

# JACQUES FRIEDEL ET LES GRANDS INSTRUMENTS

Yves Petroff-LNLS

yves.petroff@gmail.com

Mes premiers contacts avec J. Friedel remontent au début des années 1970 lorsque plusieurs jeunes chercheurs, regroupés autour d'Yves Farge, décidèrent de se lancer dans le domaine du rayonnement synchrotron. Pendant 5 ans, LURE n'était pas un laboratoire officiel du CNRS et beaucoup espéraient qu'on allait se planter. Par contre, plusieurs personnalités dont Jacques Friedel ont tout fait pour nous aider. J'ai beaucoup apprécié les discussions et les conseils qu'il m'a donné et surtout la vision qu'il avait sur le développement des Grands Instruments.

I-J. Friedel et LURE

II-J. Friedel et les TGI

# I.-J. FRIEDEL ET LURE

- Sollicité par Y.Farge, J. Friedel organisa en décembre 1970 une réunion avec A. Lagarrigue (LAL), P. Marin (LAL), A. Authier (Paris), et V. Luzatti (Gif/Yvette) pour examiner la possibilité d'installer une ligne de lumière sur le petit anneau ACO (150/540 MeV). Il faut signaler que 10 ans auparavant, Y. Cauchois avait essayé de convaincre le LAL, sans succès: toutefois les résultats qu'elle obtiendra avec Jaeglé à Frascati montreront les possibilités nouvelles du rayonnement synchrotron. Le début du rayonnement synchrotron en France remonte à l'année 1971 (mais premiers faisceaux en 1973) lorsque plusieurs jeunes chercheurs, regroupés autour d'Yves Farge, décidèrent de se lancer dans ce nouveau domaine.
- En 1972, j'étais en postdoc au Département de Physique de l'Université de Berkeley lorsque Yves Farge est venu me proposer de rejoindre LURE. J'étais intéressé car pendant ma thèse au labo de l'ENS à Paris j'avais construit une expérience permettant de faire des mesure de réflectivité et de photoémission dans l'ultra-violet sous vide ( $\leq 21$  eV). C'était une possibilité intéressante et j'ai décidé de déplacer mon groupe (R. Pinchaux, P. Thiry, and D. Dagneaux) de Paris à Orsay pour aider à la construction de la première ligne de lumière sur ACO et cela m'a amené à faire pas mal d'allers-retours. On a eu les premiers faisceaux en 1973 et on a commencé les premières expériences.

## ■ LAPHOTOEMISSION ANGULAIRE (ARPES)

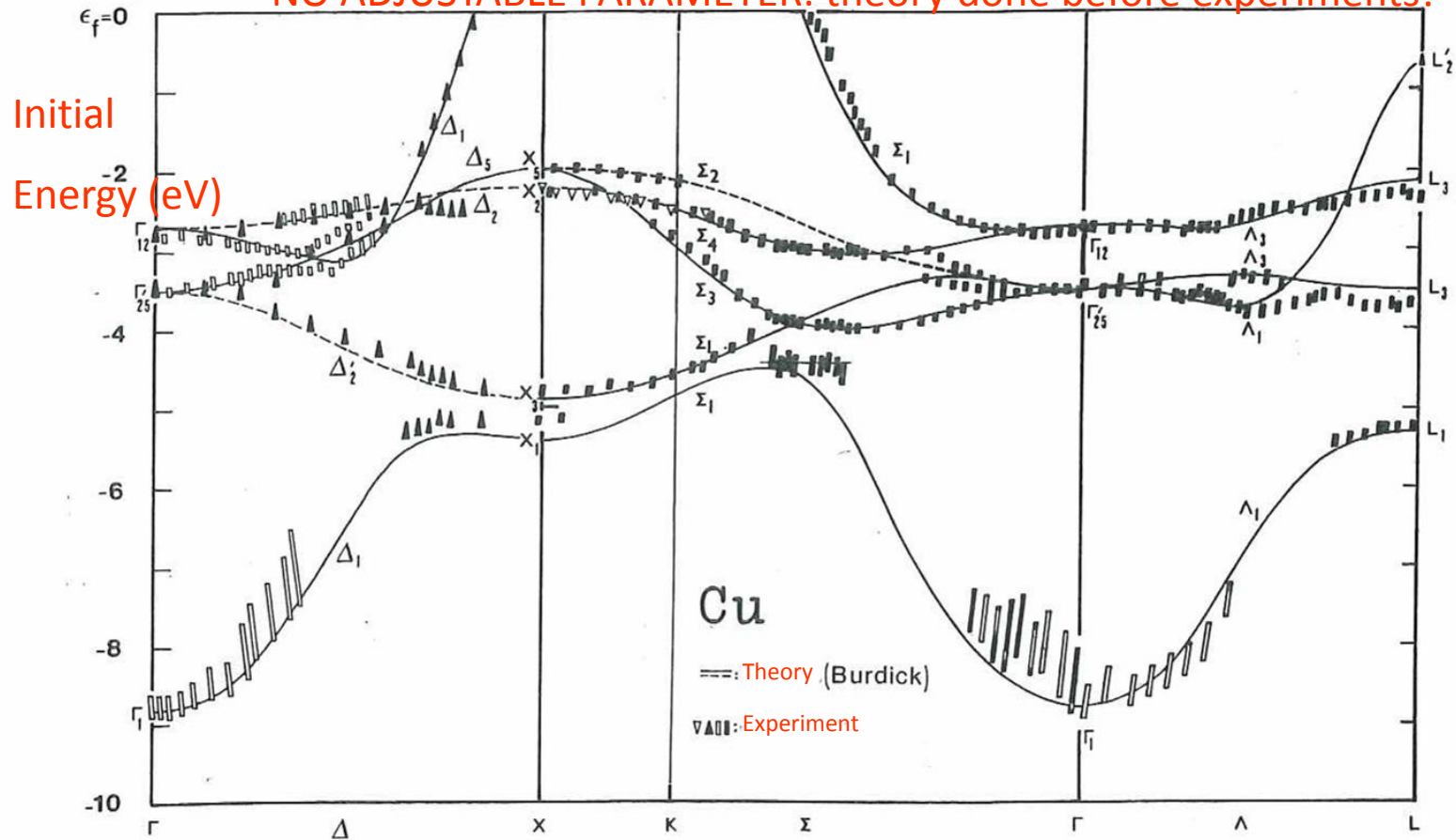
Au cours de ma thèse je m'étais aperçu des limites de la réflectivité pour obtenir des informations sur les états électroniques des solides et donc on a voulu se lancer dans la construction d'une expérience de photoémission angulaire pour essayer d'obtenir la structure de bandes des solides de la même manière que les neutrons permettaient de le faire pour les phonons. A l'époque, il y en avait une seule au monde, celle de Neville Smith à Bell Labs. Nous avons eu beaucoup de chance de rencontrer Jean Lecante qui avec Yves Ballu avait construit un analyseur d'électrons très performant pour faire des expériences de perte d'énergie d'électrons. On a construit l'expérience avec son équipe (Y. Ballu, C. Guillot, D. Chandesris...) et très rapidement les résultats ont été remarquables:

- Première structure de bandes complète d'un métal
  - Effets à N corps dans le Ni
  - Première observation des états de surface sur les niveaux de cœur
  - Première tentative de mesure de la surface de Fermi
  - Première observation du gap dans les supras à haut Tc (sans RS)
  - .....
  - Très bonne interaction avec D. Spanjard, C. Noguera, S. Louie, L. Falicov, M. L. Cohen
- Pendant une quinzaine d'années cette expérience a été une des meilleures au monde.

■ Au moment de la construction, j'ai été voir plusieurs théoriciens dont J. Friedel et je dois dire que certains étaient très négatifs. Friedel, au contraire, m'a dit que cela serait très difficile mais qu'il fallait le faire. A l'époque, je venais de recevoir une offre d'un poste permanent au Département de Physique de Berkeley et j'avais accepté mais Friedel m'a dit que c'était un « challenge » beaucoup plus difficile de développer un nouveau domaine à LURE plutôt que d'aller à Berkeley: il m'a convaincu et je ne l'ai pas regretté.

# STRUCTURE DE BANDES DU CUIVRE THEORIQUE ET EXPERIMENTALE

NO ADJUSTABLE PARAMETER: theory done before experiments!



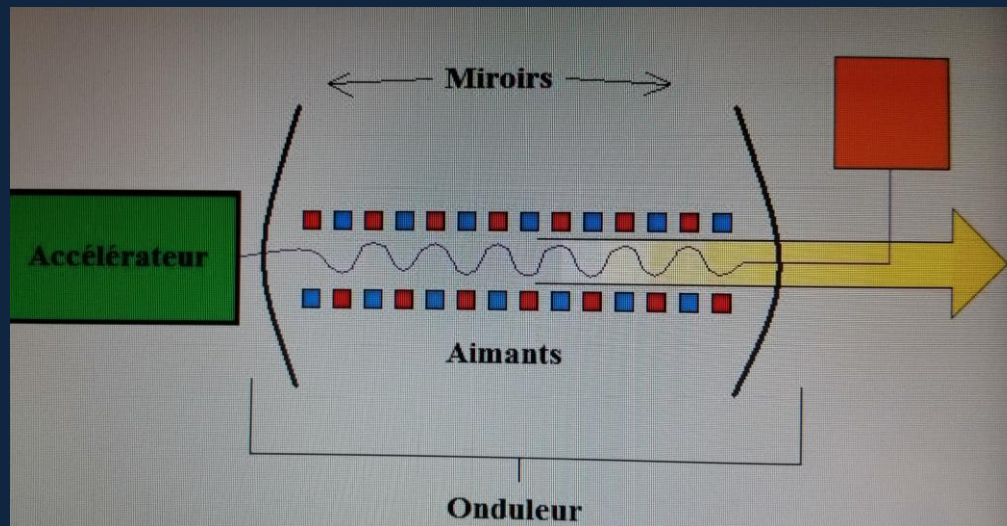
Wavevector

P.Thiry thesis, unpublished and PRL43, 82, 1979

## ■ LASER A ELECTRONS DANS LE VISIBLE ET L'UV

EN 1977, j'assistais à un workshop à Stanford. L'un des conférenciers invités était J. Madey. Il venait d'observer l'effet laser à  $3.6 \mu\text{m}$  d'un petit « laser à électrons » installé sur un linac supraconducteur de 50 MeV. De retour à Orsay, j'en ai parlé à Y. Farge et on a discuté de la possibilité d'installer un laser à électrons sur ACO pour laser dans le visible et l'ultra-violet. Un petit calcul du gain\* sur un coin de table montrait que cela serait très difficile mais possible. On a donc décidé de se lancer dans l'aventure mais on avait plusieurs problèmes:

- On avait pas de budget pour cela
- On avait pas le personnel
- On avait aucune expérience dans ce domaine

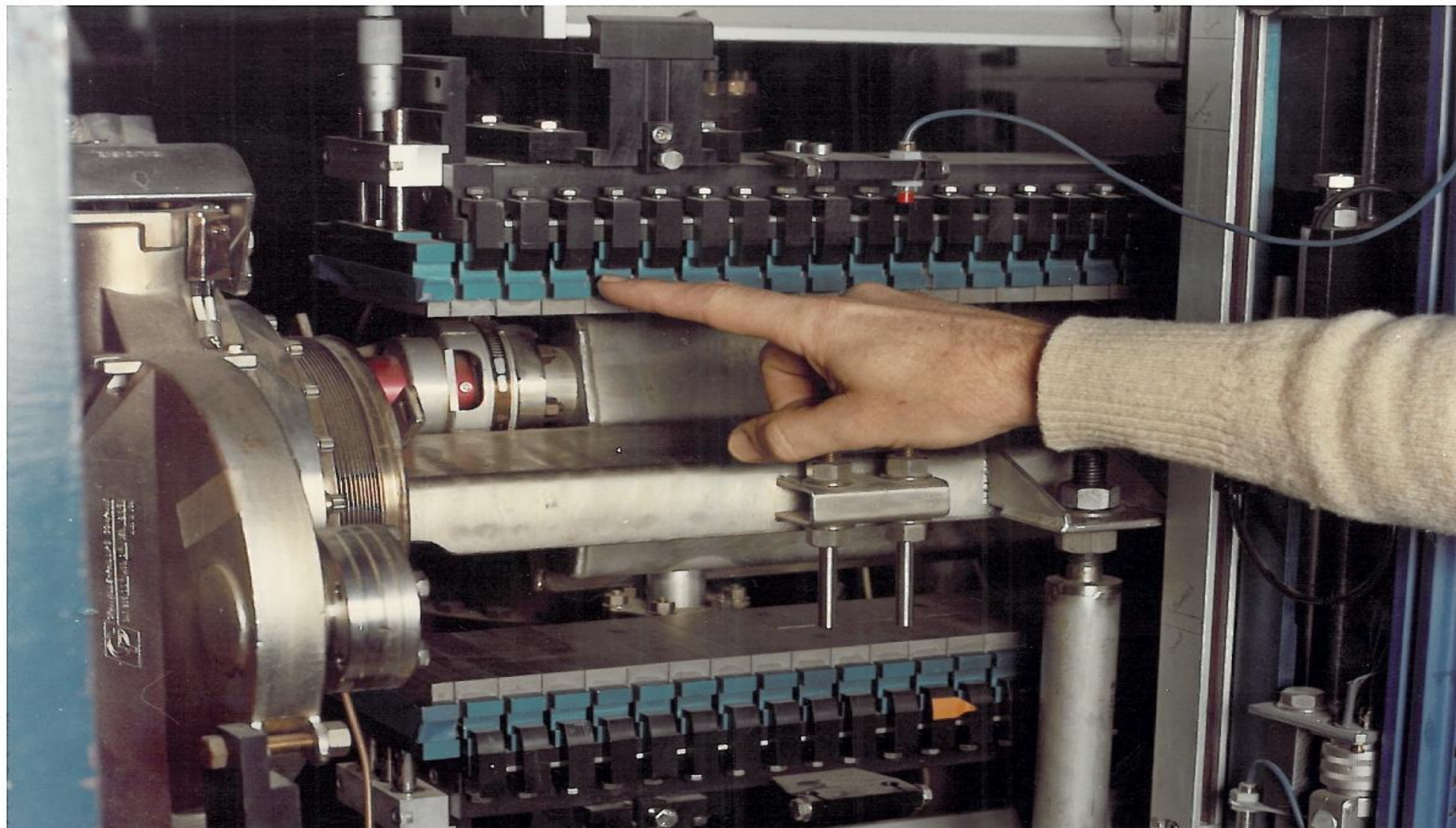


\*On s'apercevra plus tard qu'on s'était planté d'un facteur 10!

- Y. Farge a débauché 2 scientifiques d'un labo ESPC à Paris (M. Billardon et J. M. Ortega). Le CEA a accepté de nous construire un onduleur supraconducteur gratuitement et de fournir un étudiant brillant, P. Elleaume. Des labos voisins ont aussi fourni du personnel (M. Velghe, M. Bazin). J. Madey, ayant appris cela, a proposé une collaboration et est venu à Orsay pendant 6 mois avec un postdoc, D. Deacon et un étudiant K. Robinson, qui eux sont restés. Finalement l'effet laser sera observé en 1982 (M. Billardon et al., PRL 51, 1652, 1983) et la génération d'harmoniques cohérents dans l'UV sous vide l'année suivante (B. Girard et al., PRL 53, 2405, 1984). Par la suite on mesurera le gain en intensité (3000) d'un
- onduleur par rapport à un aimant courbure (3000) et ceci servira pour l'ESRF. Aujourd'hui, il existe des lasers à électrons dans le domaine des rayons X, basés sur un processus physique différent.
- On était très fier d'avoir installé le premier onduleur en Europe (ils en existaient auparavant à Novossibirsk et à Erevan) mais 10 ans après on découvrira que 30 ans avant, en 1952, un groupe à Stanford et un à Saclay avaient obtenu des faisceaux partiellement cohérents dans le domaine des ondes millimétriques en faisant passer les électrons d'un linac de 3 MeV dans un onduleur et pour des raisons inconnues, avaient abandonné.

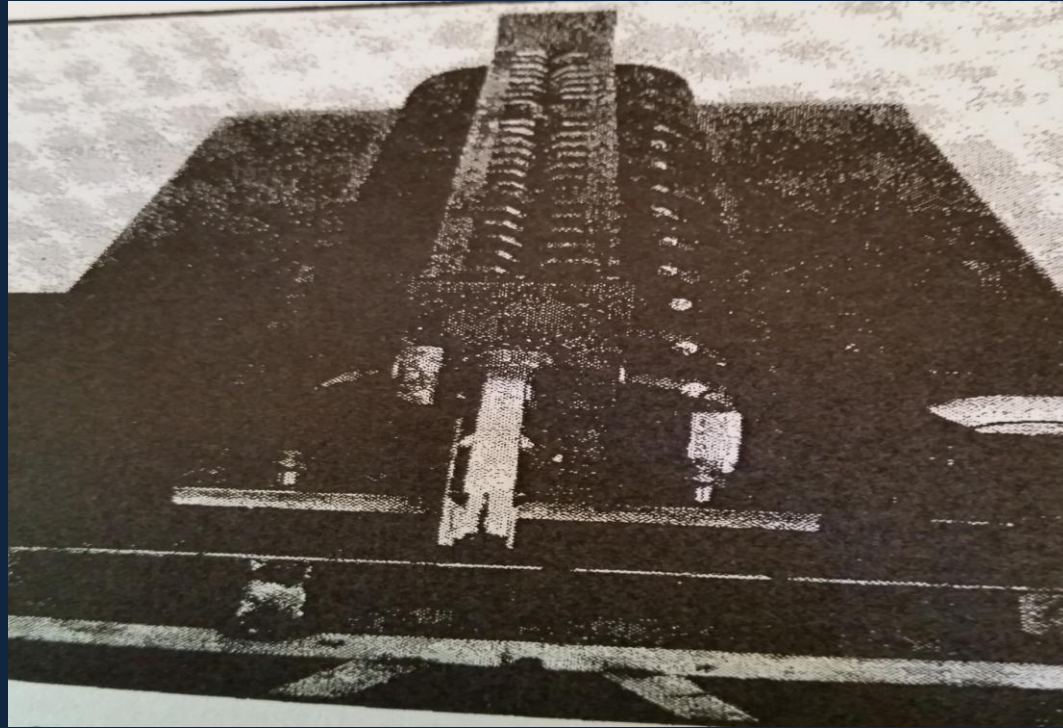
# Undulator and optical klystron analysis

Pascal showing the ACO undulator



PERMANENT MAGNET UNDULATOR REPLACING THE SUPERCONDUCTING ONE IN 1981, USED FOR FEL EXPERIMENTS AND ALSO TO DEMONSTRATE THE USEFULNESS OF UNDULATORS IN THE VUV. (Bazin)

## MAGNET UNDULATOR ON LINAC IN 1953!!!



- First undulator built at SLAC by H. Motz in 1952 to be installed on a 3/100 MeV linac: the goal was to produce coherent radiation (H. Motz, W. Thon and R. N. Whitehurst J. A. P. 24, 826, 1953). A similar experiment existed at Saclay –CEA (R. Combe et M. Feix, Comptes Rendus, 237,1318 and 1660, 1953)
- *Both experiments showed intensity between  $N$  and  $N^2$  (number of  $e^-$ ) but were abandoned for reasons difficult to understand! ( $P \approx 1 \mu\text{W}$  for  $N$ ,  $P = 1 \text{ W}$  for  $N^2$ , measured = 1 mW!)*
- WHY THEY DID NOT CONTINUE? NOBODY WAS AWARE OF THESE RESULTS IN THE FIELD OF SR!



- J'ai choisi de discuter ces 2 exemples pour montrer que l'on avait un certain degré d'inconscience mais j'aurais pu en montrer dans d'autres domaines (biologie, physique atomique...)
- Pendant les 5 premières années, nous n'avions pas réellement d'existence légale. L'argent venait à travers un contrat de la DGRST: si on réussissait on devenait un laboratoire du CNRS sinon on disparaissait sans bruit.
- Notre budget était faible malgré l'aide que nous apportaient les laboratoires des chercheurs travaillant à LURE: il fallait compenser cela par de l'imagination, de l'inventivité et des initiatives. En 1975 nous nous sommes aperçus qu'en milieu d'année, le budget serait dépensé. Ceci nous a amené à proposer des expériences de lithographie à la Thompson (Fay et Trottet), ce qui nous ont amené un contrat substantiel.
- Dans les domaines que l'on ne couvrait pas en France, on cherchait à faire venir les meilleures équipes étrangères: le groupe de M. Campagna de Jülich (photoémission de spin), celui de G. Schmall de Göttingen (microscopie dans les rayons X-mous), ceux de G. Sawatsky et J. Fuggle de Niemegen (dichroïsmes).
- Je crois que le bilan scientifique de LURE à cette période a été assez remarquable
- Nous avons eu de la chance d'avoir un très fort support de J. Friedel, H. Curien (DG du CNRS), R. Chabal (Directeur de la Physique au CNRS), P. Marin (LAL) et plus tard celui de J. Horowitz (CEA) ainsi que celui de J. Yoccoz (Directeur de l'IN2P3.)

## II- JACQUES FRIEDEL ET LES GRANDS INSTRUMENTS

- Contrairement à de nombreux scientifiques français, J. Friedel a été un des premiers à réaliser l'essor qu'allaient prendre les grands instruments en Europe et en France en dehors de la physique nucléaire, la physique des particules ou l'astrophysique, à savoir les neutrons, le rayonnement synchrotron, les champs magnétiques intenses ou les microscopes.
- Il a été un de ceux qui ont fortement soutenu la première source européenne de neutrons, l'ILL, à Grenoble (premières expériences en 1972), s'impliquant dans l'installation de commissions par grand domaines scientifiques.
- Il a aidé à la création du laboratoire des champs magnétiques intenses à Grenoble, proposé par Aigrain en 1970. Il a œuvré pour que le Max Planck de Stuttgart n'installe pas un laboratoire concurrent sur place mais participe au projet Grenoblois. C'est là que fut découvert l'effet Hall quantique entier en 1980 par Klaus von Klitzing, ce qui lui valu le prix Nobel.
- J'ai déjà souligné le rôle important que J. Friedel a joué tant pour la possibilité d'avoir du rayonnement synchrotron à Orsay que pour son développement dans un scepticisme de bon aloi de la «physique légère».

- En 1979, il créa le Conseil des Grands Equipements. Pourquoi ? Parce que le budget peut atteindre 10/12% du budget de la recherche en France et qu'il est important d'avoir un lieu où les priorités peuvent être discutées en toute transparence. Il comprenait 11 membres, choisis pour leur compétence dans les domaines ou les disciplines dont le développement était lié à l'utilisation des TGI. Il fonctionnera jusqu'en 1996 avant d'être dissous par C. Allègre pour des raisons évidentes: pouvoir prendre des décisions basées sur un rapport secret fait par une seule personne !
- *En 2001, un rapport de l'Inspection des Finances notait à propos des TGI: «Qui fait la synthèse de l'évolution scientifique, économique, financière et politique. Il y a là un vide institutionnel dans lequel peuvent s'engouffrer facilement ce qu'il est convenu d'appeler des lobbies»*
- En 2003, on m'a demandé de m'occuper des Grands Equipements au Ministère. J'avais accepté à condition de rétablir un comité international: je me suis rendu compte assez rapidement que cela gênait trop des gens habitués à faire des ronds de jambes dans les ministères et j'ai décidé d'aller voir ailleurs.
- J. Friedel soutiendra très fortement la création d'une source européenne de rayonnement synchrotron à Strasbourg et n'appréciera pas son déplacement soudain à Grenoble et le fera savoir en haut lieu, ce qui lui vaudra quelques problèmes !

## J. FRIEDEL ET LE PROJET SOLEIL

■ Après la décision d'Allègre d'arrêter SOLEIL, il y a eu pas mal de remous et une commission parlementaire a été créée pour réexaminer le projet. Un certain nombre de scientifiques français et étrangers, dont J. Friedel et P. G. de Gennes, ont été invités à donner leur opinion. Friedel soutenait très fortement le projet (parcequ'il avait toujours suivi de près la science qui se faisait sur les grandes installations) et voici qu'en pensait De Gennes:

■ “Quant aux découvertes réalisées grâce aux synchrotrons, je suis frappé de voir qu'elles ne sont jamais mentionnées. La production de ces machines est utile, de soutien, permettant d'affiner certaines données, de mieux connaître certaines choses, de déterminer la structure de protéines biologiques. Mais aucune réelle découverte n'a émergé des grosses machines depuis ces quinze dernières années: **à ce niveau, le bilan est quasiment nul**. Il me semble utile de rappeler ce fait trop souvent escamoté lors des discussions. La biologie, pas au sens de la structure des protéines, mais celle qui permet de comprendre le mécanisme du développement ou celui des maladies est en pleine révolution. Chaque mois des découvertes sont réalisées dans ce domaine, chaque mois de nouvelles publications en bouleversent les perspectives et le contenu. La biologie structurale est une discipline d'intendance utile”.

Je pense que P. G. de Gennes n'était pas très au courant de ce qui se passait dans ce domaine et de ses possibilités futures. En effet, entre 1997 et 2012, le tiers des prix Nobel de Chimie, a été attribué à des travaux réalisés essentiellement avec le rayonnement synchrotron:

1. J. Walker en 1997 pour ses travaux sur la synthèse de l'ATP (adénosine triphosphate, molécule fournissant l'énergie nécessaire aux réactions chimiques du métabolisme )
2. R. MacKinnon en 2003 pour la structure 3D des canaux ioniques dans les membranes cellulaires
3. R. Kornberg en 2006 pour avoir élucidé à l'échelle moléculaire les mécanismes de transcription dans l'ARN messenger de l'information contenue dans l'ADN des eucaryotes.
4. V. Ramakrishnan, T. Seitz et A. Yonath en 2009 pour les études de la structure et de la fonction du ribosome
5. R. Lefkowitz et B. Kobilka en 2012 pour des travaux sur les récepteurs couplés aux protéines G qui permettent le transfert d'informations à l'intérieur de la cellule.

On pourrait aussi citer la possibilité de faire de la diffraction dans le domaine du TPa, la révolution dans l'imagerie 3D.....

*Pas mal pour un domaine à production nulle!*

- Contrairement à ce qu'a dit P. G. de Gennes, il y avait en France un petit groupe de précurseurs faisant de la biologie structurale d'excellente qualité. Il faut aussi signaler que pendant longtemps la plupart des labos de biologie étaient sceptiques alors qu'aujourd'hui tout labo de biologie a un groupe de biologie structurale. On retrouvait cela au niveau de la direction de la bio au CNRS puisqu'une année le Directeur de la Biologie a coupé les crédits de la bio à LURE. J'ai alors demandé au Directeur de la Physique de pouvoir continuer avec l'argent de la physique en attendant que cet éminent biologiste soit viré par le DG.
- Je voudrais rappeler que la technique du MAD (diffusion anormale autour d'un seuil), utilisée par tout le monde aujourd'hui et proposée par Wayne Hendricson a été testée avec succès à LURE avec R. Fourme. Max Perutz (Prix Nobel avec J. Kendrew pour la découverte de la structure de l'hémoglobine et la myoglobine ) dira "C'est au LURE que les biologistes britanniques ont appris à utiliser le RS pour les études structurales par la méthode originale de diffusion anormale". Il était un utilisateur régulier de LURE et il s'est fortement opposé aux affirmations de de Gennes.
- Auparavant, il nous avait aidé à résoudre un problème (paiement des opérateurs de nuit sur les anneaux) après la fonctionnarisation du CNRS), insoluble d'après l'Administration du CNRS. J'avais réussi à inviter la responsable du Budget du CNRS au Ministère des Finances à venir visiter LURE à 10.30 PM pour lui montrer que c'était indispensable. Par chance, cette nuit-là, Max Perutz travaillait sur la ligne de biologie et dans un français impeccable n'avait eu aucun mal à la convaincre. Le Directeur de l'Administration du CNRS, que j'avais prévenu et qui assistait, était très gêné. Quinze jours après, la solution était en place.

## CONCLUSION

- Il est clair que J. Friedel a joué un rôle important dans l'essor des Grands Instruments en France et en Europe, à un moment où ce n'était pas à la mode.
- Personnellement, j'ai beaucoup apprécié son humanisme et l'aide qu'il pouvait apporter.
- Ceci dit, il pouvait aussi être assez direct. Un jour, un de mes collègues qui avait passé 2 ans dans une des meilleures Universités Américaines et qui avait obtenu de très bons résultats mais, en revenant en France, s'était un peu endormi pendant 2 ans, m'a montré le petit mot qu'il venait de recevoir de J. Friedel, président de la commission CNRS:  
"Mon cher X  
Vous venez de prendre 2 années de vacances, il est temps de vous remettre au travail".  
Le résultat a été immédiat.