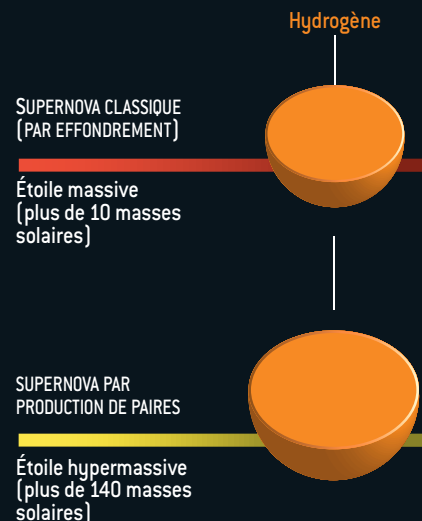
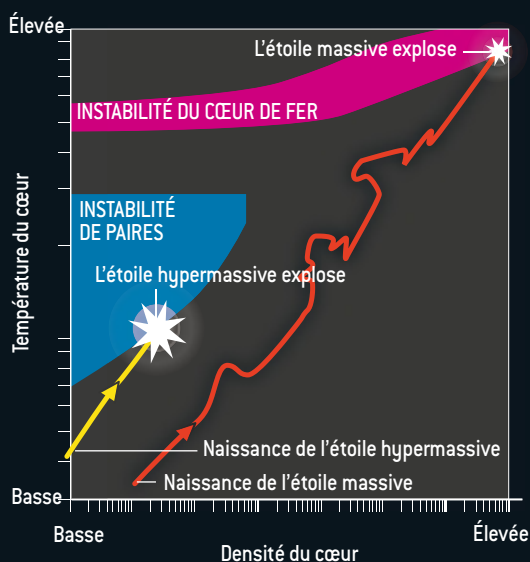


COMMENT MEURENT LES ÉTOILES MASSIVES

Ce sont les réactions de fusion nucléaire dans leur cœur qui font briller les étoiles. À mesure qu'une étoile vieillit, son cœur devient plus chaud et plus dense (*ci-contre*) et produit des éléments de plus en plus lourds, qui forment des couches en pelure d'oignon (*à droite*). Une étoile assez massive, par exemple de 20 masses solaires (*traits rouges*), finit par avoir un cœur assez dense pour s'effondrer, ce qui entraîne l'explosion du reste de l'étoile. Mais dans une étoile hypermassive, de 140 masses solaires ou plus (*en jaune*), avant que le cœur ne devienne trop dense, la conversion de photons en paires électron-positron entraîne une réaction de fusion explosive qui désintègre entièrement l'étoile dans une déflagration colossale.



Dans une supernova par production de paires, l'essentiel de la luminosité ne devrait pas provenir de l'explosion elle-même, mais de la décroissance radioactive du nickel 56 et des autres isotopes créés durant l'explosion. La radioactivité est un processus bien connu, et les désintégrations des différents éléments se produisent à un rythme prédictible.

Mais SN2006gy, après avoir brillé pendant de nombreux mois, s'est éteinte brusquement, de façon incompatible avec une émission majoritairement d'origine radioactive. En fin de compte, SN2006gy n'était probablement pas une supernova par production de paires, et la première hypothèse, celle de l'onde de choc, s'est imposée. Néanmoins, ce coup manqué avait éveillé ma vigilance à l'égard des signatures de supernovae par production de paires.

Quelques mois plus tard, en 2007, Peter Nugent, du Laboratoire national Lawrence Livermore de Berkeley, avec qui je venais de commencer un « tour de chauffe » pour un vaste programme de recherche de supernovae, m'envoya un spectre totalement inhabituel, provenant d'une supernova nommée SN 2007bi.

Les raies d'absorption et d'émission des différents éléments, visibles à des longueurs d'onde spécifiques dans le spectre d'une source astronomique, nous renseignent sur la composition chimique

de celle-ci (plus précisément, du matériau qui émet la lumière). Le spectre de la supernova SN 2007bi suggérait que les différents éléments étaient présents dans des proportions inhabituelles et que l'objet était extrêmement chaud.

Une supernova qui refuse de s'éteindre

J'ai continué à suivre l'évolution de cette supernova. Elle était environ dix fois plus lumineuse qu'une supernova ordinaire, et la luminosité décroissait très lentement. Cette source refusait tout simplement de s'éteindre, et les jours devenaient des semaines, puis des mois. J'étais convaincu que c'était enfin un exemple de supernova par production de paires. Mais il me fallait davantage de données pour étayer cette interprétation.

Tout au long de 2007 et de 2008, avec plusieurs collaborateurs, nous avons continué à observer SN 2007bi à l'aide des télescopes de l'Observatoire du mont Palomar. La supernova mit plus d'un an avant de s'éteindre enfin. J'ai alors demandé à mes collègues de Caltech Richard Ellis et Shrinivas Kulkarni de l'observer avec les télescopes du Keck.

En août 2008, après que j'ai intégré l'Institut Weizmann, en Israël, S. Kulkarni et son étudiant en thèse Mansi Kasliwal m'ont envoyé le dernier spectre en date de

SN 2007bi. Une première analyse a révélé un résultat stupéfiant : cette explosion avait synthétisé une quantité de nickel 56 équivalente à cinq à sept fois la masse du Soleil ! C'était dix fois plus que ce qu'on avait jamais vu auparavant, et cela correspondait exactement à ce que l'on attendrait d'une explosion de supernova par production de paires.

Fin 2008, je me suis rendu à l'Institut Max Planck d'astrophysique de Garching, en Allemagne, pour travailler avec Paolo Mazzali, un spécialiste de l'analyse des spectres de supernovae qui pourrait vérifier les résultats de mes analyses approximatives. P. Mazzali détenait aussi des spectres obtenus avec le très grand télescope VLT de l'Observatoire européen austral, au Chili. Après de longs calculs, l'analyse de P. Mazzali livra des résultats cohérents avec les miens : plusieurs masses solaires de nickel 56 avaient été synthétisées, et l'abondance relative des éléments correspondait aux prédictions des modèles de production de paires.

Bien qu'assez confiant dans le fait d'avoir identifié une supernova par production de paires, j'ai ensuite mis les données de côté pendant quelques mois pour me repencher sur la supernova à l'origine de tout cela : SN 2005gl. Quand nous avons trouvé fin 2005 ce que nous pensions être son précurseur, nous ne pouvions pas affirmer qu'il s'agissait d'une étoile unique plutôt que d'un groupe d'étoi-