



Savanturiers

● **Défis de la rentrée en sciences**

**Mettre le système
solaire en boîte**



**NIVEAU
PRIMAIRE**

**NIVEAU
COLLEGE**

**NIVEAU
LYCÉE**

AFPER
créer et transmettre

CONTRIBUTIONS:

Patrick HENNEBELLE , Stéphane DEBOVE et l'équipe AFPER .

Table des matières

Pour les enseignants

Présentation du défi

Déroulé de l'activité

Liste de matériel

Conseils pour un bon déroulement de l'activité

Ressources

Table des matières

Pour les élèves

Présentation et objectifs du défi

Niveau primaire

Niveau collège

Niveau lycée

Matériel à votre disposition

Instructions, choses à faire et/ou à observer

Présentation du défi

Ce défi a pour but de modéliser la gravité et la rotation des planètes autour du soleil, en utilisant un tissu élastique tendu sur un cerceau. Il est réalisable en une après-midi et adaptable pour des élèves d'école élémentaire, de collège et de lycée. Aucune des manipulations expérimentales présentées ci-dessous n'est trop compliquée pour un certain niveau, l'adaptation se fera surtout à travers le vocabulaire et les concepts employés pour expliquer les observations (gravité = force ou déformation de l'espace-temps).

Objectifs :

L'objectif général de ce défi est de faire comprendre aux élèves ce qu'est un modèle en science et à quoi il sert, en prenant comme exemple le système solaire.

Les objectifs plus spécifiques liés au sujet incluent l'observation des effets des masses sur la gravité et l'expérimentation du déplacement des planètes autour du soleil (ainsi que la compréhension du concept de gravité comme une courbure de l'espace-temps pour les niveaux plus élevés).



Déroulé de l'activité

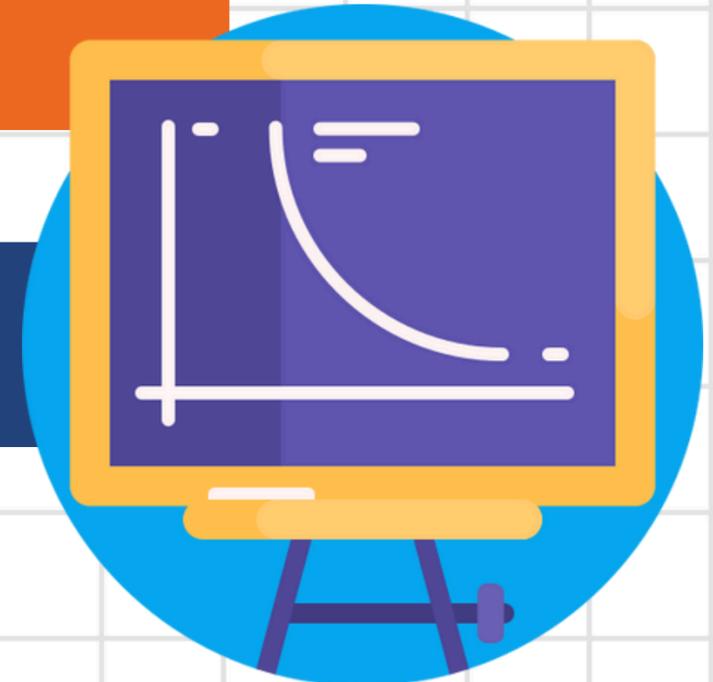
- Regardez avec vos élèves la vidéo de l'astrophysicien Patrick Hennebelle.



- Facultatif : expliquez à vos élèves les mots ou concepts utilisés par le chercheur que vos élèves pourraient ignorer, les concepts de base de gravité (ou d'espace-temps).

- Laissez-leur du temps pour faire les expériences guidées mais également pour expérimenter plus librement

- Débriefez l'activité en leur demandant de discuter et interpréter leurs observations



Liste du matériel à acheter ou fabriquer en amont

Ce défi nécessite la construction d'un « simulateur de système solaire ». Bien que le matériel nécessaire soit assez peu onéreux et facile à se procurer, les observations attendues ne seront possibles que si le simulateur a été bien construit (en utilisant notamment un cerceau suffisamment grand et un tissu suffisamment tendu). Même s'il est possible de faire construire le simulateur à vos élèves, nous vous recommandons donc de le monter une première fois vous-même pour vous assurer que les expériences seront réalisables.

Liste du matériel :

- **un cerceau**, idéalement 1m50 de diamètre, au moins 1m et pas plus de 2m. Un grand cerceau permet de bien voir les orbites des planètes et de réunir toute la classe autour du simulateur, mais un cerceau trop grand rendra la récupération des billes difficile. On peut trouver dans des commerces en ligne des cerceaux de 1,4m de diamètre (25€), mais en magasin ils ne feront souvent pas plus de 1m de diamètre. Vous pouvez aussi en construire un à l'aide de tuyaux ou gaines flexibles en PVC ou polyéthylène, vendus en rouleaux ou au mètre dans les magasins de bricolage (20-40€). Pour un simulateur de 1,5m de diamètre, vous aurez besoin de 5m de tuyau. Le tuyau devra avoir à peu près 2cm de diamètre et une épaisseur de paroi de 3mm pour pouvoir le déformer facilement. Utilisez éventuellement un sèche-cheveu ou un pistolet à air chaud pour faciliter sa mise en forme en cercle, puis scotchez solidement les deux extrémités ensemble (ou utilisez un raccord PVC du commerce).

- **un tissu de type Lycra (aussi appelé Spandex ou élasthanne)** contenant 15-20% d'élasthanne. Ces tissus sont souvent vendus au mètre, dans une largeur de 1,5m (20€). Achetez-en assez pour recouvrir tout votre cerceau.
- **une dizaine de pinces** suffisamment puissantes pour maintenir le tissu tendu sur le cerceau (type pinces à ressort) (10€)
- **une masse de 1-2kg à peu près** pour faire office de « soleil » central. Une boule de pétanque ira très bien, mais vous pouvez aussi utiliser un galet, un presse-papier... tant que cela déforme suffisamment le tissu tendu. Pour faire la dernière expérience proposée ci-dessous, vous aurez également besoin d'un deuxième objet ayant à peu près la même masse.
- **des billes en verre ou en acier de toutes tailles** pour représenter les planètes (15€). Vous pouvez également laisser les enfants expérimenter avec tout type d'objet sphérique, boules de pétanque en plastique, balles en mousse, balles de ping pong, etc.
- des chaises ou tabourets disposés en cercle pour poser le cerceau dessus

Coût total estimé : 70€.

Montage du simulateur :

- Tendre le tissu élastique sur le cerceau. Le maintenir avec les pinces.
- Ajuster la tension du tissu avec les pinces. Le tissu doit être suffisamment tendu pour que les billes roulent facilement dessus, mais pas trop pour que la masse centrale puisse former un puits au centre. Pour savoir s'il est assez tendu, essayez d'obtenir de belles ellipses en lançant une bille autour de la masse.
- Poser le cerceau ainsi recouvert de tissu sur les chaises ou tabourets disposés en cercle

Conseils pour un bon déroulement de l'activité



- **Préparation** : comme expliqué précédemment, si vous décidez de faire monter le simulateur à vos élèves, nous vous recommandons de le monter vous-même au moins une fois en amont pour tester notamment la tension nécessaire au tissu.
- **Explications** : expliquez brièvement les concepts de gravité selon Newton (plutôt pour élèves d'école élémentaire et collège) et de gravité selon Einstein (plutôt pour élèves de lycée). Vous pouvez vous servir des vidéos dans les ressources ci-dessous.
- **Expérimentation** : vous n'êtes pas obligé de donner aux élèves toutes les instructions présentes ci-dessous (avec leur interprétation) dès le début. Vous pouvez les laisser découvrir par eux-mêmes comment les objets interagissent dans le simulateur, et leur fournir plus d'instructions seulement dans un deuxième temps.
- **Coups de pouce** : même avec les instructions, les élèves auront sûrement besoin de votre aide à un moment donné pour observer les résultats souhaités, d'où l'importance de tout tester en amont (et regarder les vidéos explicatives données en ressource)

Conseils pour un bon déroulement de l'activité



- **Limites du modèle** : les élèves vous demanderont sûrement à un moment pourquoi les billes finissent par rejoindre la masse centrale, alors que les planètes ne rejoignent jamais le soleil dans le système solaire. La réponse est que les billes perdent de l'énergie par frottement sur le tissu mais pas dans le vide de l'espace. Servez-vous de cette question pour introduire l'idée que les modèles scientifiques ont toujours des limites et ne représentent jamais parfaitement la réalité.
- **Débriefing** : Organisez une discussion de groupe pour que les élèves partagent leurs observations et leurs découvertes. Posez des questions pour les aider à relier leurs expériences aux concepts scientifiques.
- **Sécurité** : attention, certains élèves auront l'idée de passer sous le tissu pour pousser les billes et les récupérer plus facilement. Cela peut entraîner des blessures si un autre élève décide de rajouter une masse de 1kg par dessus au même moment... Le mieux est probablement d'interdire aux élèves de passer sous le tissu.

Ressources :

- une vidéo sur la gravité selon Newton : <https://www.youtube.com/watch?v=mZWA2UetWAg>
- une vidéo sur la gravité selon Einstein : <https://www.youtube.com/watch?v=UQHqqdKfVno>
- une vidéo en anglais sur les principales expériences à réaliser avec ce simulateur : <https://www.youtube.com/watch?v=cHySqQtb-rk>
- une vidéo en anglais pour fabriquer un cerceau en PVC de très grande dimension (montage plus compliqué que celui expliqué ci-dessus) : <https://www.youtube.com/watch?v=2JOf1ub9USo>

Présentation du défi

NIVEAU
PRIMAIRE

Aidez Patrick à comprendre comment les planètes tournent autour du Soleil ! En utilisant un tissu élastique et des billes, vous allez voir comment la gravité fonctionne. La gravité est une force qui attire les objets les uns vers les autres. Par exemple, c'est grâce à la gravité que nous restons sur Terre et que la Terre tourne autour du Soleil.

En quoi consiste le défi

Pour ce défi, vous allez utiliser un tissu élastique tendu sur un cerceau pour représenter l'espace. Vous allez placer un objet lourd au centre pour représenter le Soleil et des objets plus petits autour pour représenter les planètes. En observant comment les objets se déplacent sur le tissu, vous allez voir comment la gravité les attire vers le centre. Vous allez aussi essayer de faire tourner les objets autour du centre pour voir comment les planètes tournent autour du Soleil.



Présentation du défi

NIVEAU
COLLEGE

Aidez Patrick à comprendre comment la gravité influence le mouvement des planètes dans notre système solaire ! En utilisant un tissu élastique et des objets de différentes tailles, vous allez pouvoir visualiser comment la gravité déforme l'espace et comment les planètes suivent des trajectoires courbes autour du Soleil. Comprendre ces concepts est important pour les scientifiques car cela les aide à prédire les mouvements des planètes et des satellites.

En quoi consiste le défi

Pour ce défi, vous allez utiliser un tissu élastique tendu sur un cerceau pour représenter l'espace. Vous allez placer un objet lourd au centre pour représenter le Soleil et des objets plus petits pour représenter les planètes. En observant comment les objets se déplacent sur le tissu, vous allez voir comment la gravité les attire vers le centre. Vous allez aussi essayer de donner une petite poussée aux objets pour voir comment ils peuvent tourner autour du centre, imitant ainsi les orbites des planètes. Vous allez également expérimenter avec des objets de différentes masses pour voir comment cela affecte les orbites.



Présentation du défi

NIVEAU
LYCÉE

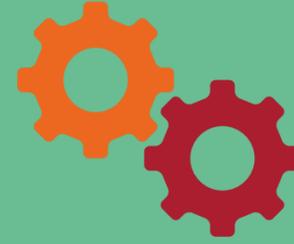
Aidez Patrick à comprendre comment les masses dans l'univers s'attirent et influencent la courbure de l'espace-temps ! En utilisant un tissu élastique et des objets de différentes masses, vous allez pouvoir modéliser comment les planètes et autres corps célestes se déplacent sous l'influence de la gravité. Cette compréhension est cruciale pour les scientifiques car elle permet de prédire les mouvements des planètes, des étoiles et même des galaxies.

↪ En quoi consiste le défi

Pour ce défi, vous allez utiliser un tissu élastique tendu sur un cerceau pour représenter l'espace-temps. Vous allez placer un objet lourd au centre pour représenter le Soleil et des objets plus petits pour représenter les planètes. En observant comment les objets se déplacent sur le tissu, vous allez voir comment la gravité les attire vers le centre. Vous allez aussi essayer de donner une petite poussée aux objets pour voir comment ils peuvent tourner autour du centre, imitant ainsi les orbites des planètes. Vous allez également expérimenter avec des objets de différentes masses pour voir comment cela affecte la courbure de l'espace-temps.



Matériel à votre disposition



Pour construire votre simulateur de système solaire, vous aurez besoin de :

- Un grand tissu élastique (de type Lycra ou élasthanne)
- Un cerceau ou un cadre circulaire
- Des pinces pour fixer le tissu au cerceau
- Des petites billes ou des balles de différentes tailles (comme des billes de verre ou des balles de ping-pong) : elles représenteront les planètes dans l'espace
- Une (ou deux) masses de 1-2 kg : elles représenteront les objets les plus lourds dans l'espace comme les étoiles
- Des chaises ou tabourets pour poser le cerceau dessus

Vérifier que le tissu soit suffisamment tendu pour que les billes roulent facilement dessus mais pas trop pour que la masse de 1kg posée au centre s'enfonce d'au moins 20 cm.

Instructions, choses à faire et/ou à observer



- 1. Sans rien poser sur le cerceau, placez-vous d'un côté du cerceau et mettez un camarade en face. Lancez-vous une bille doucement en la faisant rouler sur le tissu tendu : la bille doit traverser le tissu en ligne droite. Cela simule le déplacement des objets en ligne droite dans l'espace lorsque rien ne vient les perturber !**
- 2. Maintenant, placez une bille assez grosse au centre du tissu. Observez comment le tissu s'enfonce. Cela montre comment les objets lourds peuvent perturber l'espace et ce qui se trouve autour d'eux.**
- 3. Ajoutez une deuxième grosse bille sur le tissu : les deux billes devraient se rejoindre, elles s'attirent l'une l'autre. C'est ainsi que deux objets s'attirent dans l'espace. Voilà votre première simulation de gravité réussie !**
- 4. Enlever les billes et les remplacer par une masse de 1kg posée au centre du tissu : elle représente le soleil. Le tissu devrait plus s'enfoncer : les objets plus lourds déforment plus l'espace ! Posez une bille sur le tissu : la gravité est-elle plus forte qu'avant ?**

Instructions, choses à faire et/ou à observer



5. **En vous plaçant de nouveau de part et d'autre du cerceau, réessayez de vous lancer une bille en la faisant rouler sur le tissu et passer près du soleil. Quelle est la trajectoire de la bille ?**
6. **Plus compliqué : essayez de mettre une bille en orbite autour du soleil. Lancez une bille pour qu'elle tourne autour du soleil. Essayez de la lancer plus ou moins fort et dans différentes directions, et observez comment cela fait changer la trajectoire de la bille. Fait-elle des cercles ou des ellipses ?**
7. **Lancez maintenant plusieurs billes les unes après les autres mais très rapidement dans la même direction : elles devraient toutes se mettre à tourner autour du soleil. Bravo, vous avez créé un système solaire plus réaliste !**
8. **Lancez deux billes de taille différente en essayant de les garder côte à côte. En plus de tourner autour du soleil, elles devraient aussi se mettre à tourner... l'une autour de l'autre. Est-ce que cela vous rappelle deux astres dans notre système solaire ?**
9. **Encore plus dur : ajoutez une deuxième masse lourde sur le tissu, éloignée de la première, et essayer de lancer une bille entre les deux masses. Le but est de trouver le bon angle et la bonne vitesse pour que la bille fasse le tour de la masse la plus éloignée et revienne tourner autour de la masse la plus proche, en faisant le chemin d'un « 8 ». Cela simule ce que l'on appelle les « trajectoires de retour libre » qui ont permis à certains vaisseaux spatiaux comme ceux de la mission Apollo de revenir de la Lune sans utiliser leurs moteurs !**