

Leçon

Les décalages horaires en voyage

...✚ Matériel

- Cartes des fuseaux horaires, quelques globes terrestres.
- Lampe de poche pour représenter le Soleil, petite boule (polystyrène) percée de part en part d'un axe (aiguille à tricoter, pic de brochette...) pour représenter la Terre.

1. Quelles sont les différences d'heures à différents endroits de la Terre et pourquoi ?

...✚ Déroulement

a) Situation mobilisatrice

« Comment se fait-il qu'au même moment, l'heure ne soit pas identique dans deux villes éloignées de la Terre ? »
Les élèves émettent des hypothèses. Pour argumenter, des connaissances nécessaires sont reformulées comme le caractère sphérique de la Terre, le fait que quand il fait jour chez nous, il fait nuit de l'autre côté de la Terre, d'autres connaissances sont notées comme étant à vérifier et à mieux formuler. Ainsi les élèves pourront formuler, parfois confusément, que la Terre tourne sur elle-même et autour du Soleil, ce qui provoque l'alternance des jours et des nuits.

b) Exercices pratiques de découverte

- Individuellement, chaque élève dispose d'une carte des fuseaux horaires sur laquelle sont portées quelques grandes villes (voir annexe). Ils répondent à des questions horaires, par exemple (des noms de villes seront donnés selon l'actualité et les centres d'intérêt de la classe) :
- S'il est midi à Bruxelles, quelle heure est-il à Pékin ?
- S'il est 8 heures à Paris, quelle heure est-il à New York ?
- S'il est 14 heures à Moscou, quelle heure est-il à Dakar ?
- S'il est 15 heures à Mexico, quelle heure est-il à Delhi ?
Puis, en passant par un échange par deux ou directement collectivement, les élèves confrontent leurs réponses. L'enseignant récapitule la manière d'utiliser la carte.
- Par deux, les élèves inventent par écrit et résolvent puis se posent mutuellement de nouvelles questions. En cas de désaccord, ils sollicitent l'enseignant.

c) Explications

L'enseignant lance la réflexion : « Pourquoi ces différences d'heures ? Pourquoi ce découpage du planisphère ? »

#Option rapide

L'enseignant fait réfléchir de manière dirigée (en fonction du niveau qu'il vise) : « Combien y a-t-il de parties dans ce découpage de la carte ? Pourquoi 24 ? Que se passe-t-il entre New-York et Djakarta par exemple ? »

Les élèves pourront expliciter que le découpage se fait en 24 parties. On note qu'on nomme ces parties ces « fuseaux horaires ». On peut déduire cela logiquement du fait qu'il y a 24 heures par jour.

Les notions sont amenées ou rappelées : la présence sur le globe terrestre d'éléments de repérage (méridiens, équateur, pôles, hémisphères) ; le fait que l'heure d'un lieu est déterminée par la position du méridien de ce lieu par rapport au Soleil ; la détermination du « méridien de Greenwich ».

Des exercices d'applications sont donnés.

#Option de recherche

- Première séance : le phénomène jour/nuit
« Essayez d'expliquer, par un dessin et des commentaires, pourquoi, lorsqu'il est midi à Bruxelles, c'est la nuit à Sydney ? » (Ces deux villes sont situées dans deux fuseaux sensiblement opposés et on ne s'intéresse pour l'instant qu'au phénomène journée/nuit.)

Par petits groupes, les élèves élaborent une affiche sur laquelle ils formulent, à l'aide de textes et de dessins, l'explication qu'ils imaginent.

Beaucoup d'élèves dessineront et formuleront des explications : « Le Soleil ne peut pas éclairer Bruxelles et Sydney en même temps », « Sydney est de l'autre côté de la Terre... »

L'enseignant note explicitement au tableau LES HYPOTHÈSES : des formulations qui traduisent des confusions et des approximations dont on vérifiera la rigueur lors des séances suivantes.

Les séances suivantes consisteront progressivement à* :

- Élaborer un lexique et définir : pôles, équateur, méridien, fuseau, hémisphères, etc.
- Consolider les définitions et vérifier les hypothèses trouvées précédemment en les visualisant sur une boule blanche représentant la Terre et en manipulant une source de lumière.
- Comprendre le principe des fuseaux horaires. Traiter d'autres exemples.
- Comprendre sur un globe terrestre le sens de l'expression « d'Ouest en Est » qui qualifie habituellement le sens de rotation de la Terre.
- Garder la trace de ce qui a été compris, s'exercer.

2. Pourquoi Philéas Fogg a-t-il « gagné un jour » ?

...✚ Préparation

Voir annexe et sitographie**

*Voir la séquence didactique « Quelle heure est-il à Paris, Pékin ou Sydney ? Étude des fuseaux horaires » : <http://www.grenoble.iufm.fr/privas/ressourPedag/docOfficiel/fuseauxHorai.pdf>

** Merci à mon neveu Cédric qui m'a envoyé ces explications !

Sur internet :

www.voile.banquepopulaire.fr

<ftp://ftp.ac-nantes.fr/ia/72/poleHG/verne.pdf>

<http://www.changement-egalite.be/spip.php?article544>

Le texte de J. Verne est disponible sur :

<http://www.fourmilab.ch/etexts/www/tdm8oj/tdm8oj.html>

...✚ Déroulement

(Cette démarche doit être très démonstrative si les élèves n'ont pas bénéficié d'une recherche à l'épisode précédent)

L'enseignant pose l'énigme : « Phileas Fogg a raté le train et pense avoir perdu son pari. Mais Passepartout lui fait remarquer qu'il a en fait gagné un jour, vingt-quatre heures dans son périple ! Comment est-ce possible ? »

Les élèves sont incités à simuler un voyage autour de la Terre. Il est plus éclairant pour cela de poser, par exemple, que notre Philéas peut aujourd'hui faire le tour de la Terre en 24 heures en avion, qu'il quitte Londres vers l'est le 1^{er} mai à 12 h.

L'enseignant donne un premier indice : Si le voyage pouvait être divisé en 4, et qu'il avançait à vitesse égale, quelle part du voyage aurait-il fait à 18 h ? À 24 h ? À 6 h du matin ? À 12 h le lendemain ? Où est le soleil dans le ciel à ce moment-là ?

L'enseignant rappelle que pendant ce temps, la Terre continue de tourner...

Les élèves tâtonnent, manipulent la mappemonde, raisonnent, dessinent.

Dans le livre de Jules Verne, en avançant vers l'est, Philéas Fogg allait au devant du Soleil, et, par conséquent, les jours diminuaient pour lui (d'autant de fois 4 minutes qu'il franchissait de degrés dans cette direction). Phileas avait passé la ligne de changement de date sans s'en apercevoir. Au point que, après un tour de Terre, il avait cumulé un décalage horaire de 24 heures, de sorte que son calendrier (dans son journal de bord), indiquait le 21/12 alors que le calendrier local indiquait le 20/12.

Compétences

Éveil géographique. Par l'intermédiaire de situations concrètes, découvrir progressivement la diversité des informations fournies par les cartes (764-765)

Utiliser des représentations spatiales [G15]

Éveil et initiation scientifique : Initier à la Terre, dans le système solaire (703-704)

Mettre en évidence des relations entre deux variables [S13]

Annexes de la fiche 7 Les fuseaux horaires (1)

De nombreux planisphères avec fuseaux horaires sont disponibles sur Internet.



TABLEAU des localisations selon les fuseaux horaires :

Fuseau horaire	Décalage	Ville	Pays
-11	01:00	Apia	Samoa
-10	02:00	Honolulu	États-Unis-Hawaii
-9	03:00	Anchorage	États-Unis-Alaska
-8	04:00	Los Angeles	États-Unis-Californie
-7	05:00	Calgary	Canada
-6	06:00	Mexico	Mexico
-5	07:00	New York	États-Unis
-4	08:00	Santiago du Chili	Chili
-3	09:00	São Paulo	Brésil
-2	10:00	Fernando de Noronha	Brésil
-1	11:00	Praia	Cap Vert
	12:00	Londres	Royaume-Uni
+1	13:00	Paris	France
+2	14:00	Le Caire	Égypte
+3	15:00	Moscou	Russie
+4	16:00	Dubai	Émirats arabes unis
+5	17:00	Karachi	Pakistan
+6	18:00	Dhaka	Bangladesh
+7	19:00	Jakarta	Indonésie
+8	20:00	Hong Kong	Chine
+9	21:00	Tokyo	Japon
+10	22:00	Sydney	Australie
+11	23:00	Nouméa	France-Nouvelle-Calédonie
+12	00:00 (le jour suivant)	Auckland	Nouvelle-Zélande
+13	01:00 (le jour suivant)	Nuku'alofa	Tonga



Je retiens : Les fuseaux horaires

Le « changement d’heure » lorsqu’on se déplace à la surface de la Terre est dû à la rotation de la Terre qui fait apparaître le « lever » puis le « coucher » du Soleil. Entre ces deux moments, le temps s’écoule en fonction de la position du Soleil dans le ciel.

Comme la Terre tourne en 24 heures, le globe terrestre a été divisé en 24 fuseaux horaires de même taille. Un fuseau horaire est une zone terrestre où l’heure est considérée comme identique en tout point.

La zone couverte par un fuseau se situe entre deux méridiens distants de 15° et s’étendant du pôle nord au pôle sud. Au passage d’un fuseau à l’autre l’heure augmente ou diminue d’une heure.

En 1876, le méridien de Greenwich a été défini comme la ligne de changement de date. Le premier fuseau est donc déterminé par le méridien de Greenwich.

Un système d’heure d’été a été créé dans de nombreux pays pour réaliser des économies d’énergie (il fait clair plus tard, on allume moins vite l’éclairage). L’heure légale peut ainsi être décalée par rapport à l’heure du fuseau.

Si Philéas Fogg, aujourd'hui, pouvait faire le tour du monde en 24 heures et non en 80 jours, que se passerait-il ?

« Les fuseaux horaires sont pratiques pour faire un lien simple entre le temps et la position solaire locale : à midi, le Soleil est au plus haut dans le ciel (approximativement). Le problème est qu'une fois qu'on se déplace, l'heure solaire n'est plus une bonne référence pour mesurer le temps.

Imagine que tu prends un avion capable de faire le tour de la Terre en exactement 24 heures, partant à midi et allant vers l'ouest. Du point de vue géocentrique, l'avion et le soleil se déplacent alors autour du monde à la même vitesse et dans la même direction. Tout le long du voyage, tu verras alors le Soleil à son point le plus haut dans le ciel, il ne se couchera jamais. En termes de temps solaire (et donc dans les fuseaux horaires où l'avion passe), il sera midi tout le long de ton voyage. Tu atterriras à midi, sans avoir vu un jour solaire passer. Ceux qui sont restés à terre te diront que 24 heures sont passées, sans réelle contradiction puisque tu auras pu toi-même mesurer le temps écoulé à l'aide d'une montre par exemple.

On voit là la différence entre le temps solaire apparent et le temps absolu, le premier n'étant plus fiable à partir du moment où l'on se met en mouvement par rapport au Soleil. Un cadran solaire et une montre seront en accord jusqu'à ce qu'on les déplace. Il n'y a plus de paradoxe si on se réfère à une échelle de temps commune entre ceux qui restent sur terre et ceux qui font leur tour du monde (par exemple, l'heure de Greenwich). Les mêmes 24 heures (donc un jour) s'écoulent pour les voyageurs et les non-voyageurs. La seule différence est que ces derniers auront vu le Soleil se coucher.

Le Soleil n'est pas nécessaire pour parler de temps, si on oublie son existence le problème ne se pose même plus. »

Mais s'il partait vers l'est ? Gagnerait-il encore un jour ? À la tour de contrôle verrait-on revenir son avion à Londres... au moment-même de son départ ?!

« Dans mon exemple du tour du monde en 24 heures vers l'ouest, le voyageur ne voit jamais le Soleil se coucher, donc si il se base sur le Soleil pour calculer la durée du voyage il en déduira qu'il a duré zéro seconde. En effet, il sera parti à midi, n'aura jamais vu la nuit, et sera arrivé à midi, donc le même « jour » de son point de vue. Comme si le temps s'était arrêté dès le décollage.

Si le voyage se fait vers l'est et commence à midi, du point de vue du voyageur il sera minuit (solaire) au quart du voyage, quand l'avion sera près d'Oulan Bator et le Soleil au-dessus de Chicago. Ensuite, arrivé aux antipodes de Londres, il sera à nouveau midi (solaire) au moment où l'avion et le Soleil «se croisent». Aux trois-quarts du voyage, le Soleil sera sur Oulan Bator et l'avion à Chicago, il sera à nouveau minuit (solaire) pour le voyageur. Au retour à Londres, à midi, le voyageur aura vu deux jours passer, mais la tour de contrôle en aura vu un seul. Vu sur un cadran solaire, le temps du voyageur s'écoule au double du rythme du vrai temps mesuré à l'aide d'une montre.

Comme je l'ai dit plus tôt, le Soleil cesse d'être un outil fiable de mesure du temps dès qu'on commence à se déplacer, puisque l'heure solaire dépend du méridien sur lequel on se trouve. Pour mesurer des temps à des endroits différents du globe, il faut choisir une référence et s'y tenir. Par exemple le «temps universel coordonné» (ou temps de Greenwich). Si le voyageur et la tour de contrôle synchronisent leurs montres au départ et ignorent les cycles solaires, ils seront tous deux d'accord sur la durée du voyage à l'arrivée.

En se basant sur la position du Soleil dans le ciel (et donc des cycles jour/nuit) pour mesurer le temps d'un tour du monde, on aura toujours un jour de décalage par rapport aux non-voyageurs. On aura compté un jour de plus que ces derniers dans le cas d'un voyage vers l'est, ou un jour de moins pour un voyage vers l'ouest. C'est le voyageur qui aura tort, puisqu'il aura redéfini la notion de «jour» par rapport aux non-voyageurs : un jour est défini comme 24 heures, soit 24×60 minutes, soit $24 \times 60 \times 60$ secondes, et la seconde elle-même est très précisément définie à partir des oscillations d'énergie d'un atome de césium. Pour autant qu'on ne se déplace pas pendant la mesure, l'heure solaire est une bonne approximation de ce «vrai» temps atomique (on s'est arrangé pour définir une seconde sans trop chambouler la définition solaire historique). Par contre, le temps atomique et le temps solaire ne s'écoulent plus de la même façon lorsqu'on se déplace : en faisant un vingt-quatrième de tour du monde vers l'ouest, le Soleil se trouve au zénith une heure plus tard qu'il l'était avant le déplacement (évidemment, il ne peut pas être au zénith partout en même temps !); les échelles de

temps sont donc décalées d'une heure.

Le « vrai » temps (donné par une montre) s'écoule de la même façon pour tout le monde. Si Philéas et les observateurs restés au sol se basent sur la même échelle de temps, ils mesureront tous les deux un voyage de 80 jours (ou plutôt 79 si j'ai bien compris l'histoire). Si par contre Philéas décide de se construire une montre avançant trop vite, il redéfinira sa notion de « jour » et risquera bien d'en compter un de trop.

Si le voyageur faisant son tour du monde en 24 heures souhaite régler sa montre à chaque passage d'un fuseau à l'autre, il devra ajouter une heure en arrivant à la côte belge, une de plus en arrivant en Biélorussie, etc., jusqu'à arriver à la fameuse ligne de changement de date au-dessus du Pacifique où il devra retirer 24 heures à sa montre, puis à nouveau en ajouter à chaque passage de fuseau. Au final, il aura ajouté 12 heures, retiré 24 heures en passant la ligne de changement de date, et à nouveau ajouté 12 heures avant d'arriver à destination. Si sa montre est en panne (et son bon sens aussi), il pensera bien sûr se retrouver au même moment qu'au départ, mais il ne faut pas oublier que le temps s'écoule entre les passages de fuseaux. Les différents ajouts et soustractions d'heures à sa montre donnent au total un changement nul, auquel s'ajoute la durée du voyage de 24 heures. Il aura donc tout de même mesuré 24 heures de voyage. »

(Cédric Bamps, étudiant en physique, ULB – par courriel)