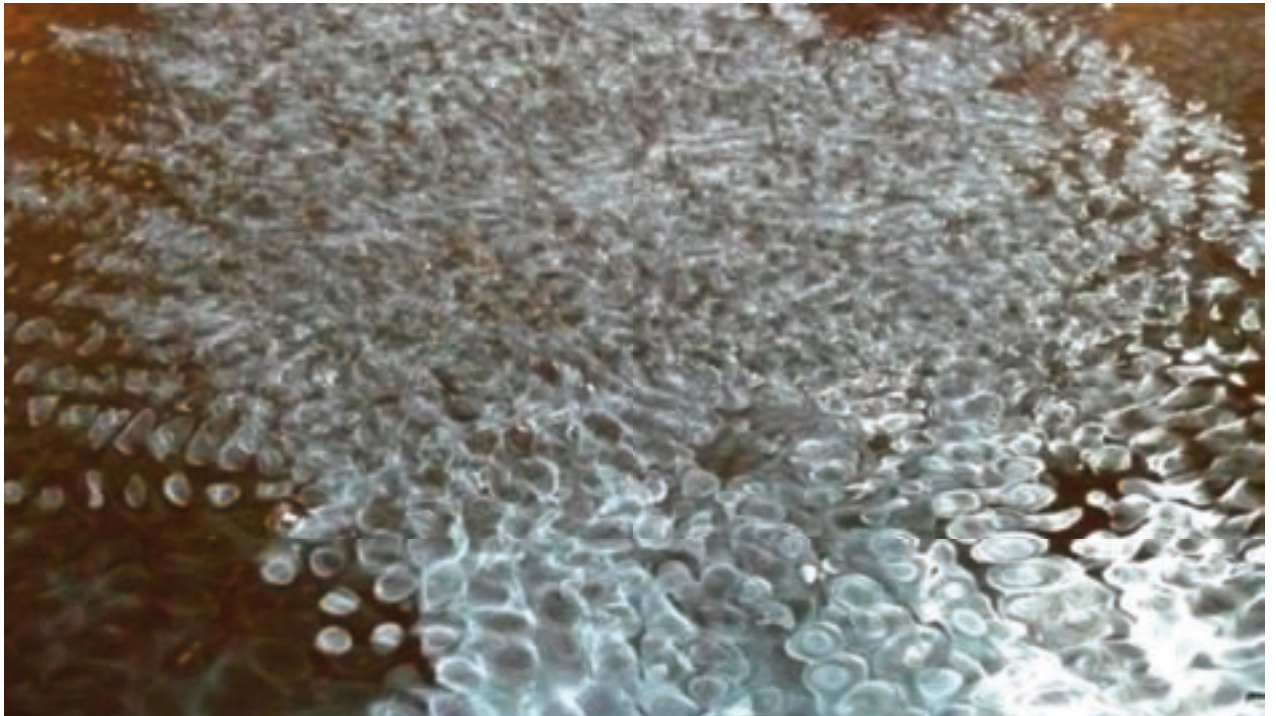


Dossier pédagogique

DU MICRO AU MACRO : SE PROPAGER DANS LA MATIERE



Scenocosme, *Kymapetra*, 2008-2010

Le vide et la matière p 2
Un espace d'énergie p 2
Des phénomènes ondulatoires p 3

Rendre visible l'invisible p 5
Matière révélée p 5
Énergie transposée p 6

À découvrir p 7

Le vide et la matière

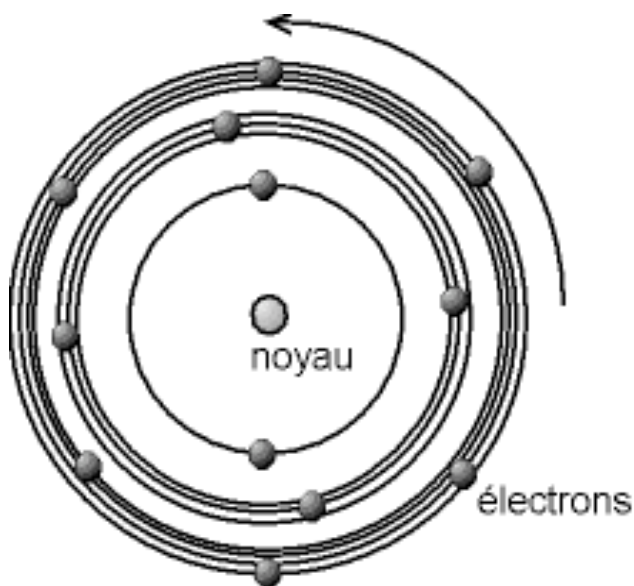
Un espace d'énergie

En réalité, le principe [du vide] réside dans l'énergie et l'énergie n'est rien d'autre que principe ; l'énergie réside dans le vide et le vide n'est rien d'autre qu'énergie. Wang Fuzhi (1619-1692).

Les atomes

Un atome (du grec ancien atomos : que l'on ne peut diviser) est la plus petite partie d'un corps simple pouvant se combiner chimiquement avec une autre.

La théorie atomiste, qui soutient l'idée d'une matière composée de « grains » indivisibles (contre l'idée d'une matière indéfiniment sécable), est connue depuis l'Antiquité, et fut en particulier défendue par Démocrite, philosophe de la Grèce antique. L'atome n'est cependant plus considéré comme un grain de matière insécable, depuis les expériences de physique nucléaire ayant mis à jour sa structure au début du XX^e siècle.



Modèle de l'atome de Bohr, 1913

Un atome est constitué d'un noyau concentrant plus de 99,9 % de sa masse, autour duquel se distribuent des électrons pour former un nuage 40 000 fois plus étendu que le noyau lui-même. Plusieurs atomes peuvent établir des liaisons chimiques entre eux grâce à leurs électrons. Sa structure électronique confère à l'atome ses propriétés chimiques et magnétiques.

La naissance de la mécanique ondulatoire de Louis de Broglie en 1924, généralisée par Erwin Schrödinger en 1926, amène à proposer un nouveau modèle. Il permet d'expliquer la stabilité de l'atome.



nuage électronique

Image simplifiée de l'arrachement d'un électron du nuage électronique dans le modèle de Schrödinger

Dans ce modèle, les électrons ne sont plus des billes localisées en orbite, mais des nuages de probabilité de présence. Depuis les années 30, on modélise ainsi l'électron par une « fonction d'onde ».

Des trois éléments constituant l'atome, seul le neutron ne porte pas de charge électrique, il est neutre. Un proton porte une charge positive et un électron, une charge négative. Un atome dans son état normal comprend autant de protons que d'électrons. Il est donc électriquement neutre. Cependant, dans certaines conditions (réactions chimiques...), l'atome peut perdre ou gagner un ou plusieurs électrons et peut alors être chargé positivement ou négativement. Il est alors appelé ion.

Les molécules

Le concept de molécule a été présenté la première fois en 1811 par Amedeo Avogadro, qui a su surmonter la confusion faite à cette époque entre atomes et molécules.



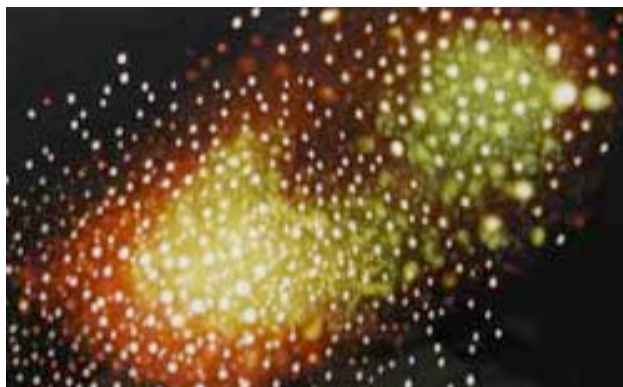
Schéma de la liaison de deux atomes d'oxygène

Ainsi, une molécule est un assemblage chimique, électriquement neutre, d'au moins deux atomes, qui peut exister à l'état libre, et qui représente la plus petite quantité de matière possédant les propriétés caractéristiques d'une substance.

Le vide

Dans le sens commun, lorsque l'on dit qu'un contenant est vide, il est en fait rempli d'air. Un verre vide, une bouteille vide, un carton vide... contiennent en fait environ $2 \cdot 10^{15}$ molécules par millimètre cube. Un vide très poussé, un milliardième de l'atmosphère par exemple, laisse encore plusieurs millions de molécules par millimètre cube.

La notion de vide est intimement liée à la notion d'être. Mais peut-on parler du vide comme d'une entité en soi ? Le philosophe grec Parménide, tout comme Platon après lui, disait « *l'être est, le non-être n'est pas* » ; le vide était pour lui un non-être, et ne pouvait donc exister.



Au contraire, Leucippe et Démocrite admirent l'existence du vide et en firent avec l'atome le principe de toute chose : le vide, lieu dépourvu de matière, reçoit une certaine forme d'être et devient le doublet indispensable et inséparable de l'être. 300 ans avant J.-C., Épicure continue

sur cette voie et soutient que tout ce qui est se compose d'atomes indivisibles. Les atomes se meuvent aléatoirement dans le vide et peuvent se combiner pour former des agrégats de matière.

La découverte, ou plutôt l'admission du vide dans la nature est une étape décisive de l'histoire des sciences que la polémique agita fortement durant la révolution scientifique du XVII^e siècle. En 1644, le physicien et mathématicien italien Torricelli met en évidence la pression atmosphérique. En étudiant la pompe à eau de Galilée, il invente le baromètre à tube de mercure qui porte son nom. Une unité de pression, le torr, lui est dédiée. Elle correspond à la pression d'un millimètre de mercure. Toutefois, c'est le pascal qui fut retenu comme unité du système international en hommage à Blaise Pascal, qui poursuivit et développa les recherches dans ce domaine de 1646 à 1648. Le vide serait ainsi un espace dans lequel les molécules sont fortement raréfiées.



Baromètre à mercure de Torricelli

Mais qui dit absence de matière ne dit pas absence d'événement. Ainsi, les ondes électromagnétiques traversent le vide, et c'est le milieu qui s'oppose le moins à leur avancement.

Des phénomènes ondulatoires

Une onde transporte de l'énergie sans transporter de matière. Physiquement parlant, une onde est un champ, c'est-à-dire une zone de l'espace dont les propriétés sont modifiées.

La lumière

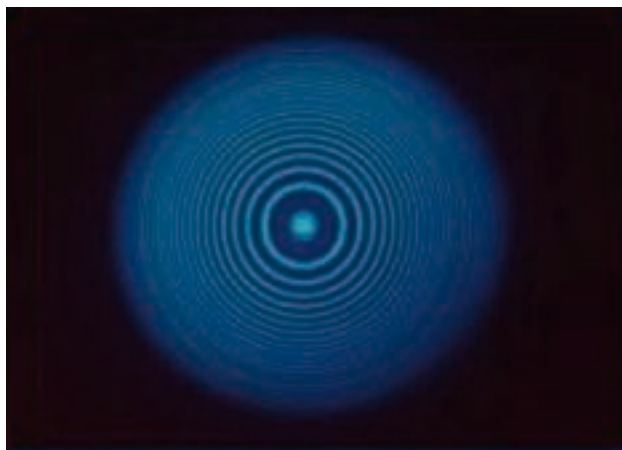
La vitesse de la lumière dont on parle usuellement est une transmission d'information dans le vide, à 300 000 kilomètres par seconde. Il y a dans le vide des variations du champ électrique et du champ magnétique, mais ces champs ne nécessitent aucun support matériel. Pendant plus de deux siècles, deux conceptions sur la nature de la lumière se sont ainsi développées et affrontées : la théorie corpusculaire et la théorie ondulatoire.

La première était défendue par Isaac Newton pour qui la lumière était composée de particules dont les masses différentes provoquent sur notre rétine des sensations distinctes : les couleurs. La propagation rectiligne de la lumière et la réflexion découlaient logiquement de ce concept qui s'imposera longtemps encore après sa mort survenue en 1727.



La théorie ondulatoire de la lumière est avancée par Christian Huygens dans les années 1670. Huygens travaille alors sur les lois de réflexion et de réfraction, imaginant la lumière comme une vibration se transmettant de proche

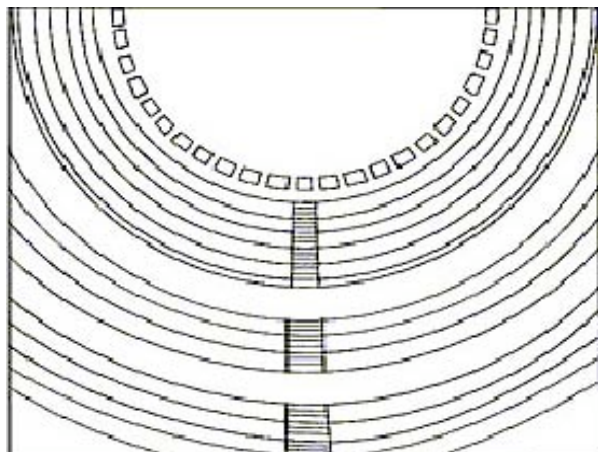
en proche dans un milieu : l'éther. En 1801, Thomas Young parvient quant à lui à mesurer les longueurs d'ondes de la lumière. Enfin, Augustin Fresnel découvre, 10 ans plus tard, la nature transversale des ondes lumineuses et, grâce à celle-ci, explique de façon convaincante tous les phénomènes de polarisation. James Clark Maxwell, en 1865 puis en 1873, précisera la nature électromagnétique de cette onde.



Les approches ondulatoires et corpusculaires furent réunies par Albert Einstein lorsque celui-ci établit le modèle du photon en 1905, dans ses travaux sur l'effet photoélectrique.

Le son

« L'idée que le son est un phénomène ondulatoire est très ancienne. Il semble qu'elle ait été suggérée pour la première fois par l'architecte romain Marcus Vitruvius Pollio, il y a environ 2000 ans [1^{er} siècle avant JC]. Préoccupé par l'architecture des amphithéâtres, où il est essentiel de contrôler l'écho, il comparait le son à des vagues d'eau qui se déplacent dans l'espace "onde après onde". » Eugène Hecht, Physique, 1999, De Boeck



De architectura, Vitruve (extrait)

Au contraire de la lumière, Von Guericke montre pour la première fois en 1672, que la transmission d'un son ne peut se faire qu'en présence d'un milieu contenant une quantité de

matière suffisante. Pour ce faire, il plaça une sonnerie d'alarme sous une cloche de verre. À mesure qu'il pompait l'air sous la cloche, le son devint de plus en plus faible. Lorsque le vide fut quasi total, alors que l'on voyait l'alarme fonctionner, on n'entendait pas le son. Ainsi, plus le milieu était dense, plus la vitesse de propagation du son était grande.



Les hémisphères de Magdebourg, Otto von Guericke.

C'est selon ce principe qu'en 1822 les physiciens Gay-Lussac et Louis Arago mesurèrent pour la première fois la vitesse du son dans l'air. Munis d'un chronomètre et d'une longue-vue, ils se postèrent à 20 kilomètres de distance d'une batterie de canon. Le temps s'écoulant entre la lueur s'échappant de la bouche du canon et la détonation leur permit de calculer une vitesse de propagation de 340 mètres par seconde.

La chaleur

La chaleur possède la capacité de se « déplacer » dans la matière. La conduction est le mode de transport de chaleur qui nous est le plus familier: Lorsque deux corps sont en contact, la chaleur passe de l'objet le plus chaud vers l'objet le plus froid. Le phénomène de conduction se fait par un « courant de chaleur ». Il n'y a en revanche aucune propagation de la matière au cours de ce processus. C'est un phénomène au cours duquel l'énergie est transférée par la collision des particules des corps.



Lévitation d'un aimant au-dessus d'un matériau supraconducteur refroidi à l'azote liquide

L'aptitude de conduire la chaleur varie selon les matériaux. On remarque qu'en général les matériaux qui sont bons conducteurs de l'électricité sont aussi de bons conducteurs thermiques.

Rendre visible l'invisible

Matière révélée

« L'ouverture d'un monde donne aux choses leur mouvement et leur repos, leur éloignement et leur proximité, leur ampleur et leur étroitesse. » Heidegger

Thomas Wilfred

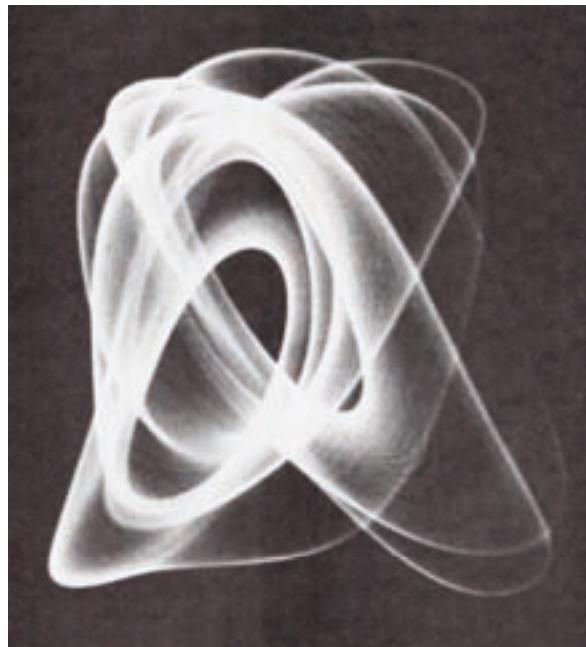
C'est vers 1905 que Thomas Wilfred commence à expérimenter des œuvres de lumière avec des morceaux de verre coloré. Bien que de nombreuses personnes aient fait l'expérience de la lumière comme médium artistique (notamment la couleur des organes) Wilfred a été le premier à parler de la lumière comme un art officiel. Il a ainsi inventé le terme « Lumia ».



Opus 161, 1965-1968

Ben Laposky

Dans les années 1950, l'artiste et ingénieur Ben Laposky photographie la série des *Oscillons*, ondes électriques produites par les oscilloscopes cathodiques. Il compare ces dessins géométriques lumineux à de la musique visuelle. « *Les abstractions, comme nous l'avons montré, sont créées par des ondes électriques, tout comme la musique se compose d'ondes sonores. Les motifs sont abstraits et mathématiques, tout comme la musique est, pour une très large part, abstraite et mathématique.* »



Oscillon 45, 1953

Sérvulo Esmeraldo

Depuis 1967, année de la création du premier Excitable, et pendant plus de dix ans, Sérvulo Esmeraldo a réalisé des centaines d'Excitables, faisant varier les formes, les couleurs, les tailles et les matériaux utilisés. *Les Excitables* sont des tableaux-dispositifs d'une nature bien particulière. Ce sont des peintures abstraites, mais aussi des machines électrostatiques, c'est-à-dire des tableaux sensibles à l'énergie électrostatique qui émane du spectateur et des conditions atmosphériques, conduisant à la production d'effets cinétiques visuels et sensoriels.



Excitable, 1971

Ann Veronica Janssens

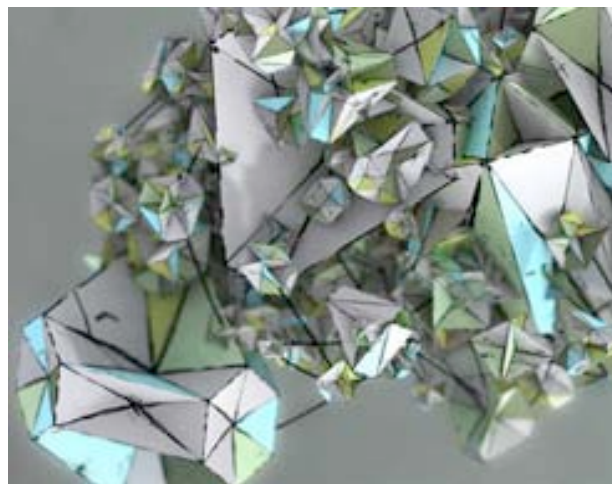
La pratique artistique d'Ann Veronica Janssens pourrait se définir comme une recherche basée sur l'expérience sensorielle de la réalité. Spatialisation et diffusion de lumière, rayonnement de la couleur, impulsions stroboscopiques, brouillards artificiels, surfaces réfléchissantes ou diaphanes sont autant de moyens lui permettant de révéler l'instabilité de notre perception du temps et de l'espace. Les propriétés des matériaux ou les phénomènes physiques dans leur capacité à faire vaciller la notion même de matérialité y sont questionnés avec rigueur. En 1999, elle présente *Liquid Crystal* : banc recouvert de bandes de cristal liquide qui réagissent aux moindres fluctuations de température en changeant de couleur.



Liquid Crystal, 1999

Semiconductor

Depuis 1999, Semiconductor, composé de Ruth Jarman et Joe Gerhardt, réalise des animations numériques révélant les mouvements de notre monde physique. Pour *200_Nanowebers*, le duo a créé un réseau de molécules généré en direct par une bande sonore. Les rythmes et les mélodies y produisent un environnement à échelle nano qui évolue et se déforme selon l'intensité du son. La lumière émise par les particules capturées dessine un paysage à l'intérieur duquel apparaissent par intermittence des sous-structures évoquant des substances cristallines.



200_Nanowebers, 2007

Énergie transposée

Matière et sens sont questionnés dans de nouvelles conceptions, rendant poétiquement visible nos interactions.

Lorella Abenavoli

Lorella Abenavoli est sculpteur électro-acousticien. Dès 1992, elle entame une série d'œuvres exploitant les propriétés dynamiques de la matière, avant d'orienter ses recherches vers l'exploration du matériau sonore. Elle travaille aujourd'hui entre la France et le Canada à la réalisation de sculptures sonores révélant les rythmes des arbres, des astres, du corps, du cosmos...



Nox Mater, 2007

Sachiko Kodama

Sachiko Kodama conçoit des formes artistiques aux morphologies organiques, des sculptures dont la forme tri-dimensionnelle, la surface et la couleur change de manière dynamique et vivante pour faire écho à une musique ambiante, à la lumière, aux communications humaines. Pour créer ces formes organiques bi ou tri-dimensionnelles, elle a commencé à utiliser des ferrofluides en 2000 dans un projet d'art interactif appelé *Protrude, Flow*.



Protrude, Flow 2000-2008

Scenocosme

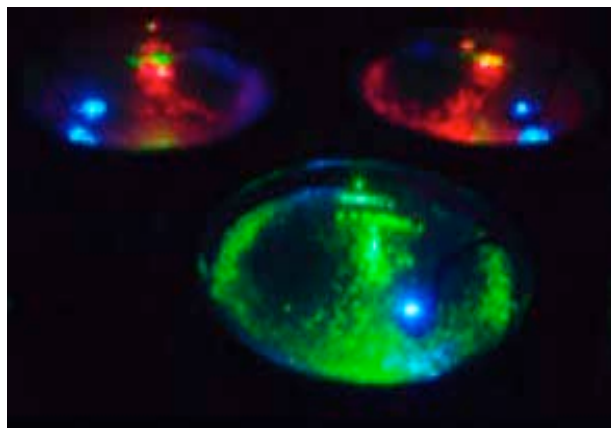
Le duo Scenocosme mêle art numérique interactif, musique et architecture afin de concevoir des œuvres évolutives originales. En distillant la technologie numérique, ils en font ressortir des essences de rêve et de poésie, ils en utilisent ainsi la partie vivante, sensible voire fragile. *Kymapetra* est une installation composée de cinq pierres disposées en demi-lune autour d'une vasque centrale remplie d'eau « encreée ». En posant votre main au-dessus d'une pierre, vous entrez en résonance avec elle. Le frôlement corps/matière se transforme en vibrations sonores. Celles-ci deviennent visibles à la surface de l'eau en une myriade de vaguelettes.



Kymapetra, 2008-2010

TeZ

Maurizio Martinucci (alias TeZ) est un artiste italien dont le travail explore les processus synesthésiques et les relations entre le son, la lumière et l'espace. *Anharmonium* est une œuvre qui symbolise et synthétise ses préoccupations. Elle invite à une plongée dans un univers spectral total renvoyant à la quasi-totalité de ce que le mot « spectre » recouvre (spectre physique, énergétique, lumineux ou sonore). Cet observatoire spectral offre un moment de réflexion visuelle et sonore sur l'ensemble des flux, fréquences et vibrations (perceptibles ou imperceptibles) qui traversent les corps et interagissent avec eux.



Anharmonium, 2010

À découvrir

Sur le vide et la matière

De l'Infini... mystères et limites de l'Univers

http://www.futura-sciences.com/fr/doc/t/astromie-1/d/de-linfini-mysteres-et-limites-de-lunivers_574/c3/221/p8/

La structure des atomes

<http://voyage.in2p3.fr/atome.html>

La théorie ondulatoire de la matière

http://archive.numdam.org/ARCHIVE/AIHP/AIHP_1930__1_1/AIHP_1930__1_1_25_0/AIHP_1930__1_1_25_0.pdf

Qu'est-ce qu'une onde ?

<http://physique.paris.iufm.fr/lumiere/ondes.html>

Logiciels libres

Jmol

<http://jmol.sourceforge.net/>

OpenScience

<http://www.openscience.org/blog/>

Sur les artistes cités

Thomas Wilfred

<http://www.wilfred-lumia.org/>

Ben Laposky

<http://www.atariarchives.org/artist/sec6.php>

Sérvulo Esmeraldo

<http://www.art-outsidars.com/2010/index.html>

Ann Veronica Janssens

http://www.multimedialab.be/doc/projections/doc_ann_veronica_janssens.pdf

Semiconductor

<http://www.semiconductorfilms.com/>

Lorella Abenavoli

<http://www.studioxx.org/entite/lorella-abenavoli/>

Sachiko Kodama

<http://www.kodama.hc.uec.ac.jp/>

Scenocosme

<http://www.scenocosme.com/>

TeZ

<http://www.tez.it/>

Sources : Wikipedia / *Théorie corpusculaire, théorie ondulatoire : deux visions complémentaires de la lumière – Akadem / Son et musique - medecine-des-arts.com / Sons & Lumières. Une histoire du son dans l'art du XXe siècle – catalogue de l'exposition, Centre Pompidou*