtre acier magnétique
- 2 lentilles diamètre 40 mm, F+200 et F+300mm
- 1 plateau à réglage angulaire avec vernier sur tige
- platine porte-prisme
- 1 prisme «plasmon» (3 faces polies), hauteur 40 mm avec dépôt d'un film mince d'or
- 1 écran métallique blanc et quadrillé 20x20cm
- 1 luxmètre à sonde déportée sur tige
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

www.didaconcept.fr info@didaconcept.fr TEL: +33 (0)3 82 20 81 07 FAX: +33 (0)3 82 46 75 78

MULTIPLEXAGE OPTIQUE

Une manière visuelle et pédagogique d'étudier le principe des télécommunications

- Le multiplexage sous forme visuelle : plus parlant pour les
- Construction d'une chaîne de Télécommunications
- Étude de plusieurs propriétés des fibres optiques : injection,
- De nombreuses applications : réseaux internet, transmission d'informations





Thèmes abordés:

- Transmission d'un signal par voie optique
- Multiplexage en longueur d'onde
- Démultiplexage en longueur d'onde

Principes et objectifs:

- Transmission d'un signal par voie optique :

Des diodes laser modulables sont utilisées pour transporter un signal. Les sources ayant des longueurs d'onde différentes, il est possible de les combiner en entrée de fibre (multiplexage) et de les séparer en sortie (démultiplexage).

- Multiplexage en longueur d'onde :

Un réseau de diffraction dévie le faisceau de la diode laser rouge avec un angle différent de celui de la diode laser bleue. Cette propriété est mise à profit pour injecter les deux signaux dans une même fibre. Il est également possible de simplement utiliser la grande ouverture numérique de la fibre pour injecter directement les faisceaux des 2 diodes laser avec une incidence adéquate.

- Démultiplexage en longueur d'onde :

En sortie de la fibre, le même réseau de diffraction permet de séparer angulairement le signal porté par la lumière rouge de celui porté par la source bleue. Une autre méthode consiste à utiliser des filtres colorés bleus et rouges pour isoler et séparer les signaux.

TP Multiplexage Optique (Ref: T9470)

- 1 table optique à nid d'abeille (Breadboard) 60x45x5 cm
- 6 pieds magnétiques standards
- 2 pieds magnétiques à réglage latéral
- 4 brides de serrage
- 1 plateforme rotative
- 1 support de réseau
- 1 réseau plan 600tr/mm par transmission
- 1 diode laser modulable 650nm 1mW
- 1 diode laser modulable 405nm 1mW
- 1 fibre optique plastique SMA
- 2 supports de fibre, dont un avec optique de collimation
- 2 photodiodes amplifiées
- 2 supports de filtres
- 1 jeu de filtres colorés
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences
- 1 Générateur Basse Fréquence (Option)
- 1 Oscilloscope 2 voies, écran couleur (Option)
- 1 Kit Signal Sonore : Source audio portable + casque ou enceintes audio (Option)

TÉLÉCOM OPTIQUE PAR MULTIPLEXAGE WDM

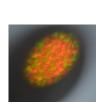
Ensemble pédagogique permettant d'étudier de nombreux thèmes relatifs à la transmission D'INFORMATIONS PAR VOIE OPTIQUE

- Le principal avantage de cette maquette est d'être pédagogique. Elle permet aux étudiants de comprendre les différentes parties d'une Télécommunication Optique (de l'émission à la réception de signaux, en passant par leurs inscriptions sur une porteuse optique ou leur transport dans une fibre optique)
- Plus d'une quinzaine d'heures d'expériences possibles durant lesquelles les utilisateurs pourront étudier chaque partie séparément (modulation par effet électro-optique,



🚫 Ce produit a été développé en collaboration avec la LPro Télécom et l'Institut XLIM de Limoges







observation des deux porteuses en sortie de fibre (à gauche) et après démultiplexage par un réseau (à droite)

Thèmes abordés:

- Modulation directe d'un faisceau par diode laser
- Modulation indirecte d'un faisceau laser par effet électro-optique (effet Pockels), polarisation de la lumière
- Injection et transport d'un signal dans une fibre optique, coupleur fibré
- Multiplexage en longueur d'onde (WDM), démultiplexage
- Démodulation, transmission optique de signaux vidéo et audio

Principes et objectifs:

Le multiplexage en longueur d'onde consiste à transmettre dans un même conduit, une fibre optique, plusieurs canaux à différentes longueurs d'onde, chacun d'entre eux étant porteur d'information. Les canaux modulés sont multiplexés à l'émission et démultiplexés avant détection. Le multiplexage en longueur d'onde permet de véhiculer, à fibre de ligne équivalente, un débit plus important qu'un système de transmission ne transportant qu'un seul canal.

L'objectif principal de ce TP est d'aborder et d'étudier les différentes parties d'une liaison de télécommunication optique : de l'inscription d'un signal sur une porteuse optique jusqu'à sa réception, en passant par son transport et sa détection.

TP Télécom Optique - WDM (Ref: T9480)

- 1 table optique à nid d'abeille 60x45x5cm
- 1 ensemble de pieds magnétiques
- 1 diode laser verte 532nm 5 mW non polarisée et avec support
- 1 diode laser rouge 670nm 3 mW modulable jusqu'à 50 MHz, collimatée et avec support
- 1 alimentation pour diode laser modulable
- 2 polariseurs en monture graduée
- 1 lame quart-onde 560nm en monture graduée
- 3 supports d'injection sur tige avec réglages 2 axes X_Y et translation micrométrique
- 3 objectifs de microscope de précision 10X
- 1 modulateur électro-optique (cellule de Pockels, cristal LiNbO₃) avec 2 câbles SMA-SMA
- 1 générateur-amplificateur de commande pour cellule de Pockels
- 2 détecteurs amplifiés à gain réglable
- 1 coupleur fibré multimode 2X1 achromatique connectorisé FC/PC avec disque et embase
- 1 réseau PATON 600tr/mm avec support
- 1 écran blanc spécial diffraction, avec règle graduée 40x10cm
- 1 kit multimédia (radio + enceintes + lecteur DVD + moniteur LCD et toute la connectique)
- 2 lunettes de sécurité laser large bande (OD1-2 de 500 à 700nm) 10mW max
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences
- 1 oscilloscope 2 voies (option)
- 1 multimètre (option)

www.didaconcept.fr info@didaconcept.fr TEL: +33 (0)3 82 20 81 07 FAX: +33 (0)3 82 46 75 78

FIBRES OPTIQUES

Une étude des caractéristiques des fibres permettant de se former à leurs manipulations et de découvrir des techniques de mesures originales

- Ajustement et optimisation de l'injection d'un laser dans le cœur d'une fibre, ouverture numérique, pertes, atténuation
- Calcul des indices de cœur et de gaine après avoir caractérisé le faisceau émergeant de la fibre
- Détermination expérimentale du profil d'indice au sein du cœur de la fibre à gradient ou à saut d'indice
- Mesure précise du diamètre du cœur grâce à un micromètre objet et une mesure de grandissement
- Mise en évidence de la dépolarisation par réflexion

(5)

Ce produit a été développé en collaboration avec la LPro Télécom et l'Institut XLIM de Limoges





Thèmes abordés :

- Réglage et optimisation de l'injection, mesure de pertes
- Détermination de l'ouverture numérique, calcul de l'indice de la gaine
- Détermination expérimentale du profil d'indice du cœur, profil parabolique d'une fibre à gradient d'indice
- Mesure du diamètre du cœur, calcul de la fréquence normalisée, du nombre de modes dans la fibre, de la longueur d'onde de coupure
- Observation du comportement en lumière polarisée, dépolarisation par une fibre

Principes et objectifs :

Le but du TP proposé est d'étudier différentes caractéristiques d'une fibre optique sans avoir besoin d'instruments performants et onéreux (type analyseur de spectre ou réflectomètre).

Ce TP est particulièrement bien étudier pour débuter une formation et initier les étudiants à la manipulation et aux précautions à prendre lors de mesures sur une fibre optique.

Outre les techniques « classiques » utilisées sur les fibres, ce TP propose également deux méthodes originales pour la mesure du profil d'indice et du diamètre du cœur de la fibre.

TP Étude de fibres à gradient et saut d'indice (Ref : T9460)

- 1 banc prismatique de 2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 3 cavaliers prismatiques standards
- 1 cavalier prismatique à réglage axial et vertical
- 1 cavalier prismatique à réglage latéral de précision avec vernier 0.01mm
- 1 cavalier prismatique à réglage latéral et vertical
- 1 cavalier prismatique à réglage axial
- 1 source 12V/75W avec condenseur et alimentation
- 1 écran métallique blanc et quadrillé 20x20cm
- 1 diode laser verte 532nm 3mW à symétrie circulaire, alimentation
- 2 polariseurs en monture graduée
- 1 micromètre objet 2 axes, avec monture associée
- 3 objectifs de microscope de précision (1 X10 et 2 X20) avec porte objectif sur tige
- 1 fibre optique multimode à gradient d'indice : 1 ou 2m, avec monture adaptée
- 1 fibre optique multimode à saut d'indice : 1 ou 2m, avec monture adaptée
- 1 décalage d'axe sur tige
- 1 puissancemètre Laser avec support sur tige
- 2 lunettes de sécurité laser large bande (OD1-2 de 500 à 700nm) 10mW max
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

PLATEFORME D'ÉTUDE DES FIBRES OPTIQUES

PLATEFORME MODULAIRE ET AUTONOME PERMETTANT DE RÉALISER PLUS DE 18 EXPÉRIENCES AUTOUR DE THÈMES VARIÉS ET POUR DES UTILISATEURS DE NIVEAUX DIFFÉRENTS

- Solution de formation innovante et très avancée, couvrant les domaines clés de l'Optique, de l'Optoélectronique et des Communications Optiques
- Cet ensemble est livré avec une série d'accessoires (bobines de fibres monomodes, multimètre, mesureur de puissance optique, casque, microphone, câbles et connecteurs,...) et un logiciel de contrôle et d'enregistrement des résultats
- Ce Kit est un système autonome qui exploite des composants issus de l'industrie ne nécessitant aucun équipement annexe pour son fonctionnement ou pour l'analyse des données
- Le logiciel interactif contient également les concepts théoriques liés à chaque expérience. Les utilisateurs peuvent se référer à la théorie et mener simultanément leurs expériences à partir de l'écran tactile



Kit «clé en main» complet (composants, accessoires, logiciel, théories, protocoles d'expériences et résultats)
Solution robuste et fiable utilisant des composants industriels et des fibres Télécom

Objectifs pédagogiques en rapport avec le contenu des programmes et permettant une véritable approche du monde industriel

Système évolutif : possibilité de développer ses propres expériences, de rajouter des composants externes pour mener d'autres études

PLATEFORME MODULAIRE D'ÉTUDE DES FIBRES OPTIQUES

Thèmes abordés:

Paramètres des fibres optiques

ouverture numérique, atténuation et dispersion en fonction de la longueur d'onde et de la longueur de fibre, perte par courbure, modes

Caractérisations de composants

diodes lasers et photodiodes, multiplexeurdémultiplexeur en longueur d'onde, fibre à réseau de Bragg, circulateur à fibre, amplificateur à fibre dopé Erbium (EDFA)

Systèmes de communications optiques

communication numérique, analogique, liaison par multiplexage (WDM) et démultiplexage en longueur d'onde, liaison WDM avec amplification optique, multiplexage temporel (TDM), insertion/extraction de canaux (OADM) dans une liaison WDM

Tests et analyses

réflectomètre à fibre optique (OTDR), taux d'erreur (BER) et analyse du diagramme de l'œil, prédiction de la puissance transmise, prévision de la bande passante

Cette Plateforme se décline en 4 versions

	Version	Version	Version	Version
Liste des Composants	BASIC	EDFA	WDM	PREMIUM
	REF: T9490	REF: T9492	REF: T9494	REF: T9496
Sources Lasers – Bande C	1550nm	1530nm,1550nm	1510nm,1530nm 1550nm,1570nm	1510nm,1530nm 1550nm,1570nm
Source Laser: 850 nm				$\sqrt{}$
Source Laser de pompe : 980 nm		\checkmark		√
Photodiodes (15xx nm) : InGaAs	1	2	4	4
Photodiodes (850 nm) : Si	2			2
Atténuateur optique variable	√	$\sqrt{}$	$\sqrt{}$	√
Multiplexeur et démultiplexeur		√	√	√
Fibre à réseau de Bragg			√	√
Circulateur à 3 ports	√		√	√
Coupleur 3dB	√	√		√
Fibre dopée Erbium (Er +3)		√		√
Coupleur WDM: 980 / 15xx nm	√	√		√
Isolateur optique 15xx nm		√		√
Multimètre	1	1	1	1
Mesureur de puissance	1	1	1	1
Casque audio	1	1	1	1
Microphone	1	1	1	1
Bobine fibre monomode – 1 km	1	1	1	1
Bobine fibre monomode – 2 km	1	1	1	1
Bobine fibre monomode – 3 km	1	1	1	1
Câble d'alimentation secteur	1	1	1	1
Câbles BNC-BNC	√	√	√	√
Câble RS232-DB9 (fem-fem)	$\sqrt{}$	$\sqrt{}$	$\sqrt{}$	√
Cordons SC-SC fibre monomode	√	√	√	√
Adaptateurs SC-SC	√	√	√	√
Bouteille de liquide nettoyant	√	√	√	√
Papiers de soie : Lot de 50	√	√	√	√
Bâton de nettoyage : Lot de 5	$\sqrt{}$	√	√	√
Kit de nettoyage pour connecteur	√	√	√	√

www.didaconcept.fr info@didaconcept.fr TEL:+33 (0)3 82 20 81 07 FAX:+33 (0)3 82 46 75 78

PHOTOGRAPHIE DE SPECKLE

Ensemble permettant d'appréhender de manière qualitative et quantitative les propriétés des FIGURES DE SPECKLE OBTENUES PAR LE BIAIS D'UNE SOURCE COHÉRENTE ET D'UNE SURFACE RUGUEUSE

- Un logiciel dédié permet d'exploiter les images capturées à l'aide de la caméra. Il possède de nombreuses fonctionnalités de calculer des Transformées de Fourier d'images 2D, de procéder à un étalonnage et à des mesures de déplacements ou encore de mesurer des angles de franges
- Ce TP est innovant et spectaculaire dans la mesure où le résultat d'un calcul d'une transformée de Fourier discrète sur un speckle conduit à une figure d'interférences comparable à celle obtenue avec des dispositifs classiques tels que les trous d'Young ou encore le biprisme de Fresnel



Ce produit a été développé en collaboration avec le laboratoire LCP-A2MC de Metz



Les propriétés particulières de cohérence spatiale et temporelle de la lumière laser sont à l'origine du phénomène de speckle que l'on peut observer par réflexion en éclairant une surface ruqueuse claire ou par transmission à travers un verre dépoli.

Ce phénomène est en général indésirable, surtout en holographie, mais il présente quelques propriétés physiques remarquables qu'il est facile d'observer et de mettre à profit dans des expériences.

Thèmes abordés :

- Répartition d'intensité dans une figure de speckle
- Taille des grains de speckle et évolutions en fonction de certains paramètres (distance/caméra, angle d'observation)
- Utilisation de la taille des grains de speckle pour déterminer le point de focalisation d'une lentille
- Mise en évidence des défauts de l'œil (myopie et hypermétropie) à l'aide de la granularité laser
- Photographie de speckle exploitée après Transformée de Fourier Directe pour la mesure de déplacements latéraux micrométriques
- Analogie avec les trous d'Young, mesure d'interfranges
- Expositions multiples et observations de maxima et minima principaux et secondaires
- Analogie avec l'holographie où l'information est présente en tout point de l'objet, une manipulation permet de vérifier qu'il en est de même pour le speckle

Principes et objectifs:

Après diffusion par une surface rugueuse, les ondes lumineuses cohérentes émises par une source laser interfèrent de manière constructive en certains points de l'espace et destructive en d'autres : cet ensemble de taches lumineuses appelé figure de speckle existe dans tout l'espace où se superposent les ondes diffusées par la surface.

La méthode classique d'expositions multiples d'une même plaque photographique et de développement de l'image est remplacée avantageusement par une addition numérique des différentes images de speckle. L'éclairement de l'image ainsi réalisé par une lumière identique à celle qui a servi à former le speckle est équivalente à une transformée de Fourier qui est calculée de manière discrète sur l'image numérique.

TP Photographie de Speckle (Ref: T9640)

- 1 banc prismatique de 1,2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 2 cavaliers prismatiques standards
- 1 cavalier prismatique à réglage latéral et vertical
- 1 cavalier prismatique à réglage latéral de précision avec vernier 0.01mm
- 1 diode laser verte 532nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation
- 1 support à réglage d'orientation x-y pour objet cylindrique
- 1 objectif de microscope x4
- 1 objectif de microscope de précision x10
- 1 objet dépoli seul diamètre 40mm
- 1 porte composant pour diamètre 40 mm
- 1 lentille diamètre 40mm, f = +50 mm
- 1 porte composant pour diamètre 40 mm
- 1 écran métallique blanc et quadrillé 20x20cm
- 1 caméra CMOS haute résolution sur tige
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

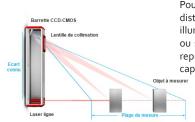
TRIANGULATION LASER

MÉTROLOGIE OPTIQUE : TÉLÉMÉTRIE ET PROFILOMÉTRIE PAR TRIANGULATION LASER

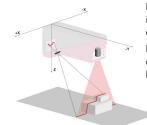
- Expériences originales abordant de nombreux aspects mathématiques et physiques
- Étude et mise en oeuvre d'applications concrètes de la vie quotidienne
- Ensembles optimisés pour faciliter la réalisation de ces expériences
 - T0821 : Télémétrie
 - T0822 : Télémétrie et Profilométrie

Principe de la mesure d'une distance par triangulation

Une ligne laser verticale est projetée sur l'objet que l'on souhaite étudier. Une image de la réflexion du faisceau laser est enregistrée sur la barrette CDD ou sur la caméra 2D CMOS. La distance entre le laser ligne et le capteur doit être connue et il est nécessaire de bien focaliser l'image sur le plan du capteur.



Pour réaliser une mesure de distance, la position des pixels illuminés sur la barrette CMOS ou sur l'axe horizontal de la caméra représente la distance entre le capteur et l'objet.



Pour réaliser une mesure de profil, il est nécessaire de disposer d'un capteur à 2 dimensions.

Les variations sur l'axe vertical du capteur représentent le profil de l'objet scanné.

TP PRINCIPES ET APPLICATIONS DE LA TRIANGULATION LASER



TP Télémétrie par triangulation, avec barrette CCD (Ref : T9610)

- 1 banc prismatique de 2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 1 cavalier prismatique standard
- 1 cavalier prismatique latéral double à écartement réglable et gradué au mm
- 1 diode laser 650nm 1mW avec générateur de faisceau ligne intégré
- 1 écran quadrillé de grande dimension, métallique, sur tige
- 1 système de focalisation réglable pour barrette CCD-CMOS
- 1 capteur à double barrette CCD-CMOS avec logiciel
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences



TP Profilométrie par triangulation, avec caméra CMOS (Ref : T9615)

- 1 banc prismatique de 2m avec jeu de pieds réglables et système d'éclairage rasant
- 1 cavalier prismatique standard
- 1 cavalier prismatique à réglage latéral
- 1 cavalier prismatique à réglage angulaire
- 1 cavalier prismatique latéral double à écartement réglable et gradué au mm
- 1 diode laser 650nm 1mW avec générateur de faisceau ligne intégré
- 1 écran quadrillé de grande dimension, métallique, sur tige
- 1 système de focalisation réglable pour barrette CCD-CMOS
- 1 capteur à double barrette CCD-CMOS avec logiciel
- 1 caméra 2D à matrice CMOS haute sensibilité
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

www.didaconcept.fr info@didaconcept.fr TEL:+33 (0)3 82 20 81 07 FAX:+33 (0)3 82 46 75 78 49

DÉFLECTOMÉTRIE OPTIQUE

MÉTROLOGIE OPTIQUE : LA DÉFLECTOMÉTRIE PAR DÉCALAGE DE PHASES

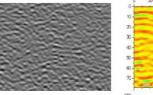
- Produit découlant de procédés industriels qui ont été didactisés avec l'aide d'un spécialiste de la vision & de
- Technique permettant l'étude de toutes pièces réfléchissantes (les composites, les plastiques, les miroirs, les métaux etc ...) et tous types de surfaces transparentes (les pare-brises, les lentilles et les verres en général)
- Les étapes de la mise en oeuvre :
 - Affichage d'une mire dynamique
 - Déformation de la mire transmise ou réfléchie par un objet
 - Digitalisation de l'information par une caméra
 - Caractérisation de la surface par un outil logiciel calculant la courbure en chaque point de l'image

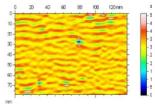


Ce produit a été développé en collaboration avec la société V-Optics de Marly

Qualification d'un état de surface

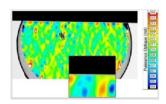
Exemple: peau d'orange





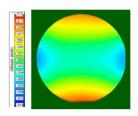
Défauts de distorsion optique :

Exemple: lentille



Mesure de planéité :

Exemple: Déformations micrométriques de planéité



Thèmes abordés :

- Déflectométrie par décalage de phases
- En mode transmission : étalonnage, mesure de la puissance optique de lentilles, déformation d'image (vitrage), visualisation de défauts (ponctuel, rayures)
- En mode réflexion : étalonnage, mesures de planéité/forme d'un miroir plan ou courbe, détermination d'ondulation et de déformations micrométriques sur des surfaces peintes, évaluations de déformations locales d'une surface ou en absolu par rapport à un plan de référence, détermination des variations d'altitude micrométrique avec un système ayant une résolution spatiale de l'ordre du millimètre!
- Logiciel industriel adapté à la pédagogie : vidéos, images, carte de phase / pentes en X, Y, carte de courbure / distorsion en X, Y, X+Y, carte d'amplitude : mise en exergue de défauts d'apparence
- Données métriques : résolution pixel/mm du système et distances caméra objet / caméra écran, calculées par le système suite à étalonnage

Principes et objectifs :

En mode réflexion, un motif périodique est affiché sur un écran et une caméra enregistre l'image de l'écran réfléchie par la surface de l'objet à mesurer. Le motif affiché permet d'associer à chaque pixel du capteur caméra le point émetteur lui correspondant sur l'écran. Si les positions relatives de la caméra, de l'écran et de l'objet sont connues, il est alors possible de reconstruire le trajet des rayons issus de l'écran et réfléchis par l'objet vers la caméra.

En mode transmission, le principe reste le même mais la mire traverse l'objet transparent étudié avant d'atteindre la caméra pour être analysée.



TP Déflectométrie optique (Ref : T9630)

- 1 ensemble de 2 bancs prismatiques pivotants avec accouplement goniométrique
- cavalier prismatique standard
- 1 cavalier prismatique à réglage axial
- 1 cavalier prismatique à réglage latéral et vertical
- 1 caméra CMOS haute résolution 8Mpx avec objectif réglable
- 1 moniteur (15 pouces minimum)
- 1 porte composant à serrage concentrique 5-55mm
- 1 porte lames-réseaux-diapo simple
- 1 jeu d'échantillons d'études (lentilles, miroirs, vitrage, objet peint, ...)
- 1 logiciel d'acquisition et de traitement
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences



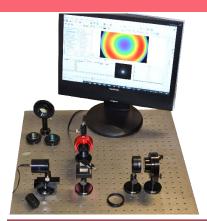
ANALYSE DE FRONT D'ONDE

MÉTROLOGIE OPTIQUE: ANALYSEUR DE SURFACE D'ONDE (ASO) - SHACK HARTMANN

- Un grand nombre de notions essentielles en optique sont abordées: aberrations géométriques (aberration sphérique, coma, astigmatisme, courbure de champ) et chromatiques sur l'axe et dans le champ, PSF, FTM, décomposition de la surface d'onde sur la base des polynômes de Zernike, rapport de Strehl
- L'ASO a été spécialement conçu et développé par un spécialiste de l'imagerie et de l'instrumentation pour l'astronomie
- Le Logiciel permet de visualiser et d'enregistrer l'image de l'ASO et d'effectuer la reconstruction de la surface d'onde de Zernike et de quantifier les aberrations associées ou encore de remonter au profil de la surface d'onde.



🚫 Ce produit a été développé en collaboration avec l'Institut d'Optique Graduate School de St Etienne



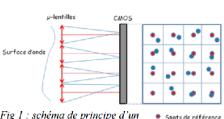
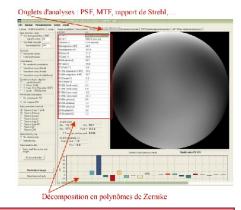


Fig 1 : schéma de principe d'un Spots de référence ASO de type Shack-Hartmann Spots réels



Thèmes abordés:

- Métrologie optique, alignement et autocollimation
- Calibration, étude des critères de qualité de composants optiques (doublet, lentille)
- Analyse de surface d'onde, mesure d'aberrations géométriques et chromatiques
- Tache image (Point Spread Function = PSF), fonction de Transfert de Modulation (FTM), rapport de Strehl
- Polynômes de Zernike
- Reconstruction de la surface d'onde en utilisant des méthodes zonales et / ou modales

Principes et objectifs :

Le montage utilise un capteur appelé ASO (Analyseur de Surface d'Onde) qui est un réseau de 38x38 microlentilles couplé à une matrice CMOS (2592x1944 pixels). Chaque lentille fait converger l'onde en un spot dont la position dépend de la pente locale qu'avait l'onde sur la lentille en question (voir schéma précédent). En comparant les positions des spots par rapport aux points de référence, le logiciel est ainsi capable de reproduire la forme du front d'onde.

Ce logiciel, fourni avec l'analyseur de front d'onde, permet de visualiser, enregistrer et reconstruire la surface d'onde en temps réel. Il peut également quantifier les aberrations optiques, calculer les polynômes de Zernike, analyser la MTF ou la PSF.

Le principal but de ce TP est de déterminer la qualité d'un système optique (par exemple un doublet, en configuration infini-foyer) à l'aide d'un ASO de type Shack-Hartmann. En complément, l'utilisateur se formera aux réglages et alignements optiques, à la calibration du système et à l'exploitation des données.

TP Analyseur de surface d'onde - Shack Hartmann (Ref : T9650)

- 1 table optique à nid d'abeille 60x45x5cm
- 5 pieds magnétiques
- 1 pied magnétique à translation latérale
- 1 kit illumination : source LED avec pinhole (10 et 50 μm), alimentation et support
- 1 cube séparateur non polarisant 50-50, L=25 mm
- 1 plateau porte prisme avec doigt de maintien
- 1 miroir diamètre 40mm (planéité lambda/20) en monture avec réglage X-Y
- 1 doublet achromatique diamètre 50,8mm, F=+300mm
- 1 lentille plan-convexe diamètre 50,8 mm, F=+300mm avec barillet
- 1 monture pour composant diamètre 50,8 mm
- 1 ASO Shack Hartmann 38x38 points
- 1 logiciel d'acquisition et de traitement
- 1 notice d'expériences

ELLIPSOMÉTRIE

MÉTROLOGIE OPTIQUE: MESURE D'INDICES ET D'EPAISSEUR PAR ELLIPSOMÉTRIE

- · L'ellipsométrie est une technique de mesure optique non destructive largement utilisée dans le milieu industriel (mesures d'épaisseurs, de propriétés optiques, ...)
- Ce TP permet une approche didactique, théorique et pratique de l'ellipsométrie. Le matériel fourni peut également être



Ce produit a été développé en collaboration avec le laboratoire LCP-A2MC de Metz



Logiciel de traitement et de calcul

Pour la détermination des angles ellipsométriques ainsi que des caractéristiques des échantillons



Thèmes abordés:

- Principe de l'ellipsométrie et de l'ellipsométrie par extinction en particulier
- Polarisation de la lumière, identification des axes rapide et lent d'une lame à retard de phase
- Détermination des angles ellipsométriques d'un matériau, méthode d'alignement optique
- Mesure des indices d'un substrat de silicium (n et k), d'un métal et d'un verre
- Mesure de l'indice (n) et de l'épaisseur (e) d'une couche de SiO, déposée sur substrat de silicium
- Évolution de n et e lors d'un changement de longueur d'onde
- Mise en évidence, via le logiciel, de l'influence d'une erreur de mesure sur les valeurs de n, k et e

Principes et objectifs :

L'ellipsométrie est une technique optique reposant sur la mesure du changement de l'état de polarisation d'un faisceau lumineux après réflexion sur une surface. Cette modification dépend de la surface à étudier. Ainsi, pour une longueur d'onde et un angle d'incidence donné, il est possible de déterminer les angles ellipsométriques d'un matériau et d'en déduire ses caractéristiques (indices n et k, épaisseur e).

L'ellipsométrie à extinction est basée sur la recherche du minimum de lumière réfléchie par ajustement des angles d'un polariseur et d'un analyseur.

L'objectif du montage proposé est d'assembler et de régler un ellipsomètre didactique pour déterminer les indices et l'épaisseur de différents échantillons (substrat de silicium, monocouche de SiO, sur substrat de silicium, aluminium, verre) et analyser les conséquences de la variation de longueur d'onde et de l'angle d'incidence.

TP Ellipsométrie (Ref: T9620)

- 1 platine goniométrique de précision 1 minute d'arc avec porte réseau
- 2 bras pivotants porte composants
- 1 jeu de 4 échantillons d'étude
- 1 diode laser verte 532nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation
- 1 diode laser rouge 650nm 1mW à symétrie circulaire, alimentation
- 2 polariseurs linéaires orientés dans le plan horizontal en monture graduée et rotative
- 1 polariseur circulaire, en monture graduée et rotative
- 1 lame quart onde en monture graduée et rotative
- 1 luxmètre à sonde déportée sur tige
- 1 loupe éclairante
- 1 logiciel de calcul dédié
- 1 râtelier de rangement + 1 notice d'expériences

52

SPECTROSCOPIE RAMAN

ÉTUDE DE LA SPECTROSCOPIE RAMAN : DES COMPOSANTS CLÉS À SES APPLICATIONS EN PASSANT PAR SON MONTAGE ET SES PRINCIPES

- La Spectroscopie Raman est basée sur la diffusion inélastique d'un rayonnement monochromatique. Durant ce processus, l'énergie est échangée entre les photons incidents et la matière de telle sorte que les photons diffusés présentent une énergie plus élevée ou plus faible que les photons incidents. Cette différence d'énergie est due à des variations de l'énergie de rotation et de vibration des molécules excitées
- Unique ensemble pédagogique permettant d'aborder le thème de la Spectroscopie Raman et ses applications au niveau de l'Enseignement Supérieur. Ce produit est à la fois modulaire (possibilité de réaliser ses propres expériences, d'étudier les différentes parties du montage,...) et **multi-domaines** (Physique, Chimie, Biologie)

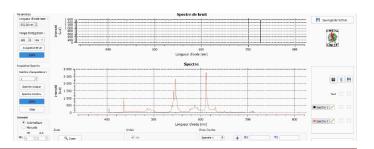


🎖 Ce produit a été développé en collaboration avec le laboratoire LMOPS de Metz



Logiciel d'acquisition et de traitements de données

Plusieurs onglets et de nombreuses fonctionnalités indispensables



Thèmes abordés:

- Études des différentes parties du dispositif : filtres (passe bande, passe haut, coupe bande) et de leurs comportements en fonction de l'angle d'incidence, spectromètre (résolution, dimension du capteur CCD), sources (spectre, largeur à mi-hauteur)
- Spectroscopie vibrationnelle, Diffusion Rayleigh, Diffusion Raman, nombre d'onde
- Phonons optiques, Fluorescence
- Modes de vibrations et effet de la polarisation
- Méthode d'analyse non destructive (polymères, cristal, liquide)

Principes et objectifs :

Compréhension du fonctionnement d'un spectromètre Raman en réalisant par soi-même le montage et en assurant l'alignement optique et son optimisation. Analyse des principes fondamentaux de cette technique : mise en évidence pratique de l'effet Raman, phénomènes de luminescence, observation et exploitation de modes de vibrations, influence de la polarisation, ... au travers de différents cas pratiques en Physique du solide, en Chimie ou encore en Biologie.

TP Spectroscopie Raman (Ref: T9680)

- 1 table optique à nid d'abeille 60x45x5cm
- 1 ensemble de 9 pieds magnétiques standards
- 1 pied magnétique à translation latérale
- 1 diode laser verte 532 nm 100 mW sortie fibrée / alimentation
- 3 paires de lunettes d'alignement et protection laser 532 nm jusque 100 mW
- 1 support fibre laser avec adaptateur, diaphragme réglable et optique de collimation
- 1 diaphragme métallisé diamètre 40 mm avec support sur tige
- 1 lentille de collimation diamètre 25 mm (F=+50 cm) avec support sur tige
- 1 miroir diamètre 25 mm, plan avec support à réglage X_Y sur tige 1 filtre interférentiel (532 nm – FWHM 3 nm) diamètre 25 mm avec support sur tige
- 1 filtre passe haut (Edge-532nm-OD6) diamètre 12,5 mm avec support à réglage X Y sur tige
- 1 filtre coupe bande (Notch-532nm-OD4) diam. 12,5 mm avec support à réglage X Y sur tige
- 1 spectromètre USB compact Visible (350-800 nm), 1,5 nm de résolution
- 1 fibre optique pour spectromètre, connecteur SMA
- 1 support fibre 4 axes réglable X_Y + tilt avec adaptateur, optique de focalisation et support
- lentille de focalisation diamètre 25 mm (F=+4 cm) avec support sur tige
- 2 décalages d'axe sur tige et 1 support multifonction sur tige avec doigt de maintien
- 1 jeu de divers échantillons d'étude (polymères, minéraux, cristal, liquides, ...)
- 2 polariseurs linéaires en verre diamètre 25 mm avec monture rotative (360°) et vernier
- 1 source néon (ampoule, support, alimentation) et 1 lanterne LED à réglage crémaillère
- 1 puissancemètre laser avec support sur tige
- logiciel d'acquisition et de traitement
- 1 notice d'expériences

PHOTONIQUE

Ce troisième chapitre dédié à l'Optique réunit une gamme de Travaux Pratiques basée sur un matériel de pointe et des thèmes liés à la Photonique dont une définition proposée par *Photonics France* résume parfaitement cette partie : «La Photonique désigne les sciences et les techniques qui génèrent, émettent, détectent, collectent, transmettent, modulent, amplifient ou modifient les flux de photons, c'est-à-dire la lumière».

Ainsi, vous trouverez ici des ensembles didactiques permettant d'appréhender la caractérisation de sources, les fondamentaux du laser, la métrologie laser ou encore la fibre optique et ses applications.

TP PHOTOMÉTRIE	Р.56	
TP DÉTERMINATION DES PROPRIÉTÉS SPATIALES DE FAISCEAUX LASER	P.57	
TP Résonateur Fabry-Pérot	P.58	
TP Cavité Laser He-Ne	P.59	
TP Absorption-émission d'un cristal Nd:YAG	Р.60	
TP CAVITÉ LASER ND:YAG	Р.61	
TP Laser à fibre linéaire ou en anneau		
TP Gyroscope Laser He-Ne	Р.63	
TP LIDAR	Р.64	
TP Anémométrie Doppler Laser (LDA)	Р.65	
TP FIBRE OPTIQUE PLASTIQUE	Р.66	
TP FIBRE OPTIQUE SILICE	Р.67	
TP Spectrométrie à Transformée de Fourier	Р.68	
TP Dualité onde-corpuscule	Р.69	

PHOTOMÉTRIE

MESURE D'INTENSITÉ, DE PUISSANCE ET CARACTÉRISATION D'IMPULSIONS LUMINEUSES

- La première partie des expériences consiste en la mesure de la puissance d'une diode laser (DPSS) verte et d'une LED jaune.
 La décroissance en 1/r² de la puissance avec la distance est vérifiée expérimentalement
- La deuxième partie traite de profil de faisceau qui peut être déduit à partir de la puissance transmise par un diaphragme à iris dont l'ouverture est réglable
- En option, une diode laser impulsionnelle et un détecteur adéquat vont permettre d'aborder les notions relatives aux impulsions et aux puissances associées

2 versions pour ce produit / Diode laser à 1535 nm (pas de danger pour les yeux)



TP PHOTOMÉTRIE

Thèmes abordés:

- Puissance optique et intensité d'un laser continu vert collimaté
- Puissance optique et intensité d'une LED jaune
- Dépendance de l'intensité avec la distance, vérification de la relation en 1/r²
- Mesure de puissance moyenne d'une source laser pulsée
- Mesure de la largeur d'impulsion et du taux de répétition
- Puissance crête et énergie d'une impulsion laser

Principes et objectifs :

La puissance d'un rayonnement électromagnétique (ou flux lumineux) correspond à la quantité d'énergie émise par la source en une seconde, alors que l'intensité lumineuse (ou irradiance) relie puissance et unité de surface. Par conséquent, à puissance constante, l'intensité d'une source lumineuse peut varier en fonction des paramètres géométriques du faisceau.

Afin de démontrer ces relations et de les vérifier quantitativement, le dispositif expérimental utilise deux sources lumineuses aux formes géométriques de faisceaux très différentes. Les mesures de puissance et d'intensité sont effectuées avec un wattmètre et un diaphragme à iris à ouverture réglable permet la variation de la section du faisceau.

En complément (T1021), une source de lumière (diode laser) à impulsions nanosecondes et un détecteur rapide permettent d'étudier d'autres caractéristiques comme la puissance moyenne, la puissance crête, la largeur de l'impulsion ou encore le taux de répétition.

TP Mesure de Puissance et intensité (Ref : T1020)

- 1 rail optique 1 m, avec règle graduée
- 1 diode laser verte 532 nm en monture sur cavalier
- 1 contrôleur de diode laser verte
- 1 LED jaune en monture sur cavalier
- 1 contrôleur de LED
- 1 optique de collimation avec support sur cavalier
- 1 diaphragme à iris avec support sur cavalier
- 1 mesureur de puissance optique avec support sur cavalier
- 1 multimètre numérique
- 1 notice d'expériences (en anglais)

Complément mesure d'impulsions (Ref : T1021)

- 1 diode laser infrarouge pulsée en monture
- 1 contrôleur de diode
- 1 photodiode infrarouge rapide avec support sur cavalier
- 1 oscilloscope 200 MHz à deux voies

MESURE ET ANALYSE DE PROFILS DE FAISCEAUX

DÉTERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES SPATIALES DE FAISCEAUX LASERS

- Dans ce TP, les propriétés spatiales des faisceaux de deux types de lasers sont quantifiées et leurs profils sont obtenus par la méthode dite « du couteau ».
- Les résultats expérimentaux sont utilisés pour déterminer rayon, divergence, longueur de Rayleigh ou encore facteur de qualité M² de chaque source





TP DÉTERMINATION DES PROPRIÉTÉS SPATIALES DE FAISCEAUX LASERS

Thèmes abordés :

- Puissance optique, intensité et densité d'énergie
- Taille et angle de divergence du faisceau laser
- Mesure du profil du faisceau d'un laser à semi-conducteur (DPSS) et d'une diode laser
- Méthode dite « du couteau » et étude de la modification du faisceau par une lentille
- Dépendance du profil du faisceau en fonction de la position axiale Z « du couteau »
- Paramètres du faisceau, longueur de Rayleigh et détermination du facteur de qualité M²

Principes et objectifs :

Les principaux paramètres d'un rayonnement laser sont le rayon ou le diamètre du faisceau, son angle de divergence et la longueur de Rayleigh. Ces grandeurs permettent notamment de déterminer la densité d'énergie.

La mesure des dimensions et de la position exacte du point de focalisation ainsi que le facteur de qualité du faisceau M² sont fondamentaux pour l'optimisation des systèmes lasers existants et le développement de nouveaux.

Dans ce TP, les propriétés spatiales des faisceaux de deux lasers sont quantifiées et leurs profils sont obtenus par la méthode dite « du couteau ». Les deux sources étudiées sont : un module à semi-conducteur pompé par diode et une diode laser.

Pour un rayonnement TEM_{00} , la distribution d'intensité est gaussienne dans le plan transversal et le facteur de qualité M^2 quantifie alors l'écart d'un faisceau laser à un faisceau gaussien. D'autre part, plus la divergence du faisceau est importante et la longueur de Rayleigh est petite, plus ce facteur de qualité est élevé.

À partir des données expérimentales, le facteur de qualité M² du faisceau des deux lasers est déterminé.

TP Détermination des propriétés spatiales de faisceaux lasers (Ref : T1040)

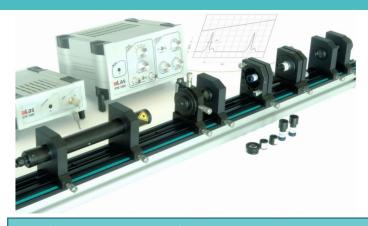
- 1 rail optique 0,5 m, avec règle graduée
- 1 diode laser verte DPSS en monture sur cavalier
- 1 diode laser rouge
- 1 contrôleur de diodes lasers
- 1 optique de focalisation avec support sur cavalier
- 1 système de mesure «couteau» avec support rotatif sur cavalier
- 1 optique de collimation avec support sur cavalier
- 1 photodiode avec support sur cavalier
- 1 filtre de densité neutre en monture
- 1 multimètre numérique
- 1 notice d'expériences (en anglais)

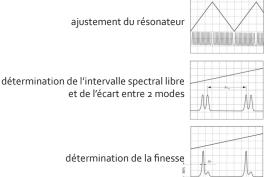
www.didaconcept.fr info@didaconcept.fr TEL:+33 (0)3 82 20 81 07 FAX:+33 (0)3 82 46 75 78

RÉSONATEUR DE FABRY-PÉROT

ÉTUDE DES CARACTÉRISTIQUES D'UNE CAVITÉ FABRY-PÉROT APPLIQUÉE À UN LASER HE-NE

- Contrairement aux analyseurs Fabry-Pérot à balayage commerciaux, ce système offre une vision complète de tous ses composants et il est entièrement réglable
- Il est formé par deux miroirs (concave ou plan) positionnés face à face pour obtenir différentes configurations (plane ou confocale) de résonateur
- La positon d'un des miroirs est ajustable à l'aide d'un élément piézo-électrique, indispensable pour scanner la cavité.
- Un contrôleur polyvalent permet de régler toutes les fonctions nécessaires pour le pilotage du transducteur piézo-électrique mais permet également d'acquérir et d'amplifier le signal provenant de la photodiode





TP RÉSONATEUR FABRY-PÉROT

Thèmes abordés:

- Interférence à 2 ondes, interférences multiples
- Intervalle Spectral Libre (ISL), résolution, finesse
- Différents types de résonateur Fabry-Pérot
- Critère de stabilité
- Analyse spectrale d'un Laser He-Ne
- Effets de la polarisation

Principes et objectifs :

L'objectif de ce résonateur didactique de type Fabry-Pérot concerne l'étude de son intervalle spectral libre et sa finesse ainsi que l'analyse des modes d'un laser He-Ne.

Un des miroirs du résonateur est monté sur un transducteur piézo-électrique, ce qui permet de réaliser un balayage de la cavité et de l'utiliser comme analyseur de spectre.

En modifiant le type de miroirs (l'ensemble complet T1140 en comprend 3 paires différentes) et la longueur de la cavité, il est possible d'explorer plusieurs configurations. Dans le cas d'un résonateur plan parallèle, un expanseur de faisceau est utilisé pour agrandir le diamètre du faisceau laser. Enfin, pour discriminer des deux modes polarisés du laser, un filtre de polarisation est fourni.

Il existe une version de base T1141 qui peut être complétée par la suite.

TP Résonateur Fabry-Pérot - version de base (Ref : T1141)

- 1 rail optique 1 m, avec règle graduée
- 1 laser He-Ne avec support et alimentation
- 1 support miroir à réglage angulaire sur cavalier
- 1 support miroir à réglage angulaire et axial (piézo-électrique) sur cavalier
- 1 paire de miroirs (concave R=75 mm)
- 1 contrôleur pour platine piézo-électrique et photodiode
- 1 photodiode sur cavalier
- 2 paires de lunettes de sécurité Laser
- 1 kit de nettoyage pour optiques + 1 notice d'expériences (en anglais)

TP Résonateur Fabry-Pérot - version complète (Ref : T1140)

Comprend la version de base T1141 avec les éléments complémentaires :

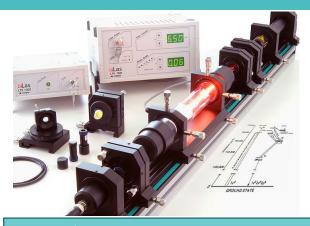
- 1 expanseur de faisceau avec ajustement 2 axes sur cavalier
- 1 collimateur de faisceau sur cavalier pour rail
- 2 paires de miroirs (concave R=100 mm, plan)
- 1 optique de mise en forme de faisceau sur cavalier
- 1 polariseur en monture rotative sur cavalier

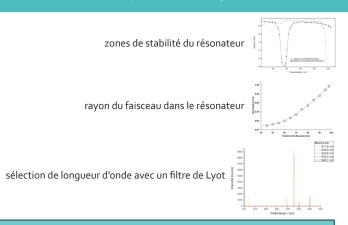
CAVITÉ LASER HE-NE

ÉTUDE DES CARACTÉRISTIQUES D'UNE CAVITÉ LASER HE-NE

- Ce kit pédagogique a été conçu pour aider les étudiants à comprendre l'interaction des différents composants d'un laser à gaz, des résonateurs lasers, des propriétés de modes, jusqu'à l'influence de différents composants optiques sélectifs en longueur d'onde utilisés dans les lasers à gaz
- Tous les composants optomécaniques disposent de réglages fins. Plusieurs miroirs, de réflectivité et rayon de courbure différents peuvent être facilement interchangés
- Le contrôleur électronique du tube laser He-Ne permet une variation du courant au niveau du tube et comprend un amplificateur interne pour la photodiode

🍞 2 versions pour ce produit / pour aller plus loin : spectromètre VIS, caméra, scanner Fabry-Pérot





TP CAVITÉ LASER HE-NE

Thèmes abordés:

- Propriétés des lasers à gaz, pompage par décharge électrique, raies d'émission et niveaux d'énergie de l'hélium et du néon
- Optimisation de la puissance de sortie du laser par alignement de la cavité résonante, évolution de la puissance optique de sortie en fonction du courant alimentant le tube
- Largeur et forme du faisceau laser à l'intérieur et à l'extérieur de la cavité, étude du critère de stabilité
- Observation des modes transverses (TEM_{00} et supérieur), sélection du mode longitudinal par un étalon
- Sélection de raies lasers par filtre biréfringent (Lyot) et par prisme de Littrow
- Détermination de la polarisation du faisceau émis, création et étude de différents types de polarisation, vérification de la loi de Malus

Principes et objectifs :

Ce TP exploite un tube laser à gaz He-Ne en configuration ouverte des deux côtés et disposant de fenêtres de Brewster. Des miroirs externes permettent de fermer le résonateur et il est alors possible d'étudier les principes de base des lasers à gaz comme par exemple la stabilité du résonateur, la cohérence et le comportement des modes. L'utilisation d'un filtre biréfringent (Lyot) ou d'un prisme (Littrow) permet de sélectionner la longueur d'onde de sortie. Grâce à un réseau de diffraction, les différentes raies laser peuvent être séparées spatialement. La sélection de mode est également étudiée à l'aide d'un étalon monomode. Il existe une version de base T1201 qui peut être complétée par la suite.

TP Cavité Laser He-Ne - version de base (Ref : T1201)

- 1 rail optique 1,5 m avec règle graduée
- 1 laser He-Ne avec support et contrôleur
- 2 supports miroir à réglage angulaire sur cavalier
- 1 photodiode sur cavalier
- 1 laser vert avec support et alimentation (pour alignement de la cavité)
- 3 miroirs pour cavité résonante
- 2 paires de lunettes de sécurité Laser
- 1 kit de nettoyage pour optiques + 1 notice d'expériences (en anglais)

TP Cavité Laser He-Ne - version complète (Ref : T1200)

Comprend la version de base T1201 avec les éléments complémentaires :

- 1 filtre biréfringent (Lyot) avec support rotatif sur cavalier
- 1 prisme de Littrow avec support à réglage angulaire sur cavalier
- 1 étalon monomode avec support à réglage angulaire sur cavalier
- 2 miroirs supplémentaires pour cavité résonante
- 1 réseau en transmission sur cavalier
- 2 polariseurs en monture rotative sur cavalier
- 1 lame demi-onde en monture rotative sur cavalier
- 1 lame quart-onde en monture rotative sur cavalier

ABSORPTION ET ÉMISSION

CRISTAL ND:YAG - ABSORPTION ET ÉMISSION APRÈS POMPAGE OPTIQUE

- Cet ensemble permet d'introduire toutes les notions indispensables à la compréhension des processus intervenant dans l'effet Laser
- Il peut être complété par des miroirs permettant de réaliser un résonateur et ainsi aborder l'amplification et la cavité Laser Nd:YAG
- La diode laser, munie d'un dispositif de refroidissement thermoélectrique, est utilisée pour pomper un cristal Nd: YAG. Le contrôleur de la diode laser permet de modifier des paramètres comme la température et le courant de la diode de pompage mais également de la moduler en intensité

oscilloscope nécessaire (non fourni) / pour aller plus loin : spectromètre VIS-IR



émission de la diode laser en fonction du courant injecté



temps de décroissance de la fluorescence



TP ABSORPTION - ÉMISSION D'UN CRISTAL ND:YAG

Thèmes abordés :

- Coefficient d'Einstein, absorption, émission spontanée et stimulée
- Diode Laser, seuil et courbe d'efficacité de la diode
- Dépendance de la longueur d'onde avec la température de la diode laser
- Pompage optique, optimisation de l'absorption
- Absorption du cristal Nd: YAG
- Décroissance de fluorescence, durée de vie de l'état excité
- Filtre interférentiel et filtre passe-haut

Principes et objectifs :

Absorption et émission stimulée par pompage optique sont des processus importants dans l'effet Laser.

Le pompage optique permet l'inversion de population et son efficacité dépend de l'absorption du milieu actif et des transitions d'émissions possibles dans celui-ci.

En ajustant la température de la diode laser et donc en changeant sa longueur d'onde il est possible d'optimiser l'absorption du cristal Nd:YAG et donc l'efficacité du pompage optique. Le profil spectral d'absorption du cristal peut ainsi être obtenu.

La désexcitation du milieu génère une fluorescence qui est collectée par une optique adaptée et mesurée par une photodiode après avoir été filtrée (1064 nm). La durée de vie de l'état excité est ainsi mesurée.

TP Absorption - émission d'un cristal Nd:YAG (Ref : T1130)

- 1 rail optique 0,5 m, avec règle graduée
- 1 diode laser 100 mW 808 nm, stabilisée en température avec support rotatif sur cavalier

TEL: +33 (0)3 82 20 81 07 FAX: +33 (0)3 82 46 75 78

- 1 contrôleur de diode laser (température, courant, modulation)
- 1 optique de mise en forme pour faisceau laser avec support sur cavalier
- 1 cristal Nd:YAG en monture avec ajustement 2 axes et support sur cavalier
- 2 optiques de mise en forme pour faisceau fluorescent avec support sur cavalier
- 1 filtre passe haut
- 1 filtre interférentiel (1064 nm)
- 1 support filtre sur cavalier
- 1 photodiode PIN avec support sur cavalier
- 1 carte de visualisation IR (800-1600 nm)
- 2 paires de lunettes de sécurité Laser
- 1 notice d'expériences (en anglais)

LASER ND: YAG

Laser Nd:Yag - découvrez 7 configurations possibles permettant d'appréhender toutes les principales notions relatives à son fonctionnement

- Ce kit pédagogique est parfait pour former les utilisateurs aux principes de fonctionnement des lasers solides et en particulier le laser Nd: YAG. Outre les manipulations et les les nombreuses mesures, la théorie est largement abordée
- Ce système est le plus flexible du marché. Tous les composants peuvent être installés et changés en peu de temps et de nombreuses études peuvent être menées selon vos besoins
- Ce kit utilise une diode laser de 450 mW avec refroidisseur et thermistance intégrés pour asservir sa température. Le boîtier électronique polyvalent comprend le contrôle de la température et du courant d'injection de la diode laser, un générateur de fonctions intégré pour moduler le courant de la diode laser et un amplificateur pour la photodiode





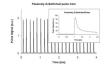
spectre d'absorption du cristal Nd:YAG



observation de modes transverses après doublage de fréquence



ffet du Q-switch passif (absorbant saturable)



TP CAVITÉ LASER ND:YAG

Thèmes abordés:

- Propriétés des diodes lasers, pompage optique par laser à diode
- Propriétés spectrales du milieu actif, décroissance de la fluorescence et durée de vie de l'état excité
- Assemblage d'une cavité laser et optimisation de la puissance de sortie par alignement du résonateur
- Propriétés des modes transverses (TEM₀₀ et plus)
- Critère de stabilité du fonctionnement du laser et optimisation de la cavité
- Génération de seconde harmonique par doublage de fréquence (cristal de KTP)
- Génération d'impulsions courtes par système Q-switch actif (cristal de LiNbO₃) ou passif (absorbant saturable Cr⁴⁺ : YAG)
- Caractérisation de la génération d'impulsions: seuil, forme d'impulsion, durée et énergie
- Comparaison de deux milieux actifs Nd: YAG et Nd: YVO

Principes et objectifs:

Ce kit pédagogique permet de monter, régler et d'étudier un laser Nd:YAG pompé par diode laser. Comme pour le TP T1130, la diode est d'abord entièrement caractérisée et les propriétés d'absorption du cristal Nd:YAG sont investiguées. L'étape suivante consiste en la réalisation du résonateur avant d'en étudier ses propriétés. Enfin, les différentes options vont permettre d'appréhender le doublage de fréquence ou la génération d'impulsions.

TP Laser Nd:YAG (Ref: T1230)

- 1 rail optique 0,5 m, avec règle graduée
- 1 diode laser 450 mW 808 nm, stabilisée en température avec support rotatif sur cavalier
- 1 contrôleur de diode laser (température, courant, modulation)
- 1 optique de mise en forme pour diode de pompe avec support sur cavalier
- 1 optique de focalisation avec support sur cavalier
- 1 cristal Nd:YAG en monture avec ajustement 2 axes et support sur cavalier
- 1 miroir de sortie (R=98%) en monture avec ajustement 2 axes et support sur cavalier
- 1 filtre passe haut avec support sur cavalier
- 1 photodiode PIN avec support sur cavalier
- 1 carte de visualisation IR (800-1600 nm)
- 2 paires de lunettes de sécurité Laser
- 1 kit de nettoyage pour optiques + 1 notice d'expériences (en anglais)

Option doublage de fréquence (Ref : T1231)

Cristal doubleur de fréquence (KTP) et support à réglage 5-axes, miroir avec support, filtre IR

Option Q-Swith actif (Ref: T1232)

Cellule de Pockels (LiNbO₂), lame de Brewster réglable, générateur d'impulsion haute tension

Option Q-Swith passif (Ref: T1233)

Cristal absorbant saturable (Cr⁴⁺ : YAG) et support à réglage 5-axes, filtre de densité neutre

LASER À FIBRE

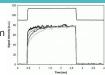
LASER À FIBRE EN CONFIGURATION LINÉAIRE OU ANNEAU

- Cet ensemble permet d'étudier toutes les parties d'un laser à fibre : système de pompage, milieu actif, cavité linéaire ou en anneau
- Le boîtier de contrôle de la diode de pompe permet de contrôler la température et le courant d'injection de la diode laser, mais aussi de moduler le courant et donc la puissance de sortie. Il dispose également d'un amplificateur pour la photodiode

oscilloscope nécessaire (non fourni) / pour aller plus loin : option EDFA



transmission de la diode à travers les 4 fibres dopées Erbium



décroissance de fluorescence à 1550 nm



étude du signal à 1550 nm avec et sans amplification



TP LASER À FIBRE

Thèmes abordés :

- Caractérisation de la diode laser
- Absorption / Émission du milieu amplificateur
- Pompage optique
- Décroissance de fluorescence et durée vie des états excités
- Seuil de déclenchement de l'effet laser, pertes
- Comportement dynamique du laser
- Extension : amplificateur à fibre dopée Erbium

Principes et objectifs :

Cet ensemble offre de nombreuses expériences possibles. Le seuil de déclenchement de l'émission laser et l'efficacité de la pompe laser à 980 nm peuvent être déterminés. Le couplage de la source de pompage dans la fibre dopée Erbium ainsi que les propriétés d'absorption et de fluorescence sont étudiées. Un laser linéaire à fibre dopé Erbium peut être réalisé à l'aide d'un miroir résonant. En fermant cette cavité, il est également possible de construire un Laser à fibre en anneau !. Ces deux types de configurations (peuvent être étudiés par rapport à des paramètres tels que la longueur de fibre active (4 longueurs fournies), le niveau des pertes, la puissance de la pompe, et ainsi de suite.

En option, un Laser à 1,55 microns permet d'étudier l'amplificateur à fibre dopée Erbium (EDFA).

TP Laser à fibre (Ref : T1240)

- 1 plaque de base 70 x 50 cm
- 1 diode laser fibrée 980 nm / 100 mW
- 1 contrôleur de diode laser (température, courant, modulation)
- 1 coupleur fibré WDM 3 voies 980/1550 nm
- 1 cylindre à 4 fibres dopées Erbium de longueurs différentes (1 4 m)
- 1 diode optique 1550 nm
- 1 paire de collimateurs pour fibre avec support de réglage pour propagation en espace libre
- 1 filtre de densité neutre variable disposant de 11 niveaux d'atténuation
- 1 photodiode Si avec ajustement 2 axes sur cavalier
- 1 photodiode GaAs avec ajustement 2 axes sur cavalier
- 1 miroir plan sur cavalier
- 1 jeu de raccords pour fibres monomodes
- 1 carte de visualisation IR (800-1600 nm)
- 2 paires de lunettes de sécurité Laser
- 1 kit de nettoyage pour optiques + 1 notice d'expériences (en anglais)

Option amplificateur à fibre dopée Erbium (EDFA) (Ref : T1241)

- 1 diode laser fibrée 1550 nm / 1 mW
- 1 contrôleur de diode laser (température, courant, modulation)

GYROSCOPE LASER HE-NE

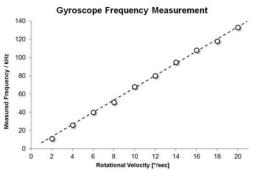
Laser He-Ne en anneau utilisant 3 miroirs et mis en rotation : pour une mesure précise de la VITESSE ANGULAIRE DE ROTATION

• Le gyroscope Laser est l'une des applications les plus fascinantes du Laser. Il s'agit d'un capteur de rotation absolue de haute précision. Ce TP aborde à la fois le réglage du montage

✓⊋ oscilloscope nécessaire (non fourni)



étalonnage du gyroscope et calcul du facteur de calibration **Gyroscope Frequency Measurement**



Thèmes abordés:

- Laser He-Ne en anneau
- Modes, Étalon monomode
- Interférences entre les 2 rayons contra-propagatifs
- Effet Sagnac
- Étalonnage et facteur de calibration
- Seuil de détection
- Mesure dynamique

Principes et objectifs:

Cet ensemble pédagogique permet de montrer aux étudiants comment utiliser et régler les éléments optiques et mécaniques pour réaliser les alignements d'un tel système. Dans l'anneau, les rayons lasers se propagent dans les deux sens et interfèrent. Les signaux sont détectés, amplifiés, transmis à un comparateur puis un signal TTL est généré.

Lorsque ce laser est mis en rotation, les chemins optiques horaire et anti-horaire ne sont plus identiques et une fréquence de battement va pouvoir être mesurée.

Après avoir effectué l'alignement du montage et obtenu les interférences, il convient d'étalonner le système. Pour cela, la table de rotation est entraînée avec une série de vitesses angulaires croissantes. La pente de la relation linéaire résultante donne le facteur de calibration.

Lorsque le balayage de vitesse s'effectue sur de faibles valeurs, il est possible d'accéder à la valeur seuil de détection qui correspond à la disparition des interférences.

TP Gyroscope Laser He-Ne (Ref : T1310)

- 1 plateforme gyroscope avec laser He-Ne annulaire (tube laser, miroirs, étalon monomode)
- 1 photodétecteur
- 1 boîtier amplificateur et comparateur pour les signaux de détection
- 1 alimentation pour Laser He-Ne
- 1 système de rotation pour la plateforme
- 1 contrôleur pour la rotation avec Joy-Stick
- 1 laser d'ajustement pour l'alignement du résonateur
- 1 fréquencemètre
- 1 kit de nettoyage pour optiques + 1 notice d'expériences (en anglais)

www.didaconcept.fr info@didaconcept.fr TEL: +33 (0)3 82 20 81 07 FAX: +33 (0)3 82 46 75 78

TÉLÉMÉTRIE LASER

MESURE DE DISTANCES ET DE LA VITESSE DE LA LUMIÈRE AVEC UNE DIODE LASER IR PULSÉE LIDAR (LIGHT DETECTION AND RANGING)

- Le système LIDAR envoie une onde impulsionnelle vers une cible qui la diffuse ou la renvoie vers le système LIDAR
- La plage maximale de détection dépend de l'énergie et de la divergence de l'impulsion mais aussi de la quantité de lumière revenant vers le détecteur. La résolution du système dépend quant à elle de la largeur temporelle de l'impulsion
- La mesure expérimentale du temps de vol des impulsions lasers rétrodiffusées par la cible permet de déterminer la distance de l'objet
- La largeur temporelle de l'impulsion atteint moins de 5 ns et des distances inférieures à 40 cm peuvent encore être mesurées dans l'environnement des salles d'enseignements

ƴ͡ଟ oscilloscope nécessaire (non fourni) / Diode laser à 1535 nm (pas de danger pour les yeux)



TP TÉLÉMÉTRIE IMPULSIONNELLE: LE LIDAR

Thèmes abordés:

- Diode laser impulsionnelle, durée, énergie
- Écho lumineux, temps de vol
- Principe du LIDAR, Mesure de distances de quelques dizaines de centimètres à plusieurs dizaines de mètres
- Mesure de la vitesse de la lumière

Principes et objectifs :

Après avoir assemblé le kit de télémétrie, des mesures de distances peuvent être effectuées.

Le module laser envoie des impulsions courtes et intenses vers une cible (diffusante). Une séparatrice permet de diriger l'onde émise et l'onde reçue vers deux photodétecteurs rapides reliés à un oscilloscope. La comparaison des signaux permet de mesurer le décalage temporel entre émission et réception, c'est à dire le temps de vol, relié à la distance de la cible.

Une autre expérience consiste à utiliser la mesure du temps de vol et la connaissance de la distance au rétro-réflecteur pour déterminer la vitesse de la lumière.

TP LIDAR (Ref: T1345)

- 1 rail optique 0,5 m, avec règle graduée
- 1 rail optique 0,2 m, avec règle graduée
- 1 diode laser pulsée 1535 nm en monture avec ajustement 2 axes et support sur cavalier
- 1 contrôleur de diode laser
- 1 séparateur de faisceau avec support sur cavalier
- 2 optiques de focalisation pour photodiode avec support sur cavalier
- 2 photodiodes GaAs avec support sur cavalier
- 1 cible diffusante sur pied
- 1 carte de visualisation IR (800-1600 nm)
- 1 kit de nettoyage pour optiques + 1 notice d'expériences (en anglais)

HOTONIQUE

65

ANÉMOMÉTRIE DOPPLER LASER

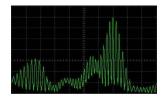
MESURE SANS CONTACT DE VITESSE PAR DÉCALAGE DE FRÉQUENCE DOPPLER

- L'Anémométrie Laser Doppler (LDA) est une technique sans contact pour la mesure de vitesses. Son principe est basé sur le phénomène du décalage de fréquence Doppler de la lumière (laser) diffusée par des particules en mouvement
- Le décalage de fréquence est directement lié à la vitesse des particules, ce qui en fait une technique de mesure absolue qui ne nécessite aucun étalonnage
- Ce kit nécessite des réglages et des alignements optiques soignés afin d'obtenir un contraste le plus élevé possible au niveau des battements. Cependant, en cas de signaux dégradés, la fréquence de battement peut néanmoins être estimée soit en mesurant l'écart temporel des oscillations, soit par la fonction de transformation de Fourier rapide de l'oscilloscope

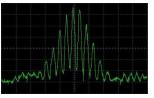
oscilloscope intégré dans le contrôleur de diode laser (PC nécessaire)



signal observé dans le cas d'un disque dépoli



signal observé dans le cas d'un disque rayé



TP ANÉMOMÉTRIE DOPPLER LASER (LDA`

Thèmes abordés:

- Décalage Doppler, mesure de vitesse
- Interférences à 2 ondes, diffusion de la lumière
- Taille des particules, disque dépoli ou avec des rayures
- Influence de la focalisation sur les battements
- Transformée de Fourier

Principes et objectifs :

L'objectif de ce kit est de montrer et d'étudier le principe de fonctionnement d'un Anémomètre Doppler Laser (LDA). En général, cette technique est utilisée pour déterminer la vitesse d'un écoulement (air ou liquide).

Dans l'expérience proposée, un faisceau laser est divisé en deux rayons cohérents qui vont se croiser et interférer au niveau du point de mesure pour donner naissance à un réseau de franges brillantes et sombres périodiquement espacées.

Un disque acrylique en rotation est placé dans cette zone de mesure. Les particules de poussière collées sur la surface du disque permettent la diffusion de la lumière. Lorsque la particule traverse une zone claire du champ d'interférences, elle réfléchit la lumière ... puis lorsqu'elle traverse une zone sombre, elle ne la réfléchit plus. Au final, un détecteur collecte un signal périodique dont la fréquence permet de déduire la vitesse des particules et donc celle de la rotation angulaire du disque.

L'amplitude de modulation dépend de la taille des particules et des conclusions semi-quantitatives pourront être tirées.

Une autre application concerne la mesure de la vitesse d'un écoulement liquide traversant une cellule reliée à une petite pompe

TP Anémométrie doppler laser (LDA) (Ref : T1350)

- 1 rail optique 0,8 m, avec règle graduée
- 1 diode laser en monture avec ajustement et support sur cavalier
- 1 contrôleur de diode laser avec oscilloscope intégré
- 1 filtre atténuateur variable pour avec support sur cavalier
- 1 séparateur de faisceau et optique de re-direction avec support sur cavalier
- 1 optique de focalisation avec support sur cavalier
- 1 système de rotation motorisé avec disques de dispersion en acrylique sur support
- 1 contrôleur du système de rotation
- 1 lentille de collimation avec support sur cavalier
- 1 photodiode avec support sur cavalier
- 1 notice d'expériences (en anglais)

www.didaconcept.fr info@didaconcept.fr TEL:+33 (0)3 82 20 81 07 FAX:+33 (0)3 82 46 75 78

FIBRE OPTIQUE PLASTIQUE

Préparation, assemblage et étude de fibres optiques plastiques de différentes longueurs avec des sources led modulables de différentes couleurs

- Les fibres optiques plastiques (FOP) sont présentes au quotidien dans les systèmes multimédias, les systèmes automobiles ou encore les réseaux domestiques
- Dans ce kit pédagogique, les bases concernant la préparation des FOP ainsi que la transmission des données sont traitées
- Bien que le Kit contienne déjà des fibres connectorisées et polies, un ensemble d'outils, une bobine de fibre nue et des connecteurs sont ajoutés pour que l'utilisateur puisse acquérir une expérience dans la préparation des fibres
- Le TP exploite deux LED de couleurs (rouge et verte), toutes les deux modulables

scilloscope nécessaire (non fourni)



préparation des fibres

atténuation en fonction de la longueur d'onde

observation d'un phénomène de battement



TP PRÉPARATION ET ÉTUDE DE FIBRES OPTIQUES PLASTIQUES

Thèmes abordés :

- Émetteurs LED (rouge et verte), modulation du signal LED
- Récepteur photodiode Si
- Séparateur de faisceau dichroïque
- Transmission de données à double longueur d'onde
- Manipulation et préparation des fibres plastiques
- Atténuation des connecteurs et des fibres plastiques, étude en fonction de la longueur d'onde
- Modulation d'amplitude, modulation de fréquence
- Battements de signaux et diaphonie

Principes et objectifs:

L'étudiant commence par la préparation d'une fibre plastique (FOP) : dénudage, assemblage d'un connecteur et polissage de la surface du connecteur. Les pertes engendrées par différentes longueurs de FOP dans une ligne de transmission sont mesurées.

Un système complet de transmission de données à basse fréquence à deux canaux est construit et étudié.

Un coupleur FOP en Y combine les deux signaux des deux LED côté transmetteur. En bout de chaîne de transmission, un séparateur optique est utilisé pour dissocier les deux porteuses optiques.

Tous les composants nécessaires, les fibres et l'électronique de contrôle comme le modulateur, l'émetteur, le récepteur, le démodulateur et une paire de haut-parleurs sont inclus.

Des fonctionnalités telles que la diaphonie du signal et le battement du signal peuvent être abordées. Des sources de signaux supplémentaires comme un lecteur MP3 ou un micro peuvent être connectées sur l'entrée externe du système de modulation.

TP Fibre optique plastique (Ref: T1400)

- 1 rail optique 0,5 m, avec règle graduée
- 2 émetteurs LED (rouge + vert) + coupleur en Y
- 1 contrôleur de LED avec générateur de fréquence, récepteur photo-diode et démodulateur
- 1 coupleur fibré (FOP) avec support sur cavalier
- 1 coupleur FSMA avec support sur cavalier
- 1 coupleur FSMA avec support ajustable sur cavalier
- 3 FOP avec deux connecteurs FSMA (longueur 10 m, 20 m, 30 m)
- 1 système récepteur de lumière composé d'un séparateur de faisceau et détecteur
- 1 paire de haut-parleurs
- 1 ensemble d'outils pour la préparation des fibres et l'assemblage des connecteurs FSMA
- 1 jeu de câbles BNC et adaptateurs nécessaires
- 1 notice d'expériences (en anglais)

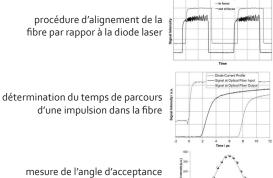
FIBRE OPTIQUE SILICE

Préparation, assemblage et étude de fibres optiques silice monomode et multimode avec une DIODE LASER MODULABLE

- · Cet kit pédagogique inclut tous les composants mécaniques, la technologie des communications par fibre optique qui est
- Comme pour le TP fibre optique plastique, l'accent est mis sur la préparation de la fibre par l'utilisateur qui se forme
- L'unité de contrôle de la diode laser monomode permet le réglage de la puissance, la modulation de la diode mais également d'amplifier le signal issu de la photodiode

oscilloscope nécessaire (non fourni)





TP PRÉPARATION ET ÉTUDE DE FIBRES OPTIQUES SILICE

Thèmes abordés:

- Manipulation et préparation des fibres silice
- Guidage de la lumière dans les fibres monomodes et multimodes
- Ouverture numérique et angle d'acceptance d'une fibre
- Étude des caractéristiques de la diode laser modulable
- Vitesse de transmission et étude des pertes
- Détermination de la longueur d'une fibre ou de son indice

Principes et objectifs:

Cet ensemble, fourni avec un kilomètre de fibre monomode et multimode, est conçu pour introduire la théorie et la manipulation des fibres en silice. L'utilisateur commence la préparation des extrémités des fibres par dénudage et clivage avec des outils appropriés puis étudie le couplage de la lumière laser dans une fibre nue. La lumière couplée dans la fibre provient d'une diode laser monomode dont la puissance est ajustable et modulable.

Les paramètres des fibres comme l'angle d'acceptance et l'ouverture numérique, la vitesse de transmission et les pertes de transmission sont mesurés.

TP Fibre optique silice (Ref: T1410)

- 1 rail optique 0,5 m, avec règle graduée
- 1 rail optique 0,4 m, avec règle graduée
- 1 diode laser pulsée IR en monture avec ajustement 2 axes et support sur cavalier
- 1 contrôleur de diode laser
- 1 collimateur de faisceau avec support sur cavalier
- 1 support fibre optique avec ajustement 2 axes et support sur cavalier
- 1 support de fibre avec translation sur cavalier
- 1 support de fibre sur cavalier avec articulation angulaire
- 1 photodiode avec support sur cavalier
- 2 bobines ~ 1000 m de fibres silice (monomode et multimode)
- 1 pince à dénuder et cliveuse pour fibre
- carte de visualisation IR (800-1600 nm)
- 1 jeu de câbles BNC et adaptateurs nécessaires
- 1 notice d'expériences (en anglais)

SPECTROSCOPIE À TRANSFORMÉE DE FOURIER

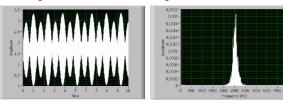
Assemblage, réglage d'un interféromètre de michelson et étude spectrale de différentes SOURCES PLUS OU MOINS MONOCHROMATIQUES OU COHÉRENTES

• La Spectroscopie à Transformée de Fourier offre une alternative aux techniques classiques de spectroscopie pour les faibles sources de lumière. Par contre, l'inconvénient peut-être une plus grande sensibilité au bruit

/→ ordinateur nécessaire (non fourni)



interférogramme d'une diode laser (à gauche)



spectre calculé par Transformée de Fourier inverse (à droite)

TP SPECTROSCOPIE À TRANSFORMÉE DE FOURIER

Thèmes abordés:

- Interféromètre
- Cohérence, largeur spectrale
- Spectres de raies / de bandes, bande passante
- Enregistrement d'interférogrammes, battements
- Transformée de Fourier inverse
- Effet de l'apodisation de l'interférogramme sur le spectre obtenu

Principes et objectifs :

La configuration de base d'un spectromètre à transformée de Fourier est un interféromètre de Michelson avec un miroir mobile. Un balayage en position de ce miroir génère une figure temporelle d'interférences des faisceaux lumineux. Ce signal d'interférences est détecté, mesuré et la transformation de Fourier inverse permet d'en extraire le profil spectral de la source étudiée.

Trois sources de lumière (Laser DPSS, Diode Laser, LED) de différentes caractéristiques spectrales sont fournies dans ce Kit. Le miroir du bras de mesure est monté sur une platine de translation de haute précision pilotée par un contrôleur. Il est possible de programmer différentes séquences de mouvements dans une large gamme de vitesse. Les signaux d'interférences sont enregistrés et analysés par transformée de Fourier via un ordinateur.

TP Spectroscopie à transformée de fourier (Ref : T1710)

- 3 rail optique 0,2 m, avec règle graduée
- 1 monture pour sources avec support ajustable sur cavalier
- 1 laser DPSS vert avec monture
- 1 diode laser rouge avec monture
- 1 diode laser rouge avec monture
- 1 contrôleur pour sources avec amplificateur pour détecteur et convertisseur de données
- 1 collimateur de faisceau avec support ajustable sur cavalier
- 1 séparateur de faisceau avec support ajustable sur cavalier
- 1 miroir plan large bande avec support ajustable sur cavalier
- 1 miroir plan large bande avec support ajustable sur platine de translation motorisée

TEL: +33 (0)3 82 20 81 07 FAX: +33 (0)3 82 46 75 78

- 1 contrôleur pour platine motorisée avec logiciel de pilotage
- 1 optique de mise en forme de faisceau avec support sur cavalier
- 1 photodétecteur et diaphragme avec support sur cavalier
- 1 notice d'expériences (en anglais)

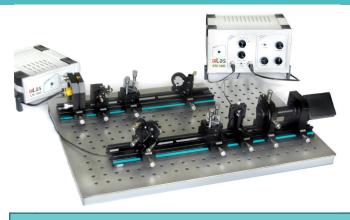
DUALITÉ ONDE-CORPUSCULE

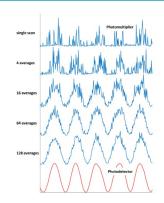
MISE EN ÉVIDENCE À LA FOIS DE LA NATURE ONDULATOIRE ET CORPUSCULAIRE DE LA LUMIÈRE AVEC UN INTERFÉROMÈTRE DE MACH-ZEHNDER

- développement de l'expression «dualité onde-corpuscule». Dans les expériences d'optique, on considère soit la nature corpusculaire soit ondulatoire de la lumière ... jamais les deux aspects sont abordés simultanément comme dans ce TP
- La diode la ser peut être atténuée pour n'obtenir que quelques photons qui vont interférer en sortie de l'interféromètre
- L'élément clé de la détection est un photomultiplicateur



🌈 oscilloscope nécessaire (non fourni)





TP DUALITÉ ONDE-CORPUSCULE

Thèmes abordés:

- Nature quantique de la lumière, dualité
- Interféromètre de Mach-Zehnder ou Michelson
- Figure d'interférence à 1 photon
- Photon unique, photomultiplicateur
- Cohérence

Principes et objectifs :

L'expérience proposée par ce kit permet d'aborder et d'étudier la nature ondulatoire et corpusculaire de la lumière à partir d'un même montage dans lequel un faisceau Laser est divisé en deux parties : l'une intense, l'autre faible (par le biais d'un atténuateur variable). Ces deux faisceaux sont parallèlement envoyés à travers un interféromètre de Mach-Zehnder.

Le faisceau faible peut être atténué jusqu'à n'obtenir qu'un seul photon en sortie de montage, et ceci à n'importe quel instant.

L'interférence de ce photon est détectée par un photomultiplicateur fournissant des impulsions sur un oscilloscope.

En même temps, l'interférence du faisceau intense mesurée par une photodiode démontre la nature ondulatoire de la lumière.

En additionnant toutes les impulsions des photons, il est possible de mettre en évidence une transition entre l'aspect corpusculaire et ondulatoire.

Cette expérience peut également être effectuée avec un interféromètre en configuration Michelson.

TP Dualité onde-corpuscule (Ref : T1600)

- 1 table optique
- 3 rails 50 cm, 40 cm et 4 cm, avec règle graduée
- 1 module Laser vert avec support à réglage 2 axes sur cavalier
- 1 alimentation de contrôle du module Laser
- 1 séparateur de faisceau avec atténuateur rotatif sur cavalier
- 2 lames séparatrices avec support réglable sur cavalier
- 1 miroir dans monture piézoélectrique avec ajustement 2 axes sur cavalier
- 1 alimentation de contrôle pour élément piézoélectrique
- 1 miroir dans monture avec ajustement 2 axes sur cavalier
- 1 séparatrice avec photodétecteur Si avec support sur cavalier
- 1 expanseur de faisceau avec ajustement 2 axes sur cavalier
- 1 tube photomultiplicateur avec filtre interférentiel
- 1 alimentation du photomultiplicateur avec contrôle tension, discriminateur et sécurité
- 1 notice d'expériences (en anglais)

www.didaconcept.fr info@didaconcept.fr TEL: +33 (0)3 82 20 81 07 FAX: +33 (0)3 82 46 75 78

ONDES

Ce quatrième chapitre regroupe l'ensemble des Travaux Pratiques traitant des ondes autres que celles abordées dans les chapitres précédents. Par exemple les ondes mécaniques qui nécessitent un support matériel pour pouvoir se propager ou encore les micro-ondes, domaine des ondes électromagnétiques, seront étudiées ici.

Les propriétés fondamentales des ondes sont identiques, qu'il s'agisse d'ondes d'eau, d'ondes sonores ou d'ondes électromagnétiques. Ainsi, nous vous proposons différentes solutions permettant d'introduire et d'étudier des phénomènes comme la réflexion/réfraction, la diffraction ou les interférences à partir d'ondes qui ne sont pas dans le domaine visible (cf Chapitre 1).

Comme pour les kits d'Optique, nous vous proposons des solutions pédagogiques pour différents niveaux d'étudiants et des tarifs progressifs avec toujours le souci de la qualité «Enseignement Supérieur».

TEL: +33 (0)3 82 20 81 07 FAX: +33 (0)3 82 46 75 78



ONDE

RÉSONANCE ACOUSTIQUE

ÉTUDE DES PROPRIÉTÉS DES ONDES ACOUSTIQUES DANS UN TUBE DE KUNDT

 Différentes configurations d'étude : tube fermé, semi-ouvert, ouvert, longueur réglable par piston... Différents milieux gazeux possibles : air ou CO₂

GRANDE DIMENSION

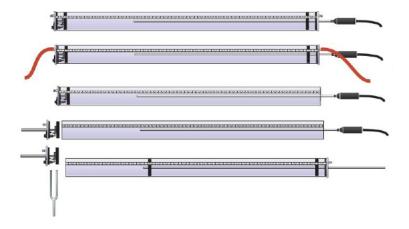
Permet de mesurer des pressions acoustique plus importantes et observer davantage de périodes

MODULAIRE

Les parois peuvent être retirées pour se placer dans différentes configurations

ÉTANCHE POUR LES GAZ

Peut être rempli avec différents gaz comme le CO₂ pour étudier l'influence de l'indice sur l'onde acoustique



TUBE FERMÉ Ondes stationnaires

REMPLI DE CO, Influence du milieu

SEMI-OUVERT Résonance

TUBE OUVERT Propagation libre

LONGUEUR RÉGLABLE Longueur d'onde

TP RÉSONANCE ACOUSTIQUE AVEC TUBE DE KUNDT



TP Résonance acoustique dans une colonne d'air ou tube de Kundt (Ref : T2311)

- 1 tube de Kundt gradué grande dimension, dia.70mm et long.100cm
- parois amovibles pour changer la configuration du tube
- 1 microphone sur tige longue, avec piston
- 1 boîtier d'alimentation et d'adaptation d'impédance pour microphone
- 1 haut-parleur emboîtable dans le tube de kundt, avec entrées 4mm
- 2 supports de tube de Kundt
- 2 pieds d'optique en V
- toute la connectique nécessaire au bon fonctionnement
- 1 notice d'expériences

TP Complet Résonance acoustique avec instrumentation (Ref : T2312)

- 1 tube de Kundt gradué grande dimension, dia.70mm et long.100cm
- parois amovibles pour changer la configuration du tube
- 1 microphone sur tige longue, avec piston
- 1 boîtier d'alimentation et d'adaptation d'impédance pour microphone
- 1 haut-parleur emboîtable dans le tube de kundt, avec entrées 4mm
- 2 supports de tube de Kundt
- 2 pieds d'optique en V
- 1 générateur basse fréquence, écran couleur TFT 4 pouces, 10MHz
- 1 oscilloscope numérique 2 voies 30MHz, écran couleur TFT 8 pouces

TEL: +33 (0)3 82 20 81 07 FAX: +33 (0)3 82 46 75 78

- toute la connectique nécessaire au bon fonctionnement
- 1 notice d'expériences

72

73

VITESSE DU SON

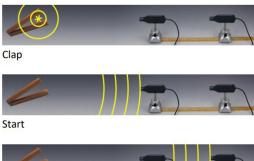
ÉTUDE DES PROPRIÉTÉS DES ONDES ACOUSTIQUES DANS L'AIR

- Mesure de la vitesse du son dans l'air par génération d'une impulsion sonore
- Caractérisation d'un son : amplitude, période, fréquence fondamentale et harmoniques, niveau sonore...

Mesure manuelle de la vitesse du son (T2301) : Cet ensemble met l'accent sur le procédé de la mesure de la vitesse du son, en utilisant des micros, des amplificateurs BNC et un oscilloscope pour synchroniser et déterminer le décalage temporel des signaux.

Mesure automatique de la vitesse du son (T2303): Cet ensemble permet de se concentrer davantage sur les paramètres pouvant affecter la vitesse du son (température/humidité) en ayant un procédé de mesure fiable et précis grâce au compteur électronique et sa résolution de o.o1ms.

Caractérisation d'un son (T2302) : Cet ensemble est recommandé avec un système EXAO permettant d'enregistrer et d'analyser les spectres sonores. Il peut être toutefois utilisé avec un oscilloscope et un sonomètre seulement.





Stop

TP PROPRIÉTÉS DU SON DANS L'AIR

TP Mesure de la vitesse du son dans l'air (Ref : T2301)

- 2 microphones
- 2 amplificateurs de microphone, sorties BNC
- 1 clapet
- 2 pieds d'optique en V
- 1 mètre ruban
- 3 pieds d'optique de hauteur adaptée
- 1 notice d'expériences



TP Mesure de la vitesse du son dans l'air avec compteur électronique (Ref : T2303)

- 2 microphones haute qualité avec cables DIN adaptés
- 1 compteur électronique 0.01ms, avec 2 entrées micro
- 1 clapet
- 2 pieds d'optique en V
- 1 mètre ruban
- 1 notice d'expériences

TP Détermination des caractéristiques d'un son dans l'air (Ref : T2302)

- 1 microphone sur pied d'optique en V
- 1 amplificateur de microphone, sorties BNC
- 1 haut parleur sur socle, large bande, entrées fiches 4mm
- 1 clapet
- 1 paire de diapasons 440 Hz sur caisse de résonance avec glissières
- 1 marteau mou
- 1 sonomètre digital 35-135dB, résolution 0.1dB
- 1 mètre ruban
- 1 notice d'expériences

Accessoires optionnels

- 1 Jeu de 4 diapasons, accord en Do majeur : 256, 322, 384, 512Hz sur caisse de résonance + marteau mou
- 1 générateur basse fréquence, écran couleur TFT 4 pouces, 10MHz
- 1 oscilloscope numérique 2 voies 30MHz, écran couleur TFT 8 pouces

ULTRASONS DANS L'AIR

ÉTUDE DES PROPRIÉTÉS ÉLÉMENTAIRES DES ONDES ULTRASONORES

- Résonance et cône d'émission des transducteurs ultrasonores
- Vitesse de propagation d'une onde ultrasonore
- Réflexion d'une onde ultrasonore, principe du sonar, radar télémètre

Caractérisation d'un transducteur ultrasons 40 kHz:

- Fréquence de résonance : On place l'émetteur et le récepteur face à face. L'émetteur est alimenté en continu, on varie sa fréquence d'émission à l'aide de la console de pilotage. On relève la fréquence pour laquelle l'amplitude du signal est maximale et on la conserve pour le reste des expériences.
- Cône d'émission : On déplace ensuite le récepteur (latéralement ou angulairement) autour de l'émetteur afin d'étudier le cône d'émission des transducteurs, en relevant les différentes amplitudes selon les angles de réception.
- Vitesse de propagation : L'émetteur et le récepteur sont positionnés à distance connue et la console de pilotage est réglée sur le mode salve. La mesure de la vitesse de propagation se fait par temps de vol.

TP ULTRASONS DANS L'AIR

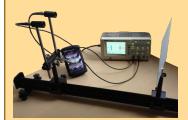


TP Introduction aux ultrasons (Ref: T2101)

- 1 émetteur US 40kHz à sortie BNC, sur tige
- 1 récepteur US 40kHz à sortie BNC, sur tige
- 1 console de pilotage US polyvalente : continu, salves, amplification
- 2 pieds d'optique en V
- 1 mètre ruban
- 1 oscilloscope 2 voies 30MHz, écran couleur TFT 8 pouces
- 1 notice d'expériences

TP Caractérisation des ultrasons : fréquence, cône d'émission, vitesse (Ref : T2102)

- 1 paire de bancs profilé plat 60cm avec accouplement goniométrique
- 2 cavaliers à colonne haute
- 1 émetteur US 40kHz à sortie BNC, sur tige
- 1 récepteur US 40kHz à sortie BNC, sur tige
- 1 console de pilotage US polyvalente : continu, salves, amplification
- 1 oscilloscope 2 voies 30MHz, écran couleur TFT 8 pouces
- 1 notice d'expériences



TP Principe du sonar et du télémètre à ultrasons (Ref : T2103)

- 1 banc profilé 120cm avec 2 cavaliers à colonne haute
- 1 support double avec système d'écartement réglable
- 1 écran métallique
- 1 émetteur US 40kHz à sortie BNC, sur tige
- 1 récepteur US 40kHz à sortie BNC, sur tige
- 1 console de pilotage US polyvalente : continu, salves, amplification
- 1 oscilloscope 2 voies 30MHz, écran couleur TFT 8 pouces
- 1 notice d'expériences

Accessoire optionnel

■ 1 générateur basse fréquence, écran couleur TFT 4 pouces, 10MHz

TEL: +33 (0)3 82 20 81 07 FAX: +33 (0)3 82 46 75 78

INTERFÉRENCES EN ULTRASONS

ÉTUDE APPRONFONDIE DE DIFFÉRENTS PHÉNOMÈNES POSSIBLES AVEC LES ONDES IUTRASONORES

- Interférences induites par 2 émetteurs synchrones
 - Montage classique sur banc (T2111)
 - Version avec plateforme pilotable (T2115)
- Interféromètre de Michelson en ultrasons
 Montage classique sur banc (T2121)
 Version avec plateforme pilotable (T2125)

Interférences par division de front d'onde (deux émetteurs synchrones) : On place deux émetteurs dans un support à écartement variable en les dirigeant dans la même direction, ceux-ci sont alimentés de façon synchrone avec la console Ultrasons.

- Les émetteurs sont fixes et le récepteur est placé sur un banc d'optique goniométrique pour parcourir la zone d'interférences (T2111).
- Le récepteur est fixe, les émetteurs sont placés sur un support double et une plateforme qui est pilotée en rotation. Ici, la zone d'interférences bouge (T2115).

Interférences par division d'amplitude (interféromètre de Michelson): Un écran "semi-perméable" à incidence 45° divise une onde ultrasonore en deux paquets d'ondes qui se propagent à angle droit l'un de l'autre. Ils sont ensuite réfléchis sur des écrans métalliques qui font office de «miroirs ultrasonores», dont l'un est fixe et l'autre peut être déplacé dans la direction du faisceau, avant d'être réunis.

Le déplacement du réflecteur mobile induit une variation de la différence de marche et provoque des maximas et des minimas de pression acoustique en sortie de l'interféromètre. La longueur d'onde de l'ultrasons peut être déterminée à partir de ces données. Comme précédemment, il exite deux possibilités : sur banc optique (T2121) ou sur plateforme pilotable (T2125).

TP INTERFÉRENCES AVEC ULTRASONS

TP Diffraction, Interférences, Déphasage en Ultrasons, sur bancs (Ref : T2111)

- 1 banc prismatique 120cm + 1 banc prismatique 60cm avec jeu de pieds réglables
- 1 accouplement goniométrique pour bancs prismatiques
- 3 cavaliers prismatiques standards
- 1 pied d'optique en V
- 1 support double avec système d'écartement réglable
- 1 obstacle fente simple, 1 obstacle bifente, métallique, sur tige
- 2 émetteurs US 40kHz à sortie BNC, sur tige
- 2 récepteurs US 40kHz à sortie BNC, sur tige
- 1 console de pilotage US polyvalente : continu, salves, amplification
- 1 oscilloscope 2 voies 30MHz, écran couleur TFT 8 pouces
- 1 notice d'expériences

TP Interférences par 2 émetteurs synchrones, avec plateforme pilotable (Ref : T2115)

- 1 platine rotative pilotable avec interface et logiciel d'acquisition
- 1 pied d'optique en V
- 1 support double avec système d'écartement réglable
- 2 émetteurs US 40kHz à sortie BNC, sur tige
- 1 récepteur US 40kHz à sortie BNC, sur tige
- 1 console de pilotage US polyvalente : continu, salves, amplification
- 1 notice d'expériences

TP Interféromètre de Michelson en Ultrasons, sur bancs (Ref : T2121)

- 1 paire de bancs prismatiques 60cm avec jeu de pieds et accouplement goniométrique
- 1 cavalier prismatique standard et 1 cavalier prismatique à réglage transversal de précision
- 1 pied d'optique standard et 1 pied d'optique à réglage latéral
- 2 écrans métalliques et 1 écran semi-perméable aux ultrasons
- 1 émetteur et 1 récepteur US 40kHz à sortie BNC, sur tige
- 1 console de pilotage US polyvalente : continu, salves, amplification
- 1 oscilloscope 2 voies 30MHz, écran couleur TFT 8 pouces
- 1 notice d'expériences

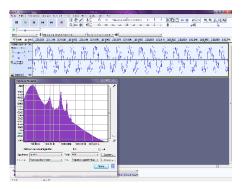
TP Interféromètre de Michelson en Ultrasons, avec plateforme pilotable (Ref : T2125)

- 1 plateforme de translation pilotable avec interface et logiciel d'acquisition
- 2 pieds d'optique standard et 1 pied d'optique à réglage latéral X
- 2 écrans métalliques + 1 écran semi-perméable aux ultrasons
- 1 émetteur et 1 récepteur US 40kHz à sortie BNC, sur tige
- 1 console de pilotage US polyvalente : continu, salves, amplification
- 1 notice d'expériences

ONDES ACOUSTIQUES DANS LES LIQUIDES

ÉTUDE DANS LE DOMAINE DES SONS AUDIBLES ET DES ULTRASONS

- e du son dans un liquide (T2201 T2281 T2282)
- Résonance acoustique en fonction du volume d'eau (T2281 T2282)
- Fréquences de vibration de l'eau (T2281 T2282)
- Principe du sonar (T2201 T2282)
- Absorption et isolation acoustique (T2201 T2282)



Utilisation des transducteurs ultrasons immersibles : Ces transducteurs parfaitement étanches sont utilisables en émission ou réception et peuvent fonctionner entre 30 et 42kHz. Ils peuvent s'alimenter avec un GBF, avec la console adaptée, ou avec un générateur de salves 40kHz. Dans les liquides, la fréquence de résonance des transducteurs se situera généralement autour de 32-33kHz et il est fortement recommandé de travailler en salves courtes pour la plupart des expériences. Le signal est amplifié puis récupéré sur un oscilloscope.

Utilisation des hydrophones et enceintes immersibles: Les hydrophones sont des microphones immersibles qui nécessitent une grande qualité d'amplification. L'interface fournie permet d'amplifier le signal audio et de proposer plusieurs sorties (analogiques ou numériques) pour exploiter le signal. Le meilleur rapport signal sur bruit est obtenu par USB avec la carte son du PC. Les signaux peuvent facilement être récupérés et analysés sur des logiciels classiques d'enregistrement comme Audacity. Les enceintes immersibles permettent d'envoyer un son directement dans le milieu liquide. L'envoi du signal sonore s'effectue par bluetooth, depuis votre smartphone ou votre ordinateur.

TP ULTRASONS DANS LES LIQUIDES



TP Mesure de la vitesse des ultrasons dans l'eau (Ref : T2201)

- 1 paire de transducteurs US étanches 40kHz, cablés BNC
- 1 console de pilotage US polyvalente : continu, salves, amplification
- 2 potences sur pieds avec pinces pour maintien des transducteurs
- 1 bac en plexiglass, de dimension adaptée
- 1 lot d'accessoires d'étude de l'absorption (plaques et enceintes d'air)
- 1 oscilloscope 2 voies 30MHz, écran couleur TFT 8 pouces
- 1 notice d'expériences



TP Ondes sonores dans l'eau (Ref : T2281)

- 1 hydrophone profilé haute résistance et densité élevée, 20Hz à 4kHz
- 1 interface d'amplification et d'adaptation de signaux (jack/USB)
- 1 enceinte bluetooth immersible, 3W minimum
- 1 potence sur pied pour maintien de l'hydrophone
- 1 bac en plexiglass, de dimension adaptée
- 1 notice d'expériences

TP Principe du sonar et du télémètre à ultrasons (Ref : T2282)

- 1 hydrophone hautes performances avec préampli, 1Hz à 100kHz
- 1 interface d'amplification et d'adaptation de signaux (jack/USB)
- 1 paire de transducteurs US étanches 40kHz, cablés BNC
- 1 console d'alimentation et d'amplification pour US
- 1 enceinte bluetooth immersible, 3W minimum
- 2 potences sur pied pour maintien des sondes
- Dotences sur pied pour maintien des son
- 1 bac en plexiglass, de dimension adaptée
 1 late d'accompany d'étade de l'alegantie d'alegantie de l'alegantie de l'a
- 1 lot d'accessoires d'étude de l'absorption (plaques et enceintes d'air)
- 1 notice d'expériences

Accessoire optionnel

1 générateur basse fréquence, écran couleur TFT 4 pouces, 10MHz

77

ONDES ACOUSTIQUES DANS LES LIQUIDES

ÉTUDE DANS LE DOMAINE DES ULTRASONS

- Détermination de la vitesse de phase d'une onde ultrasonore dans l'eau (T2481)
- Détermination de la vitesse de groupe d'une onde ultrasonore dans l'eau (T2481)
- Interférences dans l'eau et principe de Huygens (T2482)
- Champ proche et champ lointain d'une sonde ultrasonore (T2482)
- Zone de mise au point, résolution axiale et latérale d'une sonde MHz (T2482)

Détermination de la vitesse de phase d'une onde ultrasonore dans l'eau : La vitesse de phase est mesurée pour plusieurs fréquences en fonction de la longueur d'onde. Pour cela, un hydrophone est déplacé le long de l'axe sonore de la sonde ultrasons MHz. Le signal de l'hydrophone est récupéré sur un oscilloscope. En mesurant la variation de la distance sonde-hydrophone et le nombre respectif de phases à une fréquence fixe, il est possible de déterminer la longueur d'onde et donc la vitesse de phase.

Détermination de la vitesse de groupe d'une onde ultrasonore dans l'eau: Pour déterminer la vitesse de groupe, le générateur echoscope est réglé en mode impulsionnel de sorte que de courtes impulsions ultrasonores soient générées à partir de la sonde multifréquence. En mesurant le temps de vol T d'une impulsion ultrasonore sur une certaine distance D entre la sonde ultrasonore et l'hydrophone, il est possible de déterminer la vitesse de groupe V_a = D /T.

Caractéristation d'une sonde MHz: champ, puissance, résolution: Les sondes à ultrasons ont une puissance de résolution axiale et latérale différente en fonction de leur fréquence. Dans l'expérience, les amplitudes de pression acoustique pour deux sondes (1 MHz et 2 MHz) sont mesurées avec un hydrophone le long de l'axe de propagation du son. À partir des courbes de mesure, les zones de focalisation des sondes sont déterminées et comparées aux valeurs de la longueur de champ proche. Les longueurs de champ proche peuvent théoriquement être calculées à partir des rayons de la céramique du transducteur et de sa longueur d'onde.

TP ULTRASONS DANS LES LIQUIDES



TP Vitesse de phase et de groupe d'une onde ultrasonore dans l'eau (Ref : T2481)

- 1 console Génératrice d'Ultrasons CW haute fréquence et puissance
- 1 sonde Ultrasons à fréquence variable 1-13MHz
- 1 hydrophone ponctuel 1-5 MHz, sur tige, cablé BNC
- 1 bac à liquide avec support de sonde et support d'hydrophone
- 1 tube de gel acoustique
- 1 notice d'expériences



TP Étude du champ sonore d'une sonde ultrasons MHz dans l'eau (Ref : T2482)

- 1 sonde Ultrasons à 1MHz
- 1 sonde Ultrasons à 2MHz
- 1 console Echoscope US avec logiciel d'exploitation et d'imagerie inclus
- 1 hydrophone ponctuel 1-5 MHz, sur tige, cablé BNC
- 1 bac à liquide avec support de sonde et support d'hydrophone
- 1 tube de gel acoustique
- 1 notice d'expériences

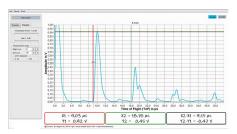
Accessoire optionnel

1 sonde à ultrasons haute fréquence, haute intensité, 4MHz

ONDES ACOUSTIQUES DANS LES SOLIDES

ÉTUDE DANS LE DOMAINE DES ULTRASONS

- Dans les milieux solides, on considère la propagation d'ondes acoustiques suivants différents types de critères polarisation, domaine d'application, milieux d'existence...
- Une étude en basse fréquence (30-40kHz) est proposée dans le TP T2211, pour mesurer la vitesse de propagation et l'atténuation de l'onde dans différents solides
- Une étude plus appliquée est possible dans le TP T2410 avec des sondes Ultrasons MHz qui permettent d'identifier et de mesurer la plupart des caractéristiques et propriétés de l'onde ultrasonore quand elle se propage dans un milieu solide et d'illustrer le principe de l'échographie



Analyse non intrusive d'une structure solide à plusieurs interfaces et matériaux (Ref : T2410)

Caractérisation d'une onde acoustique dans un milieu solide : Une des premières caractéristiques que l'on cherche généralement à étudier est la vitesse de propagation de l'onde acoustique dans le milieu solide.

Une propriété fondamentale dans les solides est la direction de vibration de l'onde (polarisation). Elle est longitudinale (ondes de compression) dans la plupart des milieux de propagation, mais dans les solides, elle peut être aussi transversale (ondes de cisaillement).

Une autre caractéristique est son domaine de fréquence qui impacte généralement son domaine d'application. Au cours de sa propagation, le signal est soumis à une atténuation de son amplitude qui dépend de la distance parcourue, du milieu de propagation mais aussi de la fréquence de l'onde. Elle s'exprime donc en dB/m/MHz. Les ultrasons hautes fréquences sont ainsi atténués beaucoup plus rapidement et ne peuvent être utilisés que pour l'exploration de structures superficielles. A l'inverse, pour explorer sur plusieurs centaines de mètres (sonar), on utilisera les fréquences les plus basses.

TP ONDES ACOUSTIQUES DANS LES SOLIDES



TP Propagation des Ultrasons basses fréquences dans les solides (Ref : T2211)

- 1 paire de transducteurs US fluides-solides à parois vibrantes 30-40kHz
- 1 console d'alimentation et d'amplification
- 3 barreaux d'aluminium, section dia.30mm, de longueurs différentes
- 4 barreaux de plexiglass, section dia.30mm, de longueurs différentes
- 1 jeu d'échantillons d'étude de l'absorption avec différents matériaux
- 1 support de barreau sur pied d'optique en V
- 2 supports de transducteurs sur pieds d'optique en V
- 1 flacon de gel acoustique
- 1 oscilloscope 2 voies 30MHz, écran couleur TFT 8 pouces
- 1 notice d'expériences



TP Analyse et Imagerie échographique dans les solides (Ref : T2410)

- 1 sonde échographique solidaire 2MHz avec flacon de gel acoustique
- 1 boîtier compact d'alimentation et d'acquisition
- 1 logiciel d'exploitation et d'imagerie inclus
- 4 cylindres acrylique de hauteur différente
- 4 cylindres de différents matériaux (laiton, aluminium, PVC, verre)
- 1 bloc acrylique rectangulaire pour visualisation 2D de défauts
- 1 pyramide modulable 3D pour imagerie en 3 dimensions
- 1 notice d'expériences

Accessoire optionnel

1 générateur basse fréquence, écran couleur TFT 4 pouces, 10MHz

TEL: +33 (0)3 82 20 81 07 FAX: +33 (0)3 82 46 75 78

ONDES ACOUSTIQUES DANS LES SOLIDES

ÉTUDE APPROFONDIE DES ONDES ACOUSTIQUES DANS LES SOLIDES

- Ondes transversales et longitudinales
- Ultrasons guidés : ondes de Lamb
- Ondes de surface : ondes de Rayleigh

 Les mêmes sondes et consoles peuvent être utilisées pou réaliser les 3 thématiques. Pour un kit 3 en 1 optimisé, vou pouvez choisir l'un des TP et le compléter avec les 2 autres kit complémentaires se trouvant dans le tableau des accessoires

Ondes transversales dites de cisaillement (T2421): Contrairement aux gaz et aux liquides, dans les solides, les ondes de cisaillement et les ondes longitudinales peuvent être excitées en raison de leurs propriétés élastiques de matériau. Lors du passage à travers une plaque plane parallèle, ces ondes sont excitées en fonction de l'angle d'incidence. Les angles de réflexion totale et de maximum de transmission permettent de remonter à la vitesse du son respectivivement pour l'onde de cisaillement et pour l'onde longitudinale. Il est alors possible de calculer le module d'élasticité, de cisaillement et le coefficient de Poisson.

Ondes ultrasonores guidées dites ondes de Lamb (T2422): Le phénomène des ondes de Lamb résulte de la superposition d'ondes ultrasonores longitudinales et de cisaillement dans des plaques minces, dont l'épaisseur est inférieure à la longueur d'onde ultrasonore. Ces ondes montrent d'une part un changement de leur vitesse de propagation dépendant de la fréquence et d'autre part, une présence de modes symétriques et antisymétriques indépendants les uns des autres et se propageant dans le matériau. Dans l'expérience, différents modes sont stimulés dans des plaques fines de verre, en utilisant des adaptateurs avec des angles d'incidence spécifiques. On peut ainsi étudier l'influence de l'épaisseur de la plaque, la fréquence et la vitesse de groupe des ondes guidées ou encore les coefficients élastiques des matériaux.

Ondes de surface, ondes de Rayleigh (T2423): Les ondes de Rayleigh sont des ondes de surface qui se propagent le long de la frontière libre d'un solide. Ils peuvent être utilisés pour détecter des défauts de surface. Dans l'expérience, un bloc d'essai disposant de fissures calibrées est étudié. Les ondes de Rayleigh sont produites par conversion de modes et leurs vitesses sont déterminées par temps de vol. En comparant les amplitudes de transmission sans et avec fissure, la profondeur des fissures peut être estimée.

TP ONDES ACOUSTIQUES DANS LES SOLIDES



TP Étude des ondes de cisaillement dans les solides (Ref : T2421)

- 2 sondes Ultrasons à 1MHz avec flacon de gel acoustique
- 1 console Echoscope US avec logiciel d'exploitation et d'imagerie inclus
- 1 kit étude des ondes de cisaillement avec :
 - bac à liquide et support de sondes
 - échantillon acrylique avec support rotatif gradué sur 360°
 - échantillon aluminium avec support rotatif gradué sur 360°
- 1 notice d'expériences



TP Étude des ondes de Lamb, et propagation guidée des ultrasons (Ref : T2422)

- 2 Sondes Ultrasons à 1MHz avec flacon de gel acoustique
- 1 console Echoscope US avec logiciel d'exploitation et d'imagerie inclus
- 1 kit étude des ondes de Lamb et guides d'ondes ultrasonores :
 - jeu de 6 guides acrylique avec angles spécifiques d'incidence (12 à 35°)
- deux plaques en verre aux propriétés calibrées, épaisseur 1 et 1.3mm
- 1 notice d'expériences



TP Étude des ondes de surface et de Rayleigh (Ref : T2423)

- 2 sondes Ultrasons à 1MHz avec flacon de gel acoustique
- 1 console Echoscope US avec logiciel d'exploitation et d'imagerie inclus
- 1 kit étude des ondes de Rayleigh et des ondes de surface :
 - bloc de test des ondes de Rayleigh avec différentes fissures calibrées
- une paire de stimulateurs pour adapter les sondes sur le bloc de test
- 1 notice d'expériences

Accessoires optionnels

- 1 kit étude des ondes de cisaillement
- 1 kit étude des ondes de Lamb et guides d'ondes ultrasonores
- 1 kit étude des ondes de Rayleigh et des ondes de surface
- 1 sonde à ultrasons haute fréquence, haute intensité, 2MHz
- 1 sonde à ultrasons haute fréquence, haute intensité, 4MHz

RÉSEAU ACOUSTIQUE EN ULTRASONS

Création d'un réseau acoustique dans un fluide avec des ultrasons Hautes Fréquences

- Générateur performant et puissan
- Sondes multifréquences allant de 1 à 13MHz
- Matériel répondant à toutes les normes de sécurité
- Polyvalence du matériel : nombreuses expériences possible
- Sondes hermétiques à l'eau
- Nombreux accessoires proposés autour du système principal
- Grande simplicité de mise en oeuvre
- Qualité de résultats, quantifiables



Création d'un réseau de diffraction à pas variable grâce à la sonde ultrasonore multifréquences pouvant émettre de 1 à 13 MHz

Caractérisation d'une onde acoustique dans un milieu solide : Une des premières caractéristiques que l'on cherche généralement à étudier est la vitesse de propagation de l'onde acoustique dans le milieu solide.

Une propriété fondamentale dans les solides est la direction de vibration de l'onde (polarisation). Elle est longitudinale (ondes de compression) dans la plupart des milieux de propagation, mais dans les solides, elle peut être aussi transversale (ondes de cisaillement).

Une autre caractéristique est son domaine de fréquence qui impacte généralement son domaine d'application. Au cours de sa propagation, le signal est soumis à une atténuation de son amplitude qui dépend de la distance parcourue, du milieu de propagation mais aussi de la fréquence de l'onde. Elle s'exprime donc en dB/m/MHz. Les ultrasons hautes fréquences sont ainsi atténués beaucoup plus rapidement et ne peuvent être utilisés que pour l'exploration de structures superficielles. A l'inverse, pour explorer sur plusieurs centaines de mètres (sonar), on utilisera les fréquences les plus basses.

TP RÉSEAU ACOUSTIQUE AVEC ULTRASONS

TP réseau acoustique avec ultrasons (Ref: T2290)

- Générateur Ondes Continues
- Sonde multifréquences 1-13MHz
- 1 enceinte à liquide avec plateforme d'accueil
- 1 module laser rouge
- 1 module laser vert1 notice d'expériences



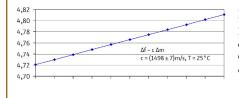
Effet Debye-Sears, Lucas-Biquard, Bragg

Un liquide peut se comporter comme un réseau de diffraction lorsqu'il est soumis à des vibrations de hautes fréquences. En se servant de cette propriété, on peut notamment mesurer, de façon très précise, la vitesse du son dans le liquide choisi à l'aide d'un laser le traversant.



Projection des ondes stationnaires dans un liquide

En éclairant, avec un laser expansé, la cuve du fluide soumis aux vibrations ultrasonores, on peut visualiser les ondes stationnaires grâce aux différences de pressions qui sont produites dans le liquide, créant des différences de densités et une modulation acoustique de la lumière. La mesure de l'interfrange obtenu indique la longueur d'onde des ultrasons.



Modulation Acousto-Optique d'ondes progressives et stationnaires

Lorsqu'un réseau de diffraction acoustique est généré par une onde progressive, il existe un décalage de fréquence entre les différents ordres du réseau. Cet effet est utilisé dans les Modulateurs Acousto-Optique. Avec une photodiode et un oscilloscope, on peut mesurer ce décalage et alors étudier les différents paramètres agissant sur la modulation.

www.didaconcept.fr info

VÉLOCIMÉTRIE DOPPLER EN ULTRASONS

DÉTERMINATION D'UNE VITESSE PAR EFFET DOPPLER

- Méthode directe : décalage jusqu'à 50Hz
- Méthode des battements
- Méthode du radai

- Décalage de fréquence
- Diffusion des ondes ultrasonores sur les particules
- Effet Doppler, dépendance de l'angle Doppler



Mesure directe d'un décalage Doppler (T2251 / T2253): L'émetteur est placé sur la platine mobile alors que le récepteur fixe est relié au fréquencemètre qui mesurera en temps réel la fréquence du signal reçu. On observe et mesure le décalage de fréquence proportionnel à la vitesse de translation de l'émetteur.

Mesure indirecte d'un décalage Doppler (T2252 / T2253): L'émetteur est placé sur la platine mobile, le récepteur est fixe. Les signaux d'émission et de réception sont envoyés sur un oscilloscope. Dans un premier temps, on utilise la fonction «maths» de l'oscilloscope pour additionner les 2 signaux et mesurer la période du battement obtenu. Enfin, un module comparateur de phase peut être utilisé, celui-ci comprend un multiplieur et un filtre passe bas de fréquence de coupure adaptée, et permet de mesurer les faibles vitesses.

Vélocimétrie Doppler dans un fluide (T2501): lci, le décalage de fréquence d'une onde ultrasonore, couplée dans le flux de liquide à un angle Doppler particulier, est mesuré avec la diffusion de l'onde sur de petites particules, telles que des impuretés. Les ultrasons sont alors utilisés pour déterminer la vitesse d'écoulement et/ou le débit d'un écoulement.

TP VÉLOCIMÉTRIE DOPPLER EN ULTRASONS

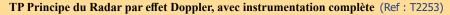


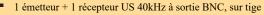
TP Mesure directe d'un décalage Doppler en ultrasons (Ref : T2251)

- 1 émetteur + 1 récepteur US 40kHz à sortie BNC, sur tige
- 1 console de pilotage US polyvalente : continu, salves, amplification
- 1 pied d'optique en V
- 1 platine Doppler motorisée à vitesse réglable jusqu'à 40cm/s
- 1 GBF Fréquencemètre 10MHz, avec mesure de fréquence à 1Hz près
- 1 logiciel, connectique et notice d'expériences

TP Mesure d'une vitesse par multiplication d'ondes (Ref : T2252)

- 1 émetteur + 1 récepteur US 40kHz à sortie BNC, sur tige
- 1 console de pilotage US polyvalente : continu, salves, amplification
- 1 boîtier multiplieur de signaux
- 1 pied d'optique en V
- 1 platine Doppler motorisée à vitesse réglable jusqu'à 40cm/s
- 1 oscilloscope 2 voies 30MHz, écran couleur TFT 8 pouces
- 1 logiciel, connectique et notice d'expériences





- 1 console de pilotage US polyvalente : continu, salves, amplification
 - 1 boîtier multiplieur de signaux
- 1 écran métallique
 - 1 support double avec système d'écartement réglable
- 1 pied d'optique en V
- 1 platine Doppler motorisée à vitesse réglable jusqu'à 40cm/s
- 1 oscilloscope 2 voies 30MHz, écran couleur TFT 8 pouces
- 1 GBF Fréquencemètre 10MHz, avec mesure de fréquence à 1Hz près
- 1 alimentation CC +15V/-15V 0.5A
- 1 logiciel, connectique et notice d'expériences



- 1 générateur d'impulsions Doppler avec logiciel complet d'analyse
- 1 transducteur émetteur/récepteur US 1MHz
- 1 transducteur émetteur/récepteur US 2MHz
- 1 transducteur émetteur/récepteur US 4MHz
- 1 générateur de flux par pompe centrifugeuse réglable
- 1 ensemble de tuyaux et tubes pour montage de Bernoulli
- Accessoires, prismes doppler, fluide Doppler, gel acoustique
- 1 notice d'expériences





ONDE

ONDES CENTIMÉTRIQUES / MICRO-ONDES

VÉRIFICATION DES PROPRIÉTÉS DES ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES

- Alors que les longueurs d'ondes de la lumière visible se situent autour de 0,5 micromètre, celles des micro-ondes sont de l'ordre de quelques centimètres
- Ces ondes centimétriques obéissent à la même théorie de Maxwell que les ondes visibles et donnent lieu aux mêmes phénomènes physiques
- En particulier, dans l'air, les ondes hertziennes peuvent être dirigées, focalisées, réfractées, polarisées, etc...



Expériences réalisables :

- Caractérisation d'une diode Gunn (T2911 / T2912)
- Propagation des micro-ondes dans l'air (T2911 / T2912)
- Transmission et absorption des micro-ondes (T2911 / T2912)
- Polarisation d'une diode réceptrice (Schottky) (T2911 / T2912)
- Vérification expérimentale de la loi de Malus (T2911 / T2912)
- Loi du rayonnement en carré inverse (T2912)
- Réflexion, Réfraction des micro-ondes (T2912)
- Détermination de l'indice de la paraffine (T2912)
- Diffraction par une fente (T2912)
- Interférences par des fentes d'Young (T2912)

TP ONDES CENTIMÉTRIQUES / MICRO-ONDES

TP Introduction aux ondes centimétriques (Ref : T2911)

- 1 émetteur Diode Gunn 8-12 GHz avec cornet métallique et cavité accordable par vernier
- 1 récepteur Diode Schottky avec cornet métallique
- 1 interface de pilotage avec mode émission continue et mode émission modulée par un créneau
- 1 écran métallique
- 1 grille métallique
- 1 support porte-écrans
- 3 pieds d'optique en V
- 1 oscilloscope numérique 2 voies 30MHz minimum
- Câbles BNC et connectique nécessaire au bon fonctionnement des expériences
- 1 notice d'expériences

TP Étude complète des Micro-Ondes sur bancs goniométriques (Ref : T2912)

- 1 émetteur Diode Gunn 8-12 GHz avec cornet métallique et cavité accordable par vernier
- 1 récepteur Diode Schottky avec cornet métallique orientable et gradué sur 360°
- 1 sonde antenne Schottky sans cornet, pour analyse ponctuelle du niveau d'onde
- 1 interface de pilotage avec mode émission continue et mode émission modulée par un créneau
- 1 fente simple pour la diffraction
 1 bi-fente pour les interférences
- 1 grille pour la polarisation
- 2 écrans métalliques
- 1 écran semi-transparent pour réalisation d'un interféromètre de Michelson
- 1 prisme en paraffine petit modèle pour étude de la réfraction, avec son plateau support
- 2 bancs prismatiques de longueur 60cm+120cm, gradués au mm
- 1 accouplement goniométrique gradué sur 360° avec index et colonne support pour tige dia.10mm
- 2 cavaliers standards prismatiques
- 2 pieds d'optique en V
- 1 oscilloscope numérique 2 voies 30MHz minimum
- Câbles BNC et connectique nécessaire au bon fonctionnement des expériences
- 1 notice d'expériences

Accessoires optionnels

- 1 platine motorisée pour relevé des ondes stationnaires, avec interface et logiciel d'acquisition
- 1 prisme en paraffine grand modèle hauteur environ 20cm pour effet tunnel et réflexion totale
- 1 lentille en paraffine grand modèle hauteur environ 20cm, convergente avec support

EXPÉRIENCES AVANCÉES EN MICRO-ONDES

EN PROPAGATION LIBRE

- Ces expériences, en plus de montrer les phénomènes liés au caractère ondulatoire des ondes électromagnétiques, permettent d'illustrer et de mesurer facilement certaines propriétés difficiles à visualiser dans les autres gammes de fréquences
- En effet, la longueur d'onde étant de l'ordre de quelques cm, la plupart des expériences d'interférences en micro-ondes requièrent moins de précision et de réglage qu'avec les ondes lumineuses.
- En outre, il est même possible d'illustrer certains phénomènes quantiques comme l'effet tunnel

Ondes évanescentes et effet tunnel (T2914): On utilise un prisme en paraffine pour modifier l'indice du milieu de propagation des micro-ondes. Le prisme est orienté de façon à ce que les rayons incidents arrivent selon l'angle de réflexion totale du prisme. Le signal en sortie de celui-ci est alors nul. Quand on approche un second prisme identique en opposition avec une distance de l'ordre de la longueur d'onde, le signal est de nouveau transmis grâce aux ondes evanescentes. Ce phénomène de réflexion totale frustrée s'apparente à l'effet tunnel.

Interféromètre de Michelson en micro-ondes (T2915 / T2916): Pour que des ondes de fréquence identique puissent interférer, il est nécessaire que le déphasage entre celles-ci soit constant (cohérence). L'interféromètre de Michelson permet de réaliser la superposition de deux ondes qui se déplacent dans la même direction après avoir parcouru des chemins différents. Une plaque semi-réfléchissante aux micro-ondes partage le faisceau incident en une partie réfléchie et une partie transmise. Ces deux faisceaux sont réfléchis par des écrans métalliques faisant office de miroir et qui sont placés sur des bancs gradués afin de pouvoir maîtriser et mesurer la variation de trajet. Si la différence de trajet entre les deux ondes est égale à un multiple de la longueur d'onde, alors il y aura interférences constructives.

Étude d'une cavité d'ondes stationnaires (T2916): Avec l'émetteur Gunn à cavité variable, il est possible de modifier la fréquence d'émission de 8 à 12 GHz et donc d'aujster la longueur d'onde des ondes stationnaires. Pour cette étude, le récepteur à cornet ne convient pas car il moyenne le signal et sera un élément perturbateur lorsque placé au cœur de la cavité. On utilise alors une antenne ponctuelle. On ferme la cavité micro-ondes à l'aide d'un écran métallique et on place l'antenne sur la platine motorisée. L'interface permet de piloter la platine et d'enregistrer directement le signal de l'antenne en fonction de la position de celle-ci, et de repérer précisément les nœuds et les ventres.

TP ONDES CENTIMÉTRIQUES / MICRO-ONDES



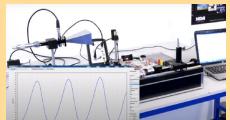
TP Étude du phénomène d'ondes évanescentes en Micro-ondes (Ref : T2914)

- 1 émetteur Diode Gunn 8-12 GHz avec cornet métallique et cavité accordable par vernier
- 1 récepteur Diode Schottky avec cornet métallique orientable et gradué sur 360°
- 1 interface de pilotage avec mode émission continue et mode émission modulée par un créneau
- 2 prismes en paraffine grand modèle hauteur 20cm, avec plateaux support
- 1 banc prismatique de longueur 120cm, gradué au mm
- 4 cavaliers standards prismatiques
- 1 pied d'optique en V
- 1 oscilloscope numérique 2 voies 30MHz minimum
- Accessoires et connectique nécessaire au bon fonctionnement des expériences
- 1 notice d'expériences

TP Interféromètre de Michelson et Miroir de Lloyd en Micro-ondes (Ref : T2915)

- 1 émetteur Diode Gunn 8-12 GHz avec cornet métallique et cavité accordable par vernier
- 1 récepteur Diode Schottky avec cornet métallique orientable et gradué sur 360°
- 1 interface de pilotage avec mode émission continue et mode émission modulée par un créneau
- 2 écrans métalliques
- 1 écran semi-transparent pour réalisation d'un interféromètre de Michelson
- 2 bancs prismatiques de longueur 60cm+120cm, gradués au mm
 - 1 accouplement goniométrique gradué sur 360° avec index et colonne support pour tige dia.10mm
- 2 cavaliers standards prismatiques
 - 2 pied d'optique en V
 - 1 oscilloscope numérique 2 voies 30MHz minimum
 - Accessoires et connectique nécessaire au bon fonctionnement des expériences
- 1 notice d'expériences

TP Interféromètre et cavité en Micro-ondes, avec plateforme pilotable (Ref : T2916)



- 1 émetteur Diode Gunn 8-12 GHz avec cornet métallique et cavité accordable par vernier
- 1 récepteur Diode Schottky avec cornet métallique orientable et gradué sur 360°
- 1 sonde antenne Schottky sans cornet, pour analyse ponctuelle du niveau d'onde
- 1 interface de pilotage avec mode émission continue et mode émission modulée par un créneau
- 2 écrans métalliques
- 1 écran semi-transparent pour réalisation d'un interféromètre de Michelson
- 4 pieds d'optique en V dont un avec réglage latéral
- 1 plateforme de translation pilotable par ordinateur avec acquisition et synchronisation du signal
- 1 logiciel d'acquisition du signal de l'antenne en fonction de sa position dans la cavité
- Accessoires et connectique nécessaire au bon fonctionnement des expériences
- 1 notice d'expériences

HYPERFRÉQUENCES / MICRO-ONDES GUIDÉES

BANC HYPERFRÉQUENCES (BANDE X - 10 GHz)

- Les hyperfréquences sont remarquables par le fait que la faible longueur d'onde permet de réaliser des émissions d'une très grande directivité à l'aide d'antennes de dimensions assez réduites. De ce fait, les équipements rayonnants sont moins sensibles aux parasites d'origines atmosphérique ou industrielle
- Généralement un système hyperfréquence utilisé en télécommunication est composé :
- d'un émetteur, qui génère l'énergie hyperfréquence nécessaire à la liaison
- d'un cable de liaison qui sert au transport de l'énergie hyperfréquence produite par l'émetteur
- d'une antenne qui va rayonner

Expériences réalisables en hyperfréquences :

- Propagation dans un guide d'ondes rectangulaire (T2772 / T2777 / T2778)
 - Modes de propagation TE et TM
 - Coefficient de réflexion et impédance caractéristique
 - Ondes stationnaires, Mesure de la longueur d'onde
 - Taux d'ondes stationnaires
 - Phase, vitesse de phase, vitesse de groupe
- Rayonnement d'un cornet, zone de rayonnement (T2774 / T2777)
 - Distribution de sources ponctuelles, zone de Fraunhofer
 - Diffraction d'une onde par une ouverture équiphase
 - Propagation des ondes dans l'air



TP HYPERFRÉQUENCES / MICRO-ONDES

TP Étude d'un guide d'onde en hyperfréquences (Ref : T2772)

- 1 oscillateur Gunn avec cavité de résonance
- 1 modulateur PIN pour diode Gunn
- 1 interface d'alimentation et de modulation de la Diode Gunn et connectique BNC
- 1 isolateur anti-retour d'onde
- 1 sonde réceptrice Schottky accordable avec coupleur BNC
- 1 guide d'onde à fente avec support de sonde translatable
- 1 TOSmètre multicalibre avec double échelle (Exp et Linéaire), et ajustement fin du Gain
- 1 fréquencemètre à lecture directe par vernier hélicoïdal
- 1 atténuateur variable avec vernier micrométrique
- 1 transition fixe simple
- 1 transition mobile
- 1 transition de fin de chaîne
- 4 supports et pieds haute stabilité pour maintien des guides
- 1 notice d'expériences

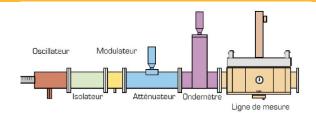
TP Étude du rayonnement d'une antenne (Ref : T2774)

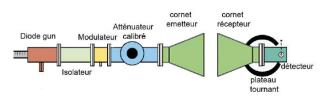
- 1 émetteur Diode Gunn 8-12 GHz avec cornet métallique et cavité accordable par vernier
- 1 récepteur Diode Schottky avec cornet métallique orientable et gradué sur 360°
- 1 interface de pilotage avec mode émission continue et mode émission modulée par un créneau
- 2 écrans métalliques
- 1 écran semi-transparent pour réalisation d'un interféromètre de Michelson
- 2 bancs prismatiques de longueur 60cm+120cm, gradués au mm
- 1 accouplement goniométrique gradué sur 360° avec index et colonne support pour tige dia.10mm
- 2 cavaliers standards prismatiques
- 2 pied d'optique en V
- 1 oscilloscope numérique 2 voies 30MHz minimum
- Accessoires et connectique nécessaire au bon fonctionnement des expériences
- 1 notice d'expériences

HYPERFRÉQUENCES / MICRO-ONDES GUIDÉES

Expériences réalisables en hyperfréquences :

- Étude d'une cavité résonnante hyperfréquence (T2776 / T2777)
 - Modes de propagation TE et TM
 - Cavités en volume vide, ou remplies d'un diélectrique
 - Couplage critique, pulsation minimum, coefficient de qualité
 - Mesure de la constante diélectrique de liquides et solides
 - Mesure de déphasage en hyperfréquences
- Multiplexage et Couplage directionnel (T2777)
 - Réalisation d'un circuit hyperfréquence
 - Couplage directionnel
 - Propagation par des transitions courbes ou spiralées





TP HYPERFRÉQUENCES / MICRO-ONDES

TP Étude d'une cavité résonnante en hyperfréquences (Ref : T2776)

- 1 oscillateur Gunn avec cavité de résonance
- 1 modulateur PIN pour diode Gunn + 1 isolateur anti-retour d'onde
- 1 interface d'alimentation et de modulation de la Diode Gunn et connectique BNC
- 1 sonde réceptrice Schottky accordable avec coupleur BNC
- 1 guide d'onde à fente avec support de sonde translatable
- 1 TOSmètre multicalibre avec double échelle (Exp et Linéaire), et ajustement fin du Gain
- 1 fréquencemètre à lecture directe par vernier hélicoïdal
- 1 atténuateur variable avec vernier micrométrique
- 1 variateur de phase avec vernier micrométrique
- 1 transition fixe simple + 1 transition mobile + 1 transition de fin de chaîne
- 1 cavité cylindrique à volume vide ou pouvant accueillir des diélectriques
- 2 cellules diélectriques : solide avec réflecteur réglable / liquide avec piston réglable
- lot de solides diélectriques d'étude (Téflon, Nylon, Ébonite, Perspex, Paraffine...)
- 4 supports et pieds haute stabilité pour maintien des guides
- 1 notice d'expériences

TP Étude complète des hyperfréquences (Ref : T2777)

- 1 oscillateur Gunn avec cavité de résonance
- 1 modulateur PIN pour diode Gunn + 1 isolateur anti-retour d'onde
- 1 interface d'alimentation et de modulation de la Diode Gunn et connectique BNC
- 1 sonde réceptrice Schottky accordable avec coupleur BNC
- 1 guide d'onde à fente avec support de sonde translatable
- 1 TOSmètre multicalibre avec double échelle (Exp et Linéaire), et ajustement fin du Gain
- 1 fréquencemètre à lecture directe par vernier hélicoïdal
- 1 atténuateur variable avec vernier micrométrique
- 1 variateur de phase avec vernier micrométrique
- 1 transition fixe simple + 1 mobile + 1 transition de fin de chaîne + transition spiralée et courbe
- 1 paire de cornets à gain standard, pour propagation en air libre + 2 antennes à fente
- 1 coupleur en T pour champ E et H, coupleur triple en Y, coupleurs directionnels 10dB
- 1 détecteur guide d'onde, sortie BNC + 1 atténuateur calibré 3 dB + 1 atténuateur calibré 10 dB
- 1 cavité cylindrique à volume vide ou pouvant accueillir des diélectriques
- 2 cellules diélectriques : solide avec réflecteur réglable / liquide avec piston réglable
- lot de solides diélectriques d'étude (Téflon, Nylon, Ébonite, Perspex, Paraffine...)
- 4 supports et pieds haute stabilité pour maintien des guides
- 2 rails de 60cm avec cavaliers coulissants pour maintien des guides (x4)
- 1 plateau tournant pouvant être couplés aux rails, pour mesure du diagramme de rayonnement
- Connectiques nécessaires et mallettes de rangement
- 1 notice d'expériences

ONDE

ONDES MECANIQUES: CUVES À ONDES

Ondes très basses fréquences

- Les propriétés fondamentales des ondes sont identiques, qu'il s'agisse d'ondes d'eau, d'ondes sonores ou d'ondes électromagnétiques telles que la lumière. Ainsi, la cuve à ondes offre une bonne introduction à tous les types de propagation d'ondes et d'interférences
- Le générateur d'ondes se déplace soit de manière synchrone avec les flashs provenant du stroboscope, ce qui semble geler le mouvement des vagues - soit avec un petit décalage de fréquence, ce qui fait que le modèle d'onde se déplace comme s'il était au ralenti
- Les modèles de vagues peuvent être observés sur le dessus de la table, sur la plaque de verre dépolie fournie ou projetés sur un mur

Expériences réalisables avec la cuve à ondes :

- Vérification de la relation $v = f \times \lambda$
- Réflexion et réfraction
- Interférences par 2 sources ponctuelles
- Interférences par des fentes d'Young
- Influence de la hauteur d'eau





TP ONDES MÉCANIQUES : CUVES À ONDES

TP Étude des ondes dans l'eau avec cuve à ondes (Ref : T2222)

- 1 cuve en métal et plexiglass sur pieds en acier : 314x363x30mm
- 1 miroir, dépoli et structure de projection
- 1 vibreur électromécanique
- 1 générateur TBF 0-100Hz synchronisable avec stroboscope et vibreur
- 1 stroboscope synchronisable à LED
- 1 jeu d'accessoires et embouts pour génération de vagues
- 1 jeu d'accessoires pour étude de la réflexion et réfraction
- 1 jeu d'accessoires pour étude des interférences
- 1 notice d'expériences

TP Introduction aux ondes mécanique avec cuve ondes (Ref : T2223)

- 1 cuve à assembler avec miroir de projection et écran de visualisation
- 1 générateur d'ondes à fréquence réglable (1-60 Hz) avec afficheur
- 1 stroboscope à LED 3 W sur flexible avec alimentation: 12V / 1 A continu
- 1 écran de visualisation : 333x320 mm
- 1 jeu de 3 excitateurs (onde simple, onde double, et onde plane)
- 1 jeu de 7 accessoires (trapézoïde, biconcave, biconvexe, faces parallèles)
- 1 notice d'expériences

87

ONDES MECANIQUES: CANAL À VAGUES

ÉTUDE DES ONDES À LA SURFACE DE L'EAU

- Une vague est une déformation de la surface d'une masse d'eau. Comme toutes les ondes, les vagues peuvent se réfléchir, se diffracter et se réfracter.
- Cet ensemble permet également d'introduire quelques notions de mécanique des fluides, de viscosité, de dispersion, de déferlement et de dérive
- Notre canal à vagues permet d'étudier le comportement de vagues régulières périodiques ou irrégulières en conditions d'eau profonde, de vérifier certaines propriétés ondulatoires d'étudier les différentes modélisations (Stokes, Euler, Airy...) et leurs limites sur le comportement des vagues en profondeur constante, lorsque la hauteur d'eau n'est plus suffisante ou lorsque l'onde est dite «solitaire»

Générateur de vagues polyvalent : Le moteur de couple 40 Ncm et le système de translation du générateur de vagues est capable de délivrer des secousses de manière impulsionnelle ou continue :

- à des vitesses d'excitation jusqu'à 20cm/s
- à des fréquences d'oscillation jusqu'à 5Hz
- avec 3 niveaux d'amplitude de translation : 13-20-30mm

Expériences réalisables avec la cuve à ondes :

- Vague d'Airy, Onde solitaire
- Vagues en résonance dans une cavité fermée
- Influence de la hauteur d'eau sur le comportement des vagues
- Dispersion des vagues, dérive, mouvement des particules





TP ONDES MÉCANIQUES : CANAL À VAGUES

TP Ondes mécaniques dans un canal à vagues (Ref : T2800)

- 1 cuve à assembler en altuglass épaisseur 10mm, dimensions 100x15x30cm
- 1 jeu d'accessoires de montage
- 1 générateur de vagues à fréquence pilotable par GBF, avec réglage d'amplitude
- 1 plongeur frontal
- 1 système de fixation adapté par double serre-joint
- 1 colorant de visualisation
- 1 notice d'expériences

TP Complet sur l'étude des ondes dans un canal à vagues (Ref : T2810)

- 1 cuve à assembler en altuglass épaisseur 10mm, dimensions 100x15x30cm
- 1 jeu d'accessoires de montage
- 1 plaque rigide en altuglass épaisseur 5mm pour variation linéaire du fond et de la hauteur d'eau
- 1 plaque souple en aluminium épaisseur 0.5mm pour variation non linéaire du fond et de la hauteur d'eau
- 1 générateur de vagues à fréquence pilotable par GBF, avec réglage d'amplitude
- 1 plongeur frontal
- Plongeur à profil courbé pour excitation verticale
- 1 GBF 10MHz 2 voies avec écran TFT 4 pouces
- 1 caméra rapide 2Mpixels 260 images par seconde pour acquisition chronophotographique
- 1 système de fixation adapté par double serre-joint
- 1 lot de colorant + flotteurs + solution de particules de visualisation des courants et de la dérive
- 1 pompe de vidange avec tuyau flexible
- 1 notice d'expériences 1 notice d'expériences