



« La lumière peut-elle peser la matière? »
ou
l'Expérience d'une cordée de la réussite
en centre Bretagne : *Pour une Ambition
Scolaire Scientifique (PASS)*

Fête de la Science - Collège G. Tillion (La Mézière)
10 oct. 2023

C. Le-Corre / V. Mesnet /
A. Le Sager (Loudéac – Lycée Fulgence Bienvenüe)

B. Bêche / C. Lecomte (Univ-Rennes)



0. Intro. Les visites / Echanges / Séances



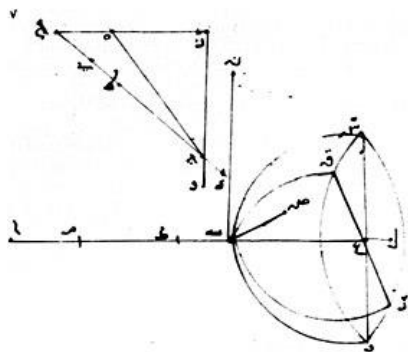
Procédés et Matériaux =>

1. La lumière qui se propage en 'rayon' : Géométrie

Ibn
Sahl



An 984 (Mathématicien, Bagdad)
1^{ère} mention des lois de la réfraction de la lumière



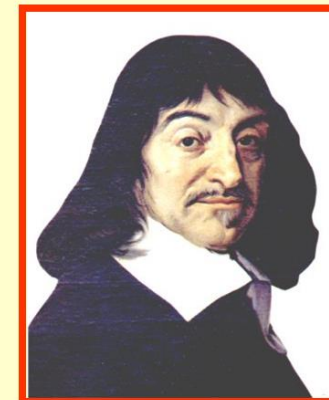
لانه ان ماتمه عليها سطح مستوي غيره فلا ان هذا السطح يقطع سطح من
سطح نقطة سب فلا بد من ان يقطع احد خطي م ب ن من غير ان ذلك
الخط مستوي والنصل المشترك بين هذا السطح وبين سطح قطع ق ر
خط مستوي فلا ان هذا السطح ياتر من سطح م ب على نقطة ت فخط
م ب يقطع ق ر قطع ق س د على نقطة ت و ك ان خط مستوي يقطع
فلا ياتر من سطح م ب على نقطة س ب سطح مستوي غير سطح م ب ن ص

Willebrord
Snell



Astronome, Mathématicien
hollandais

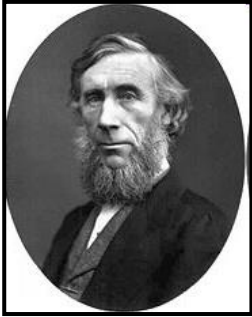
René
Descartes



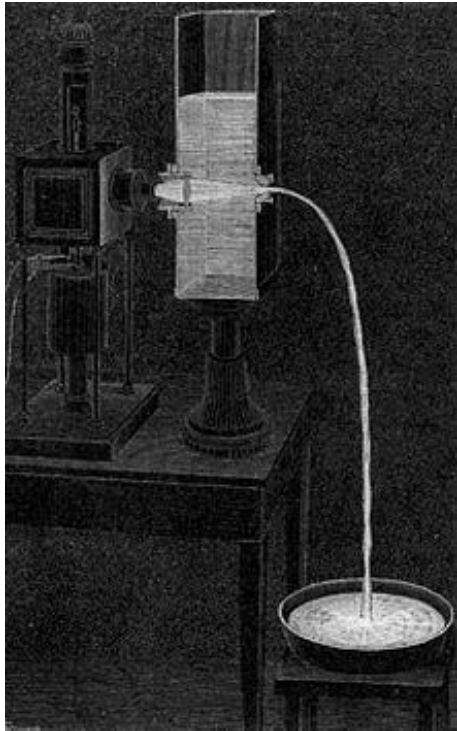
Philosophe, Mathématicien,
Physicien français



2. La Lumière 'piégée': Guidage par Réflexion Totale (RT)



(1820-1893): 1^{ère} démonstration scientifique du principe de la **Réflexion Totale (RT) interne** devant la Société Royale Britannique.



La première démonstration scientifique du principe de la RT fut faite par le physicien Irlandais John Tyndal devant la Société Royale britannique en 1854. À l'époque, l'idée de courber la trajectoire de la lumière, de quelque façon que ce soit, *était révolutionnaire puisque les scientifiques considéraient que la lumière voyageait uniquement en ligne droite*. Sa démonstration consistait à guider la lumière dans un jet d'eau déversé d'un trou à la base d'un réservoir. En injectant de la lumière dans ce jet, celle-ci suivait bien la courbure du jet d'eau, démontrant ainsi qu'elle pouvait être déviée de sa trajectoire rectiligne. Il put de cette manière démontrer le principe qui sera ensuite à la base des guides d'ondes plus d'une centaine d'années plus tard (fibres optiques)...

2. La Lumière 'piégée': Guidage par Réflexion Totale (RT)

Fontaine de Lumière ou « guider la lumière » par un jet d'eau d'indice plus élevé que l'air (Indices optiques : fluide eau $n_{\text{eau}}=1,33$ en lumière visible et $n_{\text{air}}=1$).



Suite ...Séances travail TP

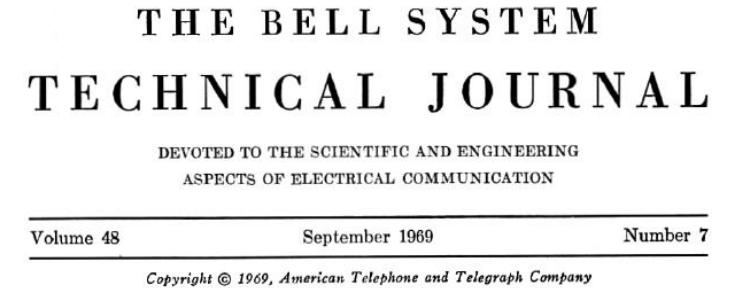
« Les lycéen.ne.s accueillent les collégiens »



2. La Lumière 'piégée': Guidage par Réflexion Totale (RT)

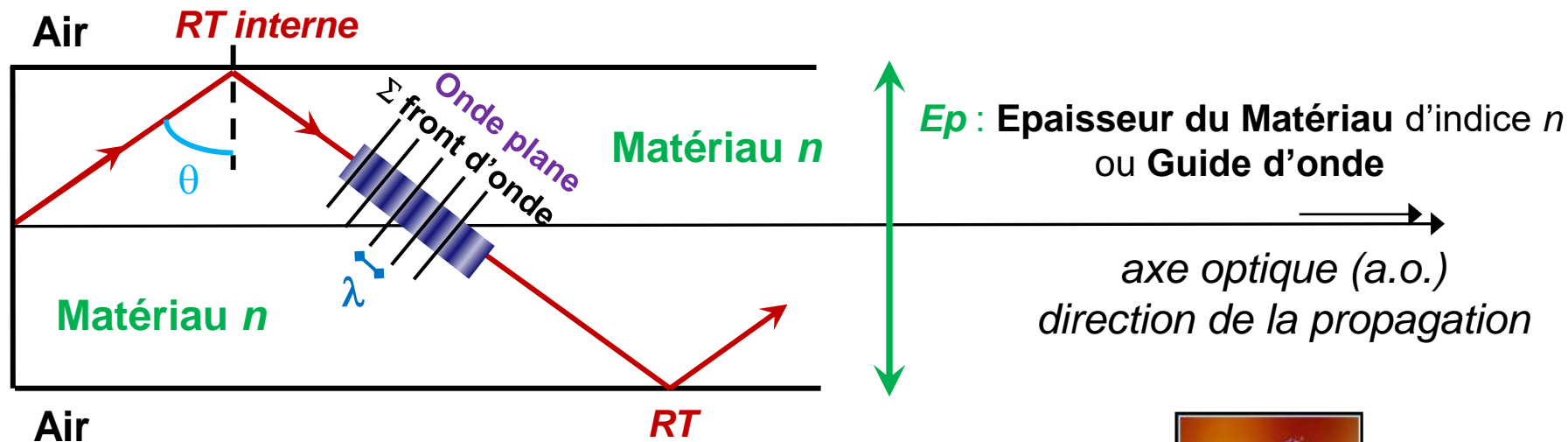
- Années 70, S.E. Miller
'Naissance de l'optique/photonique intégrée'
Début des puces intégrées pour travailler avec la lumière (*émettre/transmettre/détecter*)

- **Schéma : propagation par RT successives (ZIG/ZAG)**
Couche plane de matériau (indice optique n) = 'guide plan'



Integrated Optics: An Introduction

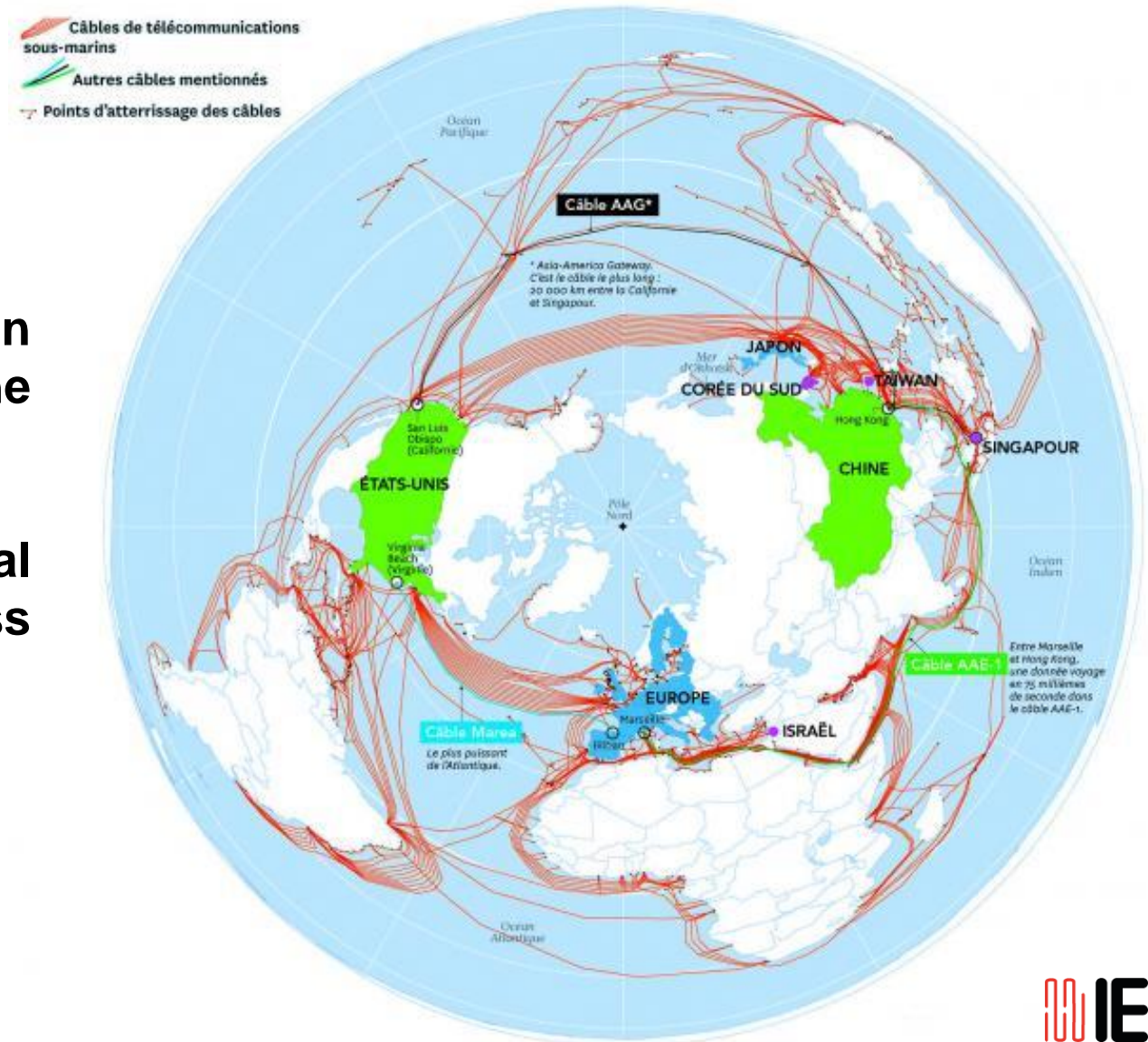
By STEWART E. MILLER
(Manuscript received January 29, 1969)



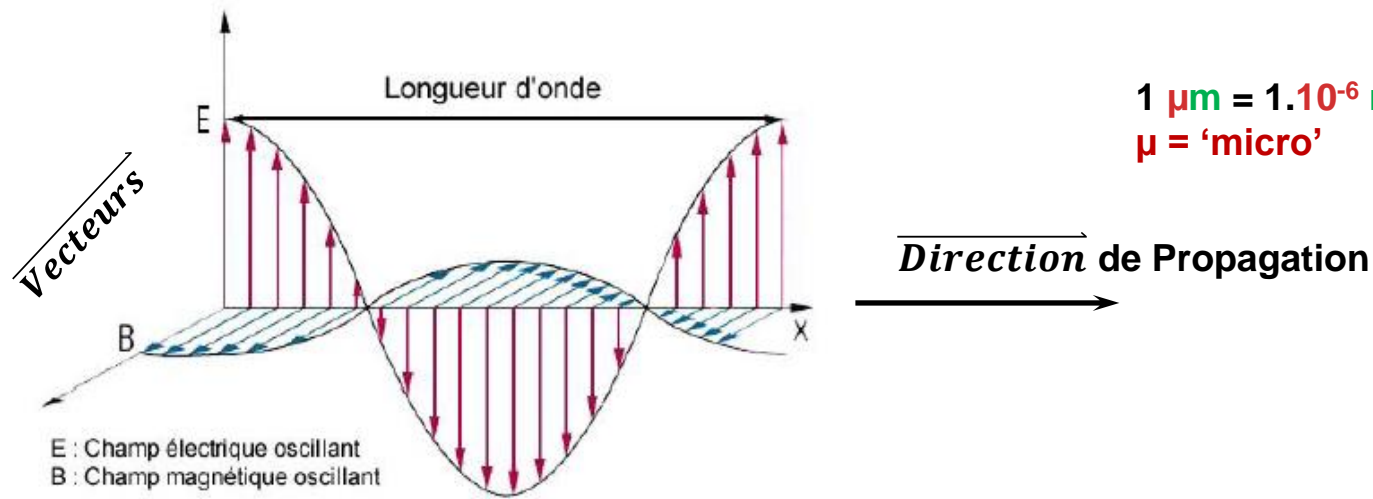
2. La Lumière 'piégée': Guidage par Réflexion Totale (RT)

1,500,000 kilometers of cables laid on ocean floors (i.e.> 36 times around the Earth)

More than 99% of intercontinental voice, Internet and TV exchanges pass through !

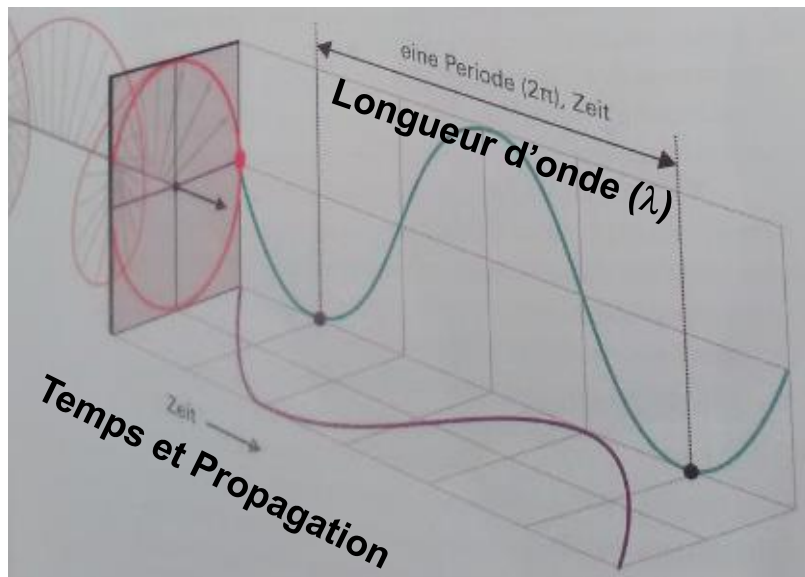
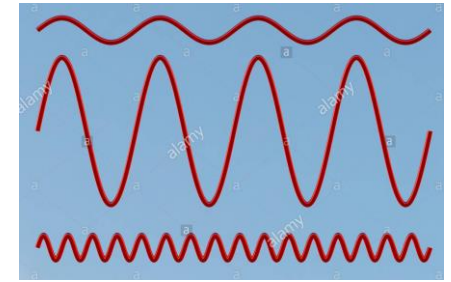


2. La Lumière comme Onde 'oscillante'



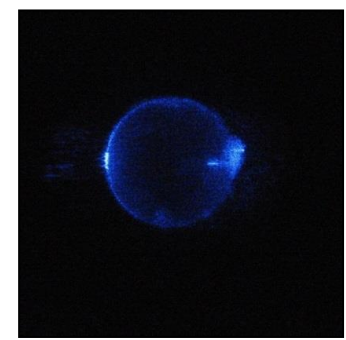
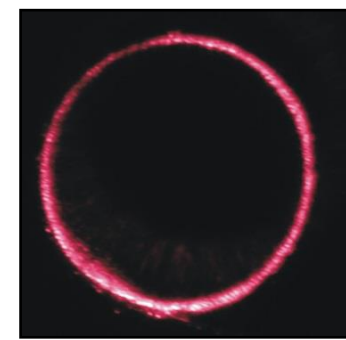
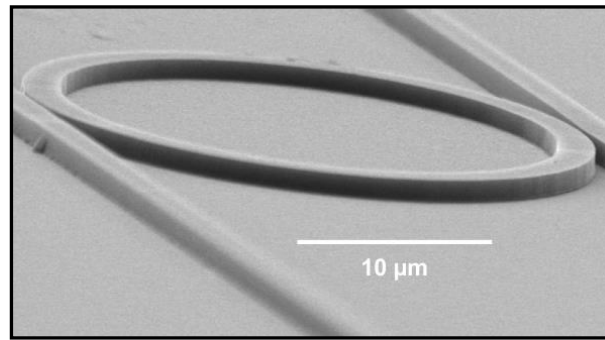
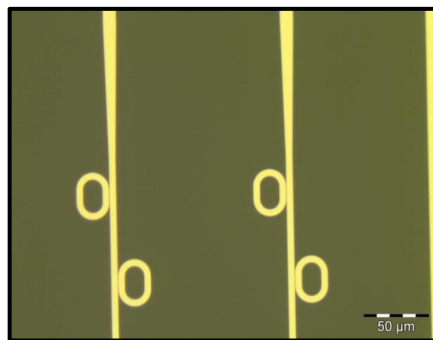
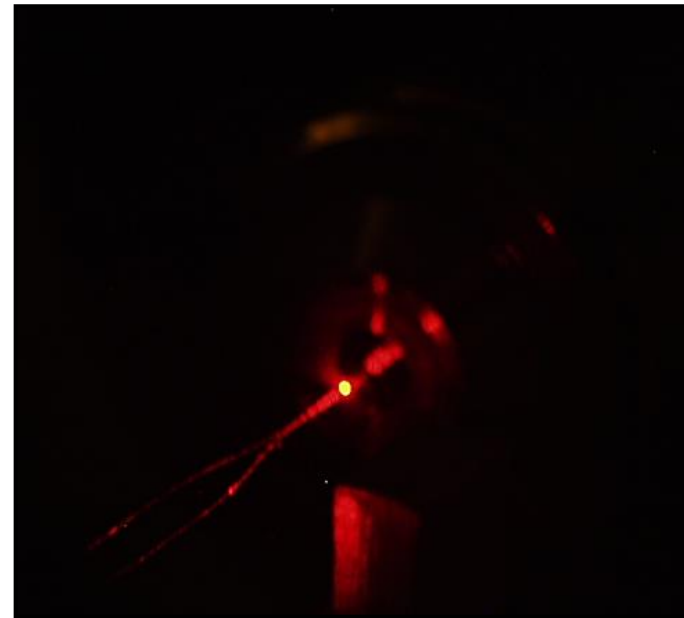
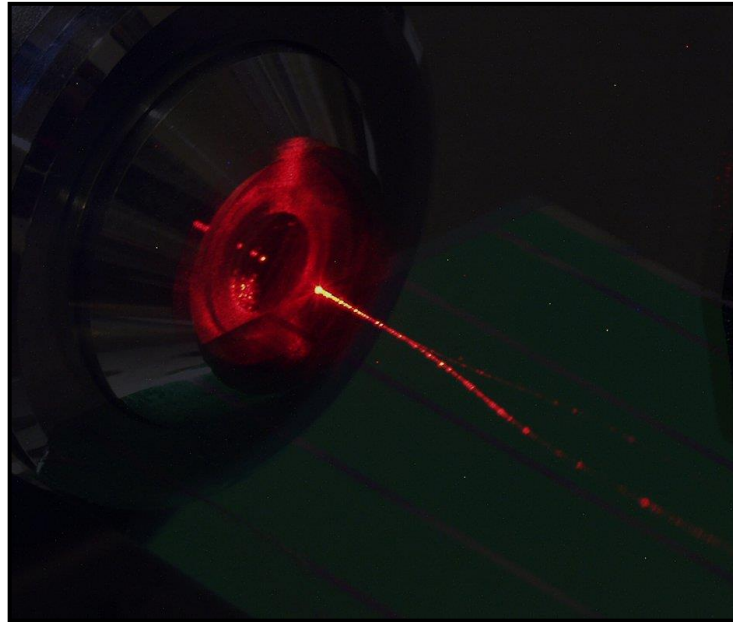
$$1 \mu\text{m} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 0,000001 \text{ m}$$

μ = 'micro'



- Sinusoïdes ou 'ondulations/oscillations' (*cos*, *sin*)
- Electromagnétisme (et donc la lumière)
Ondes de portées 'infinies' $\rightarrow \infty$

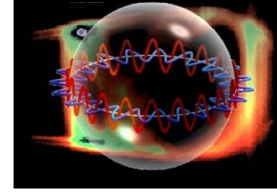
2. Nanotechnologies : la Lumière confinée et bouclée oscillante



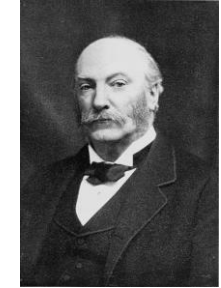
Interlude : “The resonant waves or Whispering Gallery Modes”

Artist’s view of the phenomenon

<https://www.youtube.com/watch?v=XKRj-T4l-e8>



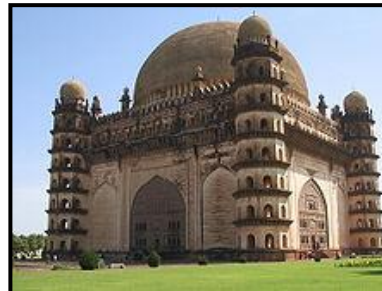
- At the origin, discover in *acoustic* (Lord Rayleigh → theory in 1910-1914)
- Type of waves which can propagate along the concave surface (grazing reflection) + ‘tuning’ if cycle ! *Notion of resonance*.



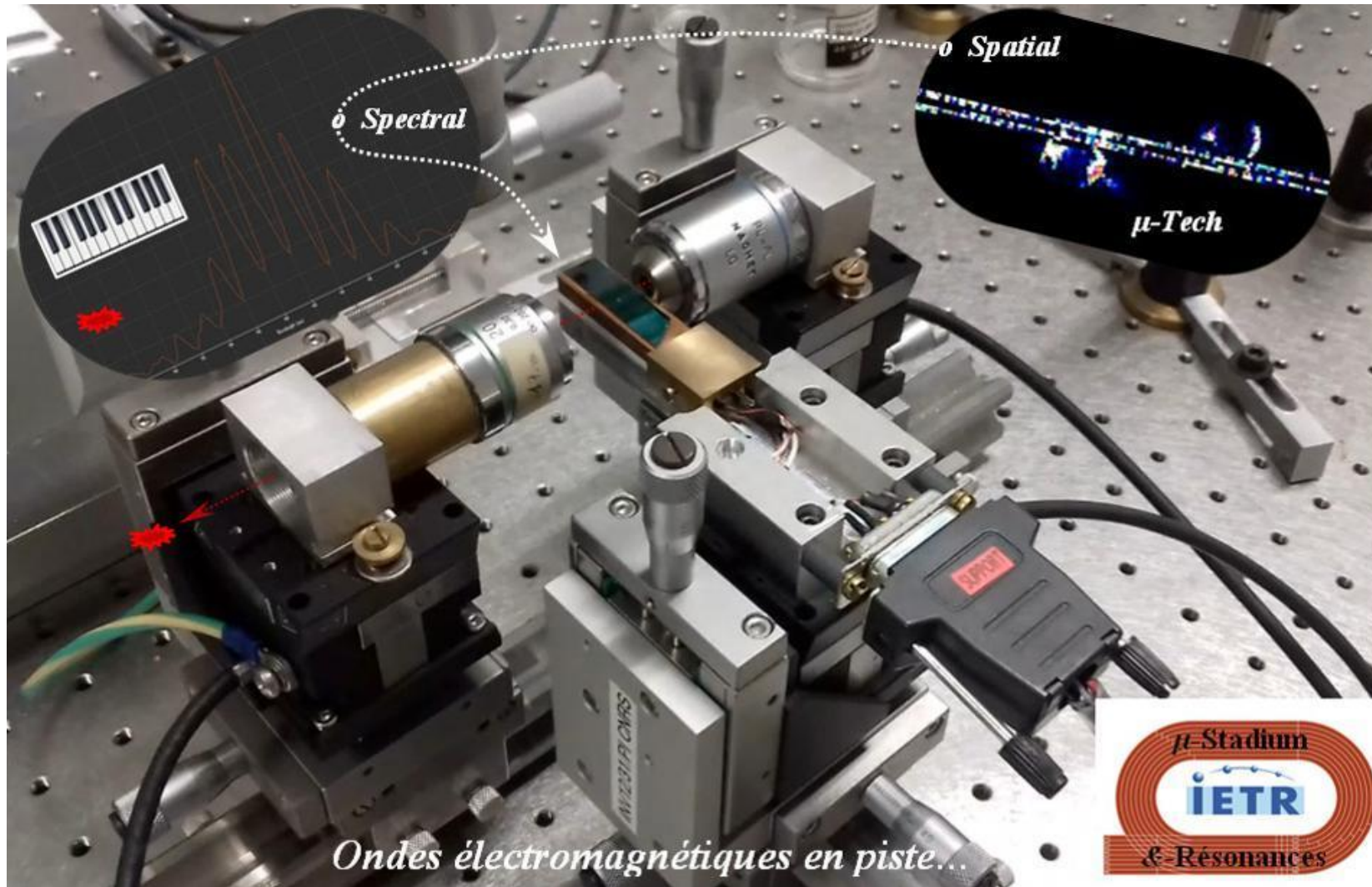
St Paul Cathedral - London
United Kingdom



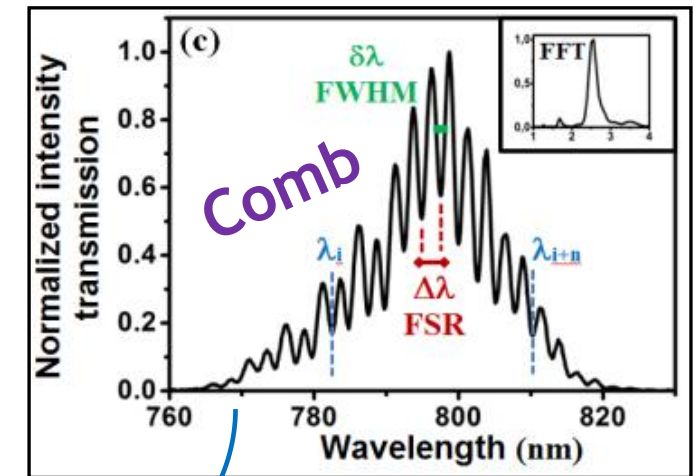
Gol Gumbaz - Bijapur
India



2. Nanotechnologies : Lumière re-bouclée oscillante et résonante



Spectral quantification Comb's creation

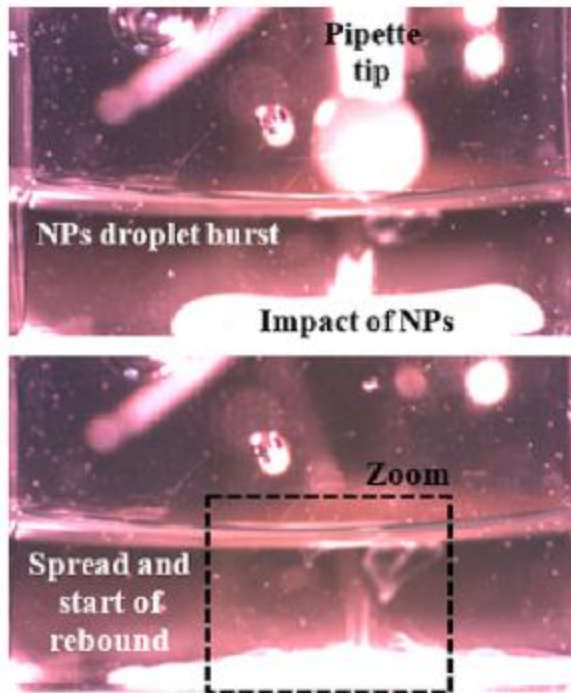


Comb of colors :
Various colors exist (or not) into
the Micro-Resonator (MR)

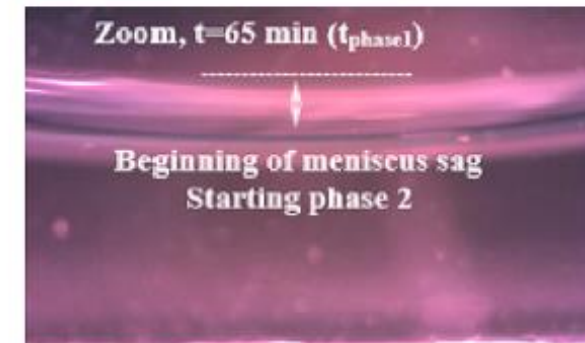
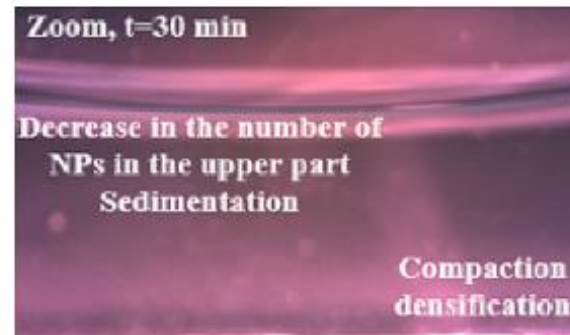
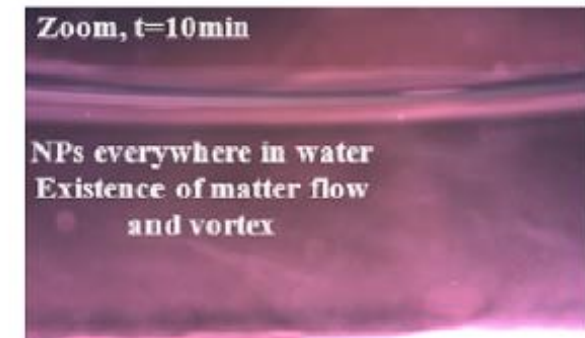
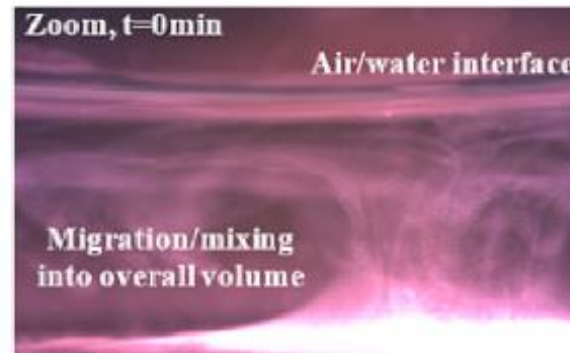
“Integrated quantified
probe light”

Pseudo-period ‘FSR’
‘FWHM’

3. Applications to sedimentation rate measurements => $t_{\text{sedimentation}}$



Phase 1 : Migration of NPs, flux and vortex, Marangoni effect, sedimentation



$t_{\text{sedimentation}}$ function of the size of NPs !

CC. La presse, l'internet, les journaux scientifiques internationaux, les brevets...

LYCÉE FULGENCE BIENVENUE. Des « Cordées de la réussite » pour les collégiens

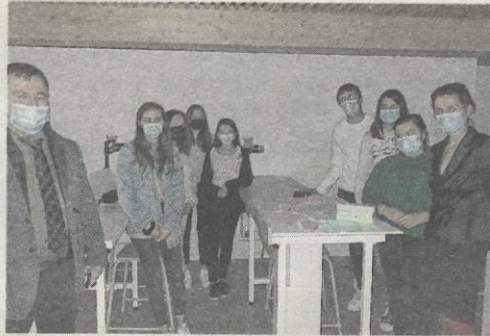
Les élèves du collège étaient invités à participer à l'opération « Les Cordées de la Réussite », avec leurs aînés lycéens.

Cette rencontre informative s'inscrit dans le cadre de liaisons entre l'Université de Rennes 1, pôle physique, site de Beaulieu à Rennes où officie le professeur Bruno Bêche, chercheur, le lycée Fulgence Bienvenüe et les collèges de Plémet et Guerlédan. L'idée est d'ouvrir les élèves du secteur à des études scientifiques longues et d'approcher le métier de chercheur.

Les élèves choisis au lycée suivent la spécialité physique-chimie.

Le thème directeur de cette « Cordée » était : « Comment peser une masse avec de la lumière ? », axe de recherche du Professeur Bruno Bêche.

Les défis proposés aux collégiens et animés par les ter-



Travail sur la lumière avec les collégiens et les lycéens ..

minales tournent autour de différents aspects de la lumière : modification de la trajectoire de la lumière, dispersion de la lumière, spectres lumineux, in-

terférences lumineuses...alliant

à la fois le ludique et un savoir parfois très pointu. L'aspect transmission d'un savoir est aussi un élément directeur de cette Cordée. Cyril Le Corre et Valérie Mesnet encadraient cette Cordée au lycée Bienvenue, avec un travail très important effectué par Cyril sur certains défis moins classiques.



Les collégiens découvrent la filière scientifique du Lycée

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank the 'Direction de l'Innovation et des Relations avec les Entreprises' (DIRE) of the CNRS plus Rennes Metropolis for partly financially supporting this work plus the NanoRennes platform for DUV process (<https://www.ietr.fr/en/nr-nanorennnes-platform>).

This study is also a part of a PASS programm 'Pour une Ambition Scolaire Scientifique' (For a Scientific School Ambition) with the Brittany center (Sir Cyril Le-Corre and Madame Valérie Mesnet at Lycée Fulgence Bienvenüe, and Collèges Louis Guilloux, Paul Eluard, Romain Rolland, <https://spm.univ-rennes1.fr/les-cordees-de-la-reussite>).

<https://www.univ-rennes.fr/actualites/quand-les-eleves-cherchent-avec-les-chercheurs>

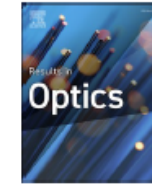
CC. La presse, l'internet, les journaux scientifiques internationaux, les brevets...



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Results in Optics

journal homepage: www.sciencedirect.com/journal/results-in-optics



On the detection of nanoparticle cloud migration by a resonant photonic surface signal towards sedimentation velocity measurements

L. Garnier^a, J. Gastebois^a, H. Lhermite^a, V. Vié^b, A. Saint-Jalmes^b, H. Cormerais^{a,c}, E. Gaviot^d, B. Bèche^{a,*}

^a Univ Rennes, CNRS, IETR (Institut d'Electronique et de Technologies numériques) – UMR 6164, F-35000 Rennes, France

^b Univ Rennes, CNRS, IPR (Institut de Physique de Rennes) – UMR 6251, F-35000 Rennes, France

^c Centrale/Supélec, Campus de Rennes, F-35510 Cesson-Sévigné, France

^d Le Mans Université, CNRS, LAUM (Laboratoire d'Acoustique) – UMR 6613, F-72000, France

(19) United States

(12) Patent Application Publication (10) Pub. No.: US 2020/0363307 A1
BECHE et al. (43) Pub. Date: Nov. 19, 2020

(54) METHOD FOR DETERMINING A SEDIMENTATION OR CREAMING RATE (30) Foreign Application Priority Data
Feb. 2, 2018 (FR) 1800110

(71) Applicants: UNIVERSITE DE RENNES 1, Rennes (FR); CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS), Paris (FR) (51) Int. Cl. G01N 15/05 (2006.01)

(72) Inventors: Bruno BECHE, Rennes (FR); Hervé LHERMITE, Cesson Sevigné (FR); Véronique VIE, Rennes (FR); Lucas GARNIER, Rennes (FR) (52) U.S. Cl. CPC G01N 15/05 (2013.01); G01N 2015/055 (2013.01)

(73) Assignees: UNIVERSITE DE RENNES 1, Rennes (FR); CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS), Paris (FR) (57) ABSTRACT

(21) Appl. No.: 16/966,416
(22) PCT Filed: Jan. 17, 2019
(86) PCT No.: PCT/EP2019/051103
§ 371 (c)(1),
(2) Date: Jul. 30, 2020

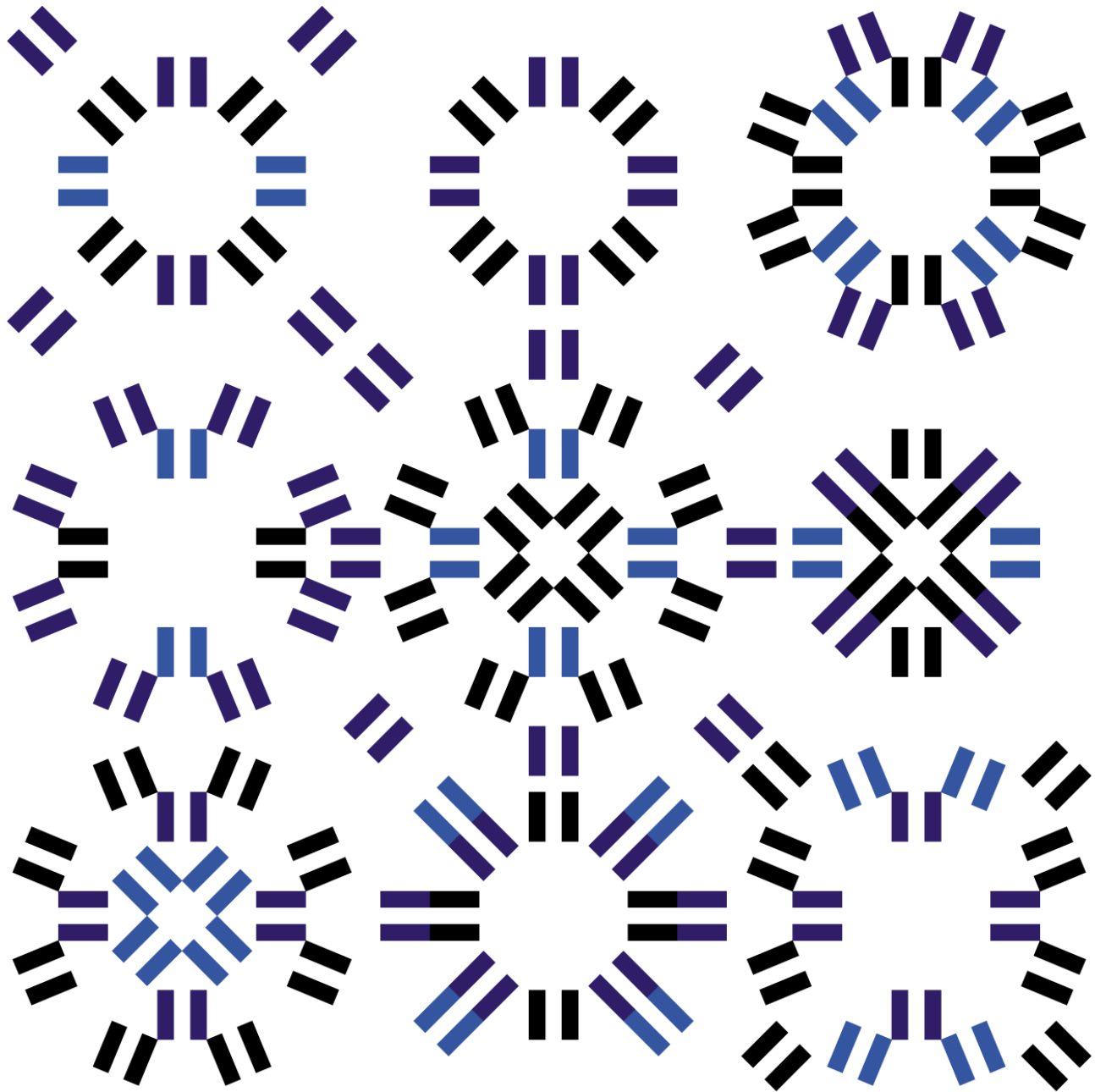
Patents

ARTICLE INFO

Keywords:
Nanoparticle migration
Fragmented material
Sedimentation rate
Integrated photonic devices
Surface resonant signal
Real time signal processing
Optoelectronic detection

ABSTRACT

Migration and sedimentation of solid particles in a liquid are physical phenomena involving accumulation of soft matter or decantation of fragmented matter. A thorough understanding together with relevant measurements are prerequisites regarding many fields, including medicine, galenic pharmacology, food processing, and the cosmetics industry. In this paper, we investigate the feasibility of monitoring and detecting the migration of a nanoparticle cloud with a resonant light probe. For this purpose, hybrid silicon/silica/UV210 organic integrated photonic racetrack resonators were patterned by thin film processes to be used as sensors measuring the outcome of the impact of a cloud of nanoparticles, the dynamic migration plus sedimentation phenomenon of the nanoparticle cloud in water. A broadband superluminescent diode has been used for the excitation. Then, the spectral characteristics of the resonant guided modes have been analyzed, considering the observed changes while tracking the free spectral range of the transduced comb spectra as a function of time. The way to operate can be summarized as follows: Solutions based on spherical silica nanoparticles of fixed size are prepared and subjected to rheological measurements to obtain their respective viscosities. Next, a millimeter tank filled with water is conveniently placed on the active surface of the sensing chip, prior to the addition of one of the previously mentioned solutions. The series of spectra are acquired during the whole migration sequence and the transduced optical signal is then directly processed and treated by a specific code operated in real time by way of Lagrange interpolation polynomials. Collected data are then compared to a simple theoretical model describing the sedimentation of a spherical particle in water (Stokes' law). Eventually, the implementation of the device in a characterization platform and the development of a specific protocol allows a global treatment, whose description is followed by discussions on measurements and data. Consequently, after the impact of the drop containing the nanoparticles, the monitoring of a first phase regarding their fast cloud migration into the global study volume (with flow of matter plus vortex) eventually followed by their slow sedimentation, can be detected using such a resonant light probe. The overall duration of the first phase associated with sedimentation velocities is in the order of a few tens of $\mu\text{m}/\text{min}$ for particles with submicron diameters (several hundreds of nanometers); a first attempt of comparison of this first phase with the results of the classic Stokes model would give a convergence of the values reaching between 9 and 19% for the sedimentation rates.



Merci de votre attention...