

Mardi 22 janvier 2019

**Les étoiles ont-elles un brillant avenir ?
Ou, l'art de recycler les déchets cosmiques.**

Communication de Joseph REMILLIEUX

Il devient possible aujourd'hui de faire quelques estimations sur la nature des objets et sources d'énergie qui illumineront sans doute le ciel, dans un lointain, ... et même très lointain, avenir, à partir, d'une part, du *Modèle Standard* de la physique des particules et des noyaux d'atomes (théorie quantique des champs) et, d'autre part, de la théorie de la relativité générale d'*Albert Einstein*, lorsqu'il s'agit de décrire les interactions gravitationnelles, aux différentes échelles du Cosmos.

L'exposé commencera par une revue des différents objets du ciel actuel : ceux qui sont visibles, tels que planètes, étoiles et galaxies, et ceux qui sont invisibles, ou très difficiles à détecter, tels que neutrinos, matière noire et trous noirs.

À chaque étape de sa vie, l'avenir d'une étoile est très largement déterminé par sa masse. Une *naine brune* par exemple, restera toute sa vie obscure, car elle est née trop légère pour réussir à atteindre la température de fusion de son hydrogène. Par ailleurs, toutes les autres étoiles, à l'issue de la combustion totale de leur réserve d'hydrogène, subissent un effondrement : les moins massives, les *naines rouges*, vont se refroidir en *naines blanches*, tandis que les plus massives, les *géantes rouges* (le Soleil), vont réussir à brûler leurs cendres, par fusions successives, de l'Hélium au Fer, avant de se refroidir en *naines blanches* ; quant aux très massives *supergéantes rouges*, elles s'effondrent en *supernovæ*, qui vont exploser et produire des *étoiles à neutrons* et/ou des *trous noirs*, qui sont des astres aux structures quantiques extrêmes.

Les étoiles ont, par ailleurs, une vie sociale à trois niveaux : le premier, très local, avec leurs planètes (si elles en ont), le second, assez local, avec leur étoile sœur (si ce sont des *étoiles binaires*), et le troisième, très lointain, avec leur galaxie et leur amas de galaxies. L'expansion de l'Univers perturbe peu les relations locales de l'étoile, mais elle a un rôle très dissociatif sur toutes les interactions à très grandes distances, par exemple celles entre les groupes de galaxies. On peut, en particulier, estimer le temps qu'il faudra pour que l'expansion chasse de notre ciel toutes les étoiles ... sauf celles de notre *Groupe Local* de galaxies.

Nous présenterons enfin, sous forme d'un drame en trois actes, un scénario possible pour la fin de vie de notre Univers. L'*Acte I*, décrit l'époque brillante que nous sommes en train de vivre, avec des étoiles surchauffées par leurs fusions nucléaires. Cette époque se terminera dans environ mille milliards d'années, quand plus aucune étoile ne pourra naître et que toutes les vieilles étoiles seront en pénurie de carburant. À l'ouverture du rideau de l'*Acte II*, la scène est bien sûr très sombre, cependant, ici et là, s'allument de petites lueurs, aux sites des très rares collisions entre deux résidus d'étoiles. On assiste aussi à la dislocation des structures galactiques et à la lente désintégration non seulement de la matière noire, mais aussi des protons. Cet acte pourrait durer environ 10^{33} années. Que restera-t-il pour animer la scène de l'*Acte III* ? Les trous noirs, bien sûr, car, d'après un processus quantique imaginé par *Stephen Hawking*, ils devraient eux aussi pouvoir rayonner, avec une perte de masse associée, d'autant plus lente qu'ils sont plus massifs. Le rideau tombe enfin, au bout d'un temps, plus ou moins arbitraire, de 10^{100} ans, car, au-delà, il n'y aurait plus sur scène que de la poussière, plus que des particules... en fait les premiers acteurs de l'Univers primordial !