

ACTIVITÉ

À cause de la rotation de la terre

Introduction

Presque partout sur terre (sauf à l'équateur), les objets qui se déplacent horizontalement et librement (sans contrainte) à la surface de la terre décrivent des trajectoires incurvées. Les objets tels que les avions, les bateaux, les balles de fusil, les masses d'air et d'eau tournent vers la droite ou la gauche par rapport à un point d'observation situé sur la terre. L'activité proposée ici se penche sur les raisons qui expliquent cette déviation, phénomène connu sous le nom d'*effet de Coriolis*.

Approche basée sur l'enquête

Cette activité pédagogique propose une expérience qui permet de comprendre les principes fondamentaux qui sous-tendent l'effet de Coriolis. L'objectif est de fournir à l'enseignant les connaissances de base qui lui permettront de guider les élèves tout au long de ces expériences d'apprentissage authentiques. On incite l'enseignant à employer le modèle constructiviste d'enquête en présentant l'activité en classe après a) que les élèves aient découvert certains effets de la rotation de la terre sur les objets en déplacement ainsi que sur l'atmosphère et les océans, qu'ils en aient discuté et qu'ils aient posé des questions et b) que l'enseignant ait établi l'opportunité de l'activité pour stimuler la pensée et la curiosité scientifique des élèves.

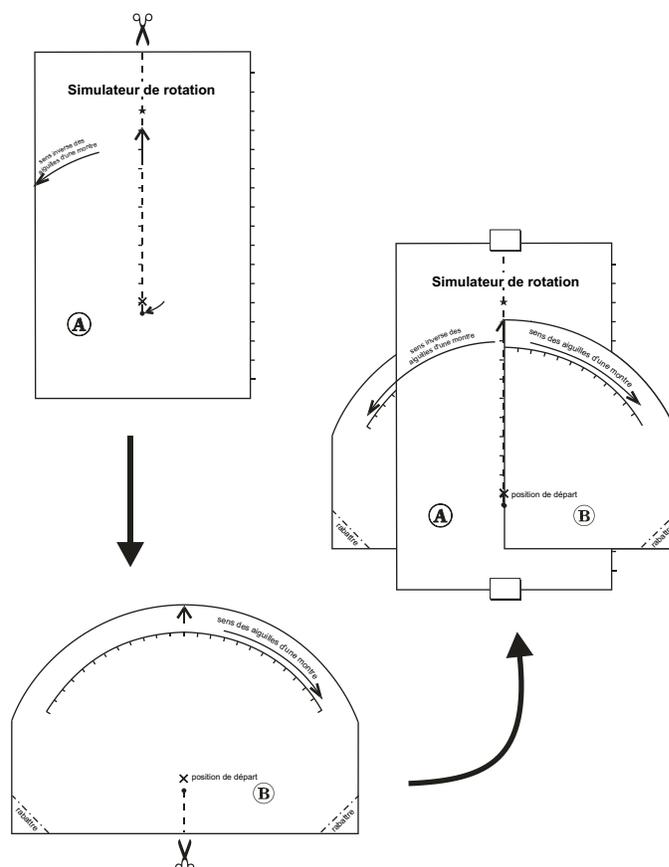
Matériel

Photocopie du **Simulateur de rotation** de la page 11, ciseaux, ruban gommé et crayon.

Instructions

Il faut d'abord construire le **Simulateur de rotation**. Découpez les deux grands morceaux, marqués **A** et **B**, ainsi que la « règle ». Entaillez les systèmes **A**

et **B** en suivant la ligne pointillée et sans dépasser les points. Amenez le système **A** à coïncider avec le système **B**, comme le montre l'illustration, en vous assurant que le point en **A** recouvre le point en **B**. Placez l'assemblage à plat devant vous sur le pupitre, l'extrémité coupée du système **A** en avant de vous. Collez maintenant le système **A** à votre pupitre aux deux endroits indiqués, aux points intermédiaires des bords rapprochés et éloignés de **A**, en veillant à ce que le système **B** puisse pivoter librement. Rabattez les deux coins inférieurs du système **B** comme le fait voir l'illustration. En le prenant par un coin, exercez-vous à faire tourner le système **B** de manière à ce que les deux points coïncident en tout temps. Remarquez l'échelle rectiligne sur le bord coupé du système **A** et l'échelle incurvée sur le bord du système **B**.



Investigations

- Orientez le système **B** en position « croix » comme le montre le dessin. S'il est bien placé, une flèche droite devrait pointer vers l'étoile. Placez la pointe de votre crayon au centre de la *Position de départ X*. Tracez soigneusement une ligne sur le système **B** suivant le bord coupé, directement vers l'étoile. La ligne que vous avez tracée représente une trajectoire [rectiligne] (incurvée).
- Étudiez maintenant comment la rotation influe sur la trajectoire des lignes tracées au crayon. Encore ici, commencez avec le système **B** en position « croix », la flèche pointant en direction de l'étoile. En tirant sur le coin inférieur gauche, faites progresser le système **B** dans le sens inverse des aiguilles d'une montre d'une division sur l'échelle incurvée (sur le système **B**). Faites un point au crayon sur le système **B** au bord de l'échelle rectiligne à une division d'échelle au-dessus de la *Position de départ X*. Continuez à faire tourner le système **B** dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, une division à la fois, suivant l'échelle incurvée, en arrêtant à chaque division pour faire un point au crayon sur le système **B** à chacune des divisions successives sur l'échelle rectiligne. Répétez ces étapes jusqu'à ce que vous ayez atteint la fin de l'échelle incurvée. En commençant à **X**, reliez les points entre eux par une courbe. Placez une pointe de flèche à la fin de la ligne pour indiquer la direction du mouvement. La ligne que vous avez tracée sur le système **B** est [rectiligne] (incurvée).
- En réalité, vous avez déplacé la pointe du crayon suivant une trajectoire à la fois rectiligne et incurvée ! Ce phénomène est rendu possible parce que le mouvement est mesuré par rapport à un système de référence (la rose des vents, les axes est-ouest, nord-sud et haut-bas sont des systèmes de référence bien connus). Dans cet exercice, vous avez utilisé deux systèmes de référence, l'un fixe et l'autre en rotation. Lorsque le mouvement décrit par la pointe du crayon a été observé par rapport au système **A** fixe et à l'étoile, sa trajectoire était [rectiligne] (incurvée). Lorsque la trajectoire du crayon a été considérée relativement au système **B**, qui tournait, la trajectoire était [rectiligne] (incurvée).
- Recommencez avec le système **B** en position « croix » et la flèche pointant vers l'étoile. En tirant sur le coin inférieur droit, faites pivoter le système **B** dans le sens des aiguilles d'une montre, d'une division de l'échelle incurvée et faites un point au crayon sur le système **B** au bord de l'échelle rectiligne à une division d'échelle au-dessus de la *Position de départ X*. Continuez comme vous l'avez fait précédemment au parag. 2 pour déterminer la trajectoire de la pointe du crayon en mouvement. La trajectoire était rectiligne lorsque le mouvement de la pointe du crayon était observé par rapport au système [**A**] (**B**). La trajectoire était incurvée lorsque le mouvement du crayon était mesuré par rapport au système [**A**] (**B**).
- Imaginez-vous rapetissé et placé au point **X**, en train de regarder l'étoile. Vous observez les trois situations décrites plus haut (c'est-à-dire l'absence de mouvement du système **B**, la rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et la rotation dans le sens des aiguilles d'une montre). De votre position au point de départ **X**, la pointe du crayon s'est déplacée dans les trois cas vers l'étoile ★ suivant une trajectoire [rectiligne] (incurvée).

Le mouvement de déviation apparent d'une trajectoire droite dans un système de coordonnées en rotation est appelé effet de Coriolis, d'après Gaspard Gustave de Coriolis (1792-1843) qui, le premier, a fourni une explication mathématique de ce phénomène. Comme la terre tourne, les objets qui se déplacent librement à sa surface (sauf à l'équateur), présentent une trajectoire incurvée.

6. En observant le même mouvement sur le système **B**, la trajectoire du crayon était rectiligne en l'absence de toute rotation. Toutefois, la trajectoire du crayon s'incurvait vers la **[(droite) (gauche)]** lorsque le système **B** était tourné dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Lorsque la rotation s'effectue dans le sens des aiguilles d'une montre, la trajectoire du crayon s'incurvait vers la **[(droite) (gauche)]**.
7. Imaginez-vous placé bien au-dessus du pôle Nord, en train de regarder la terre située tout en bas. Imaginez que le système **B** du **Simulateur de rotation** représente la terre. Vue sur l'arrière-plan des étoiles, la terre tourne dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. De votre point de vue, un objet se déplaçant librement à la surface de la terre suivrait une trajectoire **[(rectiligne) (incurvée)]** par rapport à l'arrière-plan étoilé (représenté par l'étoile ★ sur le **Simulateur de rotation**).

Imaginez-vous maintenant au pôle Nord, à la surface de la terre, à la position du point, en train d'observer le même mouvement. Dans cette perspective, vous observez le mouvement de l'objet relativement à la surface de la terre. Vous voyez l'objet se déplacer suivant une trajectoire **[(rectiligne) (s'incurvant vers la droite) (s'incurvant vers la gauche)]**.

8. Imaginez-vous placé bien au-dessus du pôle Sud, en train de regarder la terre située tout en bas. Imaginez que le système **B** du Simulateur de rotation représente la terre. Vue sur l'arrière-plan des étoiles, la terre tourne dans le sens des aiguilles d'une montre. Le sens de la rotation est maintenant inversé par rapport au pôle Nord, parce que vous contemplez la terre dans l'autre sens. Un objet se déplaçant librement à la surface de la terre semblerait se mouvoir suivant une trajectoire **[(rectiligne) (incurvée)]** par rapport à l'arrière-plan étoilé.

Voyez-vous, maintenant, sur la surface de la terre au pôle Sud, à la position du point, en train d'observer le même mouvement. Dans cette perspective, vous observez le mouvement de l'objet relativement à la surface de la terre. Vous voyez l'objet se déplacer suivant une trajectoire **[(rectiligne) (s'incurvant vers la droite) (s'incurvant vers la gauche)]**.

9. Bref, l'effet de Coriolis fait en sorte que la trajectoire des objets se déplaçant horizontalement et librement à la surface de la terre s'incurve vers la **[(droite) (gauche)]** dans l'hémisphère nord et vers la **[(droite) (gauche)]**, dans l'hémisphère sud.

Autres investigations

1. Ici encore, commencez avec le système **B** en position de « croix ». Créez des trajectoires qui partent de l'échelle *rectiligne* à une division sous l'échelle *incurvée* et progressez vers la *Position de départ (X)*. Accomplissez ceci pour le système **B** en le tournant dans le sens des aiguilles d'une montre, puis dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Nous avons constaté plus tôt qu'une déviation

vers la droite était associée à une rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et qu'une déviation vers la gauche survenait avec une rotation dans le sens des aiguilles d'une montre. Dans ces cas, les mêmes associations entre la déviation et la direction de la rotation [(**existent**) (**n'existent pas**)].

2. Essayez de vous déplacer sur le système **B** pendant qu'il tourne, en guidant le crayon sur la « règle rectiligne ». Orientez la « règle rectiligne » à angle droit de manière à faire intersection avec le système **A** environ à mi-chemin entre **X** et l'étoile ★, puis collez ses extrémités à l'aide de ruban gommé de manière à ce que le système **B** puisse tourner librement. Tout en faisant tourner le système **B** dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, tracez de gauche à droite une ligne longue de plusieurs unités d'échelle, en commençant au bord coupé. Reprenez le processus en faisant tourner le système **B** dans le sens des aiguilles d'une montre. La trajectoire s'incurve vers la [(**droite**) (**gauche**)] avec une rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et vers la [(**droite**) (**gauche**)] avec une rotation dans les sens des aiguilles d'une montre.
3. Étudiez les changements de vitesse de rotation relative et la courbure en vous déplaçant d'une division suivant l'échelle rectiligne pour deux divisions sur l'échelle incurvée ou de deux divisions sur l'échelle rectiligne pour une division sur l'échelle incurvée. Est-ce que la direction de la courbure change ? Est-ce que la courbure s'accroît ?

ACTIVITÉ FACULTATIVE**Effet de Coriolis et latitude terrestre****Introduction**

L'effet de Coriolis est maximal au pôle Nord et au pôle Sud, et nul à l'équateur. Comment se comporte l'effet de Coriolis aux latitudes intermédiaires ? L'objet de cet exercice est d'examiner les variations de l'effet de Coriolis en fonction de la latitude. Dans cette activité, vous serez invités à formuler des généralisations au sujet de l'effet de Coriolis sur des objets se déplaçant horizontalement et librement à différentes latitudes.

Matériel

Formes hémisphériques de plastique transparent de 10 à 15 centimètres (4 à 6 pouces) de diamètre, ciseaux, ruban gommé, crayon pour rétroprojection soluble dans l'eau ou autre crayon soluble permettant d'écrire sur le plastique,

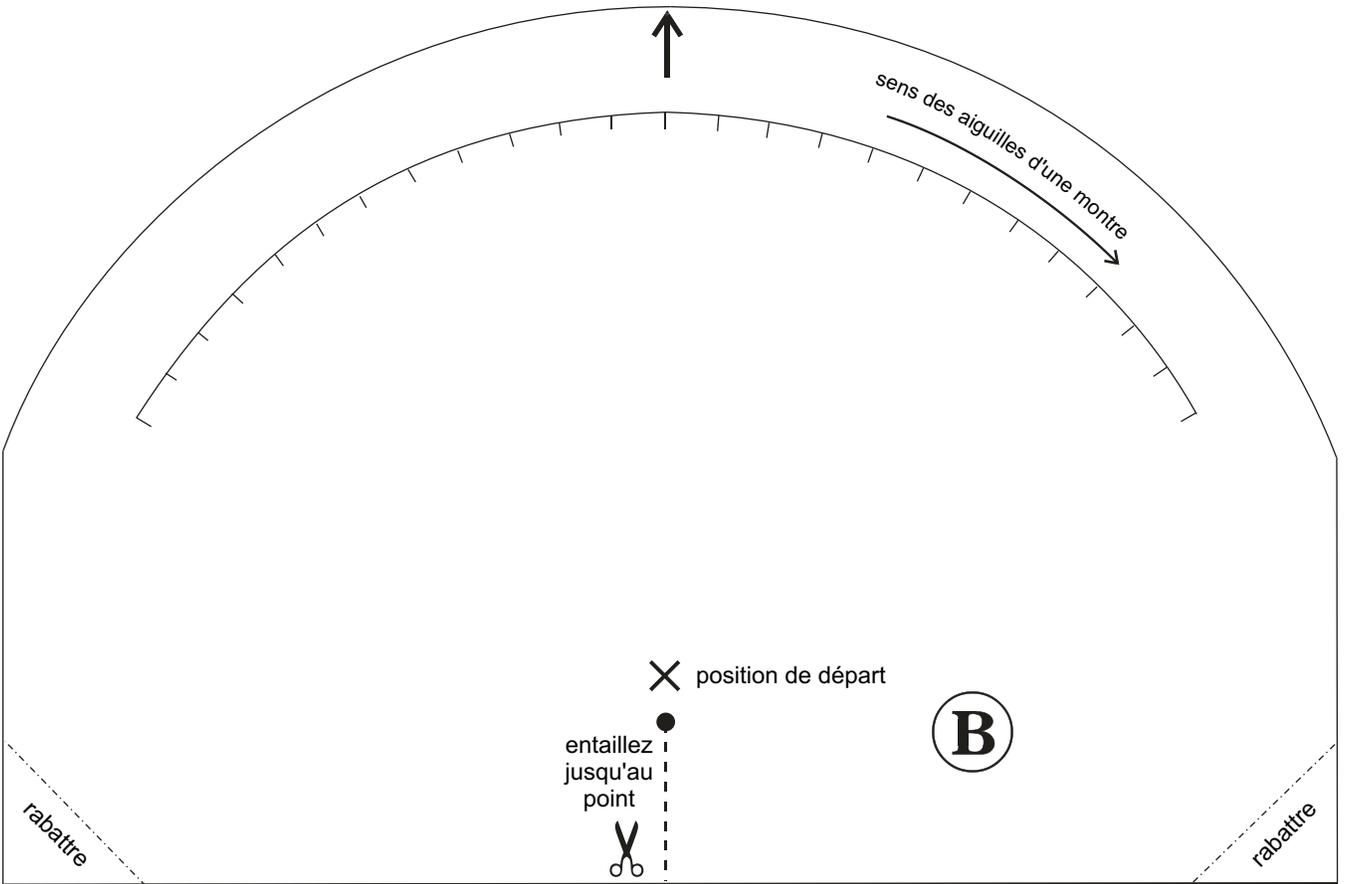
Simulateur de rotation.**Instructions**

L'hémisphère de plastique représente la surface de l'hémisphère nord de la terre. Placez l'hémisphère sur le **Simulateur de rotation** (collé sur votre pupitre) de façon à ce que le pôle de l'hémisphère se trouve directement au-dessus de l'axe de rotation (emplacement du point) du **Simulateur de rotation**.

1. Les yeux placés à environ un demi-mètre de l'hémisphère, considérez la ligne incurvée tracée sur le système **B** au point 2 de l'activité intitulée **À cause de la rotation de la terre** du présent module. À l'aide du crayon, tracez à la surface de l'hémisphère la trajectoire de la ligne incurvée, telle qu'elle apparaît de votre point de vue. Examinez la courbe que vous avez tracée à la surface de l'hémisphère. La courbure de la trajectoire [(s'**accentue**) (s'**atténue**)] à mesure que la latitude décroit. Il en est ainsi

parce que l'effet de la rotation de la terre sur les objets qui se déplacent librement est plus grand sur un plan (surface plane) orienté perpendiculairement à l'axe de rotation de la terre, c'est-à-dire aux pôles. À mesure que le plan représentant la surface de la terre s'incline par rapport à cette position perpendiculaire, l'effet de la rotation de la terre sur un déplacement à cette surface décroît. Cette activité illustre visuellement ce changement.

2. L'effet de la rotation de la terre sur les objets se déplaçant horizontalement s'atténue donc à mesure que diminue la latitude. À l'équateur, la trajectoire d'un objet se déplaçant librement à la surface terrestre ne présenterait pas de déviation attribuable à la rotation terrestre. Autrement dit, l'effet de Coriolis croît avec la latitude. La déviation change proportionnellement au sinus de la latitude. La valeur du sinus de la latitude 0, soit l'équateur, est de 0, ce qui correspond à une absence de déviation; aux pôles, à 90 degrés de latitude nord ou sud, la valeur du sinus est de 1, ce qui correspond à un effet de Coriolis maximal. La valeur du sinus de 45 degrés étant de 0,707, l'effet de Coriolis à 45 degrés de latitude équivaut aux 707 millièmes de ce qu'il serait aux pôles.



Orientez ce bord en avant de vous et collez-le à votre pupitre

Simulateur de rotation

sens inverse des aiguilles d'une montre

A

Orientez ce bord près de vous et collez-le à votre pupitre

- Instructions :
1. Découpez les grands morceaux marqués A et B et la règle.
 2. Entaillez en suivant les lignes pointillées.
 3. Introduisez le système B dans cette fente et faites-le glisser jusqu'à ce que les points coïncident. Les présentes instructions seront alors masquées; IL FAUT DONC EN PRENDRE CONNAISSANCE AVANT.
 4. Rabattez les coins marqués sur B.
 5. Collez le sommet et la base de ce morceau à votre pupitre.



(Conservez et utilisez comme règle)