La destinée d'un instrument scientifique : le cas du spectromètre par transformation de Fourier

Laurence PRUVOST
Laboratoire Aimé Cotton, CNRS, bat 505
Orsay

physique fondamentale
l'atome, la molécule, le nano-objet, le laser

Pourquoi essayer de sauvegarder cet instrument ?

- **Le spectromètre fait partie de l'histoire du laboratoire Aimé Cotton et de la spectroscopie par transformée de Fourier de 1954 à 1998.**

  L'appareil est associé aux hommes qui l'ont conçu et réalisé.
  -les chercheurs, P. Jacquinot, J. Connes, P. Connes,
  J. Pinard, J-P. Maillard, G. Guelachvili, J. Verges, P. Luc, ...
  - les ingénieurs et techniciens (dessin, mécanique, électronique, informatique)

- **C'est aussi une part de l'histoire de la physique contemporaine.**

  L'appareil a permis une **amélioration spectaculaire de la spectroscopie de haute résolution** :
  - atomes, molécules des plus simples aux plus complexes.

  Il a produit des **bases de données** qui sont universellement connues et utilisées :
  - l'atlas de la molécule d'iode, l'atlas du tellure, l'atlas des dimères d'alcalins.

  L'appareil est associé à des **progrès techniques** :
  - mécanique de translation, électronique, calcul numérique de la transformée de Fourier

- **Actuellement la technique est utilisée pour de nombreuses mesures.**

  En physique, il s'agit d'expériences au sol, en satellites, ou en ballons, pour étudier le milieu interstellaire, les atmosphères d'étoiles, l'atmosphère terrestre, ou la pollution. Par exemple, la mission Cassini-Huygens a embarqué un FTS pour étudier les anneaux de Saturne et son satellite Titan..

  En chimie, la FTS est un moyen d'analyse des produits.

Histoire

- **Prémices**

1845 : H. Fizeau et L. Foucault font des premières mesures de longueurs d'onde par interférométrie.

1891 : A. Michelson rend compte de l' «Application des méthodes interférométriques aux mesures spectroscopiques».

1899 : C. Fabry et Pérot proposent et démontrent «une nouvelle méthode de spectroscopie interférentielle ».

1910 : Rubens et Hollnagel publient « Measurement in the extreme infrared spectrum ».

1912 : L. Rayleigh publie « Remarks concerning Fourier's theorem as applied to physical problems ».

- **Concepts**

1952 : **P. Fellgett** énonce le concept de la FTS dans « multichannel spectrometry » qui figure dans le rapport de la conférence, « molecular spectroscopy », de Columbus

1954 : **P. Jacquinot** décrit l'idée dans « Quelques perspectives d'avenir en spectrographie instrumentale " publié dans les Compte Rendus du 17eme Congrès du GAMS.

- **Expériences**

1956 et 1960 : démonstration des principes.

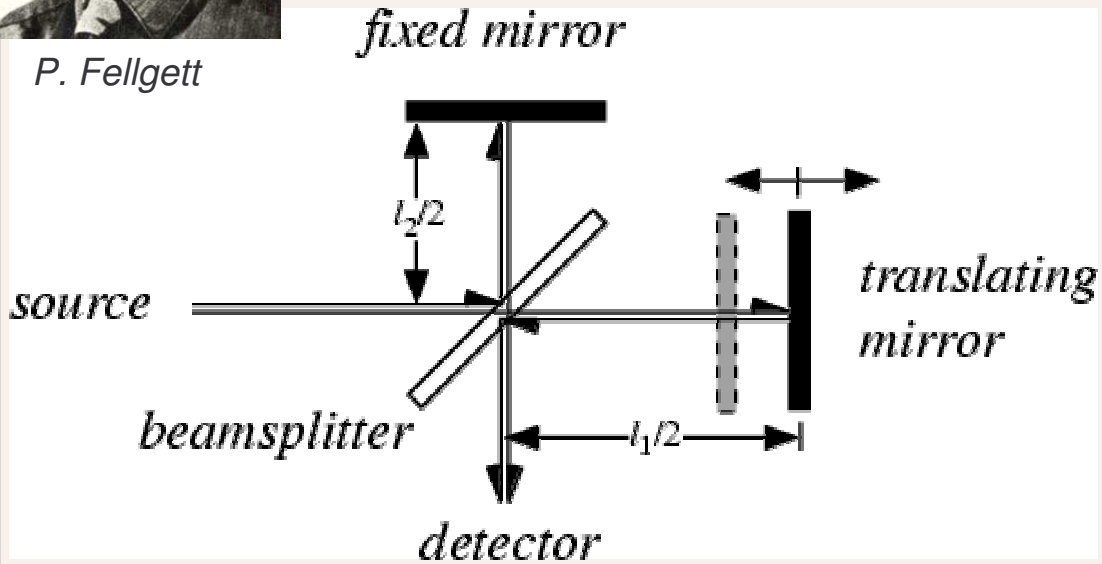
1964 - 1970 : conception et réalisation d'une série d'instruments performants.

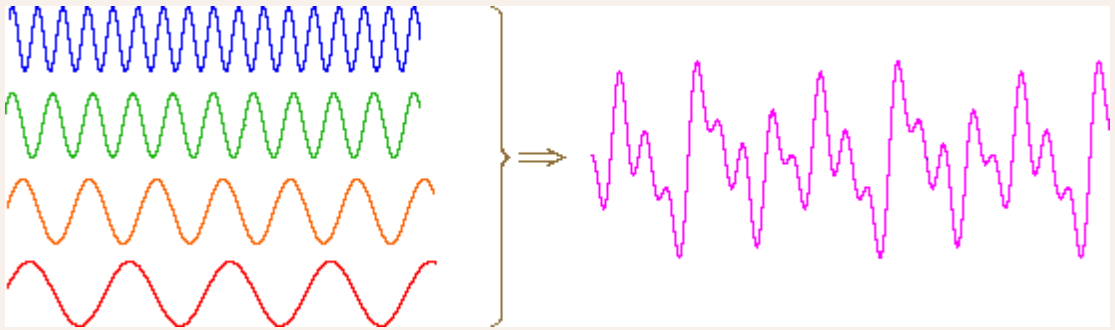
Concepts

P. Fellgett

P. Jacquinot

- **Le principe repose sur l'interféromètre de Michelson**



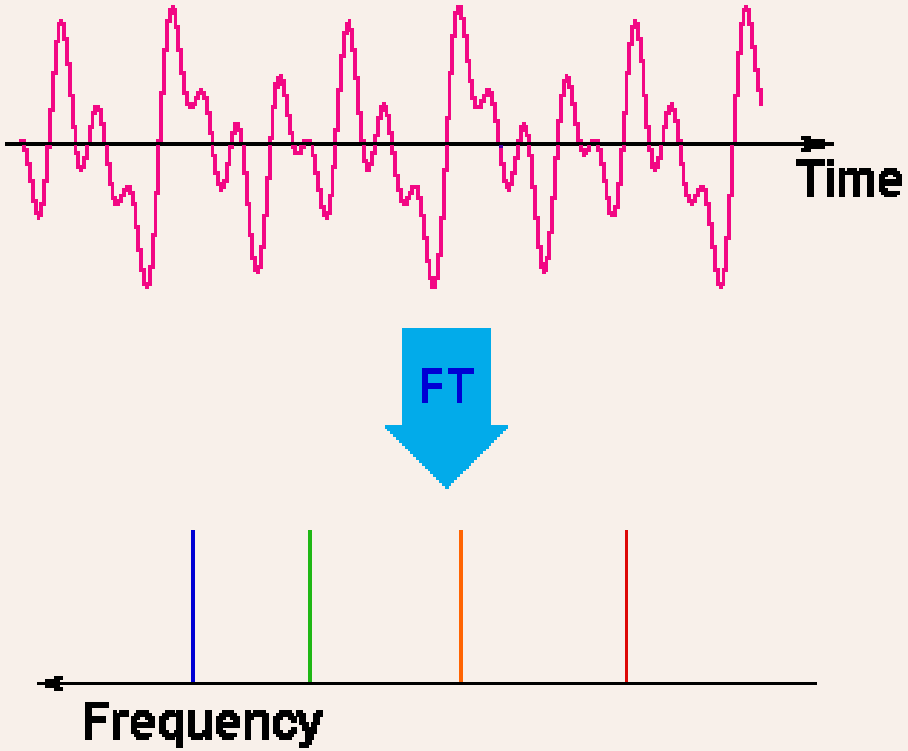


- La lumière émise par la source est analysée via un interféromètre de Michelson.
- Le signal de franges d'interférences est enregistré par le détecteur pendant la translation de l'un des miroirs de l'interféromètre.
- Si la source est monochromatique, le signal est sinusoïdal.
- Si la source comporte plusieurs couleurs, le signal est la somme de plusieurs sinusoïdes.

Images:scienceworld.wolfram.com; www.cem.msu.edu, G. Guelachvili, Proceedings of the 12th International Conference on FTS (2000).

Concepts (suite)

- **Principe de l ’analyse : la transformation de Fourier**



Images:www.cem.msu.edu

- On effectue sur le signal une opération mathématique, la **transformée de Fourier** (1768 -1830), qui donne le nombre de couleurs qui ont servi à construire le signal et l’amplitude relative de chaque couleur.

- La résolution dépend :
  - du **signal** : amplitude de la translation, nombre de points de l’enregistrement.
  - du **traitement numérique**: calcul de la transformée de Fourier.

Premières démonstrations

H. Gebbie

G. Vanasse

1956 H. Gebbie et G. Vanasse obtiennent de premiers spectres, analysés avec un IBM650

1957 Colloque International sur les Progrès Récents en Spectroscopie Interférentielle, Meudon, Bellevue

1960 J. Connes et H. Gush obtiennent et analysent des spectres comportant 2000 points.

1961 La thèse de J. Connes explique la théorie de la FTS ainsi que les outils mathématiques de l'analyse.

J. Connes

Images: G Guelachvili, Proceedings of the 12th International Conference on FTS. (2000)

Premier instrument au LAC

P. Connes

1964 -66 **J. Connes** et **P. Connes** construisent le FTS, version 1, en collaboration avec le jet propulsion laboratory.

- **Spécifications**
  - translation de 5 cm
  - nombre de points = 64000
- **Innovations techniques**
  - réflecteurs de type œil de chat qui évitent les déréglages pendant la translation.
  - asservissement du chariot de translation qui s 'arrête pendant la prise de donnée.
  - modulation interne pour s 'affranchir des fluctuations.
- **Calculs numériques de TF**
  - sur IBM 7040: environ 1 h 30 mn par spectre.

Deuxième spectromètre à TF au LAC

1965-68 : La thèse de **J. Pinard** est consacrée à la construction du FTS, version 2.

- **Spécifications**
  - translation plus grande de 80 cm
  - nombre de points = 64000

- **Innovations techniques**
  - laser He-Ne stabilisé comme référence.
  - chariot mobile sur paliers hydrostatiques.
  - moteur linéaire.

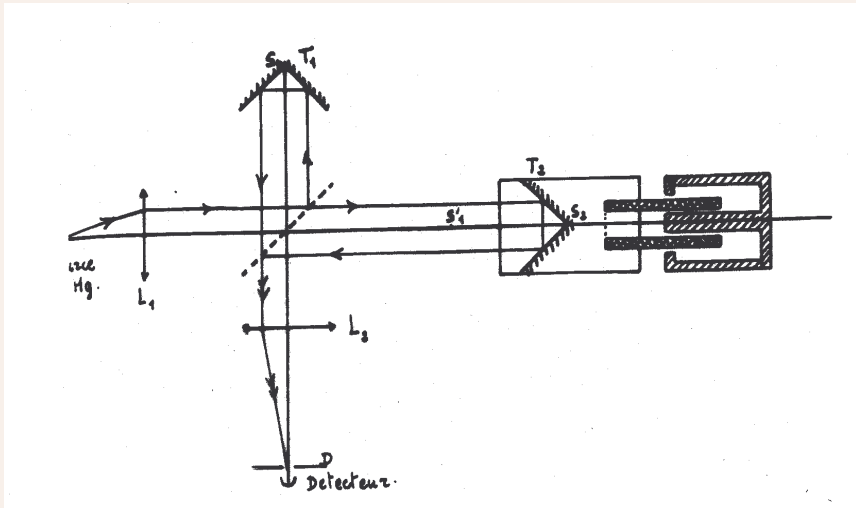
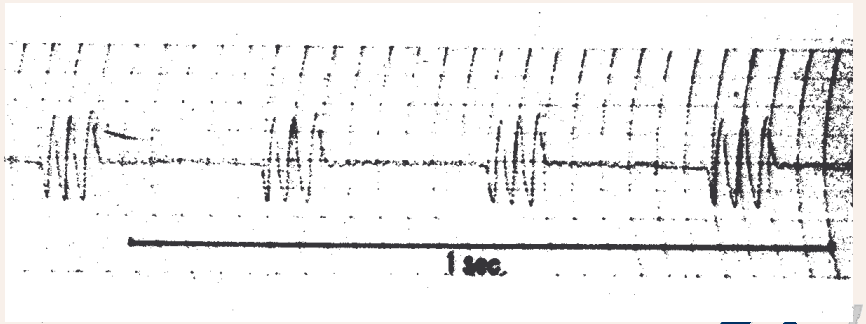


Fig 21 schema de l' interferometre

J. Pinard



Troisième génération de spectromètres au LAC

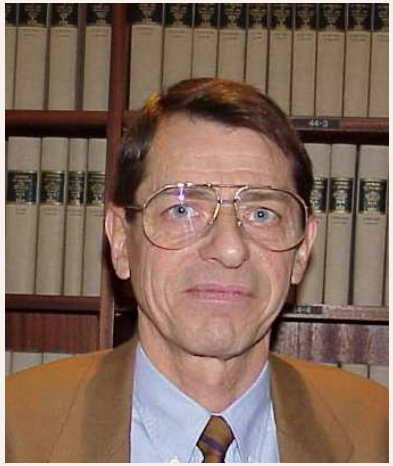
1970 -72 Construction de trois instruments très semblables, fonctionnant dans des régions spectrales différentes.
J- P. Maillard, **G. Guelachvili**, **J. Vergès**

- **Spécifications**
  - translation de 1 m
  - nombre de points = 1 000 000

Le premier est actuellement au LPPM. Le second a été transféré au CNAM pour la sauvegarde du patrimoine, le troisième ?.

J-P. Maillard

G. Guelachvili



J. Vergès