

LA PLASMONIQUE : COMMENT MAÎTRISER LA LUMIÈRE GRÂCE À L'INFINIMENT PETIT

Antoine Moreau

Institut Pascal, Université Blaise Pascal

25 Février 2015

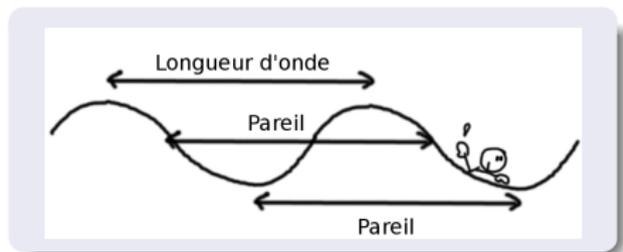
- James Clerk Maxwell
- Unifie électricité, magnétisme et optique
- Bases de la deuxième révolution industrielle
- 2015, année de la lumière !
- La lumière est une onde électromagnétique, comme les ondes radio, les UV, les micro-ondes...



1864

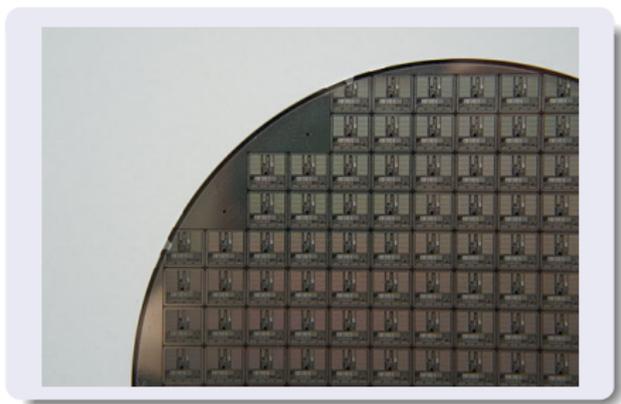
“L'accord entre les résultats semble montrer que la lumière et le magnétisme sont des affections de la même substance, et que la lumière est un dérangement propagé à travers l'espace en suivant les lois de l'électromagnétisme”

- Perturbons le champ magnétique : faisons tourner un aimant.
- A quelle vitesse se propage la perturbation ?
- $c=300\,000$ km par seconde
- Fréquence (Hertz)
- Longueur d'onde

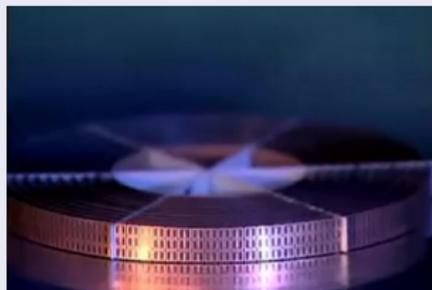
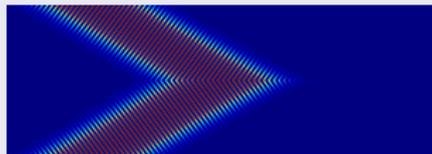


QUELQUES ÉCHELLES DE GRANDEUR

- 50 Hertz → 60 000 km
- Radio → mètres, quelques km
- Micro-ondes → centimètre
- Infra-rouges → quelques μm
- Lumière → 350 à 800 nm
- Gravure transistors : quelques nm.
- Atomes : 0.1 nm
- “Il y a plein de place en bas”



- Dans les années 2000
- Structurer la matière à une échelle inférieure à la longueur d'onde
- Résonateurs
- Facile en micro-ondes
- Réfraction négative, cape d'invisibilité...
- “Marche vers le visible”

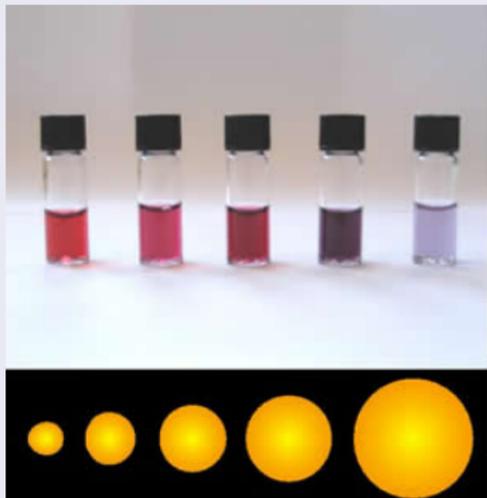


- Balançoire - archétype de résonateur.
- Excitation : trouver le bon rythme, la bonne fréquence
- Emmagasine de l'énergie, du mouvement.
- Saturation : frottements.



LES RÉSONANCES DE NANOPARTICULE...

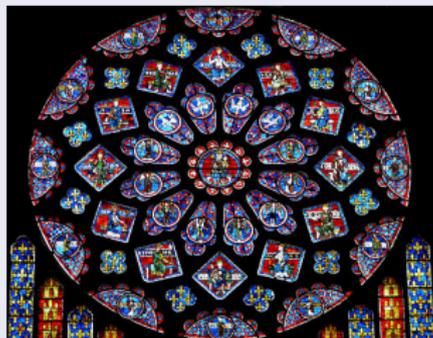
- Une nanoparticule de métal (or, argent)
- Contient un gaz d'électrons libres
- Usuellement, renvoient la lumière (sauf l'or)
- Quand la particule résonne, les électrons oscillent
- Ils se cognent aux atomes
- Absorption



Gold 255, Alexandar Kondiski

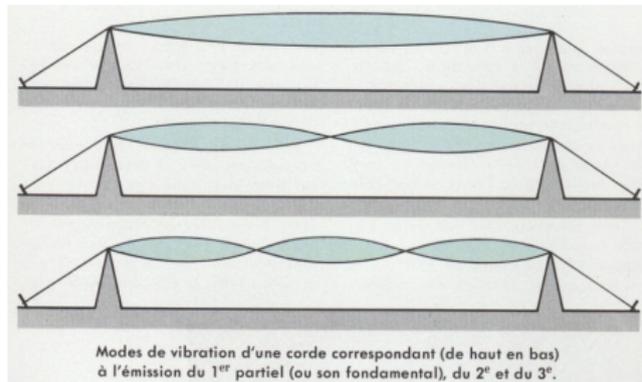
... UN TRUC BIEN CONNU !

- Dans du verre, modifient les propriétés optiques
- Coloration
- Coupe de Lycurgue
- Vitraux, lustre des poteries



RÉSONANCE DE CAVITÉ

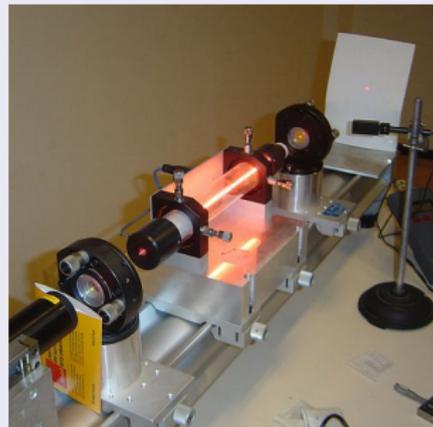
- Onde sur une corde
- Se réfléchit sur l'extrémité de la corde
- Cavité : une portion de milieu avec une onde.
- Excitation à une certaine fréquence
- Il faut que l'onde ait eu le temps de faire exactement un tour
- Taille minimale de la moitié de la longueur d'onde
- Fréquence fondamentale, et multiples.



- Cordes
 - Piano
 - Guitare
 - Violon, violoncelle
- Tubes
 - Flûte
 - Trombone
 - Caisse de résonance...
- Dans un tube, l'onde sonore se réfléchit sur... l'air libre.

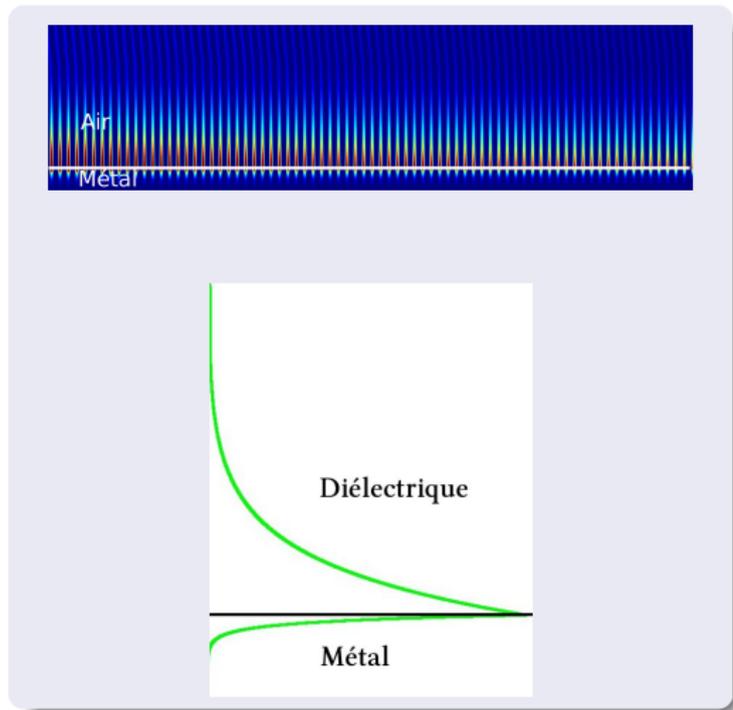


- Milieu amplificateur
- Dans une cavité
- Amplifie la résonance
- La saturation est apportée par ce qui sort :
- Le rayonnement laser

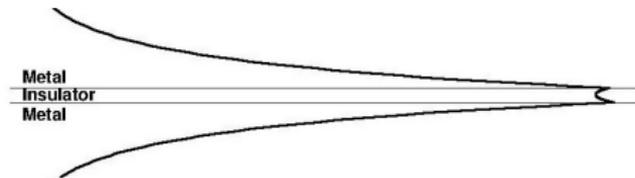


David Monniaux, LKB, Paris 6

- Onde de surface
- Très sensible
- Détection de molécules



- Mode guidé entre deux surfaces métalliques
- Sa longueur d'onde est celle de la lumière
- En dessous de 50 nm : ralentissement
- La longueur d'onde diminue !

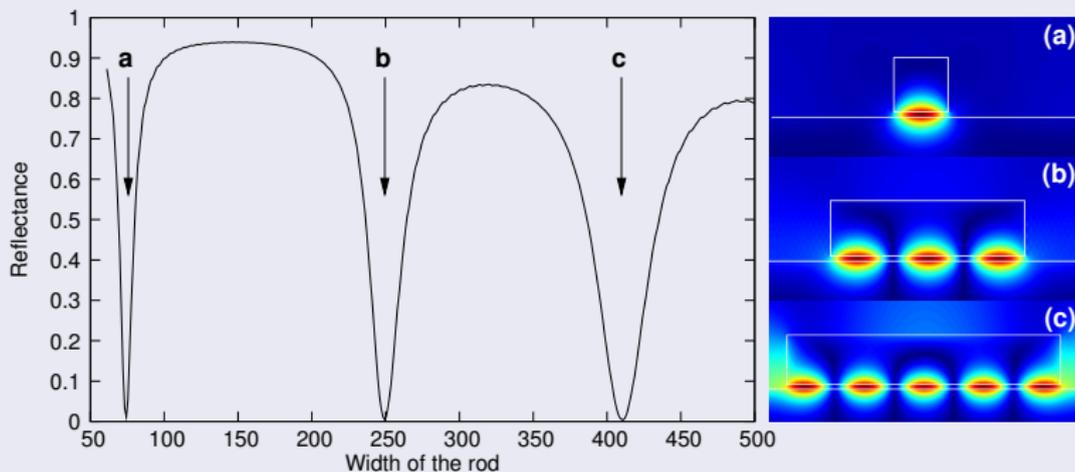


- On arrête brutalement le guide
- Comme le son dans une flûte
- Réflexion importante
- A 5 nm, plus de 90% de réflexion
- Une onde, une réflexion : les ingrédients d'une cavité !

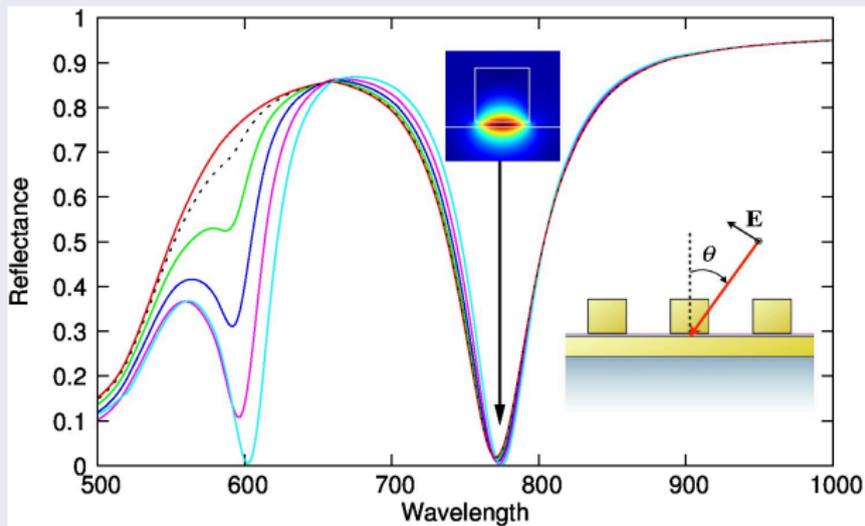


RÉSONATEUR À MODE GUIDÉ

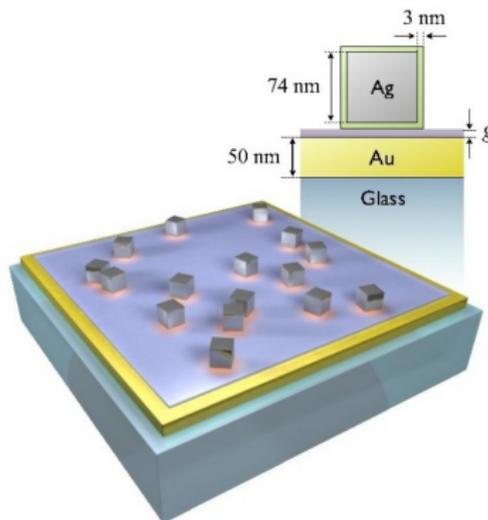
- Analogue d'une caisse de résonance
- Eclairage par au dessus - suffisant
- Résonateur minuscule (lumière lente)
- La lumière se glisse en dessous !
- Excellent concentrateur et absorbeur



- Eclairage en lumière blanche
- Absorption d'une couleur
- Modification de la couleur "vue"



- A quoi peut ressembler une collection d'absorbeurs ?
- Des nanocubes !
- Très grande efficacité : 30 fois la surface d'un cube

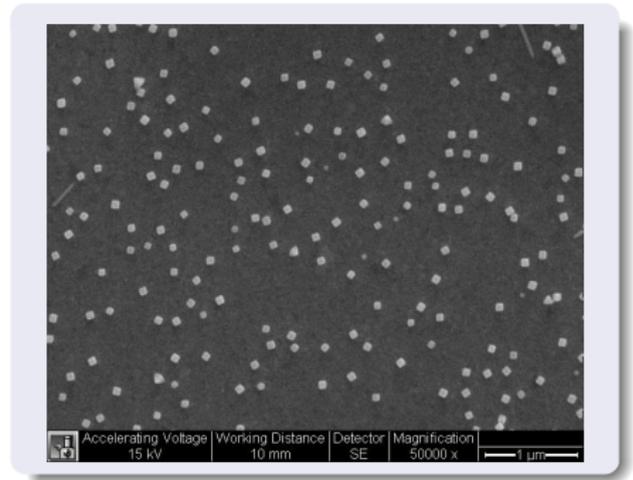


SYNTHÈSE DE NANOCUBES D'ARGENT

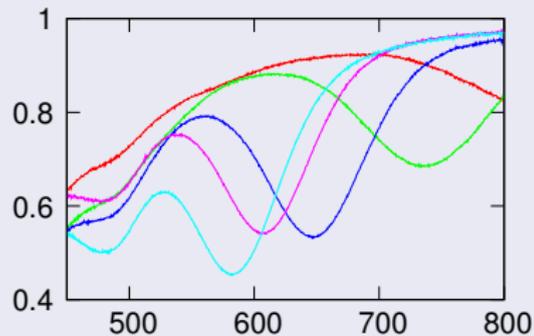
- Synthèse de cubes métalliques par voie chimique
- Cubes entourés d'une couche de PVP (3 nm).



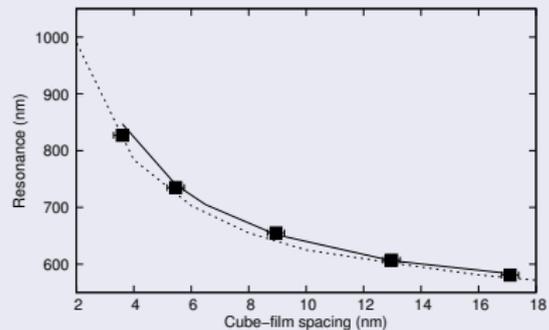
- On sait fabriquer des couches nanométriques de polymère
- La concentration se contrôle via le temps de contact avec les cubes
- Cubes chargés



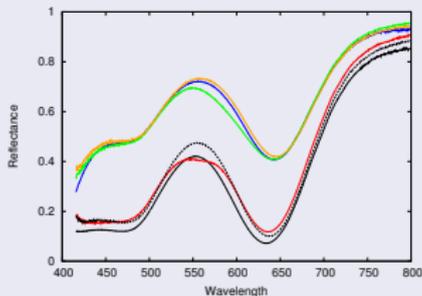
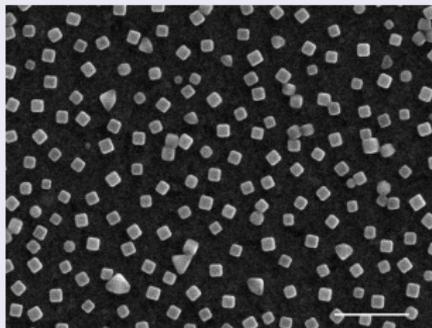
REFLECTANCES À 4%



SENSIBILITÉ EXTRÊME



- Concentrations de 7% à 17%
- Absorption jusqu'à 93%
- Facile et bon marché
- Indépendant de la polarisation et de l'angle
- On a changé la couleur de l'or !



- Capteurs de molécules très sensibles
- Faire des méta-surfaces pour contrôler la lumière
- Contrôler précisément la couleur d'une surface métallique
- En faire des sources (laser ?)
- En cours d'exploration !

