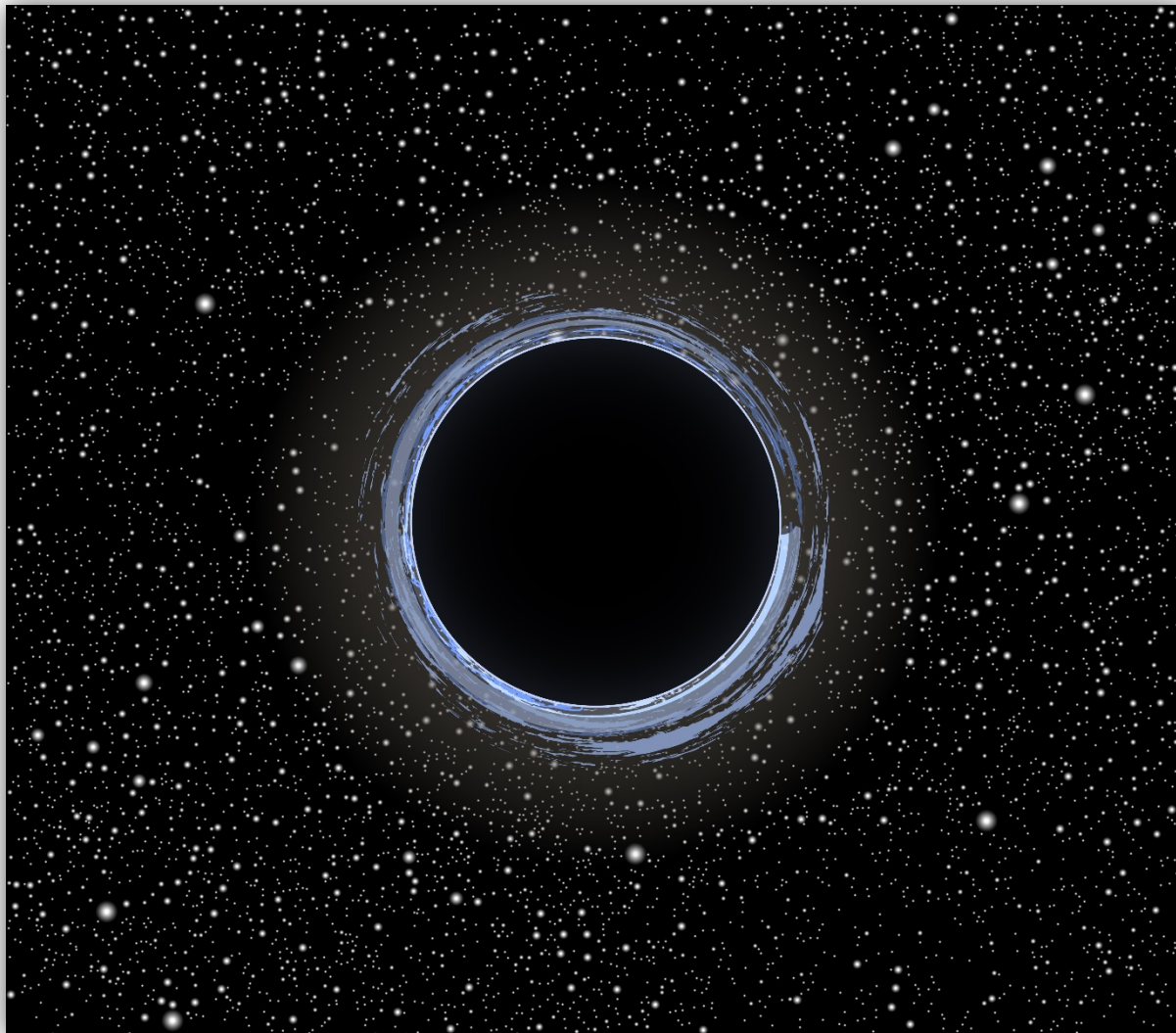


QUÉBEC SCIENCE AU SECONDAIRE

DOCUMENT PÉDAGOGIQUE



SORTIR LES TROUS NOIRS DE L'OMBRE

GUIDE DE L'ENSEIGNANT

Durée	Clientèle visée	Article lié
75 minutes	Les élèves de première année du deuxième cycle. Science et technologie (ST) et applications technologiques et scientifiques (ATS)	« Sortir les trous noirs de l'ombre » (Magazine Québec Science, volume 57, numéro 6, mars 2019, page 17 à 23), rédigé par la journaliste Marine Corniou

OBJECTIFS

Québec Science au secondaire propose des documents pédagogiques afin d'arrimer le programme de formation de l'école québécoise (PFEQ) à l'actualité scientifique. Vous pourrez donc ainsi discuter d'enjeux de société et de nouvelles découvertes, tout en suivant la progression des apprentissages.

L'équipe de Québec Science espère de tout cœur que ces documents vous seront utiles.

CONCEPTS ABORDÉS

Selon la progression des apprentissages

Univers Terre et espace

C. Phénomènes astronomiques

1. Notions d'astronomies
 - a. Gravitation universelle
 - i. Définir la gravitation comme étant une force d'attraction mutuelle qui s'exerce entre les corps
 - c. Lumière
 - i. Définir la lumière comme étant une forme d'énergie rayonnante
 - ii. Décrire les propriétés de la lumière : propagation en ligne droite, réflexion diffuse par des surfaces
 - iii. Expliquer divers phénomènes à l'aide des propriétés de la lumière.
3. L'Univers
 - a. Échelle de l'Univers
 - i. Unité astronomique
 - Définir l'unité astronomique comme étant une unité de longueur correspondant à la distance moyenne de la Terre au Soleil
 - ii. Année-lumière
 - Définir l'année-lumière comme étant une unité de longueur correspondant à la distance parcourue par la lumière en une année terrestre
 - iii. Situation de la Terre dans l'univers
 - Comparer les distances relatives de divers corps célestes (ex. étoiles, nébuleuses, galaxies)

Univers matériel

B. Transformations

5. Transformations de l'énergie
 - a. Formes d'énergie
 - i. Décrire les formes d'énergie chimique, thermique, mécanique et rayonnante
 - ii. Identifier les formes d'énergie en cause lors d'une transformation de l'énergie (ex. : d'électrique à thermique dans un grille-pain, d'électrique à rayonnante dans une lampe infrarouge)

RÉSUMÉ DE L'ARTICLE

Les trous noirs inspirent l'imagination des humains depuis plusieurs décennies. Ces astres ultras denses vont même jusqu'à courber la lumière, au point que rien ne peut être observé au-delà de l'horizon des événements.

Une équipe internationale de chercheurs est sur le point d'observer Sagittarius A*, le trou noir situé au centre de notre galaxie, grâce à un réseau de huit radiotélescopes dispersés sur quatre continents. Découvrez-en davantage sur leurs espoirs et sur ces étranges objets.

FONCTIONNEMENT

Commencez par une lecture individuelle du texte. Distribuez à chaque élève une copie du Cahier de l'élève. Récupérez les cahiers et évaluez les élèves en fonction du barème proposé ou corrigez en classe et invitez les élèves à s'autoévaluer. À la suite de cette SAÉ ou à un autre moment de l'année, réalisez les activités complémentaires suggérées.

SUGGESTION D'AMORCE

Qu'est-ce qu'un trou noir ? Vous le savez ?

Animez une discussion de groupe pour faire ressortir différentes hypothèses de ce qu'est un trou noir. Un passage vers une autre dimension ? Qu'arriverait-il si nous nous approchions trop près de Sagittarius A* ?

Écrivez vos différentes hypothèses au tableau, nous y reviendrons dans la section «Pour aller plus loin»

CORRIGÉ DU CAHIER DE L'ÉLÈVE

1. Les trous noirs inspirent l'imagination des humains depuis plusieurs décennies. Voyage dans le temps ? Passage vers une autre dimension ? Trou dans l'espace-temps ? Peut-être que la première photographie d'un trou noir, Sagittarius A*, nous permettra de répondre à quelques questions... ou en inspirer davantage !

a. À l'aide du texte, quelle est la distance entre la Terre et Sagittarius A* ?

26 000 années-lumière

1

- b. Nous pourrions étudier Sagittarius A* grâce à un réseau de huit radiotélescopes répartis sur quatre continents : l'Event Horizon Telescope (EHT). Lorsque ces radiotélescopes observeront les ondes électromagnétiques émises par le disque d'accrétion du trou noir (voir question 5), ces ondes auront voyagé pendant combien de temps ?

26 000 ans

1

2. Les trous noirs attirent les objets célestes autour d'eux, comme le Soleil attire les planètes du système solaire. La force responsable est la force gravitationnelle universelle. Elle se définit comme étant une force d'attraction mutuelle qui s'exerce entre les corps.

a. Quel est le scientifique qui utilisa la pomme pour illustrer le phénomène de la gravitation universelle ?

Isaac Newton (1)

1

- b. Selon ce scientifique, qu'arrive-t-il lorsqu'un humain lance une pomme vers le haut ? Pourquoi ?

Elle retombe (0,5). Selon le phénomène de la gravitation universelle (0,5), la terre et la pomme s'attirent mutuellement (1)

1 2

- c. Selon le texte, que faudrait-il faire pour qu'une pomme ne retombe pas vers la terre lorsqu'on la lance ?

Il faudrait lancer l'objet vers le haut à une vitesse de 11 km/s (1)

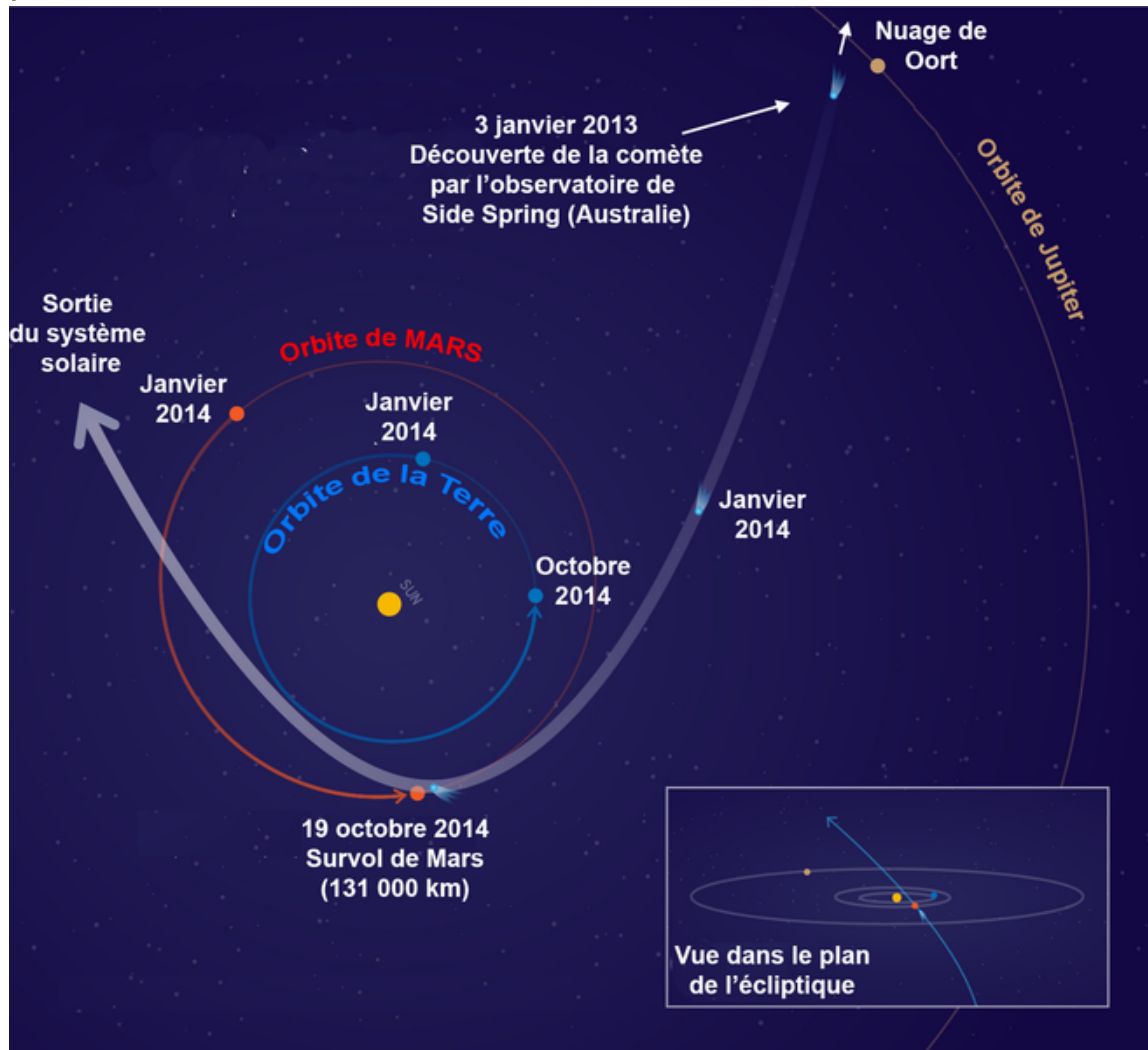
1

- d. Combien de temps faudrait-il à une pomme pour parcourir la distance entre Québec et Montréal (250 km) si elle allait à la vitesse de « libération de la Terre », mentionnée dans le texte ?

250 km / 11 km/s = 22,73 secondes

1 2

3. La gravitation universelle permet d'expliquer différents phénomènes, notamment les orbites des planètes et des comètes. Le 19 octobre 2014, une comète de 500 mètres de diamètre est passée bien près d'entrer en collision avec la planète Mars. Utilise l'image de la trajectoire de la comète C/2013 A1 Siding Spring pour répondre aux prochaines questions.



Source : NASA [Domaine public], via Wikimedia Commons

- a. Dans ce dessin, quel objet du système solaire fait principalement dévier la trajectoire de la comète dans notre système solaire ?
- La Terre
 - Mars
 - Le Soleil**
 - Un trou noir

1

- b. Selon la gravitation universelle, pourquoi cet objet fait-il dévier la comète ?

Selon la gravitation universelle, plus les objets ont une masse élevée, plus ils s'attirent. Le Soleil a la masse la plus élevée du système solaire. C'est lui qui attire le plus la comète et qui la (1) fait dévier.

1

4. À la fin du 18^e siècle, Pierre-Simon de Laplace et John Mitchell postulèrent que la lumière est, elle aussi, soumise aux lois de la gravitation universelle. C'est-à-dire, que la lumière peut être attirée par la masse des objets.
 - a. Parmi ces propriétés connues de la lumière, laquelle devrait être modifiée pour adhérer aux postulats de Laplace et Mitchell
 - i. La lumière est la portion visible des rayons électromagnétique
 - ii. **La lumière se propage en ligne droite**
 - iii. La lumière peut être déviée par réfraction lorsqu'elle change de milieu
 - iv. La lumière peut être réfléchie
 - v. La lumière blanche est l'ensemble des couleurs
 - vi. La lumière transporte de l'énergie (rayonnante)
 - vii. La lumière voyage à une vitesse de 300 000 km/s

1

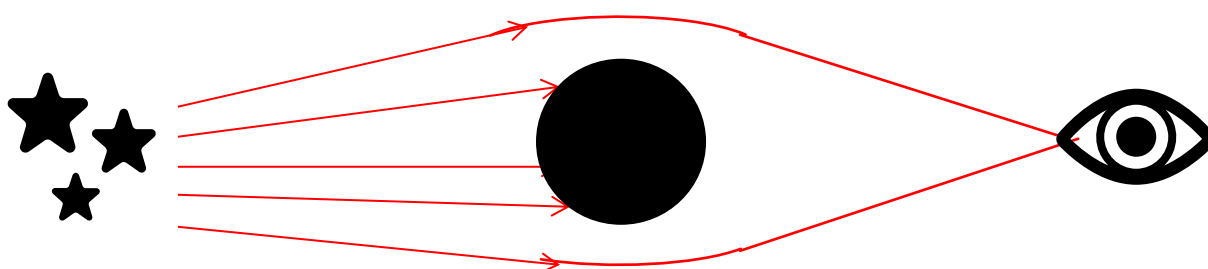
- b. Comment modifierais-tu l'énoncé choisie en a. pour qu'il reflète correctement les postulats de Laplace et de Mitchell ?

La lumière se propage généralement en ligne droite, mais elle peut être déviée par la masse de certains objets comme des trous noirs.

1

- c. Sur l'image dans le haut de la page 20 du magazine, on observe une simulation d'un trou noir entouré d'un disque d'accrétion. En plus du disque d'accrétion, il est possible d'observer de la lumière provenant de l'arrière du trou noir, qui est déviée vers l'observateur.

À l'aide du schéma ci-dessous, illustre comment des rayons lumineux d'étoiles lointaines peuvent se rendre à un observateur tout en étant placées de l'autre côté du trou noir.



1

5. Un disque d'accrétion est un disque de matière orbitant autour du trou noir. Ce disque subit une force intense et la matière se chauffe par friction. En étant très chaud, la matière émet de l'énergie rayonnante, qu'il est possible de détecter.
 - a. Dans l'exemple ci-dessus, sous quelle forme la matière émet-elle de l'énergie visible ?
 - i. Énergie potentielle gravitationnelle
 - ii. **Énergie électromagnétique**

- iii. Énergie électrique
- iv. Énergie cinétique

1

- b. Plusieurs formes d'énergie se manifestent dans le disque d'accrétion. Nomme trois formes d'énergie différentes et justifie.

Énergie potentielle gravitationnelle : le trou noir attire la matière (1)

Énergie cinétique : la matière orbite autour du trou noir (1)

Énergie rayonnante : la matière émet de la lumière (1)

1 2 3

- c. « C'est en raison de cette perte d'énergie, de ce ralentissement, que la matière décrit une spirale et finit par sombrer dans ce trou qui n'en est pas vraiment un. » (p. 21)

En te servant des concepts de transfert et de transformation d'énergie, pourquoi l'auteur affirme que la matière ralentit ?

Une partie de l'énergie cinétique (1) de la matière est transformée en énergie rayonnante. (1)

Ce faisant la matière tourne (orbite) de moins en moins vite (1) et finit par s'approcher de plus en plus du trou noir. (1)

1 2 3 4

- 6. Un beau matin, par un phénomène inexpliqué, le Soleil devient si dense qu'il se transforme en un trou noir.

- a. Qu'arriverait-il à la terre ? Justifie.
 - i. La Terre deviendrait, à son tour, un trou noir puisque le phénomène est contagieux
 - ii. La Terre serait engloutie dans le trou noir.
 - iii. La Terre deviendrait très froide, mais elle continuerait son orbite

Justification : Selon le texte, les planètes ne seraient pas avalées puisque la masse, et le pouvoir d'attraction, seraient les mêmes. (1)

1 2

- b. Qu'arriverait-il au Soleil ? Justifie.
 - i. Sa masse diminuerait
 - ii. Son volume diminuerait (1)
 - iii. Sa force d'attraction gravitationnelle augmenterait

Justification : Selon le texte, si le Soleil devenait un trou noir, son diamètre ne serait que de 6

km. (1)

1 2

Total /25

POUR ALLER PLUS LOIN

« Ainsi, loin d'être des puits sans fond, les trous noirs sont des moteurs puissants qui alimentent aussi bien la dynamique des galaxies que les réflexions les plus fondamentales. Espérons que Sagittarius A se montrera sous son meilleur profil pour aider à sortir de l'ombre ces titans aux mille visages. »*

Maintenant que vous en savez davantage sur les trous noirs, quelles sont les hypothèses ressorties dans l'activités d'introduction qui demeurent plausibles ? Est-ce que vous avez maintenant d'autres hypothèses à formuler ?

Vous êtes une équipe de scientifiques de la NASA. Vous avez le mandat d'étudier les trous noirs. Imaginez une expérience scientifique qui permettrait de valider ou d'invalides les différentes hypothèses que vous avez énoncées au préalable.

En équipe, présenter ce protocole de laboratoire aux autres élèves de la classe et évaluer le réalisme de chacun à l'aide de vos connaissances actuelles. Serez-vous le prochain Stephen Hawking ?

Conçu et réalisé grâce au soutien financier du Ministère de l'Économie et de l'Innovation du Québec.

Recherche, rédaction, conception : Zapiens Communication Scientifique