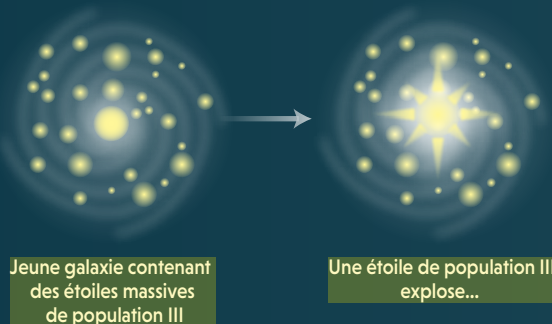


COMMENT SONT NÉS LES TROUS NOIRS SUPERMASSIFS

Dans le schéma classique, la formation des trous noirs supermassifs (en haut) commence avec la mort des premières étoiles. Mais ce scénario ne semble pas pouvoir expliquer l'énorme masse des trous noirs sis au cœur des quasars les plus anciens. Des astrophysiciens ont proposé une nouvelle idée : ces trous noirs naîtraient de l'effondrement direct de nuages de gaz (en bas).

SCÉNARIO CLASSIQUE

Lorsque les premières étoiles (population III) ont épuisé leur carburant nucléaire, elles ont explosé en supernova, laissant derrière elles des trous noirs. En absorbant rapidement le gaz et les étoiles environnantes, ces trous noirs sont devenus beaucoup plus massifs.



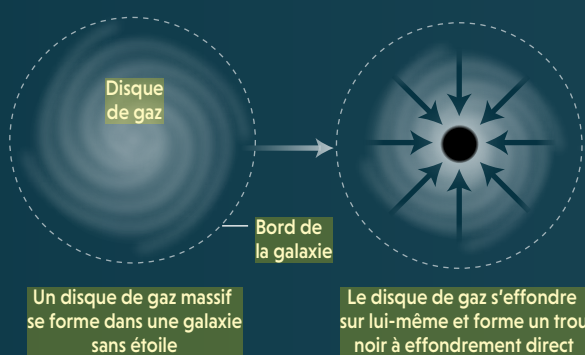
Big Bang

~ 180 millions d'années

~ 270 millions d'années

SCÉNARIO À EFFONDEMENT DIRECT

Si, dans une protogalaxie, la formation des étoiles est bloquée, tout le gaz pourrait s'effondrer vers le centre du disque et produire un trou noir. En entrant ensuite en collision avec une galaxie voisine, le trou noir grossirait très vite par absorption du gaz et des étoiles de cette galaxie. On obtiendrait une « galaxie à trou noir obèse », qui serait détectable par les télescopes.



> trous noirs à effondrement direct se sont formés dans des galaxies satellites de galaxies plus grandes. Une fusion galactique fournirait au trou noir graine une nouvelle source de gaz à engloutir, entretenant sa croissance. Il devrait alors se transformer rapidement en un quasar qui brille plus que toutes les étoiles de sa galaxie.

Ces trous noirs ne seraient pas seulement plus brillants que l'ensemble des étoiles environnantes, ils seraient aussi plus lourds – ce qui n'est en général pas le cas. Le plus souvent, les étoiles d'une galaxie pèsent au total plus que le trou noir central, d'un facteur 1000 environ. Mais lors de la fusion avec la galaxie parent, la masse du trou noir en pleine croissance dépasse rapidement celle des étoiles. La galaxie est alors qualifiée de galaxie à trou noir obèse. Et une telle structure devrait présenter un spectre électromagnétique particulier, notamment dans l'infrarouge, entre 1 et 30 micromètres de longueur d'onde. Or les instruments MIRI (*Mid-Infrared Instrument*) et NIRCам (*Near-Infrared Camera*) du télescope spatial *James-Webb* sont très sensibles à ces longueurs d'onde.

Ce télescope sera l'instrument le plus puissant que les astronomes auront jamais eu pour plonger leur regard dans la jeunesse de l'Univers. Si le télescope détecte des galaxies à trou noir obèse, ce serait un indice fort en faveur de

la théorie des trous noirs à effondrement direct. À l'inverse, les trous noirs graines, nés de la mort d'étoiles, seront bien trop pâles pour être visibles par le télescope *James-Webb*, ou n'importe quel autre.

D'autres types d'observations pourraient aussi fournir des indices en faveur de notre théorie. Dans les rares cas où la galaxie parent hébergerait un trou noir central, les deux trous noirs entreraient en collision en libérant d'importantes ondes gravitationnelles. Le futur interféromètre spatial *Lisa*, des agences spatiales européenne (l'ESA) et américaine (la Nasa), prévu pour les années 2030, devrait être en mesure de détecter un tel événement.

UN PORTRAIT PLUS PRÉCIS

Il est tout à fait possible que les scénarios des trous noirs à effondrement direct et les graines nourries à un rythme super-Eddington aient tous les deux coexisté dans l'Univers primordial. La question serait alors : lequel des deux a produit la majorité des quasars les plus anciens observés par les astronomes ? Résoudre cette énigme fera plus que préciser la chronologie de l'Univers jeune. Les astronomes auront aussi une meilleure compréhension de l'évolution des galaxies, car les trous noirs supermassifs y jouent un rôle important.