

En Suède, la création d'une « forge » à neutrons

PHYSIQUE - Visite du chantier de la source de neutrons la plus puissante au monde, à Lund, un projet international auquel contribue le CEA

LUND (SUÈDE) ET SACLAY (ESSONNE)

A Lund, petite ville de Scanie, dans le sud de la Suède, l'unique ligne de tramway s'arrête au pied d'un ancien moulin à vent, au milieu de champs mangés par d'immenses bâtiments modernes. Terminus ESS, pour « European Spallation Source ». Ce nom énigmatique désigne la future plus puissante source de neutrons au monde. Produits grâce à un accélérateur de particules linéaire de 600 mètres, dont l'empreinte s'étend sous la campagne suédoise, ces neutrons permettront de sonder la matière avec une précision inédite.

La construction de ce projet imaginé dans les années 1990, né officiellement en 2003, a commencé il y a dix ans. Le génie civil a été achevé en 2022, mais l'installation de l'accélérateur de particules, de la cible sur laquelle la collision de protons engendrera les précieux neutrons et des quinze instruments qui permettront de révéler les entrailles des échantillons testés, se poursuit activement. Dans l'objectif de s'ouvrir en 2028 aux utilisateurs, scientifiques et industriels.

La visite, organisée par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), contributeur majeur de l'installation par la fourniture d'équipements, impressionne. Des tunnels interminables se hérissent de canalisations bis-cornues et bruisantes, pour assurer le refroidissement à l'hélium liquide et le vide dans l'accélérateur linéaire. Des halls gigantesques sont jonchés d'énormes blocs de Tétris imbriqués, pour isoler la quinzaine de faisceaux de neutrons issus de la cible rotative émettrice. Elle est désormais enserrée dans un épais cocon de béton, pour confiner les rayonnements qui résulteront de son bombardement. En bout de course, les quinze instruments, où les propriétés des échantillons seront révélées par les neutrons, assemblent leurs détecteurs : c'est en effet en mesurant leur diffusion dans la matière que l'on pourra déduire la composition et le comportement de celle-ci.

« Libérer les neutrons de la cage »

Le premier faisceau de protons devrait toucher sa cible de tungstène « le 4 juillet 2025, si l'on a de la chance », selon Kevin Jones, directeur technique de l'ESS. Ce choix de date – jour anniversaire de l'indépendance des Etats-Unis – fait sourire cet Américain. Si l'ESS est un ERIC, un « consortium pour une infrastructure européenne de recherche », hébergé par deux pays hôtes – la Suède et le Danemark –, construit par treize nations du Vieux Continent, grâce aux contributions d'une centaine de laboratoires, il mobilise le savoir-faire de « 550 employés de soixante nationalités », rappelle l'Allemand Helmut Schober, le directeur général de l'ESS. « Notre mission est en principe relativement simple : construire et exploiter la source de neutrons la plus puissante du monde, pour aider à faire des percées dans la recherche sur les matériaux », explique-t-il.

Qu'il s'agisse de mesurer l'usure de roulements d'éolienne, de turbines d'avion ou de roues de train, d'étudier la dégradation des batteries au lithium, de repérer des fissurations dans l'acier des réacteurs nucléaires, d'étudier le stockage de l'in-

formation quantique, de visualiser l'absorption de l'eau par une plante ou d'identifier les charges électriques qui commandent le repliement d'une enzyme pour concevoir des médicaments, les neutrons sont incontournables.

La différence – ou complémentarité – avec les rayons X, notamment exploités à Lund sur le synchrotron MAX IV, avant-dernière station du tramway ? « Les neutrons interagissent beaucoup moins avec la matière, ce qui est précieux pour les mesures non destructives », explique Marie-Hélène Mathon, responsable des infrastructures de recherche en sciences de la matière du CEA et représentante française au conseil d'ESS. « Ils sont très puissants pour voir les atomes légers, comme l'hydrogène. Ce sont les seules particules capables de différencier les isotopes, comme l'hydrogène et de deutérium. Enfin, ils portent un spin 1/2, une propriété quantique qui en fait un outil extraordinaire pour regarder le magnétisme. »

Chacun d'entre nous, comme le reste de la matière, est constitué de 40 % de neutrons qui, avec les protons, forment le noyau des atomes. « Mais ils adorent être associés », rappelle M. Schober. Notre tâche est de libérer les neutrons de cette cage. Historiquement, cette libération s'est opérée dans des réacteurs nucléaires, lors de réactions en chaîne de fission, qui produisent trois neutrons en sortie pour un en entrée. C'est la technologie utilisée à Grenoble, à l'Institut inter-

national Laue-Langevin (ILL), depuis les années 1970, ou au CEA, à Saclay (Essonne), sur le réacteur Orphée, jusqu'à la fermeture de celui-ci, en 2019.

Mais la spallation nucléaire, mise en œuvre dès les années 1980, offre un meilleur rendement : pour un proton accéléré frappant une cible, « on peut libérer quinze neutrons », voire plus, souligne M^{me} Mathon. Autres avantages : pas besoin d'uranium de qualité militaire et la possibilité de stopper instantanément l'émission de neutrons.

Craintes françaises

Là où l'ESS se distingue, c'est par ses dimensions et sa puissance. Les protons, issus d'une source d'hydrogène ionisée, auront 600 mètres pour être accélérés à 96 % de la vitesse de la lumière. Le CEA a conçu une pièce essentielle de cette ligne : des cavités radiofréquence quadripolaires. Le faisceau initial de protons, dont la section fait la surface d'un ongle, va passer par cette sorte de filière, conçue pour le focaliser, le découper en paquets et l'accélérer par des impulsions électromagnétiques, explique Pierrick Hamel, ingénieur radiofréquence au CEA. « Comme une corde de guitare », il faut que le faisceau et la cavité dans laquelle il est accéléré soient précisément accordés.

Le même souci de précision est à l'œuvre dans les segments suivants, faits de cryomodules, cavités supraconductrices de trois familles qui concourent à l'accélération progressive des protons.

Autour de l'ESS, les métaphores musicales semblent naturellement fleurir, avec l'idée d'accorder de multiples instrumentistes au sein d'un vaste orchestre. Mais, en sourdine, s'entendent quelques lamentos. La France est la première contributrice en nature (125 millions d'euros de 2013, et près de 150 en financement direct), d'un projet dont le coût initial (1,8 milliard d'euros) pourrait doubler in fine, enchaînant certains acteurs à cet instrument unique.

Orphelin d'Orphée, le CEA redoute en particulier qu'après la fermeture de l'ILL grenoblois à l'horizon 2033, la communauté des « neutronistes » français (300 laboratoires, 1500 scientifiques) ne puisse accéder à suffisamment de temps d'étude. Et qu'il devienne impossible de répondre aux besoins « régaliens » (nucléaire, défense...), alors que les parcs américains et asiatiques, particulièrement chinois, montent en puissance. La parade proposée ? Le projet Icone. Un accélérateur de poche – 50 mètres de long, 150 millions d'euros. Si l'on décidait aujourd'hui de sa construction, ce que l'état des finances publiques ne laisse pas entrevoir, il pourrait ouvrir au début des années 2030, assure M^{me} Mathon. Parcourant des yeux l'immense ligne du faisceau ESS, elle ne peut s'empêcher de soupirer : « Tout cela, nous savons le fabriquer... » ■

HERVÉ MORIN



Une section de l'« European Spallation Source », en construction à Lund, le 26 avril. EMMANUEL DUNAND / AFP

Schizophrénie : former les proches réduit le risque suicidaire

PSYCHIATRIE - Selon une étude, le programme de psychoéducation des aidants Profamille a fait diminuer de moitié les passages à l'acte

C'est une évidence. S'occuper des proches de patients a un effet vertueux. Une étude vient de montrer qu'une intervention auprès des familles réduirait significativement le risque suicidaire des malades qui souffrent de schizophrénie. Cette maladie psychiatrique, dont les symptômes sont très variables – les plus impressionnants sont les délires et les hallucinations, mais les plus invalidants sont le retrait social et les difficultés cognitives –, touche environ 1 % de la population. « Une prise en charge adaptée, combinant traitements pharmacologiques et psychosociaux, permet d'obtenir une rémission durable chez un tiers des patients », souligne l'Inserm.

Cette nouvelle étude, publiée dans *Frontiers of Psychiatry* en avril, a porté sur 179 groupes

d'aidants familiaux en France, soit 1946 personnes au début du programme, un millier de personnes à la fin en raison des pertes de vue. La question « Est-ce que votre proche a fait une ou plusieurs tentatives de suicide durant les douze derniers mois ? » a été posée aux aidants juste avant de commencer le premier module et un an après. Les tentatives de suicide ont baissé de 7 % à 3 % dans les familles de personnes touchées par la schizophrénie qui suivaient le programme de psychoéducation Profamille.

Créée à la fin des années 1980 au Québec, cette approche cognitivo-comportementale comporte quatorze séances de quatre heures, chaque semaine ou deux fois par mois, et un module dit « de consolidation » de quatre séances sur deux ans. Le premier module de

quatorze séances permet notamment aux aidants de mieux connaître la maladie, les traitements, d'améliorer leur relation avec le proche malade, de l'aider, de mieux gérer les émotions. Le second module vise à approfondir les apprentissages.

« Cette réduction du risque suicidaire a été également observée chez ceux qui ne prennent pas ou peu le traitement », souligne le psychiatre Yann Hodé, président de l'Association francophone de psychoéducation des familles Profamille, qui a coordonné l'étude.

Prévenir les rechutes

Comment expliquer ces résultats ? « Le niveau d'émotions exprimées par les familles figure parmi les facteurs qui contribuent au surrisque suicidaire », poursuit-il. Autrement dit, « plus elles sont déprimées et

fatiguées, moins elles arrivent à aider le malade, et moins elles apprennent du programme ».

« Avec les améliorations récentes du programme, on pense qu'on pourrait à terme supprimer le surrisque suicidaire dans la schizophrénie », observe Yann Hodé. Un enjeu majeur tant sur le plan humain que sur celui de la santé publique. La maladie cause beaucoup de souffrances. Environ la moitié des patients font au moins une tentative de suicide au cours de leur vie. Ainsi, « ne pas proposer la psychoéducation familiale dans la schizophrénie et les troubles associés peut représenter une perte de chance pour les patients », conclut l'étude.

Une précédente étude pilotée par Yann Hodé, réalisée auprès de treize groupes de familles de malades suivies en Alsace de 2017 à 2023

par Profamille, a montré que le nombre de jours d'hospitalisation a été divisé par quatre.

Plus largement, une méta-analyse publiée dans la revue *The Lancet* en 2022 a conclu que « presque tous les modèles d'intervention familiale ont été efficaces pour prévenir les rechutes dans la schizophrénie ». « Des études ont montré l'intérêt de travailler avec les aidants pour diminuer le risque d'hospitalisation, réduire la dépression des aidants... et confirmer l'intérêt d'agir le plus précocement possible », explique Sylvie Magaud et Camille Collinet, infirmières à l'unité des aidants du pôle Centre rive gauche du Centre hospitalier Le Vinatier (Lyon) dirigé par Nicolas Franck. Elles ont recours, entre autres, à BREF, un programme de trois séances et un appel téléphonique à trois mois. Créé en colla-

boration avec l'Union nationale des familles et amis de personnes malades et/ou handicapées psychiques (Unafam), BREF est aussi déployé sur tout le territoire.

« Les recommandations internationales récentes stipulent que les interventions de psychoéducation à destination des aidants sont des soins efficaces et devraient être proposées précocement et systématiquement à tous les aidants en psychiatrie », indiquait le psychiatre Romain Rey, porteur de ce projet au Centre hospitalier Le Vinatier, lors du Congrès de l'encéphale de janvier 2020. « La littérature rapporte d'ailleurs qu'en termes de prévention de la rechute, la psychoéducation familiale est l'intervention la plus efficace après les traitements médicamenteux », poursuit Romain Rey. ■

PASCALLE SANTI