

démonstration à grande échelle adaptée aux centrales électriques», déclare Chris Mowry, directeur général de General Fusion. À moins que ses concurrents ne le devancent.

Conçue par l'architecte britannique Amanda Levete, la centrale prototype de General Fusion illustre bien la façon dont la recherche sur la fusion est passée de projets pharaoniques financés par les États ou la communauté internationale à des projets à plus petite échelle menés par des entreprises privées – avec tout de même souvent avec un soutien public (General Fusion recevra par exemple des financements du gouvernement britannique, mais n'en a pas révélé le montant).

À cet égard, les partisans de la fusion nucléaire estiment que le domaine présente de nombreux parallèles avec l'industrie spatiale. Autrefois confinée aux agences gouvernementales, elle bénéficie aujourd'hui du dynamisme et de l'imagination d'entreprises privées audacieuses. «C'est "le moment Space X" pour la fusion», résume Chris Mowry, en faisant référence à l'entreprise de lanceurs spatiaux d'Elon Musk.

«L'ambiance a clairement changé», déclare Thomas Klinger, spécialiste de la fusion à l'institut Max-Planck de physique des plasmas (IPP) de Greifswald, en Allemagne. «Nous pouvons sentir que nous nous rapprochons», ajoute-t-il. Les investisseurs commencent à entrevoir une perspective de rendement: Google et la banque d'investissement Goldman Sachs font par exemple partie des financeurs de l'entreprise californienne spécialisée dans la fusion TAE Technologies, qui a levé environ 880 millions de dollars (770 millions d'euros). «Les entreprises privées commencent à mettre sur pied des projets à la hauteur de ce que seuls les États pouvaient réaliser jusqu'ici», déclare Bob Mumgaard, directeur général de la société Commonwealth

L'entreprise General Fusion prévoit de construire une centrale de démonstration dès l'année prochaine au Royaume-Uni, à Culham – où réside le centre de recherche britannique sur la fusion. Vue d'artiste.



Fusion Systems (CFS), située à Cambridge, dans le Massachusetts, aux États-Unis.

Et tout comme les voyages spatiaux privés sont en train de se concrétiser, de nombreux spécialistes de l'industrie prévoient que le même modèle économique donnera naissance à la fusion nucléaire commerciale d'ici à une décennie. «Il y a de très bonnes chances d'y arriver en moins de dix ans», estime Michl Binderbauer, directeur général de TAE Technologies. Dans le rapport de la FIA, une majorité des acteurs interrogés pensent que la fusion alimentera un réseau électrique quelque part dans le monde dans les années 2030.

Cependant, plusieurs spécialistes de la fusion nucléaire qui ne travaillent pas pour ces entreprises privées estiment que, bien que les perspectives soient indéniablement excitantes, atteindre la commercialisation aussi rapidement est trop optimiste. «Les entreprises privées disent que cela fonctionnera dans dix ans, mais ce sont juste de belles promesses pour attirer les investisseurs», juge Tony Donné, directeur du programme du consortium Eurofusion, qui regroupe les instituts de recherche sur la fusion de l'Union européenne. «Ces entreprises affirment depuis toujours être à une dizaine d'années d'un réacteur à fusion fonctionnel, et c'est ce qu'elles font encore aujourd'hui.»

UN RÊVE VIEUX DE SOIXANTE-DIX ANS

Selon Melanie Windridge, physicienne des plasmas, directrice de la communication de la FIA au Royaume-Uni et consultante en communication pour Tokamak Energy, les calendriers annoncés par les entreprises doivent être considérés non pas tant comme des promesses que comme des objectifs motivants. «Je pense que des objectifs audacieux sont nécessaires», dit-elle. Ian Chapman, directeur général de l'Autorité britannique de l'énergie atomique (UKAEA), ajoute que le soutien de l'État sera probablement nécessaire pour construire une centrale à fusion qui alimente réellement le réseau en électricité.

Mais qu'elle provienne de petites entreprises privées, de grands projets nationaux ou internationaux, ou des deux, une technologie de fusion nucléaire exploitable semble enfin se profiler à l'horizon. «Je suis convaincu que cela va se réaliser», déclare Ian Chapman. Chris Kelsall, directeur général de Tokamak Energy, partage cet avis. «Tôt ou tard, le problème va être résolu, et ça va tout changer.»

Selon Thomas Klinger, la fusion nucléaire, à l'origine de l'énergie des étoiles, est «la seule source d'énergie primaire dans l'Univers que nous n'ayons pas encore exploitée.» Depuis que ces réactions de fusion ont été reproduites dans les années 1950 dans les bombes à hydrogène, les scientifiques rêvent de les contrôler pour produire de l'énergie.

Les centrales nucléaires existantes exploitent la fission, c'est-à-dire la désintégration d'atomes lourds comme l'uranium en éléments plus légers, qui dégage de l'énergie. Dans la fusion, ce sont au contraire des noyaux très légers, généralement des isotopes de l'hydrogène, qui s'assemblent pour former des atomes plus lourds, en dégageant une grande énergie. Cela ne peut se produire qu'à des températures et des pressions très élevées.

La plupart des tentatives pour exploiter la fusion dans des réacteurs consistent à chauffer du deutérium (D ou ^2H) et du tritium (T ou ^3H) – des isotopes de l'hydrogène comportant un proton et respectivement un et deux neutrons – jusqu'à ce qu'ils forment un plasma – un état de la matière constitué d'atomes ionisés et d'autres particules chargées – puis fusionnent en atomes d'hélium (He). Pour ces isotopes, la fusion s'amorce à des températures et des densités plus faibles que pour l'hydrogène normal.

Contrairement à la fission, la fusion ne produit pas en elle-même de déchets radioactifs à vie longue (seuls les neutrons libérés par la réaction peuvent éventuellement être capturés par les matériaux du réacteur et les rendre radioactifs). Elle est également plus sûre que la fission, car elle s'arrête spontanément si le plasma redescend en dessous des seuils critiques de température ou de densité.

Cependant, ce qui rend la fusion nucléaire si compliquée à contrôler, c'est la difficulté à contenir un plasma chargé électriquement à une température d'environ 100 millions de kelvins – bien plus chaude que le centre du Soleil – pour que la fusion puisse se dérouler. En général, les physiciens utilisent des champs magnétiques pour confiner et faire léviter le plasma à l'intérieur du réacteur. Mais les instabilités dans ce fluide chargé rendent son confinement très difficile. Jusqu'à présent, on n'a jamais réussi à maintenir une réaction de fusion suffisamment longtemps pour en extraire plus d'énergie qu'on en avait injecté pour la déclencher.

Il s'agit nécessairement d'expériences de grande envergure et, jusqu'à récemment, seuls les projets publics pouvaient rassembler les ressources nécessaires. L'ampleur de cette entreprise se reflète aujourd'hui dans le plus grand projet de réacteur à fusion du monde: *Iter* (pour Réacteur thermonucléaire expérimental international). Ce réacteur en cours de construction sur le site de Cadarache, dans les Bouches-du-Rhône, est financé par trente-cinq pays, dont la Chine, les membres de l'Union européenne, les États-Unis, la Russie, la Corée du Sud et le Japon. Son coût s'élève à au moins 20 milliards d'euros.

Bien que les premiers essais d'*Iter* aient été initialement prévus pour 2025, la fusion D-T complète n'est pas programmée pour avant 2035. L'objectif final est d'extraire en continu du réacteur une puissance de 500 mégawatts (MW)

Promesses d'avenir

Les entreprises privées font des promesses pour le moins audacieuses sur une possible commercialisation de leurs réacteurs à fusion au cours des années 2030.

