

Sciences expérimentales et Technologie

Cycle des approfondissements

Le ciel et la Terre

Le mouvement apparent du Soleil

La rotation de la Terre sur elle-même et ses conséquences

Phénomènes étudiés

La rotation de la Terre sur elle-même.
Le mouvement apparent du Soleil.

Observations : mouvement apparent du Soleil,
alternance jour/nuit.

Nous allons établir que la Terre tourne sur elle-même pour expliquer le mouvement apparent du Soleil.

Par la suite, l'on pourra aussi expliquer la variation de la durée du jour et le phénomène des saisons.

Pré-requis

- Le Soleil éclaire dans toutes les directions.
- La Terre a une forme sphérique.

A établir au terme d'une activité de recherche documentaire, sans négliger la composante historique.

1. Formulation du problème

A. Emergences des conceptions initiales

a. Lecture d'un texte

Cf. texte joint.

Le texte répond à deux questions : Pourquoi fait-il jour ?
Pourquoi fait-il nuit ?

Il fournit la réponse des Anciens et la réponse de Parménide :

- La réponse des Anciens est une réponse substantialiste, c'est-à-dire qu'on explique le jour et la nuit par l'apparition de substances (brouillard, ...) ;
- Parménide explique le jour et la nuit par la présence ou l'absence de lumière provenant du Soleil.

b. Exercice

Pour amener les élèves à se poser le problème de l'alternance, c'est-à-dire du passage de l'état de jour à l'état de nuit et inversement, l'on demande aux élèves de répondre aux mêmes questions : Pourquoi fait-il jour ? - Pourquoi fait-il nuit ?

Cf. document joint.

La lecture et l'analyse des réponses des enfants mettent en évidence :

- qu'ils ont déjà des conceptions propres de l'alternance,
- que ces conceptions sont souvent très différentes selon les élèves.

B. Appropriation par la classe du problème posé

La prise de conscience par le groupe-classe de cette diversité des conceptions initiales (conflit socio-cognitif) permet de poser le problème de l'alternance que l'on peut énoncer ainsi :

Il fait jour, puis il fait nuit, puis encore jour, puis encore nuit, ... Pourquoi ?

2. Activités de résolution du problème

Nécessité de modéliser

La modélisation est un mode d'explication, une activité de construction mentale. Cet outil intellectuel permet de substituer à des représentations spontanées, des représentations construites qui expriment les idées qu'on peut se faire d'un phénomène réel lorsqu'il n'est pas observable (infiniment grand ou infiniment petit).

Ces représentations construites (modèles) peuvent s'exprimer dans des langages divers (phrases, images, schémas, maquettes,...).

Cependant le danger est grand de confondre réalité et représentation hypothétique de celle-ci ; c'est pourquoi il est souhaitable de représenter une réalité par un modèle évolutif ou par plusieurs modèles possibles.

Si on accouramment recours à l'observation, à l'expérimentation ou à la documentation pour résoudre des problèmes, certains liés à des demandes d'explication ne peuvent être résolus que par l'utilisation d'une représentation du système dans lequel ils sont posés. La modélisation permet alors également d'établir des prédictions à l'aide d'un raisonnement.

Enfin, la construction et l'utilisation de modèles peuvent constituer des rudiments d'une culture scientifique puisqu'elles opèrent des rapprochements entre le monde scientifique, le monde social et l'école et développent l'idée que le savoir n'est pas inaccessible et qu'il évolue.

Dans le cas présent, l'on réalise une maquette représentant le système Terre-Soleil, sur laquelle l'on peut observer un phénomène identique à celui que l'on veut expliquer.

A. Choix de la maquette

La Terre est représentée par une balle de mousse traversée par une aiguille et le Soleil par une ampoule électrique.

L'on représente un lieu localisé sur la Terre par une gommette collée sur la balle.

B. Emission d'hypothèses

Comment la gommette collée sur la balle peut-elle être tantôt éclairée, tantôt non éclairée ?

Différentes propositions possibles faites par les élèves :

- a. La balle est fixe. L'on allume et l'on éteint l'ampoule ou l'on met et l'on enlève un objet opaque entre la balle et l'ampoule.
- b. L'ampoule est fixe. La balle tourne sur elle-même autour de l'aiguille. Il y a deux sens de rotation possibles.
- c. L'ampoule est fixe. La balle tourne autour de l'ampoule sans tourner sur elle-même. Il y a deux sens de rotation possibles.

- d. La balle est fixe. L'ampoule tourne autour de la balle. Il y a deux sens de rotation possibles.
- e. L'ampoule est fixe. La balle tourne sur elle-même autour de l'aiguille et en même temps elle tourne autour de l'ampoule.
- f. La balle tourne sur elle-même autour de l'aiguille et en même temps l'ampoule tourne autour de la balle.

C. Validation ou invalidation des hypothèses

Remarque : Parfois les élèves évoquent le rôle de la Lune considérée comme un objet opaque. A l'aide de la représentation utilisant la maquette, l'on élimine facilement cet élément perturbant.

L'hypothèse (a) est assez facile à invalider, car une moitié de la balle ne serait jamais éclairée.

Le maître fait état de l'expérience qu'un physicien français (Léon Foucault) a réalisée en 1851 pour prouver que la Terre tourne sur elle-même. Les hypothèses (c) et (d) sont donc invalidées.

L'on conservera ainsi les hypothèses (b), (e) et (f).

D. Transposition de ces hypothèses au système Terre-Soleil

Ampoule → Soleil

Balle → Terre

- **Hypothèse (b)**

Le Soleil est fixe. La Terre tourne régulièrement sur elle-même autour d'un axe passant par les pôles. Le prolongement de cet axe ne passe pas par le Soleil. Dans ce cas de figure, un endroit de la Terre est tantôt éclairé, tantôt non éclairé. Il fait jour, puis il fait nuit.

Des observations complémentaires nous amènent aux constats suivants :

- la Terre tourne sur elle-même en 24 heures,
- elle tourne d'ouest en est.

- **Hypothèse (e)**

Le Soleil est fixe. La Terre tourne régulièrement sur elle-même en 24 heures d'ouest en est, autour d'un axe passant par les pôles.

En même temps, elle tourne autour du Soleil.

C'est une représentation héliocentrique.

- **Hypothèse (f)**

La Terre tourne régulièrement sur elle-même en 24 heures d'ouest en est, autour d'un axe passant par les pôles.

En même temps, le Soleil tourne autour de la Terre.

C'est une représentation géocentrique.

L'on aboutit donc à plusieurs représentations du système Terre-Soleil. Il est important de remarquer que ces représentations décrivent le système Terre-Soleil tel qu'il pourrait être et non pas tel qu'il est. Elles ont donc un caractère hypothétique.

3. Réponse au problème posé

Il fait jour, puis il fait nuit, puis encore jour, puis encore nuit, ... Pourquoi ?

Il suffit de chercher le paramètre commun aux trois représentations validées ci-dessus :

La Terre tourne régulièrement sur elle-même en 24 heures d'ouest en est, autour d'un axe passant par les pôles. Le prolongement de cet axe ne passe pas par le Soleil.

Chacune des trois représentations constitue une réponse au problème posé.

4. Prolongements possibles

- a. Expliquer à l'aide de la maquette le mouvement apparent du Soleil (coller un personnage sur la balle et décrire les positions successives de la lampe vue par ce personnage lorsque la balle tourne sur elle-même autour de son axe).
- b. Etude de la durée du jour et de l'évolution de celle-ci au cours de l'année (phénomène des saisons).

Cette étude permettra d'invalider l'hypothèse (b).

La confrontation des résultats de cette étude avec le savoir scientifique établi permettra d'invalider l'hypothèse (f) et de valider l'hypothèse (e). Une évocation de la confrontation historique des deux hypothèses pourra être présentée ici.

5. Structuration des connaissances

L'on veillera à clore cette étude par un moment consacré à une formulation écrite, élaborée par les élèves avec l'aide du maître, des connaissances nouvelles ainsi acquises.

Le jour et la nuit

selon Parménide, savant grec (vers 490 av. J.-C.)¹

Selon Parménide "toute la lumière (qui éclaire la terre et la lune) vient du soleil, et là où ses rayons n'arrivent pas, il fait noir !"

... Il faut savoir que pour les Anciens jusqu'alors, la nuit était bien plus que la seule absence de lumière : c'était une sorte de brouillard noir qui montait du sol, le soir. De même, la lumière était une sorte de brume claire, que le soleil aidait, bien sûr, mais sans être indispensable. Et les preuves ne manquaient pas : il fait déjà clair avant le lever du soleil, il fait encore clair un moment après son coucher, et surtout il arrive qu'on ne le voie pas pendant des semaines entières, à cause des nuages, sans qu'il cesse pour autant de faire clair pendant la journée.

Aussi, l'idée que la lumière et l'obscurité étaient des espèces de brumes était-elle très fortement ancrée, et très difficile à abandonner.

Avec Parménide, au contraire, l'obscurité n'existe plus vraiment : c'est seulement l'absence de lumière. Sur la terre comme sur la lune, il y a une moitié éclairée par le soleil, et l'autre est noire, simplement parce qu'elle n'est pas éclairée ! Du même coup, la lumière cesse d'être une brume lumineuse répandue dans l'air : elle vient du soleil ! L'explication est si simple qu'elle se répand très vite : au bout de quelques années, elle est évidente pour tous ceux qui y réfléchissent.

1 D'après Jean-Pierre Maury in "Comment la terre devint ronde", page 66. Découverte Gallimard

Le jour et la nuit

	ce que pensaient les Anciens	ce que pense Parménide	ce que moi je pense
Pourquoi fait-il jour ?			
Pourquoi fait-il nuit ?			

Une application technologique : les cadrans solaires

Conception et construction d'un cadran solaire

Pré-requis

- Savoir que la Terre tourne régulièrement.
- Connaître :
 - les notions de direction verticale et de plan horizontal,
 - les notions de droites parallèles et de droites perpendiculaires,
 - les notions de longitude et de latitude.

1. Conception

- a. Observation et comparaison** des cadrans solaires existants (éventuellement utiliser photos de cadrans solaires).

Tout cadran solaire comporte, d'une part une table sur laquelle sont inscrites des lignes horaires, et d'autre part un style ou gnomon.

On lit l'heure solaire en repérant la position de l'ombre du style sur l'échelle horaire formée par l'ensemble des lignes horaires.

Remarque importante : l'heure solaire n'est pas l'heure légale.

b. Etude

- *Sous nos latitudes, un cadran solaire peut-il se réduire à un piquet vertical planté dans un sol horizontal ?*

Faire comparer aux élèves les ombres du même piquet relevées à la même heure à des dates différentes.

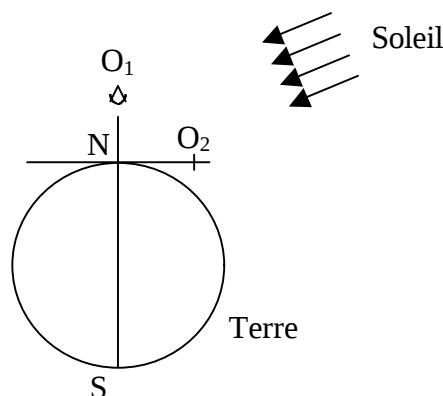
Constat : deux relevés d'ombres réalisés à deux dates différentes mais à la même heure ne se superposent pas.

Pour qu'un système plan-piquet soit un cadran solaire, il faut que deux relevés d'ombre tracés aux mêmes heures se superposent quelles que soient les dates où l'on a procédé à ces relevés.

- *Comment l'ombre d'un piquet vertical planté dans un plan horizontal se déplace-t-elle ?*

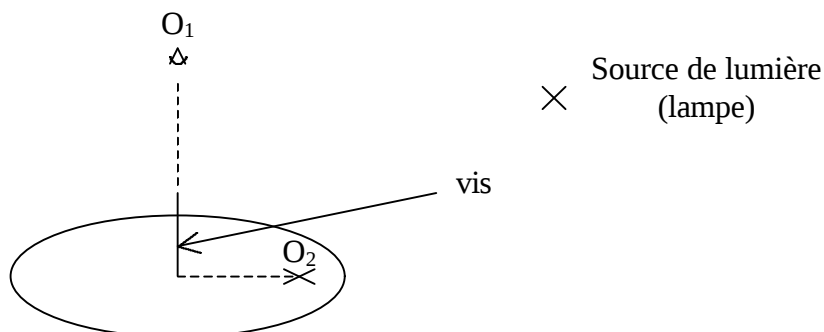
Modélisation proposée par le maître :

Plan horizontal placé au Pôle Nord éclairé en permanence (24 heures sur 24) par le Soleil durant l'été. Piquet vertical en prolongement de l'axe de rotation de la Terre.



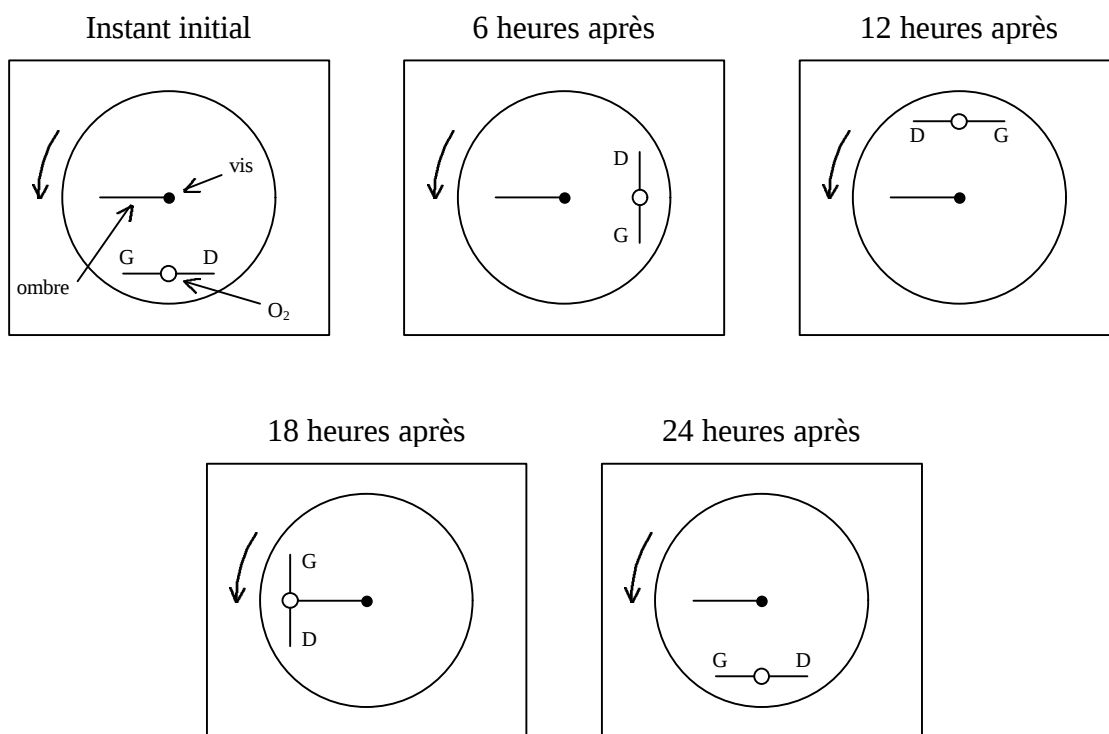
Réalisation d'une maquette pour l'expérimentation :

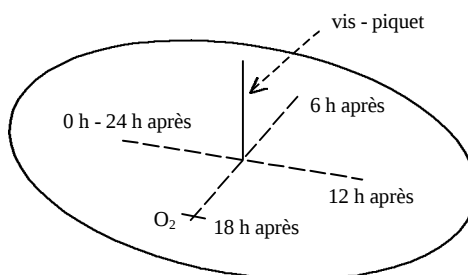
Cette maquette est formée d'une ampoule (représentant le Soleil) et d'un disque (représentant le plan horizontal) tournant régulièrement autour d'un axe passant par son centre. On fixe une vis au centre du disque (représentant le piquet), la vis, perpendiculaire au disque, se confond avec l'axe de rotation.



On va étudier ce que voient successivement deux observateurs lors de la rotation de la Terre. L'un est situé sur le prolongement de l'axe de rotation (observateur O_1) et l'autre est situé sur le plan horizontal (observateur O_2).

Observateur 1



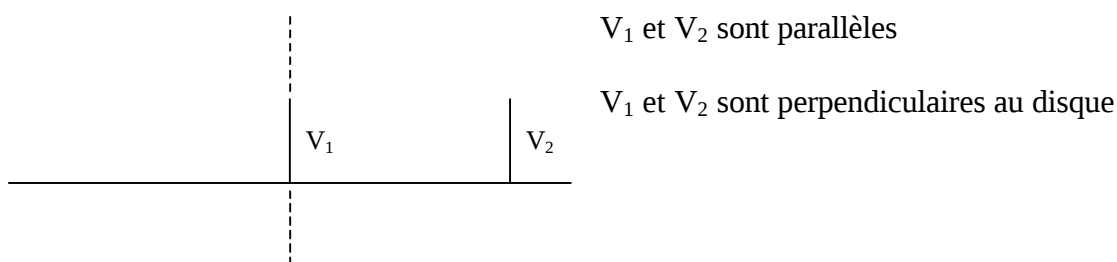


Constat

Instant	Nombres de tours
0 h	0 tour
6 h	$\frac{1}{4}$ de tour
12 h	$\frac{1}{2}$ tour
18 h	$\frac{3}{4}$ de tour
24 h	1 tour

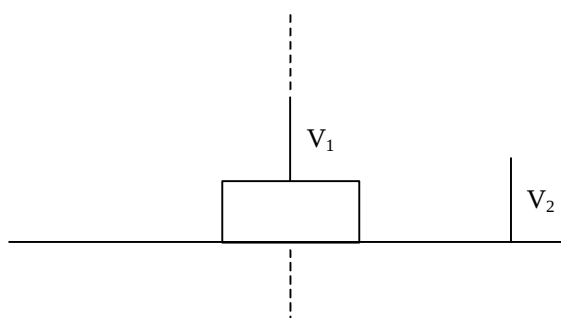
Donc en 6 heures, l'ombre tourne d'un quart de tour. Elle tourne régulièrement.

- **Peut-on transposer ce système plan – piquet perpendiculaire du plan du Pôle Nord à une autre latitude ?**
 - Effectuons une autre expérience (1) avec la maquette évoquée ci-dessus.



Constat : lorsque le disque tourne autour de son axe vertical, les ombres des deux vis restent parallèles. Donc l'ombre de la vis V_2 tourne régulièrement.

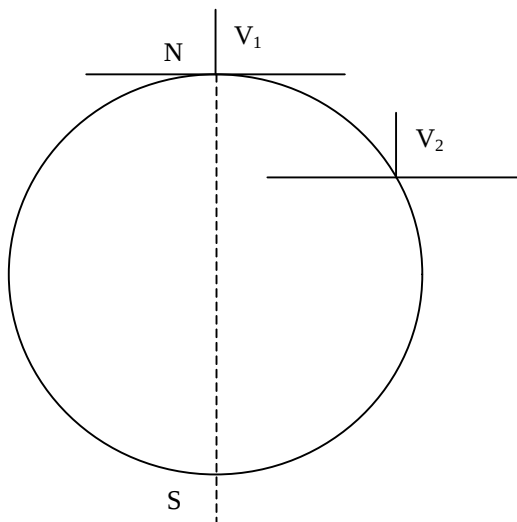
- Effectuons une nouvelle expérience (2) avec la maquette évoquée ci-dessus.



V_1 et V_2 sont parallèles entre elles et parallèles à l'axe de rotation, mais ne sont plus situées dans le même plan horizontal.

Constat : les ombres des vis V_1 et V_2 restent parallèles. Donc l'ombre de la vis V_2 tourne régulièrement.

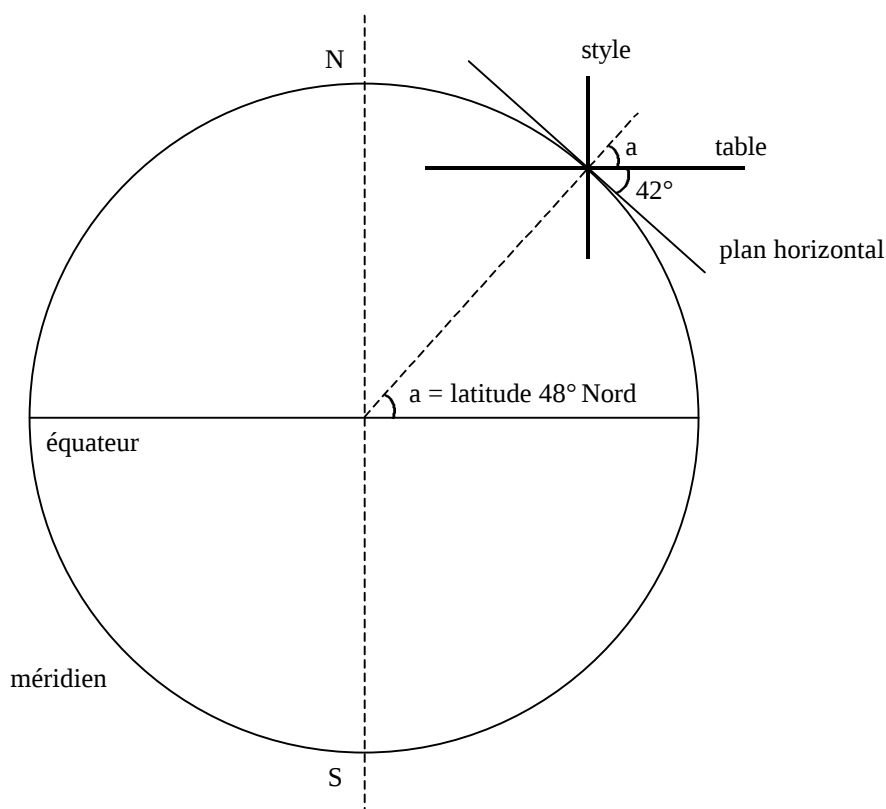
- Nous pouvons ainsi transposer le système plan - piquet perpendiculaire du plan du Pôle Nord à une autre latitude.



Un tel système plan - piquet est un cadran solaire équatorial.

2. Construction d'un cadran solaire à installer à une latitude de 48° Nord (par exemple Colmar)

- Le style doit être parallèle à l'axe de la Terre et orienté vers le Nord.
- La table horaire doit être perpendiculaire au style, donc parallèle au plan de l'équateur.
- Les 24 lignes horaires sont régulièrement espacées (15°).



Lecture de l'heure

L'heure solaire est une heure locale.

HL = heure légale

HS = heure solaire vraie locale en comptant 12 h pour midi au Soleil

L'heure légale et l'heure solaire sont reliées par une relation qui dépend du numéro du jour de l'année.

Heure légale d'hiver :

$$HL = HS + \text{décalage en longitude} + \text{équation du temps} + 1 \text{ h}$$

Heure légale d'été :

$$HL = HS + \text{décalage en longitude} + \text{équation du temps} + 2 \text{ h}$$

Le décalage en longitude (en minutes) est égal à la longitude en degrés multipliée par 4 (on a un décalage de 24 h pour 360°, soit 1 h pour 15° ou encore 4 min pour 1°). On compte la longitude négative à l'est de Greenwich et positive à l'ouest.

L'équation du temps est une quantité en minutes qui varie en fonction du numéro du jour de l'année. On trouvera sa valeur moyenne pour une date donnée dans le tableau joint en annexe.

Exemple

Pour Colmar (Longitude : 07° 21' 20" Est – Latitude : 48° 04' 54" Nord) :

Heure légale d'hiver (Heure solaire 10 h 30 min, le 21 janvier 2004) :

$$\begin{aligned} HL &= HS + \text{décalage en longitude} + \text{équation du temps} + 1 \text{ h} \\ &= 10 \text{ h } 30 \text{ min} - (7,36 \times 4) \text{ min} + 11 \text{ min} + 1 \text{ h} \\ &= 10 \text{ h } 30 \text{ min} - 29 \text{ min} + 11 \text{ min} + 1 \text{ h} \\ &= 11 \text{ h } 12 \text{ min} \end{aligned}$$

Heure légale d'été (Heure solaire 10 h 30 min, le 11 août 2004) :

$$\begin{aligned} HL &= HS + \text{décalage en longitude} + \text{équation du temps} + 2 \text{ h} \\ &= 10 \text{ h } 30 \text{ min} - (7,36 \times 4) \text{ min} + 5 \text{ min} + 2 \text{ h} \\ &= 10 \text{ h } 30 \text{ min} - 29 \text{ min} + 5 \text{ min} + 2 \text{ h} \\ &= 12 \text{ h } 6 \text{ min} \end{aligned}$$

VALEURS MOYENNES DE L'ÉQUATION DU TEMPS (2004 - 2007)

	1	6	11	16	21	26
janvier	3 min 37s	5 min 46 s	7 min 46 s	9 min 34 s	11 min 7 s	12 min 23 s
février	13 min 31 s	14 min 7 s	14 min 23 s	14 min 20 s	13 min 59 s	13 min 21 s
mars	12 min 48 s	11 min 45 s	10 min 30 s	9 min 7 s	7 min 36 s	6 min 2 s
avril	4 min 9 s	2 min 38 s	1 min 11 s	-0 min 6 s	-1 min 13 s	-2 min 9 s
mai	-2 min 52 s	-3 min 21 s	-3 min 35 s	-3 min 34 s	-3 min 20 s	-2 min 52 s
juin	-2 min 4 s	-1 min 14 s	-0 min 17 s	0 min 43 s	1 min 46 s	2 min 49 s
juillet	3 min 47 s	4 min 40 s	5 min 24 s	5 min 57 s	6 min 17 s	6 min 24 s
août	6 min 12 s	5 min 44 s	5 min 1 s	4 min 3 s	2 min 50 s	1 min 26 s
septembre	-0 min 29 s	-2 min 14 s	-4 min 4 s	-5 min 56 s	-7 min 48 s	-9 min 36 s
octobre	-11 min 16 s	-12 min 47 s	-14 min 6 s	-15 min 9 s	-15 min 56 s	-16 min 24 s
novembre	-16 min 32 s	-16 min 16 s	-15 min 40 s	-14 min 44 s	-13 min 29 s	-11 min 57 s
décembre	-10 min 11 s	-8 min 11 s	-6 min 2 s	-3 min 46 s	-1 min 26 s	0 min 53 s