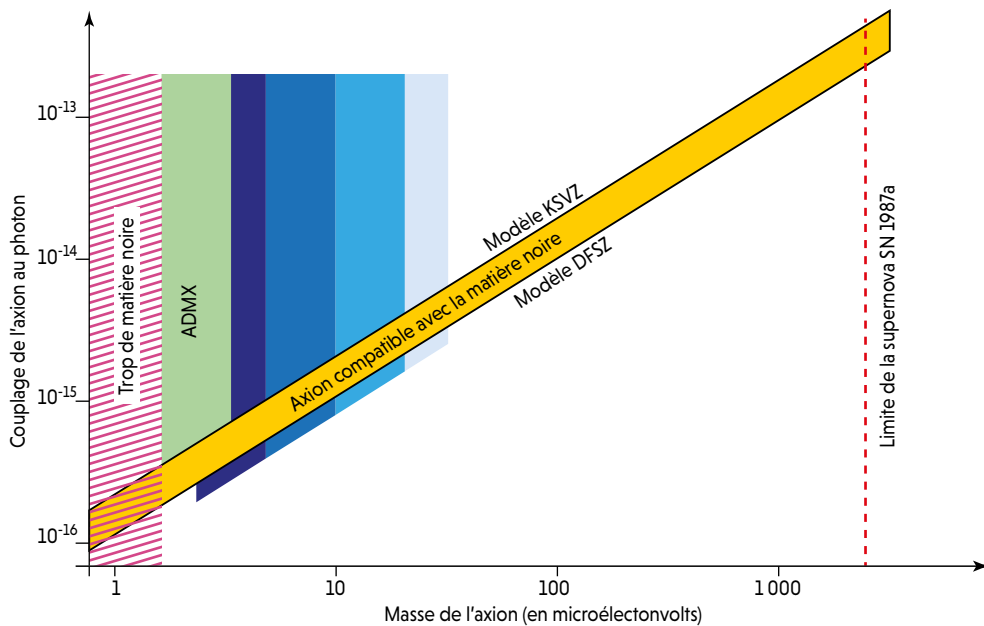




Dans leur recherche des axions, les physiciens synthétisent les diverses contraintes dans des graphiques représentant le couplage de l'axion au photon en fonction de la masse de l'axion. La zone colorée en jaune correspond aux conditions pour lesquelles l'axion est un bon candidat au titre de matière noire. Si la masse de l'axion est très faible, trop de ces particules sont produites durant le Big Bang et on obtient trop de matière noire. Au-delà de 1000 microélectronvolts, certaines observations astrophysiques, sur les supernovæ (en particulier celle de 1987, notée SN 1987a), restreignent aussi les caractéristiques de l'axion. L'expérience ADMX a déjà commencé à explorer une partie des masses possibles pour l'axion (en vert). Les futures améliorations permettront d'aller plus loin (dégradé de bleus).

> Pendant ce temps, nous avons continué à avancer dans la quête d'un amplificateur qui serait sensible au minuscule signal attendu des axions. C'est à cette époque que j'ai assisté à une présentation de John Clarke, un spécialiste des dispositifs quantiques à l'université de Californie à Berkeley. Il travaillait sur des magnétomètres ultrasensibles, les squids (acronyme de *Superconducting Quantum-Interference Devices*), qui utilisent l'effet tunnel (un phénomène quantique par lequel une particule peut franchir une barrière de potentiel) et la supraconductivité (dans un matériau supraconducteur, la résistance électrique est nulle et le courant circule sans pertes). Si un photon passe à proximité d'un squid, son faible champ magnétique perturbe l'effet tunnel du détecteur de façon mesurable. Ces dispositifs sont extrêmement sensibles, mais ils n'existaient pas encore pour les signaux microondes. Grâce à une géométrie astucieuse, John Clarke a alors développé des squids dédiés à cette application.

C'était prometteur, mais il restait des obstacles. Les minuscules champs magnétiques du squid allaient être perdus dans le champ plus intense régnant au sein de la cavité. Le département américain de l'Énergie, lors d'une évaluation de notre expérience, a souligné que l'utilisation des squids était «à haut risque». Mes collaborateurs et moi avons décidé de diviser ADMX en deux phases : la «phase 1a» démontrerait que les squids fonctionnent correctement dans le fort champ magnétique de l'expérience. Une «phase 1b» ultérieure ajouterait alors le réfrigérateur à dilution dont nous avons besoin pour atteindre les basses températures requises.

Nous avons lancé la phase 1a en développant un système qui protège le squid du champ

énorme régnant dans la cavité. Pour ce faire, nous avons utilisé une série de boucliers gigognes et d'aimants entourant le squid, destinée à annuler (ou «compenser») le champ magnétique principal. Au milieu des années 2000, nous avons démontré que le système fonctionnait, et nous avons commencé à travailler sur le réfrigérateur à dilution, le principal élément nécessaire pour la phase 1b.

L'EXPÉRIENCE ARRIVE À MATURITÉ

Le département américain de l'Énergie et la Fondation américaine pour la science (NSF) ont mené une vaste réflexion sur le développement de détecteurs de matière noire dits de deuxième génération et notés «Gen 2» ayant des sensibilités améliorées par rapport à celles des expériences existantes. La plupart des projets qu'ils avaient en tête visaient les wimps, mais ils s'intéressaient aussi aux axions. Nos plans pour la phase 1b d'ADMX s'inséraient étroitement dans ce programme, et c'est ainsi que *ADMX Gen 2* est née.

L'expérience a été déplacée à l'université de Washington, à Seattle, sur un site plus moderne. Ainsi, *ADMX Gen 2* est entrée en service en 2016 et devrait durer jusqu'en 2021. Elle intègre le réfrigérateur à dilution qui, en diminuant le bruit, nous a fait gagner en sensibilité. Elle a plus que doublé le taux d'acquisition de données et l'ajout de nouveaux éléments a aussi contribué à améliorer la sensibilité de l'expérience. Le dispositif est en passe d'effectuer une recherche des axions pour des masses comprises entre 1 et 40 microélectronvolts.

En 2018, ADMX a publié un résultat intéressant. Jusque-là, l'expérience était capable d'exclure des axions de quelques microélectronvolts, mais elle n'était sensible qu'à des