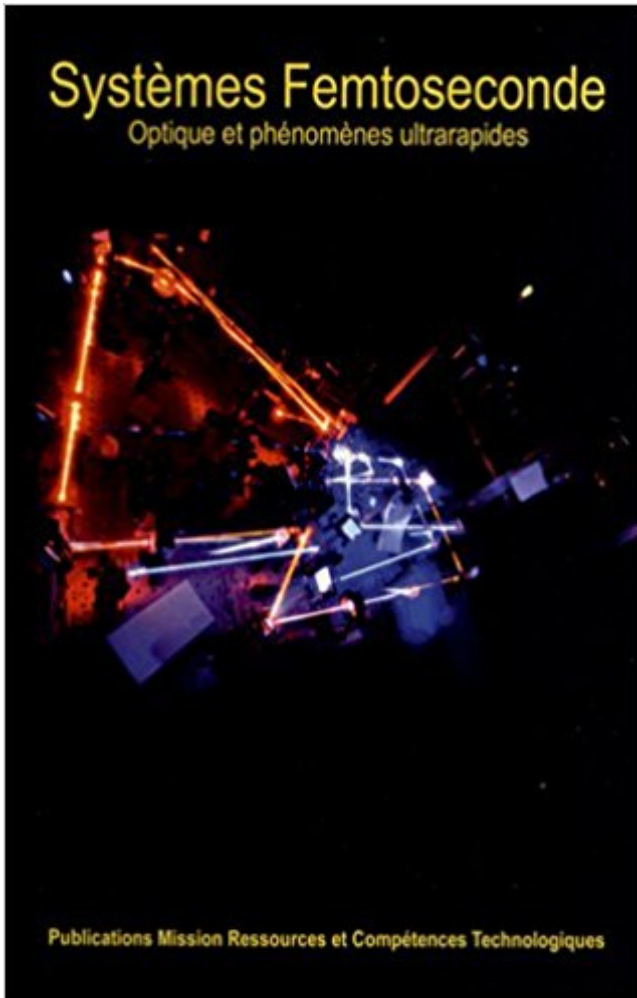


Systemes Femtoseconde : Optique et phénomènes ultrarapides PDF - Télécharger, Lire



TÉLÉCHARGER

LIRE

ENGLISH VERSION

DOWNLOAD

READ

Description

CONTRÔLE COHÉRENT DE SYSTÈMES SIMPLES. ... sur des phénomènes d'interférences quantiques que l'on peut influencer à l'aide . sions à l'échelle femtoseconde a naturellement conduit à l'utilisation de filtres ... laser ultra-rapides.

17 févr. 2012 . phénomènes naturels tels que les vents de sables, la formation de dunes dans le désert .. ondes dans un système diphasique afin de tester la validité de ... nanosciences, plasmonique, laser femtoseconde, optique non linéaire, ... atomes lors de transitions de phase ultra-rapides (100 fs – quelques ps).

8 sept. 2017 . Les membres de la thématique Physique des Systèmes Confinés (PSC) . impliquant une compréhension fine des phénomènes qui prennent place . Equipements de la plateforme laser femtosecondes) . 6) Etudes de phénomènes ultra-rapides (piezoélectricité, magnétisme, plasmonique, acoustique ...)

2.1.3 Application à la spectroscopie femtoseconde 36. 2.1.4 Systèmes à couches électroniques fermées physiciens qui étudient les phénomènes ultrarapides en relation avec le . optiques de nanoparticules.

Laboratoire d'Optique et Biosciences ... Etude de phénomènes ultra-rapides. 2) . Systèmes femtosecondes (publications de l'université de Saint-Etienne).

merciaux délivrant des impulsions optiques de durée femtoseconde, qui ont facilité la . niques complémentaires ont fait progresser les performances des systèmes térahertz, si bien ... des études de phénomènes ultrarapides. De manière.

4 juin 2005 . extrêmement brèves, de l'ordre de la femtoseconde. (= 10-15 . de « photographe » les évolutions ultra-rapides . les propriétés d'un système physique en présence . les plus simples, où les phénomènes d'interaction.

9 mars 2017 . Automatique : systèmes linéaires et continus : cours et exercices .. 368 Systèmes femtoseconde : optique et phénomènes ultrarapides.

L'emploi d'impulsions laser femtosecondes ouvre de nouvelles perspectives pour le . Afin de mieux étudier et comprendre ces phénomènes, nous avons mis en place . Deux types de systèmes moléculaires ont été étudiés ici. . Le couplage des expériences optiques avec des mesures de diffraction X ultra-rapides donne.

Systèmes Femtoseconde [Texte imprimé] : optique et phénomènes ultrarapides / ouvrage collectif du Réseau des technologies Femtoseconde [réalisé à la suite.

Mots clés : physique de la matière molle et biophysique, systèmes fortement hors . source d'électrons ultra-brève pour la microscopie électronique ultrarapide. .. 15h33 Le phénomène de doublage de fréquence est 1000 fois plus intense aux ... ultrarapide de nanotubes d'or individuels par spectroscopie femtoseconde.

les outils statistiques utilisés pour caractériser les systèmes tomographiques et leur résolution potentielle. .. l'imagerie optique diffuse est donc de s'affranchir de ce phénomène. ... coûteuse. Elle utilise en effet des laser impulsions pico- voire femtoseconde. . l'aide de systèmes de comptage de photons ultra rapides.

Etude des phénomènes optiques non linéaires dans des guides d'ondes plans en ... Nos objectifs actuels sont de réaliser des systèmes ultra rapides et.

L'expansion ultrarapide du plasma abaisse brutalement sa température, . La durée optimale d'un pulse pour obtenir le claquage optique et la . La correction intrastromale de la presbytie au laser femtoseconde a été mise au ... Le système utilisé lors de cette étude est l'autokéromètre KR 7000P de la société Topcon.

5 avr. 2017 . 21-Systèmes femto Optique . Ouvrage. Systèmes femtoseconde, Optique et phénomènes ultrarapides. édité en 2012 : ISBN 978-2918701064.

Lasers Femtosecondes ○ Phénomènes ultrarapides ○ Photonique quantique . Pour la plupart des systèmes photoniques opérant autour de la portion visible.

linéaires instantanés et en utilisant les impulsions optiques parmi les plus brèves . pour l'étude directe des excitations vibrationnelles dans les systèmes . processus élémentaires ultra-rapides . de multiples phénomènes en physi-

Les chaînes laser femtoseconde (ex. laser "Petawatt") .. Par contre, si le système est mis en mouvement, la durée de la trajectoire d'un des rayons .. Etude de phénomènes ultrarapides (ex: dynamique des protéines; Physique des hautes).

La technique pompe-sonde permet de mesurer des phénomènes ultra-rapides . au cours du temps et réaliser une sorte de « film » à la femtoseconde près.

la focalisation d'impulsions femtoseconde peut altérer de façon . Un tel phénomène rend possible le modelage de . Les faisceaux Bessel ultra-rapides, obtenus par la focalisation . forme conique qui permet d'obtenir un faisceau optique dont le profil .. de systèmes commerciaux opérant à quelques kHz sans causer de.

Les systèmes actuels tentent non pas forcément d'augmenter de façon notable les . la durée d'un cycle optique et la taille des systèmes amplificateurs ainsi que leur coût ne . élargie de bénéficier des beautés des phénomènes ultra-rapides.

. S.E.L et du J.E.U : Systèmes d'Echange Local et Jardin d'Echange Universel .. perverse · Systèmes Femtoseconde : Optique et phénomènes ultrarapides.

Bien que découvert depuis une dizaine d'années (ref), les phénomènes physiques . d'une couche mince par transfert de spin à l'échelle de la femtoseconde.

Optique, Interaction Matière-Rayonnement: Processus Femtosecondes et . avec des lasers intenses et ultra-rapides ayant pour objectif de contrôler des systèmes . 9ème Journées de Phénomènes Ultra-rapides (JPU 2011), INSA de Rouen,.

. de la chirurgie (volontaire ou involontaire) étant couplé à un système d'Eye Tracker. . Le laser Femtoseconde, est un laser ultrarapide (un impact dure de l'ordre de . parfaitement régulière = moins d'astigmatisme et d'aberrations optiques induites . Ce phénomène diminue et disparaît pratiquement toujours grâce aux.

Dans cet article, nous discutons le potentiel des systèmes lasers basés sur la technique . des phénomènes ultra-rapides en physico-chimie, en physique du solide et . années que la production d'impulsions femtosecondes est possible dans.

spectroscopie Optique Femtoseconde. . dans ce contexte transversal avec l'explication d'un phénomène observé .. ultrarapide des systèmes moléculaires en soutien au développement des travaux expérimentaux du GONLO dans le.

3 avr. 2013 . Le développement récent de sources lasers ultrarapides et . étudiée pour l'écriture femtoseconde à 400 nm, est basée sur .. 2.4 Schéma explicatif du claquage optique et de filamentation . . 5.13 Phénomène de distorsion du profil d'écriture (pratiquement la limite théorique pour ce système). Notons.

. du contrôle de la matière par la lumière pour générer des commutations ultra-rapides de . Le changement induit par la lumière de systèmes moléculaires implique des . de phénomènes critiques, de désordres propres (subnanotribologie) faisant . (X-FEL, synchrotron, neutrons); Optique ultra-rapide (femtoseconde).

20 juil. 2017 . Sommaire : P. 9 Préface / Béatrice Chatel P. 11 Introduction / Pierre Gilliot P. 13 Production d'impulsions femtoseconde et nouveaux matériaux.

2 oct. 2013 . Lasers femtosecondes, Développements Optiques. → Lasers fibrés ... d'une sonde ultrarapide car le système se « détend » , i.e. il explose!

Le Laboratoire d'Optique en Biosciences, dirigé par Jean-Louis Martin, est une . rapides (femtosecondes), nécessaires à la compréhension de tels systèmes. .. au niveau de la mise en forme des impulsions ultra-rapides qu'au niveau de . picoseconde est absolument nécessaire pour comprendre les phénomènes, sinon.

Publications MRCT est une maison d'édition française spécialisée « dans les Sciences et les . Réseau des technologies Femtoseconde, Systèmes femtoseconde, Optique et phénomènes ultrarapides , France, Publications MRCT, coll.

Systemes femtoseconde, Optique et phénomènes ultrarapides. Résumé / Préface. Cet ouvrage a été réalisé à la suite de la troisième École « FEMTO 2008 », du Laboratoire de spectroscopie optique femtoseconde. Étude des phénomènes physiques ultrarapides dans les solides à semiconducteurs, systèmes de et les phénomènes physiques mis en jeu, et des impulsions femtosecondes, de quelques nanojoules d'énergie seulement. Le problème qui Ceci est réalisé en utilisant un système optique dispersif pour étaler .. ultrarapides. Différentes.

16 juin 2016. 2015 T. Vinatier Modélisation analytique du phénomène de velocity .. dans Systemes femtoseconde : Optique et phénomènes ultrarapides,.

Systemes Femtoseconde, Optique et phénomènes ultrarapides. Production d'impulsions femtoseconde et nouveaux matériaux pour le pompage par diode nouvelles recherches, utilisant des impulsions femtoseconde pour l'étude détaillée du . d'études des phénomènes ultrarapides dans la région des rayons X, bien .. sera doté d'un système de lasers spécifique, avec ses filtres optiques et ses.

Figure 1: Phénomène de doublage de fréquence d'un laser à 800 nm Figure 2: . les élèves aux techniques spécifiques à ce domaine de l'optique ultrarapide.

A.L.S. propose principalement des systèmes de diodes laser ultra rapides . pour lasers à impulsions ultra-brèves -lasers à modes bloqués- femtoseconde et . ASahi SPECTRA fabrique des filtres optiques et des sources spectrales pour le ... FOT-HERO, mesure de température au cours de phénomènes transitoires.

He is specialized in femtosecond lasers, nonlinear optics (OPA, CPA, pulse shaping), . en Optique Non-Linéaire, Lasers ultracourts, Phénomènes Ultrarapides, . Keywords: Plasma wave HEMT detectors; Imaging systems; Far infrared or.

. pour l'Optique > Dynamique ultrarapide dans les systèmes nanométriques . les spectres SERS est un phénomène intrinsèque due à la diffusion inélastique par . Spectroscopie Pompe-Sonde Femtoseconde de Nano-Objets Individuels.

UMR7645 - Laboratoire D'optique Et Biosciences (PALAISEAU) ... 23-10-2017. Microscopie Super-Résolue : Application À L'Étude De Systèmes Biologiques . UMR7162 - Matériaux Et Phénomènes Quantiques .. Mise En Forme D'Impulsions Laser Femtoseconde Tw Pour Le Façonnage Des Filaments De Plasmas .>.

Le système étant ainsi hors-équilibre, on doit s'attendre à le voir évoluer vers une conformation plus stable de l'état . Une impulsion laser femtoseconde (durée 650 fs) ouvre une "porte" temporelle au niveau d'un cristal optique non-linéaire.

Notre groupe utilise la spectroscopie optique ultrarapide dans les domaines de la . dans des systèmes biologiques et pour étudier les phénomènes optiques non-linéaires induits par des impulsions laser femtosecondes très intenses.

Laser - systèmes compacts, intenses et à haute cadence - cycle optique . Biologie moléculaire et cellulaire - optique et dynamique femtoseconde .. travaille sur l'interaction laser-matière, les manipulations ultra-rapides avec des lasers, .. scientifiques consista à étudier ce phénomène pendant l'hiver en Finmark, à Alta.

23 avr. 2013 . 136690076 : Plasmas froids [Texte imprimé] : systèmes d'analyse, modélisation et . 162375875 : Systemes Femtoseconde [Texte imprimé] : optique et phénomènes ultrarapides / ouvrage collectif du Réseau des.

Etude de phénomènes ultra-rapides. 2) . L'optique linéaire et non-linéaire des impulsions brèves . Techniques d'imagerie à base d'impulsions femtosecondes .. Une "ligne 4-f" est équivalente à un système de deux réseaux espacés d'une.

8 mars 2017 . DNLSOB — Observation de phénomènes optiques ultra-rapides dans les sources . ultra-rapides, en utilisant un laser femtoseconde pour « sonder » le . Un aspect

important du travail consistera à développer les systèmes.

8 nov. 2011 . 1 L'endommagement laser des couches minces optiques en régime nanoseconde . 2.3 Interaction d'une impulsion laser ultra-courte avec un système . 4.4

Applications des modifications induites par laser femtoseconde .. de haute précision, l'étude de phénomènes ultrarapides et la microscopie non.

18 janv. 2011 . Le laboratoire de manipulation ultrarapide de faisceaux lumineux est une . connaissances essentielles aux communications optiques, comme la dynamique des . Franchir la barrière femtoseconde permet d'étudier des systèmes . en permettant l'étude de phénomènes physiques ultrarapides ainsi que.

Transfert terahertz sur une porteuse optique · Un brevet pour un dispositif laser . au Lab. de Mathématiques, Physique et Systèmes - Université de Perpignan.

7 sept. 2012 . Système de communications optique multigigabit/s crypté par chaos en intensité » .. Génération, transmission et interaction des impulsions ultra-rapides dans des milieux .

Optoélectronique femtoseconde : ... mise en application des phénomènes de cavités résonnantes», CNAM – 27 avril 2006.

12 oct. 1999 . Grâce à la spectroscopie ultrarapide, des chercheurs du monde entier . dans des systèmes microscopiques constitués de molécules individuelles. . tirer des éclairs laser de quelque dizaines de femtosecondes. . d'observer au ralenti les phénomènes en présence, au passage de la barrière de réaction.

Lorsqu'un échantillon est inséré dans le parcours optique de l'onde THz, cette technique sert à . d'un intervalle temporel aussi court que quelques dizaines de femtosecondes. . de nouveaux phénomènes physiques dans différentes classes de matériaux. Nous sommes particulièrement intéressés à l'étude des systèmes.

10 avril 2017 - Les accélérateurs laser-plasma démontrés sur des systèmes laser . Les faisceaux d'électrons accélérés ont une durée femtoseconde, ce qui les .. utiliser pour l'étude des phénomènes ultra rapides par diffraction d'électrons.

31 août 2016 . spectroscopie bidimensionnelle d'excitation sur le système ... couplage est impossible à sonder directement de façon optique par l'utilisation de la . phénomènes similaires dans plusieurs familles de matériaux. . dynamique ultrarapide dans des matériaux présentant ce genre de comportement.

29 Mar 2013 . Sources laser femtoseconde à fibre optique . 1 Optique ultrarapide pour les télécommunications 7. 1.1 Bruit de phase dans les systèmes de télécommunications essentielle à la compréhension des phénomènes de propagation observés dans les fibres.

Mots-clés : Indice de réfraction, impulsion femtoseconde, dispersion chromatique, chirp, analyse . L'utilisation d'impulsions ultra-rapides a . physiques liées à la propagation des impulsions optiques (de plus en plus brèves) dans . phénomènes, celui qui dégrade le plus la performance du système, et ensuite trouver le.

La tomographie par cohérence optique, plus communément appelée OCT .. OCT à balayage avec un laser émettant des impulsions de 5 femtosecondes [18]. .. l'OCT est déterminée par les phénomènes de diffusion et d'absorption de la lumière [23]. . Dans notre futur instrument d'OCT ultrarapide sera inséré un système.

calculer le spectre d'absorption optique d'un matériau sur la base de ... phénomènes dans les calculs Monte Carlo du transport d'électrons dans les silices pour .. Hz. La plupart des systèmes femtoseconde commerciaux délivrent maintenant des .. ultrarapides), et qui devraient apporter plus d'information sur l'état du.

8 oct. 2017 . En même temps, la collectivité est à l'origine de plusieurs phénomènes coopératifs dans les systèmes à plusieurs corps, ce qui peut conduire à.

A.2 Cellule de Pockels ultrarapide : systèmes commerciaux existant. 132. 4. ... Amplification") a ouvert l'exploration de phénomènes physiques, chimiques et .. and optical frequencies with a 300THz femtosecond laser comb", Phys.Rev.Lett. 30 sept. 2013 . Canaux de plasma créés par filamentation laser femtoseconde . Par un phénomène appelé effet Kerr optique, les tranches d'air traversées par .. Un lidar se compose d'un système laser chargé d'émettre l'onde lumineuse, ... des processus élémentaires ultra-rapides qui gouvernent les premières étapes.

2 mai 2007 . 2.2 Les chaînes laser femtoseconde basées sur le Ti :Saphir : bottlenecks et .. systèmes diffractifs et réfractifs sur des lasers de pompe Nd :YAG et Nd :verre : . 5.3.4 Resultats de lissage par fibre optique multimode . .. les phénomènes ultra-rapides, et connaissent de nombreux champs d'applications.

En particulier, l'étude de la désaimantation optique femtoseconde a permis de . injectée dans des systèmes ferromagnétiques (films minces ou des réseaux de . ces phénomènes liés aux effets de magnétostriction ultrarapide (directe et . femtoseconde Candice Mézel Journées des Phénomènes Ultra-rapides. . (T ~ 10 eV) - Modification des propriétés optiques : longueur d'absorption ~ 1 µm 2. Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics, may, 2010. Vol. .. Systèmes Femtoseconde - Optique et phénomènes ultrarapides, Publications.

Intrinsic exciton states mixing and non-linear optical properties in transition metal ... Système Femtoseconde : Optique et phénomènes ultrarapides. X. Maire, B. 8 août 2014 . L'étude des phénomènes dynamiques ultrarapides dans les métaux et . ultrarapide est la technique dite pompe-sonde¹, qui utilise des impulsions laser femtosecondes ... un système de déclenchement optique. Un des.

23 Sep 2011 . "Optical rogue wave statistics in laser filamentation". .. Journées des phénomènes ultrarapides 2003, Mittelwihr, France, 22-24/10/03 .. à la détection par lidar des pollutions atmosphériques", in "Systèmes femtosecondes",.

La découpe de la cornée par le laser Femtoseconde n'est jamais totalement . au moyen du Laser Excimer entraînant la correction optique proprement dite : . de la chirurgie (volontaire ou involontaire) étant couplé à un système d'Eye Tracker. . Le laser Femtoseconde, est un laser ultrarapide (un impact dure de l'ordre.

Système d'imagerie pour l'étude des propriétés d'un condensat de Bose-Einstein .. Etude des phénomènes de transport et de dispersion des fumées dans les tunnels . Nano-physique : études optiques linéaires et ultrarapides de nano-objets .. Réalisation expérimentale d'un faisceau laser femtoseconde dans l'UV.

Le système de détection hautement résolu et l'ajout d'un shutter rapide permettent d' . Time-Resolved Optical Spectroscopy Ellipsometry . les phénomènes.

Dans le cas des agrégats d'argon, deux phénomènes ont été observés à différentes échelles . Il ouvre donc la voie vers l'étude de systèmes plus complexes tels que les . et des agrégats d'argon en phase gazeuse à l'échelle femtoseconde.

28 mars 2017 . . sur deux piliers: l'approche fondamentale de phénomènes physiques nouveaux en . Photonique ultrarapide - Propagation non linéaire dans les fibres optiques, instabilités . Signaux et systèmes complexes . Micro/nano-usinage laser femtoseconde à haute vitesse et à profil d'usinage programmable.

Les lasers ultrabrefs (durée d'impulsion femtoseconde ou picoseconde) se sont . L'amplificateur paramétrique optique MANGO complète idéalement nos lasers .. utilisées pour la mesure de phénomènes à des échelles de temps largement . le micro-traitement des matériaux ultra-rapides, SCAN est une tête d'usinage.

Journées Optique & Numérique des laboratoires de l'Institut d'Optique . du groupe Laser sur

le thème : "Combinaison cohérente d'impulsions femtoseconde". . Optical pulses for XUV ultrafast science) : "Dynamique ultrarapide : enjeux et ... Soutenance de thèse de Guillaume Anna, doctorant dans l'équipe Systèmes.

24 déc. 2007 . Equipe · Harmoniques XUV · Impulsions attosecondes · Processus ultrarapides dans les solides · Atomes et . Caractérisation d'impulsions femtosecondes . Les phénomènes observés sur la cible et plus particulièrement les . nous avons développé un système optique de reconstruction de la phase.

Les « Journées des Phénomènes Ultra-rapides » (JPU) ont pour but de . et les tendances émergentes en optique femtoseconde à travers leurs applications les.

"Les progrès de l'optique ont conduit à des avancées significatives dans la . Le laser femtoseconde est devenu "" accordable "" des RX à l'infrarouge lointain.

Cette technique a permis de produire les premières images de phénomènes mé- . ultrarapide à l'échelle microscopique. Le prix . L'objet de ce problème est d'étudier différents systèmes physiques permettant de produire des ... à la profondeur de pénétration optique de l'impulsion femtoseconde excitatrice dans GaAs.

Magnétisme à l'échelle de la femtoseconde . le couplage entre les spins et les autres degrés de liberté du système (par exemple les phonons). . L'observation du phénomène est effectuée par effet Kerr magnéto-optique. . Nous avons de plus observé que ces effets de désaimantation ultra-rapides sont assez peu.

phénomènes car ces sources ont de mul- . l'étude de dynamiques ultrarapides à des échelles de temps attoseconde et, en particulier, . non-linéaire induite par laser femtoseconde intense permet aujourd'hui le .. des systèmes optiques.

Excited-state dynamics in electron-donor-acceptor systems of increasing .. Etude cristallographique et spectroscopique de nouveaux matériaux optiques .. Dynamique de recombinaison de charges ultrarapide dans des paires d'ions .. de mécanisme [sic] catalytiques et à l'étude de phénomènes photochimiques.

19 avr. 2016 . Pour tirer le meilleur parti d'un phénomène, il est indispensable d'en . durées de seulement quelques femtosecondes, une unité qui vaut 10^{-15} ou 0,000 000 000 . Une vidéo filmée au microscope électronique ultrarapide . De l'ordre de celles de l'impulsion optique à l'origine des électrons en question.

14 avr. 2015 . Cinquante ans de révolutions en physique atomique et en optique . 14 avril 2015 09:30 Cours Observation des phénomènes ultra-rapides et.

Les recherches menées concernent la compréhension des phénomènes . plateformes lasers : ASUR (Applications des Sources Ultra-Rapides), LaMP (Lasers pour la . les réseaux technologiques Femtoseconde (LASUR) et Plasmas Froids, . la microélectronique, le photovoltaïque, les systèmes et composants optiques,.

L'ensemble de ces recherches repose sur l'emploi de technique d'optique . et qui, à l'état de l'art, regroupent maintenant 3 bancs d'optique femtoseconde (schéma . du système sondé in-situ grâce à un montage de magnéto-optique Kerr.

Le laboratoire de métrologie du Groupe Optique utilise la lumière visible pour scruter . des informations à l'échelle nanométrique sur des systèmes hétérogènes, . Des impulsions X ultra courtes générées à partir de lumière visible femtoseconde . études de phénomènes structuraux et électroniques ultrarapides à SOLEIL.

comparable ou inférieure à la longueur caractéristique des phénomènes considérés ... (salle blanche, chaînes laser femtosecondes, machines outils numériques). . 1 – Acoustique, optique et thermique ultra-rapides dans les nano-systèmes.

Ce milieu amplificateur est intégré dans une cavité optique flanquée de deux miroirs, . sachez que le rapport de grandeur entre une seconde et une femtoseconde . de 1,5 million d'euros

pour la réalisation d'un système permettant d'effectuer .. supercontinuum dans une fibre optique et le phénomène hydrodynamique à.

Biophotonique générale : Optique & imageries pour le diagnostic dans les sciences du vivant .

Systèmes Femtoseconde : Optique et phénomènes ultrarapides.

HOBIT: Hybrid Optical Bench for Innovative Teaching DESCRIPTION HOBIT is a Virtual Michelson . Système Laser à fibres à impulsion courte Ultra Fast UV/XUV . et avec une forte cohérence (monomode transverse du faisceau) produisant des impulsions femtosecondes dans la [. . Imagerie de phénomènes ultrarapides.

dans le vide et les plasmas, optique et lasers et instrumentation. Les manuscrits .. Lasers Femtosecondes et Phenomenes Ultrarapides .. two-level systems.

Retrouvez Systèmes Femtoseconde : Optique et phénomènes ultrarapides et des millions de livres en stock sur Amazon.fr. Achetez neuf ou d'occasion.

3 déc. 2013 . Il s'agit du phénomène bien connu dit de décohérence, qui . 3) Sur les lasers ultrarapides soit quelques centièmes de femtosecondes, voir.

–10 lasers ultra court et système amplifiés (femtoseconde). –De nombreux . Laser, phénomènes ultrarapides et optique non linéaire. • Nanophysique et.

Systèmes à compression temporelle Exemple de compresseur à fibre optique à deux étages

... . Il est possible d'obtenir des impulsions géantes en contrôlant le phénomène de fonctionnement . Des impulsions de l'ordre de la femtoseconde . ultra-rapides a été rendue possible grâce à l'avènement de lasers à.

