

Les succès d'Alice et la genèse de Ganil

René Bimbot



Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/histoire-cnrs/8943>

DOI : [10.4000/histoire-cnrs.8943](https://doi.org/10.4000/histoire-cnrs.8943)

ISSN : 1955-2408

Éditeur

CNRS Éditions

Édition imprimée

Date de publication : 31 décembre 2008

ISBN : 978-2-271-06695-4

ISSN : 1298-9800

Référence électronique

René Bimbot, « Les succès d'Alice et la genèse de Ganil », *La revue pour l'histoire du CNRS* [En ligne], 23 | 2008, mis en ligne le 03 janvier 2011, consulté le 20 mai 2021. URL : <http://journals.openedition.org/histoire-cnrs/8943> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/histoire-cnrs.8943>

Ce document a été généré automatiquement le 20 mai 2021.

Comité pour l'histoire du CNRS

Les succès d’Alice et la genèse de Ganil

René Bimbot

Les premiers succès d’Alice et la création du groupe Ganil

- 1 Prévu dès l’origine de l’institut de physique nucléaire (IPN) d’Orsay, en 1955, le développement d’une activité notable mettant en jeu des faisceaux d’ions lourds dans ce laboratoire n’avait pu être amorcé qu’en 1966 avec la mise en service du cyclotron à énergie variable [1] et ne s’était vraiment concrétisé qu’en 1970 avec l’achèvement de l’ensemble Alice [2]. Constitué d’un petit accélérateur linéaire agissant comme injecteur d’ions pour le cyclotron, celui-ci avait alors délivré le premier faisceau mondial de krypton capable d’engendrer des réactions nucléaires dans tout noyau-cible, y compris l’uranium. Les recherches immédiatement entreprises grâce à ce projectile de masse élevée n’avaient pas réussi à mettre en évidence l’existence de noyaux superlourds [2], mais avaient révélé celle d’une nouvelle classe de réactions nucléaires¹. Ces nouvelles réactions, qui se produisent avec une grande probabilité, possèdent des caractéristiques tout à fait originales, et constituent une découverte importante. Grâce aux informations cruciales qu’elles apportent sur les propriétés de la matière nucléaire et sur la dynamique des collisions de noyaux, elles ouvrent un nouveau champ d’études, celui de la macrophysique nucléaire (voir l’encadré). Bien que les chercheurs américains et soviétiques se soient mobilisés très vite pour étudier ces nouvelles réactions, leur découverte est portée au crédit de la France.
- 2 À cette époque (1972), un véritable engouement apparaît pour la physique des ions lourds, encore décriée quelques années auparavant. Comme un peu partout dans le monde, divers projets d’accélérateurs locaux fleurissent dans les laboratoires universitaires français, ainsi qu’au Commissariat à l’énergie atomique (CEA). Mais le fait nouveau qui marque ces années est une tendance très nette au regroupement des forces, qui s’est concrétisée, dès 1971, par la création de l’IN2P3, Institut national de physique nucléaire et de physique des particules². Sous l’impulsion de Marc Lefort (IPN Orsay) et d’Henriette Faraggi (CEA Saclay), Jean Teillac, directeur de l’IN2P3 et Jules

Horowitz, délégué à la recherche fondamentale au CEA créent, en septembre 1972, deux groupes de prospective en physique nucléaire.

- 3 L'un d'eux est chargé de l'étude d'un accélérateur national d'ions lourds, qui serait commun, bien entendu, aux deux organismes. Il sera constitué à parité de membres de l'IN2P3 (ingénieurs ou physiciens) et du CEA³ et prendra le nom de Ganil (Groupe de travail pour l'accélérateur national à ions lourds⁴).

Le premier « Livre bleu Ganil »

- 4 Dès juillet 1973, le groupe de travail dépose ses conclusions sous la forme d'un rapport de 107 pages à couverture bleue, le premier « Livre bleu Ganil » [4]⁵. Une méthode très rationnelle a été adoptée pour mettre au point ce projet. Elle a consisté à partir d'une étude prospective sur les caractéristiques des faisceaux nécessaires pour développer les différents champs de la physique des ions lourds, puis à choisir, parmi divers types d'accélérateurs d'ions lourds, celui qui satisferait au mieux ces exigences de la physique.

- 5 Curieusement, les arguments de physique présentés pour justifier ce nouvel accélérateur prennent très peu en compte les tout nouveaux résultats de macrophysique nucléaire obtenus sur Alice. Vraisemblablement, ceux-ci sont trop récents et le groupe de travail a préféré s'appuyer sur l'extension, vers les hautes énergies et les projectiles de grande masse, des études entreprises depuis de nombreuses années. En fait, tous les champs de la physique nucléaire – mécanismes de réactions, structure nucléaire, production de nouvelles espèces – ont été passés en revue et, pour chacun d'eux, les caractéristiques des faisceaux souhaités ont été soigneusement définies. Celles-ci peuvent se résumer de la façon suivante :

- comme les projets allemand (Unilac) et américain (SuperHilac), la nouvelle machine devra accélérer tous les ions lourds possibles, depuis les plus légers (carbone), jusqu'à l'uranium ;
- les ions les plus légers devront disposer d'une vitesse de 100 MeV par nucléon⁶, c'est-à-dire dix fois plus élevée que celle des projectiles accélérés par Alice ou par le projet Unilac. En revanche, à mesure que la masse des ions accélérés augmentera, la vitesse exigée descendra progressivement (40 MeV par nucléon au niveau de l'argon et 10 pour l'uranium) ;
- enfin, la future machine devra délivrer des faisceaux 100 fois plus intenses que ceux d'Alice, ce qui permettra d'accomplir de grands progrès dans la production de nouveaux noyaux ou la recherche de phénomènes rares, mais aussi d'améliorer considérablement les qualités optiques⁷ des faisceaux délivrés ainsi que leur résolution en énergie en utilisant des aimants analyseurs de haute résolution.

- 6 La confrontation de ces exigences de la physique avec les caractéristiques des faisceaux délivrés par les systèmes accélérateurs envisagés est sans appel : l'ensemble constitué de deux grands cyclotrons à secteurs séparés fonctionnant en série l'emporte nettement sur le projet élaboré à partir d'un accélérateur linéaire. C'est donc lui qui est présenté dans le « Livre bleu » comme projet d'accélérateur national. Cependant, une extension possible de cette future machine par l'adjonction d'un tandem électrostatique injectant dans l'un des deux cyclotrons est également présentée en annexe au dossier⁸ (voir schéma).

Un second « Livre bleu Ganil »

- 7 Après la publication de ce rapport, et au vu des résultats plus qu'encourageants obtenus en moins de trois ans d'exploitation d'Alice, les directions du CEA et de l'IN2P3 sont convaincues du bien-fondé d'un projet d'accélérateur national d'ions lourds. En novembre 1973, afin de finaliser ce projet, elles mettent en place, sous l'égide d'un

comité de projet d'une dizaine de personnes, un conseil des physiciens, dirigé par Marc Lefort, chargé de la prospective scientifique, un chef de projet, Maurice Gouttefangeas, et un haut conseiller scientifique, Pierre Lapostolle. Un groupe d'ingénieurs s'installe en février 1974 dans des locaux mis à sa disposition par l'institut de physique nucléaire d'Orsay. Vingt et un mois seront suffisants pour que le groupe ainsi constitué accomplisse sa mission. Ses conclusions seront présentées dès avril 1975 dans le second « Livre bleu Ganil » [5].

- 8 Pendant ce temps, les recherches se sont activement poursuivies sur Alice. En 1972, les études mentionnées dans le rapport d'activité de l'IPN [6] étaient encore focalisées sur la recherche des éléments superlourds et sur l'étude des interactions des ions krypton avec diverses cibles⁹. Mais dès 1974 et 1975, les rapports d'activité font état de multiples expériences visant à étudier les limitations à la fusion lorsque les projectiles deviennent lourds et très lourds, et surtout les réactions qui se substituent à cette dernière. Sans que les différents auteurs en soient encore pleinement conscients, les noms de « transferts très inélastiques », « fusion incomplète » ou « quasi-fission » qu'ils utilisent pour désigner ces nouvelles réactions ne recouvrent qu'un seul mécanisme, qui relève de cette nouvelle approche de la physique nucléaire, la macrophysique nucléaire. Une autre caractéristique des années 1972-1975 est le fait qu'un nombre croissant de chercheurs extérieurs à l'IPN participent aux recherches menées auprès de l'ensemble Alice. En 1975, 30 % du temps de faisceau est ainsi attribué à des équipes extérieures au laboratoire. Ce fait est un signe très fort de l'essor de la physique des ions lourds. Il constitue un élément important en faveur de la construction d'un accélérateur national. Réciproquement, l'existence du projet Ganil contribue de façon significative à cet essor.
- 9 Une soixantaine de personnes, physiciens et ingénieurs ont participé à l'élaboration du second « Livre bleu ». Le projet Ganil a maintenant atteint une véritable maturité, tant du point de vue des justifications scientifiques que de celui des solutions techniques proposées :
- l'étude prospective des besoins de la physique nucléaire a été considérablement améliorée. Un chapitre significatif relatif aux thèmes nouveaux ouverts par la récente émergence de la macrophysique nucléaire fait désormais le pendant à celui qui traite de l'extension des expériences de physique de l'époque, enrichi lui-même par des idées novatrices ;
 - les progrès susceptibles d'être accomplis dans d'autres domaines de la physique – physique atomique, astrophysique, physique de la matière condensée – grâce à l'utilisation de faisceaux d'ions lourds ont également été évalués par trois groupes de physiciens constitués à cet effet ;
 - enfin, un projet d'accélérateur très élaboré, signé par un groupe de 27 ingénieurs, constitue la majeure partie de ce rapport (150 pages sur 179).
- 10 Cette étude est allée très loin dans la résolution des problèmes techniques, et en particulier de celui de la synchronisation des fréquences de deux cyclotrons en série¹⁰. Le schéma d'implantation de ces machines a été simplifié, et en particulier, le projet d'extension par un tandem servant d'injecteur a disparu (voir schéma). Enfin, le coût de l'accélérateur national est entièrement chiffré. Comme l'expriment Marc Lefort, directeur scientifique du projet, et Maurice Gouttefangeas, son responsable technique, dans l'introduction de ce second « Livre bleu », « *le projet est techniquement prêt à recevoir son financement, son site et le personnel nécessaire à la construction* ». Cela ne tardera guère...
Feu vert pour la construction

- 11 Sous les pressions gouvernementales visant à la décentralisation, les physiciens d'Île-de-France, bien que majoritaires, avaient spontanément renoncé à une localisation du Ganil en région parisienne. Plusieurs villes universitaires de province, comme Bordeaux – et son maire Jacques Chaban-Delmas –, Strasbourg, Lyon et Grenoble¹¹ exprimèrent leur souhait d'accueillir le futur accélérateur national. Au printemps 1975, la ville de Caen, qui ne disposait d'aucun laboratoire de physique nucléaire, mais était puissamment soutenue par la région de Basse-Normandie, présenta également sa candidature. Celle-ci fut retenue en juin par le ministère de l'Industrie et de la Recherche, mais le projet n'était toujours pas lancé.
- 12 Cependant, en août 1975, le gouvernement décide de mettre en place un plan de ment prêt et chiffré dans ses moindres détails, soutenu par la région de Michel d'Ornano, ministre de l'Industrie et de la Recherche, entre parfaitement dans ce plan. Hubert Curien, alors directeur de la DGRST, en obtient le lancement. En novembre 1975, Marc Lefort est nommé directeur du Ganil et Maurice Gouttefangeas en sera le directeur-adjoint. Les premiers bâtiments sont alors mis en chantier. En dépit d'un contexte économique défavorable¹², le temps écoulé entre la finalisation du projet et l'obtention de son financement aura été extrêmement court. La qualité scientifique et technique du dossier et le dynamisme de ses promoteurs peuvent expliquer ce fait remarquable.
- 13 La construction du Ganil durera sept années [7]. Le groupe en charge de cette construction aura à affronter des difficultés de tous ordres : retards dans les attributions des budgets et des postes, controverses techniques, problèmes de management d'équipes issues de deux organismes aussi différents que l'IN2P3 et le CEA... Cependant, la puissante motivation scientifique et technique, la compétence et la détermination de l'équipe dirigeante permettront au projet d'aboutir sans retard notable et dans l'enveloppe budgétaire qui lui avait été allouée. Le démarrage de cette magnifique machine, en janvier 1983, ne sera terni que par une décision malheureuse et incompréhensible des directions du CEA et de l'IN2P3 de l'époque, celle de relever Marc Lefort de ses fonctions le 1^{er} juillet 1982, avant même qu'il puisse assister en tant que directeur à l'obtention du premier faisceau Ganil...

Conclusion : la filiation Alice-Ganil

- 14 La filiation entre Alice et Ganil, deux machines construites sous la direction du même scientifique à une dizaine d'années d'intervalle, est évidente. Les succès d'Alice ont constitué un atout majeur dans l'obtention du financement du Ganil.
- 15 La structure d'Alice – deux accélérateurs en cascade avec un éclancheur intermédiaire – se retrouve, améliorée, en Ganil. Ce dernier a aussi bénéficié de l'expérience acquise par les ingénieurs d'Orsay en matière de cyclotrons. Précurseur de Ganil, Alice conservera un rôle privilégié pendant les sept années de sa construction. Les recherches qui s'y poursuivront feront évoluer les connaissances sur plusieurs des points mentionnés dans les « Livres bleus » [8]. En attendant Ganil, l'ensemble Alice sera aussi le point de ralliement des équipes françaises se préparant activement à travailler sur le futur grand accélérateur. Alice acquerra ainsi, pendant quelques années, un statut proche de celui d'une machine nationale.

La macrophysique nucléaire

- 16 Aux côtés des réactions de fusion complète des noyaux en collision, interprétées par des modèles thermodynamiques et des réactions de transfert de nucléons, qui révèlent la structure quantique des noyaux [1,2], de nouveaux processus sont clairement répertoriés vers la fin des années 1960. Il s'agit de collisions presque tangentielles au

cours desquelles de puissantes forces de friction ralentissent le projectile (Pr) qui s'accroche temporairement au noyau-cible (Cib) pour former un noyau « composite » (schémas A et B). Ce noyau possède une vitesse de rotation importante, et, sous l'action de la force centrifuge qui en résulte, le projectile se sépare à nouveau de la cible (schémas C et D), mais sa trajectoire a été notablement modifiée, l'angle d'émission étant d'autant plus grand que le temps de contact a été plus long. Au cours de ce contact, les deux partenaires ont eu le temps d'échanger un certain nombre de nucléons, ce qui fait que les noyaux finaux sont quelque peu différents des noyaux de départ. On parle alors de « quasi-projectile » (Q-Pr) et de « quasi-cible ». L'angle d'émission du quasi-projectile, son énergie cinétique, le nombre de protons et de neutrons échangés, constituent autant de variables mesurables permettant d'analyser le mécanisme de la réaction. Son interprétation met en jeu des notions issues de la mécanique des fluides, telles que la « viscosité » de la matière nucléaire, la « diffusion » des nucléons d'un noyau à l'autre pendant la période de contact. C'est un nouveau champ de physique nucléaire qui s'ouvre, et promet de s'appliquer notamment au phénomène de fission, connu depuis 1939, et interprété par le modèle de la goutte liquide, mais dont tous les aspects dynamiques n'ont pas été élucidés.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Bimbot R. « IPN : un cyclotron pour les ions lourds », in *La revue pour l'histoire du CNRS*, n°20, printemps 2008, pp. 44-48.
- [2] Bimbot R. « Alice ou la percée des ions lourds », in *La revue pour l'histoire du CNRS*, n°22, automne 2008, pp. 45-49.
- [3] Comité de Prospective du département de physique nucléaire « Développement à long terme de la physique nucléaire. Deuxième partie : Accélérateurs d'ions lourds », Rapport du Commissariat à l'énergie atomique (juin 1972).
- [4] Rapport du groupe de travail pour l'accélérateur national à ions lourds (Ganil). Rapport mixte IN2P3-CEA (juillet 1973).
- [5] « L'accélérateur national d'ions lourds (Ganil) ». Rapport mixte IN2P3-CEA (avril 1975).
- [6] Rapports d'activité de l'institut de physique nucléaire d'Orsay, années 1972 à 1975.
- [7] Lefort M. « Essai sur l'histoire de Ganil ». Communication personnelle (document versé aux archives de l'IPN).
- [8] Bimbot R. « En attendant Ganil », article en préparation pour *La revue pour l'histoire du CNRS...*

NOTES

1. Ces réactions furent désignées par différents termes dont ceux de « transferts très inélastiques », « quasi-fission » et « fusion incomplète » en français, et « strongly damped collisions » en anglais.
2. Cet institut, placé sous l'égide du CNRS, regroupe tous les laboratoires universitaires français de physique nucléaire et de physique des particules. Son premier directeur en est Jean Teillac.
3. Ce dernier organisme avait anticipé l'événement en publiant, dès juin 1972, un rapport de prospective concernant les accélérateurs d'ions lourds [3].
4. Plus tard, le même acronyme (Ganil) sera conservé pour désigner l'accélérateur lui-même, devenu « Grand accélérateur national d'ions lourds ».
5. Ce rapport est présenté au nom de 22 personnes : MM. R. Armbruster, E. Baron, C. Bieth, M^{lle} M.-P. Bourgarel, MM. A. Cabrespine, P. Catillon, A. Chabert, C. Détraz, D. Didier, J. Faure, J. Fermé, B. Fernandez, G. Frick, G. Gendreau, M. Gusakow, S. Harar, M. Lefort, J.-M. Loiseaux, M. Martinot, M. Mermaz, A. Michaudon et H. Sergolle.
6. Pour un ion de néon, de masse 20, possédant donc 20 nucléons, cette vitesse de 100 MeV par nucléon correspond à une énergie de $20 \times 100 = 2\,000$ MeV, soit 2 000 millions d'électron-volts.
7. C'est-à-dire l'émittance.
8. Remarquons que ces deux projets sont fondés sur le même principe que l'ensemble Alice : une pré-accélération d'ions faiblement chargés suivi d'un épluchage de ces ions par une feuille mince qui précède une deuxième phase d'accélération mettant en œuvre une seconde machine.
9. Avec pour principal objectif d'expliquer les résultats négatifs obtenus jusque-là dans cette recherche des « Superlourds ».
10. Ce problème qui semblait insurmontable a été résolu en proposant d'alimenter les deux grands cyclotrons à secteurs séparés (ainsi que le petit cyclotron compact servant d'injecteur) par une même fréquence mère, le second CSS fonctionnant sur l'harmonique 4 de cette fréquence, ce qui sera possible parce qu'en moyenne la charge des ions augmentera d'un facteur 4 au cours de leur épluchage.
11. Ces deux dernières métropoles s'étaient unies pour présenter un projet d'implantation dans la ville nouvelle de l'Isle d'Abeau.
12. Rappelons que le premier choc pétrolier (1973) venait d'avoir lieu.

RÉSUMÉS

En 1970, la mise en service de l'ensemble accélérateur Alice de l'institut de physique nucléaire d'Orsay avait permis à la physique des ions lourds française de prétendre à une place d'honneur sur le plan international. À partir de 1972, les premières découvertes réalisées avec cette machine ont joué un rôle très positif dans l'élaboration d'un projet d'accélérateur national d'ions lourds, le Ganil, dont le financement a été obtenu dès 1975.

In 1970, the Alice device delivered its first beam at the Orsay "Institut de physique nucléaire". This event brought back the French Nuclear Physics to one of the top positions in the international competition. From 1972, the first discoveries performed with this machine played a crucial role in the elaboration of a project for a national heavy ion accelerator, Ganil, the funding of which was obtained as early as 1975.

INDEX

Mots-clés : ions lourds, Alice, accélérateur, Ganil, Institut de physique nucléaire d'Orsay, accélérateur national d'ions lourds

AUTEUR

RENÉ BIMBOT

René Bimbot est agrégé de physique, docteur ès sciences, directeur de recherche émérite à l'IPN et au CNRS.