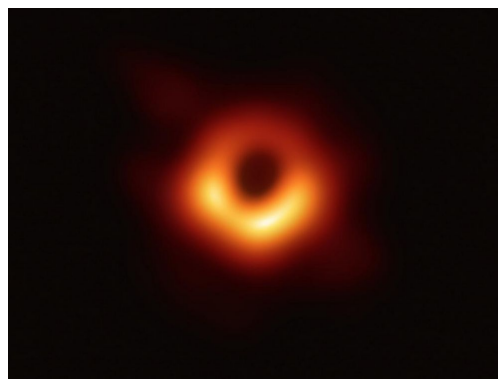
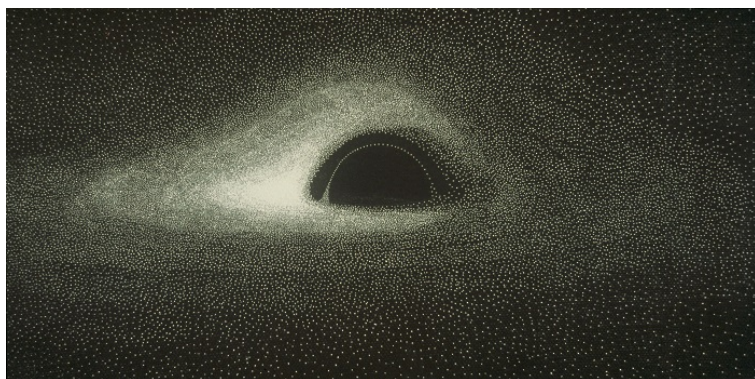


## Défi astrophysique – Spaghettification



L'existence des trous noirs a été postulée il y a près d'un siècle suite aux travaux d'Einstein sur la théorie de la relativité générale. Cette hypothèse a été source de nombreux débats dans la communauté scientifique et elle n'a pu être vérifiée que récemment : pour des objets astronomiques, ils sont très petits et ils n'émettent pas de lumière. Ils ont donc longtemps échappé à nos détecteurs, aussi perfectionnés soient-ils.

L'image ci-dessus est une vue d'artiste de deux trous noirs, quelques instants avant qu'ils ne fusionnent, le 14 septembre 2015. Ci-dessous, à gauche, on voit le résultat d'une simulation réalisée par Jean-Pierre Luminet en 1978 : c'est la première représentation réaliste d'un trou noir. À droite, il s'agit de la première photographie d'un trou noir, réalisée en 2019.



Au voisinage d'un trou noir, des phénomènes étranges se produisent. La **spaghettification**, aussi appelée « **effet nouille** » est l'un de ces phénomènes.

### Approche « naïve » de la spaghettification

Imaginons qu'un astronaute aventureux s'approche de la « surface » d'un trou noir, les pieds dirigés vers le centre du trou noir.<sup>1</sup> On suppose que les pieds de l'astronaute sont au niveau de la surface du trou noir.

#### Données

Constante gravitationnelle	$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$
Masse du Soleil	$M_{\odot} = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$
Masse du trou noir	$M = 60 \times M_{\odot}$
Rayon du trou noir	$r = 177 \text{ km}$
Masse des pieds d'un astronaute	$m = 5 \text{ kg}$
Masse de la tête d'un astronaute	$m = 5 \text{ kg}$
Taille d'un astronaute	$h = 1,80 \text{ m}$

1. On parle plutôt de l'horizon des événements d'un trou noir.

Pour les applications numériques, on peut utiliser la calculatrice évidemment, mais aussi python en allant sur <https://www.lelivrescolaire.fr/outils/console-python>.

1. Sans soucis d'échelle, faire un schéma.
2. Calculer la force d'attraction gravitationnelle exercée par le trou noir sur les pieds de l'astronaute.
3. De même, calculer la force d'attraction gravitationnelle exercée par le trou noir sur la tête de l'astronaute.
4. Commenter les résultats obtenus et proposer une interprétation à la spaghettification.

Pour aller plus loin, la vidéo de l'excellent David Louapre : <https://youtu.be/TdnER8Aeldw>.

**Remarque :** Il s'agit bien ici d'une approche naïve du phénomène : les trous noirs sont des objets atypiques qui ne sont pas bien décrits par la physique classique. En particulier, très proche du trou noir, le modèle de la force d'attraction gravitationnelle vu en cours n'est plus valide, même s'il donne ici une bonne idée du phénomène. Il faut utiliser des modèles plus élaborés pour obtenir des résultats fiables. Mais ça, c'est le domaine de la relativité générale...