

# Lavabos, Coriolis et rotation de la Terre

Pierre Causeret

Est-ce la Terre qui tourne sur elle-même ou le ciel qui tourne autour de la Terre ? Du point de vue mathématique, les deux hypothèses sont strictement équivalentes puisque ce n'est qu'un problème de repère. Et pourtant, les livres nous affirment que le premier énoncé est le bon alors que le second est faux. Mais qu'en sait-on ? Peut-on imaginer une expérience simple qui en donnerait une preuve ? On cite souvent le pendule de Foucault. C'est réalisable, très démonstratif, mais difficile à expliquer. En effet le plan des oscillations d'un pendule n'est fixe par rapport aux étoiles qu'aux pôles et le problème est complexe à nos latitudes. A Dijon par exemple, ce plan effectue une rotation en plus de 32 heures par rapport au sol, et non en 24 heures.

La déviation de la chute des corps vers l'Est est une autre expérience qui a été réalisée en 1804 dans un puits de mine. On a mesuré une déviation de 11 mm pour une hauteur de chute de 85 mètres<sup>1</sup>. Pas très facile à mettre en œuvre.

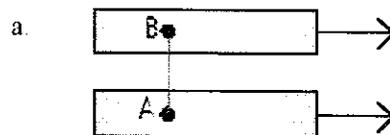
Autre idée souvent avancée : le sens de rotation de l'eau dans un lavabo ou une baignoire qui se vide. Ce serait le sens des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère Sud et le sens inverse dans l'hémisphère Nord. C'est ce problème qui m'intéresse ici.

## Comment ça marche ?

On supposera ici que la Terre tourne sur elle-même en 24 heures.

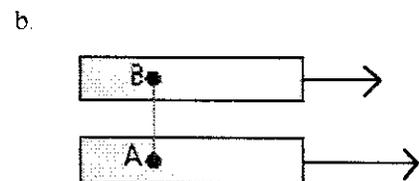
### 1- Explications simplifiées

#### 11- Sur des tapis roulants



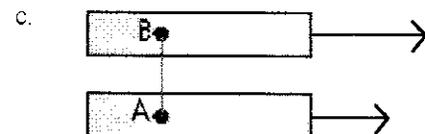
Imaginons deux personnages A et B sur deux tapis roulants allant à la même vitesse.

A pourra lancer une balle à B sans difficulté, les deux personnages étant immobiles l'un par rapport à l'autre.



Imaginons maintenant que le tapis de A est plus rapide que celui de B.

A lance une balle en visant B mais celle-ci arrivera à droite de B. En effet, par rapport à A, B se déplace vers la gauche.

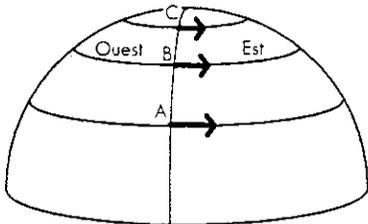


Et si maintenant A est moins rapide que B, la balle arrivera à gauche de B

puisque, par rapport à A, B se déplace vers la droite.

12. Sur Terre.

a. **Dans l'hémisphère Nord.**

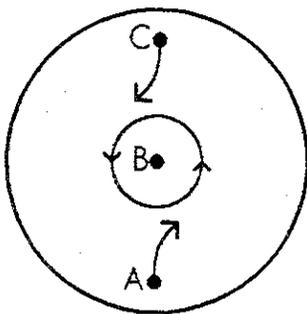


Le parallèle de A étant plus grand que celui de B, sa vitesse linéaire due à la rotation de la Terre sur elle-même est supérieure à celle de B. Si A lance une balle à B, on se retrouve dans la situation du 11b et la balle arrivera à l'Est de B comme si elle était déviée vers la droite.

Si maintenant C lance une balle à B, comme sa vitesse est inférieure à celle de B, la balle arrivera à l'Ouest de B. Là encore, elle semble déviée vers la droite.

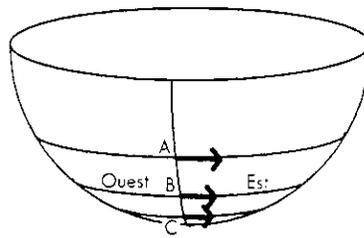
En conclusion, si vous lancez une balle en suivant le méridien dans l'hémisphère Nord, elle sera déviée vers la droite.

**Dans un lavabo**



Imaginons maintenant que B est le centre d'un grand lavabo en train de se vider dans l'hémisphère Nord. L'eau en provenance de A comme celle en provenance de C sera déviée vers la droite, ce qui va créer un tourbillon tournant dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

b. **Dans l'hémisphère Sud.**



Si A lance une balle à B, la balle arrivera à l'Est de B comme si elle était déviée vers la gauche, la vitesse de A étant supérieure à celle de B.

Si C lance une balle à B, la balle arrivera à l'Ouest de B. Là encore, elle semble déviée vers la gauche.

En conclusion, si vous lancez une balle en suivant le méridien dans l'hémisphère Sud, elle sera déviée vers la gauche.

On obtient donc la situation inverse de l'hémisphère Nord : les lavabos de l'hémisphère Sud doivent se vider dans le sens des aiguilles d'une montre.

**2. Un peu de calculs (pour l'hémisphère Nord)**

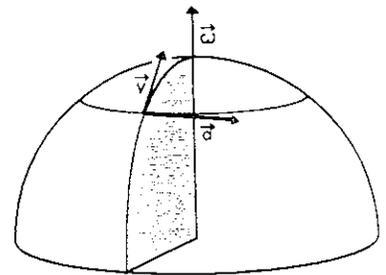
Considérons un mobile A se déplaçant sur la Terre avec une vitesse  $\vec{v}$  dans le référentiel lié à la surface terrestre. Ce mobile aura par rapport à la Terre une accélération supplémentaire due au fait que la Terre est en rotation par rapport aux étoiles et appelée accélération de Coriolis.

Les lois de la mécanique permettent de montrer qu'elle est donnée par la formule :

$$\vec{a} = -2\vec{\omega} \wedge \vec{v}$$

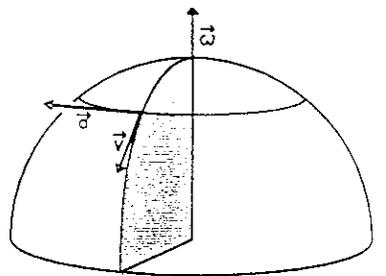
où  $\vec{\omega}$  est le vecteur caractérisant la rotation de la Terre (de même direction que l'axe de la Terre, vers le Nord et dont la norme est sa vitesse angulaire). On peut vérifier ce que donne cette formule dans différents cas. Pour plus de clarté, le plan du méridien est représenté en grisé.

1<sup>er</sup> cas : lancer vers le Nord



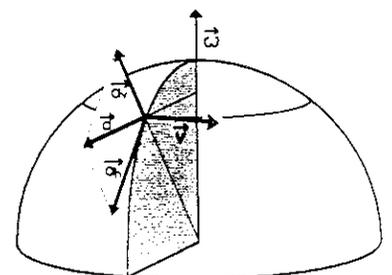
On retrouve la déviation vers l'Est comme dans le lancer de A vers B du 12

2<sup>ème</sup> cas : lancer vers le Sud



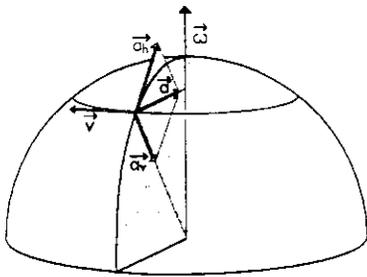
On obtient cette fois une déviation vers l'Ouest comme dans le lancer de C vers B.

3<sup>ème</sup> cas : lancer vers l'Est



L'accélération  $\vec{a}$  se décompose en une accélération horizontale  $\vec{a}_h$  vers le Sud (c'est toujours une déviation vers la droite) et une accélération  $\vec{a}_v$  verticale vers le haut.

4<sup>ème</sup> cas : lancer vers l'Ouest



L'accélération  $\vec{a}$  se décompose là aussi en une accélération horizontale  $\vec{a}_h$  vers le Nord (c'est toujours une déviation vers la droite) et une accélération verticale  $\vec{a}_v$  vers le bas.

On obtient donc dans tous les cas une déviation vers la droite. Notre lavabo de l'hémisphère Nord doit donc théoriquement se vider dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

**Est-ce que ça marche ?**

Prenons un grand lavabo circulaire de 45 cm de diamètre à une latitude de 45° Nord et cherchons les différences de vitesse comme dans le paragraphe 12. Le parallèle passant par le centre du lavabo mesure  $2\pi r$  ( $r$  étant le rayon de ce parallèle), soit environ 28300 km ce qui donne une vitesse linéaire due à la rotation de 1180 km / h. On peut calculer que celui passant par le bord Sud mesure seulement 1 mètre de plus

$$2\pi \times 22,5 \times \frac{\sqrt{2}}{2} \approx 100$$

La différence de vitesse linéaire entre le bord Sud et le centre du lavabo n'est que de 4 cm / h, ce n'est vraiment pas beaucoup... Il ne semble pas évident que le lavabo puisse s'en apercevoir.

En terme d'accélération, si on considère un courant d'eau se dirigeant du Sud vers le centre à la vitesse d'un piéton pressé (2 m / s ou 7.2 km / h), on obtient une accélération de Coriolis dirigée vers l'Est de 0.0001 m / s<sup>2</sup>, à comparer aux 9,81 m / s<sup>2</sup> qui attirent

l'eau vers le bas.

Est-ce que vraiment l'eau de notre lavabo sera affectée par cette légère déviation ?

La meilleure solution pour le savoir est de faire l'expérience.

**1 - Avec un vrai lavabo.**

Si vous videz votre lavabo sans précautions particulières, il risque de se vider dans n'importe quel sens, parfois dans le sens direct, parfois dans le sens des aiguilles d'une montre. L'eau n'est jamais au repos et le léger mouvement initial induira le sens de rotation. Pour essayer de faire l'expérience plus sérieusement, il faudra donc laisser reposer l'eau suffisamment longtemps pour qu'elle soit quasiment immobile. Il faut compter au moins 1 heure. Pour bien voir l'écoulement de l'eau, je conseille de saupoudrer au départ un peu de poivre moulu à sa surface. Malheureusement, pour que l'eau s'écoule, il faut ouvrir la bonde et on amène ainsi un mouvement non contrôlé. De plus, il faut aussi tenir compte de la forme même du lavabo. Les conditions d'expérimentation me paraissent alors mauvaises. En réalité dans mes essais,

l'écoulement m'a toujours paru radial, sans rotation, quand je laisse reposer suffisamment longtemps.

L'expérience est peut être plus concluante avec une baignoire qui permet des vitesses plus importantes. Certains lecteurs ont-ils fait l'expérience ? Je suis prêt à collecter vos résultats...

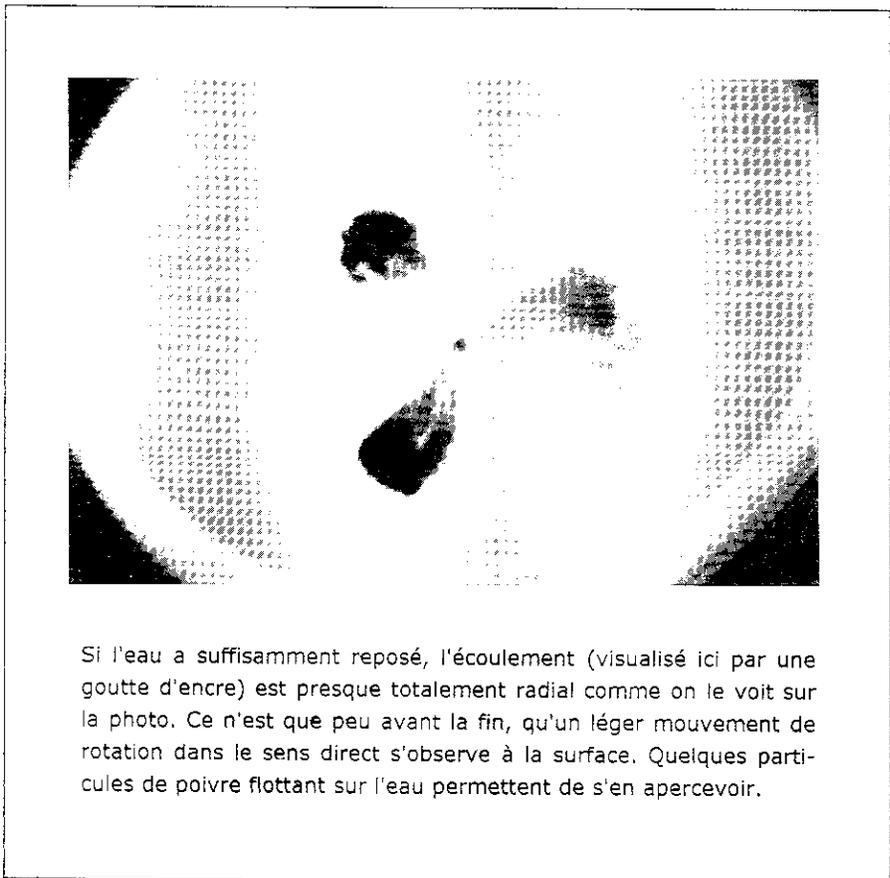
**2 - Une expérience un peu plus élaborée.**

Pour éviter le problème de la bonde, j'ai réalisé le montage suivant. Prenez un saladier en plastique, le plus grand possible. Percer le bien au centre en prévoyant le trou de la taille d'un bouchon de stylo feutre. Polissez ensuite pour enlever les aspérités.

Obtenez le trou avec le bouchon, installez votre bassine sur deux tasseaux en bois au-dessus du lavabo par exemple, remplissez d'eau, saupoudrez d'un peu de poivre et laissez reposer.

Après une heure ou plus, enlevez délicatement par en dessous le bouchon et notez le sens de rotation de l'eau.

Avec mon premier saladier de 21 cm de diamètre, j'ai obtenu, sur 10 es-

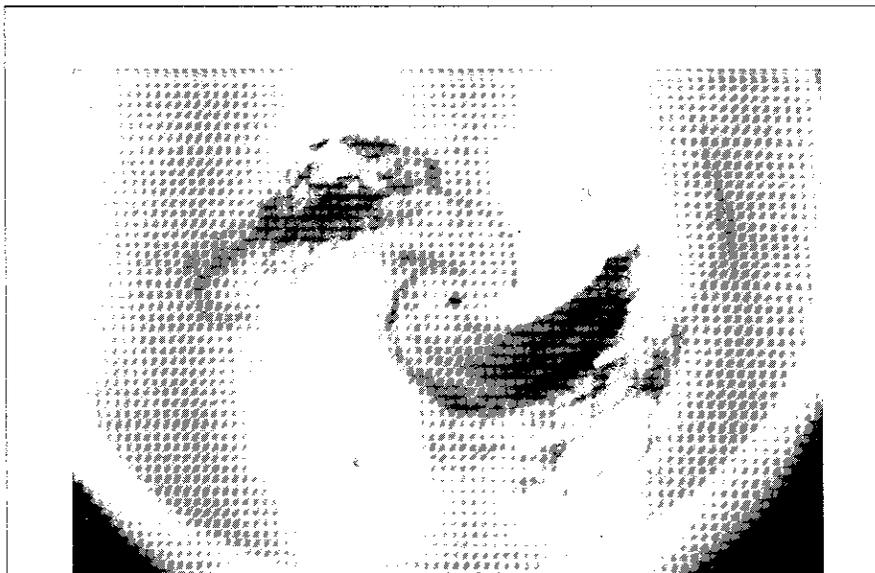


Si l'eau a suffisamment reposé, l'écoulement (visualisé ici par une goutte d'encre) est presque totalement radial comme on le voit sur la photo. Ce n'est que peu avant la fin, qu'un léger mouvement de rotation dans le sens direct s'observe à la surface. Quelques particules de poivre flottant sur l'eau permettent de s'en apercevoir.

sais. 9 sens inverses des aiguilles d'une montre (sens direct) et un écoulement radial, sans rotation visible.

Avec une bassine plus grande, de 34 cm de diamètre et un plus grand trou pour que la vitesse de l'eau soit plus importante, je pensais que l'expérience serait au moins aussi concluante. Or, j'ai trouvé dans tous les cas un écoulement parfaitement radial.

Mon 3<sup>ème</sup> essai, avec une bassine un peu plus petite (28 cm) et un trou de 8 mm semble concluant : encore 9 sens de rotation directe sur 10 et un sans rotation visible. L'écoulement semble pourtant radial au début. Une goutte d'encre lâchée délicatement dans l'eau montre bien ces mouvements. Et ce n'est qu'un peu avant la fin que l'on voit les particules de poivre à la surface démarrer une rotation indirecte. Elle est parfois nette, parfois juste amorcée. Il faut d'ailleurs éviter de mettre trop de poivre sinon les particules s'agglomèrent et la rotation est moins visible. Il serait intéressant de passer ensuite à la dimension supérieure. Une bassine parfaitement polie d'un ou deux mètres de diamètre pourrait être intéressante. Si l'un d'entre vous a envie d'essayer...



L'eau s'écoule ici en tourbillonnant dans le sens des aiguilles d'une montre, contrairement à ce que nous enseigne Coriolis pour l'hémisphère Nord. Tout cela parce qu'elle n'était pas totalement immobile au départ et possédait déjà un léger mouvement de rotation dans le sens indirect, qui s'est amplifié quand la bassine s'est vidée.

### 3 - Conclusion.

Avec des conditions d'expérimentation précises, on peut penser qu'il est possible de trouver ainsi une preuve physique de la rotation de la Terre sur elle-même.

Pour pouvoir conclure avec plus d'assurance, il faudrait recommencer l'expérience avec d'autres saladiers, mais les miens sont maintenant tous percés... Et c'est peut-être un léger défaut de mes récipients qui crée le sens de rotation.

La meilleure démonstration serait de partir dans l'hémisphère Sud avec ce même saladier pour vérifier que l'eau s'écoule dans l'autre sens. Il n'y aurait alors plus de doutes...

D'autres expériences de ce type ont sûrement déjà été faites mais je n'en ai jamais lu de compte-rendu. Si certains d'entre vous en connaissent, je suis preneur.

#### Note

1 - Pour plus de détails sur ces expériences, voir le livre de Jacques Gaillaud "Et pourtant, elle tourne" au Seuil.

### **Si Galilée avait eu un lavabo...**

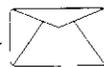
En écrivant ses "dialogues", Galilée cherchait des preuves des mouvements de la Terre. Il a trouvé un certain nombre d'arguments mais aucune preuve physique. En lisant ces quelques extraits, on peut penser que si Galilée avait eu un lavabo...

A propos des tirs d'artillerie en direction du Sud ou du Nord :

"si la cible est immobile, la pièce d'artillerie l'est aussi ; si la cible est en mouvement, emportée par la Terre, la pièce d'artillerie va à la même allure ; si on maintient la visée, le tir réussit toujours, c'est manifeste après tout ce qu'on a dit." (Salviati)

"certes, la pièce peut bien être parfois plus près du pôle que la cible, et son mouvement être donc un peu plus lent que celui de la cible puisqu'il suit un cercle plus petit, mais la différence est insensible, étant donné la faible distance entre la pièce et la cible." (Sagredo)

(Dialogues sur les deux grands systèmes du monde, p. 197 de l'édition traduite par René Fréreau au Seuil).



## Questions-réponses.

A propos de l'article de Pierre Causeret : Lavabos, Coriolis et rotation de la Terre (CC n° 88), Jacques Vialle nous écrit :

"je ne suis pas convaincu par l'article sur la preuve de la rotation de la Terre par ...les lavabos. D'une part, l'eau est un liquide difficile à calmer. D'autre part, bassines et lavabos sont des matériels biaisés parce que ce sont des droitiers qui les nettoient (préférentiellement dans le sens inverse des aiguilles d'une montre) et parce que les machines et les moules qui servent à les fabriquer fonctionnent toujours dans la même sens. Enfin, la masse d'eau et l'échelle de temps (un lavabo se vide en quelques dizaines de secondes) sont beaucoup trop courts pour que la force de Coriolis ait le temps d'agir. Je ne conteste pas les résultats de la manip mais je pense qu'il faut chercher une autre explication pour la déviation préférentielle du fillet d'eau. Pour l'anecdote, lorsqu'elle était en mission dans l'Océan Indien, ma fille n'a rien remarqué de particulier sauf une réprimande de son commandant pour gaspillage des réserves d'eau du bateau !"

Réponse de Pierre Causeret à Jacques Vialle :

"Les réserves de Jacques Vialle sont tout à fait légitimes. Et je ne suis pas du tout certain du rôle de l'accélération de Coriolis puisque je parlais dans l'article d'un possible défaut des récipients. J'ai quand même essayé de les limiter en essayant par exemple de poncer le trou percé de manière radiale et non en tournant. Mais c'est une perceuse (tournant dans le sens indirect) qui m'a permis de faire ce trou. On peut aussi imaginer que la bassine reposant sur deux tasseaux était légèrement vrillée... Bref, l'expérience est délicate. C'est pour cela que j'ai voulu la répéter plusieurs fois et avec plusieurs récipients. Deux bassines sur trois m'ont quand même donné un sens de rotation direct 9 fois sur 10, la troisième, avec un trou plus grand, me donnant un écoulement radial.

Pour conclure, on peut dire que l'affirmation disant que les lavabos se vident dans le sens direct dans l'hémisphère Nord est une légende puisqu'on ne laisse jamais reposer l'eau suffisamment longtemps. Par contre, il ne me paraît pas impossible que mon expérience permette de déceler l'accélération de Coriolis. Je pense toujours que la meilleure vérification serait de refaire la même expérience dans l'hémisphère Sud, à une latitude suffisamment basse, avec la même bassine. Il faudrait être je pense plus au Sud que le tropique du Capricorne pour que l'accélération de Coriolis ne soit pas trop faible. La Nouvelle Zélande ou le Sud de l'Amérique pourrait convenir. Y aurait-il des lecteurs des cahiers Clairaut intéressés par l'expérience dans ces lointaines contrées ?"

### **Lavabos, Coriolis et hémisphère sud (2ème épisode)**

A la suite des expériences que j'avais faites sur des bassines percées (voir cahier Clairaut n° 88 hiver 1999-2000), j'ai réussi à envoyer l'une d'elles dans l'hémisphère sud, à l'île de la Réunion (21° de latitude sud) dans la valise d'Alain Jaquot parti photographier le ciel austral. C'est encore près de l'équateur et l'accélération de Coriolis y est plus faible qu'en métropole mais de sens inverse.

Voici les résultats de 6 vidanges de bassine : 4 dans le sens des aiguilles d'une montre contre 2 dans le sens direct. Je vous rappelle qu'avec la même bassine en Bourgogne (remplie d'eau), j'avais obtenu, sur 10 essais, 9 sens de rotation direct et un sans aucun sens visible. La différence semble exister. Faut-il en conclure que l'accélération de Coriolis (qui devrait faire se vider les bassines dans le sens direct dans l'hémisphère nord et dans le sens des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère sud) a un effet visible sur ces bassines ? Ce n'est pas impossible mais l'expérience devrait être renouvelée. On peut imaginer que le support de la bassine vrille le fond dans un sens ou dans l'autre et perturbe l'expérience...

A vos saladiers !

