



à la découverte d'un monde connecté

GPS EXPLORE

Dossier pédagogique

Eric Millour – eric.millour@ac-rennes.fr

Professeur de sciences physiques et conseiller relais à la Cité des télécoms

Version mise à jour le 04/10/2019



RÉGION ACADÉMIQUE
BRETAGNE



LA CITE DES TELECOMS



La Cité des télécoms, fondation d'entreprise, est un centre de diffusion de la culture scientifique et technique orienté télécom et numérique.

La Cité des télécoms propose un programme de visite entièrement personnalisé répondant au plus près des attentes pédagogiques des enseignants :

- Le Radôme : un spectacle son et lumière projeté à l'intérieur même du radôme, classé monument historique, retrace l'histoire de ce site unique au monde, théâtre de la première retransmission tv par satellite le 11 juillet 1962.

- Les espaces d'exposition sur les télécoms et le numérique pour vivre un formidable voyage à travers le temps et les technologies de la tour de Chappe à l'ère du tout numérique.

- Les ateliers pédagogiques : le numérique de a à z, programmation robots, le GPS, sécurité sur Internet, programmation smartphone...

- L'exposition temporaire 2019-2020: « la voix, l'expo qui vous parle ! »

- Les séjours sur 2,3 ou 5 jours associant visites d'expositions, ateliers et réalisation de reportages vidéo.

La Cité des télécoms propose également des ateliers itinérants sur la thématique du numérique en intervenant directement dans les classes avec tout le matériel nécessaire.

SOMMAIRE



1. Dans les programmes de l'Education Nationale	page 3
2. Croisements entre enseignements	page 6
3. Etats des lieux des différents systèmes existants	page 7
- Activité 1	page 9
4. Principe de fonctionnement de la géolocalisation.	page 12
- Activité 2	page 15
- Activité 3	page 19
5. Sitographie	page 21
6. Bibliographe	page 21



1.1 Dans les programmes de collège

Sciences physiques - Des signaux pour observer et communiquer

Attendus de fin de cycle	
<ul style="list-style-type: none"> Caractériser différents types de signaux (lumineux, sonores, radio...). Utiliser les propriétés de ces signaux. 	
Connaissances et compétences associées	Exemples de situations, d'activités et d'outils pour l'élève
<p>Signaux lumineux</p> <p>Exploiter « expérimentalement » la propagation rectiligne de la lumière dans le vide et le modèle du rayon lumineux.</p> <ul style="list-style-type: none"> Lumière : sources, propagation, vitesse de propagation. Modèle du rayon lumineux. <p>[Relier la distance parcourue par une onde électromagnétique à la durée de propagation]</p>	<p>L'exploitation de la propagation rectiligne de la lumière dans le vide et le modèle du rayon lumineux peut conduire à travailler sur la réflexion et des mesures de distance.</p> <p>Les élèves découvrent différents types de rayonnements (lumière visible, ondes radio, rayons X ...)</p>
<p>Signal et information</p> <p>Comprendre que l'utilisation de la lumière permet d'émettre, de transporter un signal donc une information.</p>	

Sciences physiques - Mouvement et interactions

Attendus de fin de cycle	
<ul style="list-style-type: none"> Caractériser un mouvement. 	
Connaissances et compétences associées	Exemples de situations, d'activités et d'outils pour l'élève
Caractériser un mouvement	
<p>Caractériser le mouvement d'un objet.</p> <p>Utiliser la relation liant vitesse, distance et durée dans le cas d'un mouvement uniforme.</p> <ul style="list-style-type: none"> Vitesse : direction, sens et valeur. Mouvements rectilignes et circulaires. Relativité du mouvement dans des cas simples. 	<p>L'ensemble des notions de cette partie peut être abordé à partir d'expériences simples réalisables en classe, de la vie courante ou de documents numériques.</p> <p>Utiliser des animations des trajectoires des planètes, qu'on peut considérer dans un premier modèle simplifié comme circulaires et parcourues à vitesse constante.</p> <p>Comprendre la relativité des mouvements dans des cas simples (train qui démarre le long d'un quai) et appréhender la notion d'observateur immobile ou en mouvement.</p>

EPS - Adapter ses déplacements à des environnements variés

Attendus de fin de cycle	
<ul style="list-style-type: none"> - Réussir un déplacement planifié dans un milieu naturel aménagé ou artificiellement recréé plus ou moins connu. - Gérer ses ressources pour réaliser en totalité un parcours sécurisé. - Assurer la sécurité de son camarade. - Respecter et faire respecter les règles de sécurité. 	
Compétences visées pendant le cycle	Exemples de situations, d'activités et de ressources pour l'élève
<p>Choisir et conduire un déplacement adapté aux différents milieux (terrestre, aquatique ou aérien).</p> <p>Prévoir et gérer son déplacement et le retour au point de départ.</p> <p>Respecter et faire respecter les règles de sécurité et l'environnement.</p> <p>Analyser les choix a posteriori, les justifier.</p> <p>Assurer, aider l'autre pour réussir ensemble.</p> <p>Évaluer les risques et apprendre à renoncer.</p>	<p>Activités physiques de pleine nature ou en reproduisant les conditions : course d'orientation, escalade, randonnée, Kayak, sauvetage, VTT, ski ...</p>

Mathématiques - Thème D - Espace et géométrie

Attendus de fin de cycle	
<ul style="list-style-type: none"> • Représenter l'espace • Utiliser les notions de géométrie plane pour démontrer 	
Connaissances et compétences associées	Exemples de situations, d'activités et de ressources pour l'élève
Représenter l'espace	
<p>(Se) repérer sur une droite graduée, dans le plan muni d'un repère orthogonal, dans un parallélépipède rectangle ou sur une sphère.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Abscisse, ordonnée, altitude. - Latitude, longitude. <p>Utiliser, produire et mettre en relation des représentations de solides et de situations spatiales.</p> <p>Développer sa vision de l'espace.</p>	<p>Repérer une position sur carte à partir de ses coordonnées géographiques.</p> <p>Mettre en relation diverses représentations de solides (par exemple, vue en perspective, vue de face, vue de dessus, vue en coupe) ou de situations spatiales (par exemple schémas, croquis, maquettes, patrons, figures géométriques).</p> <p>Utiliser des solides concrets (en carton par exemple) pour illustrer certaines propriétés.</p> <p>Utiliser un logiciel de géométrie pour visualiser des solides et leurs sections planes afin de développer la vision dans l'espace. Faire le lien avec les courbes de niveau sur une carte.</p>

Grandeurs et mesures – Nombres et calculs

Résoudre des problèmes impliquant des grandeurs (géométriques, physiques, économiques) en utilisant des nombres entiers et des nombres décimaux

Résoudre des problèmes de comparaison avec et sans recours à la mesure.

Résoudre des problèmes dont la résolution mobilise simultanément des unités différentes de mesure et/ou des conversions.

Calculer des périmètres, des aires ou des volumes, en mobilisant ou non, selon les cas, des formules.

- Formules donnant

- o le périmètre d'un carré, d'un rectangle, longueur d'un cercle ;
- o l'aire d'un carré, d'un rectangle, d'un triangle, d'un disque ;
- o le volume d'un cube, d'un pavé droit.

Calculer la durée écoulée entre deux instants donnés.

Déterminer un instant à partir de la connaissance d'un instant et d'une durée.

- Unités de mesures usuelles: jour, semaine, heure, minute, seconde, dixième de seconde, mois, année, siècle, millénaire.

Proportionnalité

Reconnaitre et résoudre des problèmes relevant de la proportionnalité en utilisant une procédure adaptée.



Quelques exemples de thèmes qui peuvent permettre de travailler avec plusieurs autres disciplines.

Corps, santé, bien-être et sécurité

- En lien avec les sciences de la vie et de la Terre, la technologie, l'éducation physique et sportive.

Sécurité pour soi et pour autrui : risque et gestion du risque.

- En lien avec l'éducation physique et sportive, les sciences de la vie et de la Terre, les mathématiques, la technologie, les sciences physiques (**Thème : Caractériser un mouvement – Thème : Energie**)

Information, communication, citoyenneté

- En lien avec la technologie.

Information et communication : signaux lumineux, signaux électriques.

Langues et cultures étrangères ou, le cas échéant, régionales

- En lien avec les langues vivantes, des thèmes sont possibles autour de la question de l'universalité de la science.

Monde économique et professionnel

- En lien avec la technologie, les sciences de la vie et de la Terre, des travaux sont possibles sur les applications des recherches en physique, en chimie et en technologie impactant le monde économique.

Sciences, technologie et société.

- En lien avec l'histoire, les mathématiques, les sciences de la vie et de la Terre, la technologie.

Histoire du monde : de l'Antiquité à Kepler

En lien avec les mathématiques, l'histoire, la géographie, la technologie, des projets peuvent être proposés sur les instruments scientifiques, les instruments de navigation

3. ÉTAT DES LIEUX DES DIFFÉRENTS DES SYSTÈMES EXISTANTS

A. GPS NAVSTAR

Le système GPS (Global Positioning System) a été mis en œuvre par le ministère de la défense américaine. Il est de ce fait entièrement sous le contrôle américain et leur permet une disponibilité sélective du signal en cryptant certaines informations. Ce projet GPS a été lancé aux États-Unis en 1973 pour surmonter les limites des précédents systèmes de navigation. Ce système est composé de 31 satellites (Mars 2017) sur 6 orbites quasi-circulaires de 20200km d'altitude moyenne (26600 km environ du centre de la terre). Leur période de révolution est égale à 11 h 58 min, ce qui correspond à deux révolutions complètes par jour à la vitesse de 13960 km/h. L'inclinaison des plans orbitaux est de 55°.

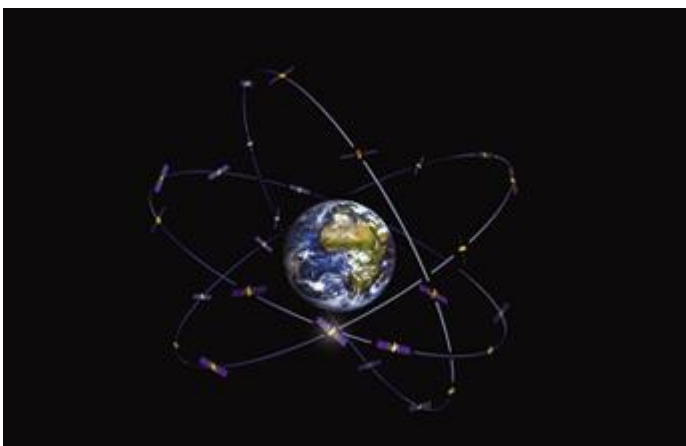
Le système GPS est actuellement le plus utilisé car il est gratuit, et permet une localisation avec une bonne précision. Il faut néanmoins rappeler que la qualité du signal peut volontairement être dégradée, voire coupée par les administrateurs du système.

B. GLONASS

Le système GLONASS (Global Navigation Satellite System) est l'équivalent russe du GPS. Ce système a été développé à partir de 1982 par les militaires Russes. Le 24 septembre 1995, les 24 satellites de la constellation sont placés en orbite et deviennent opérationnels à partir de janvier 1996. Mais après la chute de l'URSS, en octobre 2000, seuls six satellites sont en état de fonctionner. Il faudra attendre 2011 pour voir GLONASS assurer la couverture de toute la surface terrestre. Cette constellation de 24 satellites est répartie sur 3 orbites inclinées de 64°8 et situées à 19130km. Cette répartition permet une réorganisation plus rapide des satellites en cas de panne. La particularité de ce système est que chaque satellite possède sa propre fréquence d'émission, ce qui augmente la résistance au brouillage. Leur période de révolution est égale à 11 h 15 min. À la différence du système GPS, les satellites de la constellation GLONASS vus du sol, se retrouvent à la même place dans le ciel après huit jours sidéraux.

La partie au sol est composée de cinq stations de contrôle, la principale se trouve à Krasnoznamensk dans la région de Moscou.

C. GALILEO



GALILEO est le système de positionnement par satellites initié par l'Union Européenne et l'Agence Spatiale Européenne dont le déploiement doit s'achever vers 2020. La nécessité d'un système de positionnement européen répond au besoin d'indépendance face au système GPS américain. Ce système novateur et performant, actuellement en phase de déploiement, supprime les restrictions (précision et fiabilité) du GPS tout en restant entièrement sous contrôle civil. Il est donc à la fois concurrent et complémentaire du GPS. En phase d'exploitation commerciale le système GALILEO sera

composé à terme de 30 satellites dont 6 de rechange. Cette constellation est placée sur trois plans orbitaux distincts inclinés de 56° et situés 23220km d'altitude moyenne. Leur période de révolution est égale à 14 h 07 min. La composante terrestre comprend 2 centres de contrôles coordonnant un minimum de 20 autres stations au sol. De plus, GALILEO diffusera 10 signaux sur 3 bandes de fréquences : 6 signaux dédiés aux services gratuits, 2 signaux pour les services commerciaux et 2 pour le service public réglementé.

Il faudra attendre 2020, date à laquelle une trentaine de satellites seront en orbite, pour que le système européen puisse offrir sa meilleure précision sur tout le globe. GALILEO étant compatible avec le GPS, l'utilisateur pourra

accéder aux deux systèmes simultanément et améliorer la qualité et la fiabilité de sa position. Le service européen se veut plus performant avec notamment un positionnement d'une précision, de l'ordre du mètre, supérieure à celle de ses concurrents. Autre avancée, pour les opérations de recherche et de sauvetage : un appel de détresse sera visible, en temps réel, de n'importe quel endroit du globe.

D. BEIDOU

Le système Beidou dont la mise en service a été annoncée en 2012, a rejoint ainsi le GPS américain, le russe GLONASS et le GALILEO européen. Il est actuellement opérationnel dans la région Asie-Pacifique dont le Laos, le Pakistan et la Thaïlande, mais il est prévu qu'il couvre le monde entier d'ici à 2020. Dans le domaine civil, il est utilisé notamment dans des domaines comme la navigation, les transports et les prévisions météorologiques. Il a également des applications dans le domaine militaire. INRSS

E. IRNSS

L'IRNSS est un système régional indépendant de navigation par satellite développé par l'Inde. Il est conçu pour fournir un service d'informations de position précis aux utilisateurs en Inde ainsi qu'à la région s'étendant jusqu'à 1500 km de sa frontière, qui constitue sa principale zone de service. Une zone de service étendue s'étend entre la zone de service principale et la zone délimitée par un rectangle allant de 30 ° de latitude sud à 50 ° de latitude nord et 30 ° de longitude est à 130 ° de longitude est.

IRNSS fournira deux types de services, à savoir le service de positionnement standard (SPS) fourni à tous les utilisateurs et le service restreint (RS), qui est un service crypté fourni uniquement aux utilisateurs autorisés. Le système IRNSS devrait fournir une précision de position supérieure à 20 m dans la zone de service principale.

Activité 1 – Calcul de la vitesse des satellites sur leur orbite

A. En vous aidant du document intitulé « *Les différents systèmes existants* », complétez le tableau 1 permettant un relevé des caractéristiques des différents systèmes.

	Nombre de satellites	Inclinaison de l'orbite	Altitude de mise en orbite	Durée de la révolution	Vitesse du satellite en orbite
GPS					
GLONASS					
GALILEO					

B. A partir de certaines données du tableau, complétez le schéma suivant :

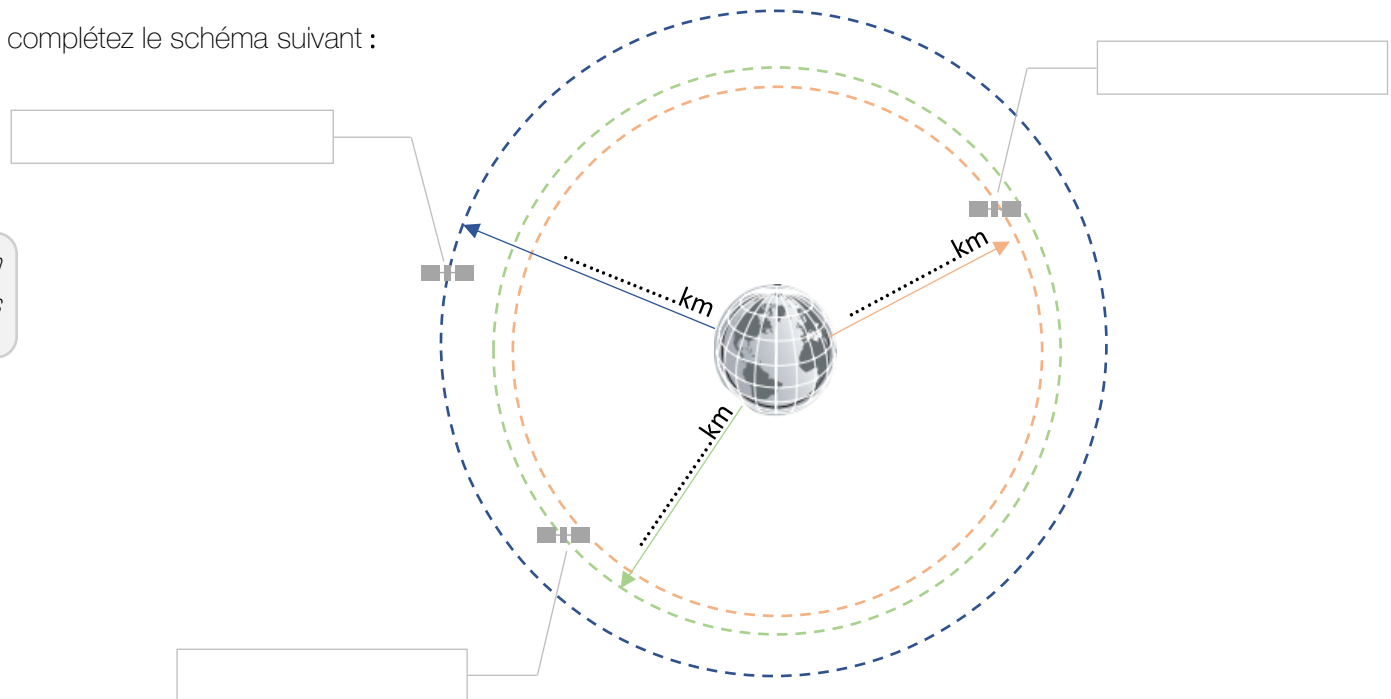
Rappel : La trajectoire d'un mobile est, dans un référentiel, l'ensemble des positions successives occupées par ce mobile au cours du temps.

1. En acceptant certaines approximations, quelle est ici la trajectoire des différents

.....

.....

.....



Rappel : La distance parcourue par le satellite sur son orbite, correspond au périmètre d'un cercle.

2. Quelle est la formule mathématique pour calculer le périmètre d'un cercle ?

.....
.....
.....



Application :

3. Déterminer la distance parcourue par un satellite Américain du système GPS.
On prendra $\pi = 3.14$

.....
.....
.....
.....

Rappel : la vitesse est une grandeur physique qui mesure pour un mouvement, le rapport de la distance parcourue par la durée écoulée.

4. Quelle est la formule mathématique pour calculer la vitesse du satellite ?

.....
.....
.....



Application :

5. Si on considère que la durée d'une révolution (1 tour) est de 11h58 min, quelle serait la vitesse de déplacement d'un satellite Américain du système GPS sur son orbite ?

.....
.....
.....
.....

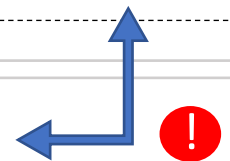
Je réfléchis!

6. Comparer cette valeur à celle notée dans le tableau 1.

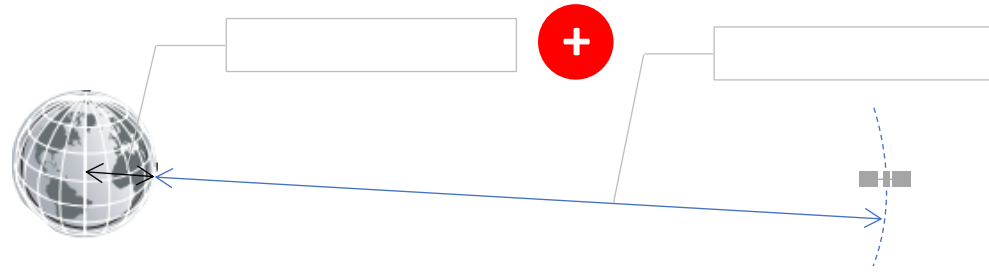
7. Quel est le paramètre dont nous n'avons pas tenu compte ?

8. Quelle est sa valeur numérique ? (*Coup de pouce : Vous pouvez trouver sa valeur en reprenant le document 1*)

.....



9. Complétez le schéma :



10. Quelle est alors le véritable rayon de l'orbite du satellite ?

.....

11. Reprenez le calcul de la vitesse du satellite GPS et vérifiez que vous trouvez la valeur de 13960 km/h (arrondir au km)

.....

12. Orbites réelles et vitesse de déplacement des satellites des systèmes GLONASS et GALILEO.

	Altitude de mise en orbites	Orbites réelles	Vitesse du satellites
GLONASS			
GALILEO			

Fin de l'activité

4. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA GEOLOCALISATION

Article 1 -

Galileo – Un projet européen d'envergure !

Après plus de 17 ans, le grand projet Galileo est en passe de devenir une réalité. Ce mercredi, une fusée Ariane 5 doit mettre sur orbite les quatre nouveaux satellites (soit 26/30) positionnés à 23 320 kilomètres d'altitude permettant à Galileo, le GPS européen, d'être quasiment pleinement opérationnel à 100%. Rappelons que le service a été ouvert il y a un an et demi, le lancement des derniers satellites doit permettre d'améliorer encore la précision du système.



Le tir de mercredi "marquera la fin d'un cycle démarré en 2011", déclare à l'AFP Stéphane Israël, président d'Arianespace, société de services de lancement. A cette date, "nous aurons lancé les 26 premiers satellites avec une régularité de métronome". Il restera encore 4 satellites à déployer jusqu'en 2021 mais les 6 derniers ont vocation à remplacer la première génération de satellites. [...]

En 2007, un seul satellite a été lancé et l'année d'ouverture du service est repoussée à 2012. En 2014, les satellites Doresa et Milena ne rejoignent pas l'orbite prévue. La consternation est telle qu'une commission d'enquête est ouverte en collaboration avec la commission européenne et l'agence spatiale Européenne (ESA). Fin 2014, seuls 4 satellites sont concrètement en orbite. A cette date, 4 milliards d'euros ont déjà été dépensés.

En 2015, les choses s'accélérent enfin. Soyuz met sur orbite, avec succès cette fois, deux nouveaux satellites de la constellation, portant donc le total à 6. Le programme atteint alors son rythme de croisière avec la mise en orbite de deux satellites tous les trois mois. [...]

Fin 2016, il est enfin possible d'utiliser les données européennes même si le dispositif est encore incomplet. En 2017, un ultime incident fait craindre le pire : on apprenait en effet que plusieurs horloges atomiques de certains satellites du projet étaient « en panne ».

Le système de navigation ne serait cependant directement touché par ces défaillances car les ingénieurs avaient prévu un système de redondance au cas où la situation se présenterait. Chaque satellite est ainsi doté de quatre horloges. L'ESA indiquait que la situation est sous-contrôle même si elle est encore incapable d'expliquer les causes de cette épidémie.

Tous les satellites dont les horloges sont touchées par cette épidémie, sont fonctionnels, avait ainsi assuré l'agence.

Aujourd'hui, Galileo est plus stratégique que jamais à l'heure où la géolocalisation s'infiltré dans de nombreux domaines, la transformation numérique oblige. « Quelque 10 % du PIB européen dépendent aujourd'hui des systèmes de positionnement par satellites, et d'ici à 2030, ce pourcentage pourrait grimper à environ 30 % », justifie le CNES, l'agence spatiale française.

Nous comprenons aisément que le principe de géolocalisation repose dans un premier temps sur la mise en orbite d'une constellation de satellites.

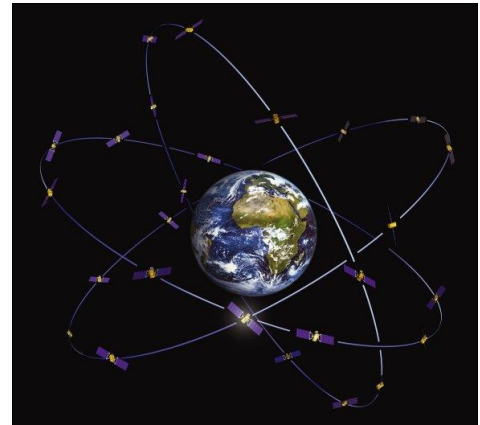
Les principaux systèmes existants (GPS – GLONASS – GALILEO – BEIDOU) diffèrent sur le nombre de satellites mis en orbite, sur l'altitude de ces orbites, sur le nombre et l'inclinaison des plans orbitaux et donc sur le nombre de satellites par plan. Le principe de fonctionnement restant le même pour les différents systèmes.

Principe de fonctionnement

A. Des émetteurs

Une constellation de satellites en orbite autour de la Terre.

- Chaque satellite de la constellation diffuse en permanence un signal.
- Ce signal n'est visible que par certaines zones de la Terre, ce qui explique la multiplicité des satellites.
- Le signal émis est porteur d'informations permettant de déterminer précisément la position du satellite dans l'espace.



Source : <http://eduscol.education.fr/orbito/system/galileo/gal00.htm>

B. Des récepteurs

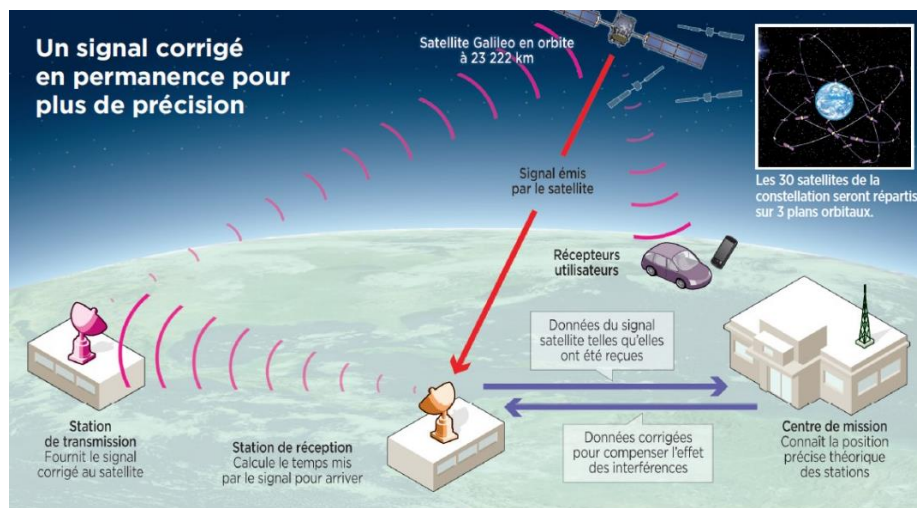
Par récepteur, nous entendons ici les smartphones le permettant, ainsi que tout autre appareil mobile installé dans les moyens de locomotion (voitures, camion, avion...). Le nombre de récepteurs et donc d'utilisateurs est illimité, et chacun doit être capable de :

- Recevoir les signaux provenant d'au moins 4 satellites,
- D'effectuer les calculs de distance le séparant des 4 satellites,
- Calculer sa position en utilisant les informations portées par les signaux émis par chacun des satellites.



C. Des stations de contrôle

Ce secteur sera assuré par le dispositif EGNOS (European Geostationary Overlay Service), dont la station maîtresse est située à Toulouse. *[Le système devrait être opérationnel en 2019 !]*



Source : https://www.sciencesetavenir.fr/espace/pourquoi-galileo-sera-plus-precis-que-le-systeme-gps-americain_34229

Le signal émis par un satellite doit être recalculé en permanence par des stations au sol. C'est la combinaison des signaux corrigés des quatre satellites qui permettra au récepteur de déterminer précisément sa position.

Notons que l'un des paramètres importants du signal corrigé est le paramètre temps. En effet il est très important que les horloges des satellites soient synchronisées. Tous les satellites de la constellation le sont par rapport à une référence de temps commune. Cette référence est ensuite raccordée au temps universel (UTC).

Activité 2 – Pourquoi synchroniser les horloges des satellites ?

D'après : *GPS et Galileo: Systèmes de navigation par satellites*. De Jean-Marc Piéplu –Editions Eyrolles.

Imaginons un voyageur sans montre dans un train qui part à 12h00 de la gare de Toulouse (heure donnée par l'horloge de cette gare), dont le train roule à la vitesse constante de 120 km/h. Il ne s'arrête pas sur le trajet. Il arrive à la gare de Montpellier à 14h00 (heure donnée par l'horloge de cette gare).

Rappel : La **vitesse d'un mobile** est une grandeur physique qui mesure pour un mouvement, le rapport de la distance parcourue par la durée écoulée.

1. Ecrivez à partir du rappel, la formule mathématique qui permettra de calculer la vitesse du train en fonction de la distance parcourue et de la durée écoulée.

.....

.....

.....

3. Déduisez de la formule précédente, la formule qui vous permet de calculer la distance parcourue en fonction de la vitesse du train et de la durée du parcours.

.....

.....

.....

.....

.....

Astuce : Les anglosaxons écrivent ce type de formule à l'aide d'un triangle. Pour trouver la relation mathématique qui leur permet de faire les calculs, ils doivent cacher la grandeur physique qu'ils cherchent.

$$\frac{d}{V \cdot t}$$

Exemple : je **cherche** la durée **t**.

Je **cache** **t**.

$$\frac{d}{V \bullet}$$

Il reste : $\frac{d}{V}$

Je **déduis** que **t** = $\frac{d}{V}$

4. En utilisant les données de l'énoncé, complétez le schéma :



5. Calculer la durée du parcours.

.....

.....

.....

2. En utilisant l'ensemble des informations, calculez la distance séparant Toulouse de Montpellier.

.....

.....

.....

Imaginons maintenant que l'horloge de la gare de Montpellier avance d'1 minute ! Le train arrive donc à cette horloge à 14h01.

Rappel : 1 heure contient 60 minutes.

6. Quelle serait en minutes la durée du trajet ?

.....
.....
.....

7. Quelle serait alors la distance parcourue par le train dans ces conditions ?

.....
.....
.....
.....

9. En utilisant les données de l'énoncé et les résultats de vos calculs, complétez le schéma :



8. Comment doivent-être les deux horloges pour éviter une erreur sur la distance séparant Toulouse de Montpellier ?

.....
.....
.....
.....

Appliquons maintenant le même scénario au signal émis par un satellite et reçu par le récepteur. Le signal émis par les satellites est émis sous forme d'onde électromagnétique. Sa vitesse de propagation est alors égale à la vitesse de la lumière. Pour simplifier nos calculs, nous considérons ici que la vitesse de la lumière est de 300 000 km/s.

10. Quelle serait l'erreur sur la distance calculée si l'erreur de synchronisation entre le satellite et le récepteur est de 1 seconde

.....

Rappel :

1 milliseconde = 0,001 s = 10^{-3} s = 1 ms

1 microseconde = 0,000 001 s = 10^{-6} s = 1 μs

1 nanoseconde = 0,000 000 001 s = 10^{-9} s = 1 ns

11. Effectuer le même calcul pour une erreur de synchronisation d'1 milliseconde

.....

13. Effectuer le même calcul pour une erreur de synchronisation d'1 microseconde

.....

12. Effectuer le même calcul pour une erreur de synchronisation d'1 nanoseconde.

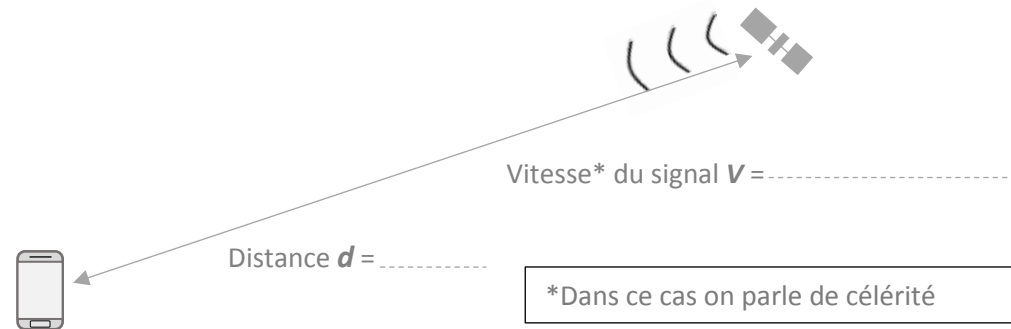
.....

14. La précision du positionnement visé par le système GALILEO est de 10 m. Dans ces conditions, quelle doit être l'ordre de grandeur de la synchronisation entre les horloges ?

.....

15. Sachant que la distance moyenne entre un récepteur et les satellites est de l'ordre de 23320 km. Calculer la durée mis par le signal pour arriver jusqu'au récepteur. Votre résultat est-il en accord avec les résultats des questions précédentes ?

.....



13,7 millièmes de seconde de décalage, et le système GPS part à vau-l'eau

Technologie : Le 26 janvier dernier un bug a eu raison du système GPS pendant 11 heures. De quoi poser la question de la fiabilité du système et de ses alternatives.



L'économie mondiale fonctionne sur le GPS. Et c'est un sérieux problème car le GPS est particulièrement vulnérable à toutes sortes d'interférences [assure un article de Bloomberg](#).

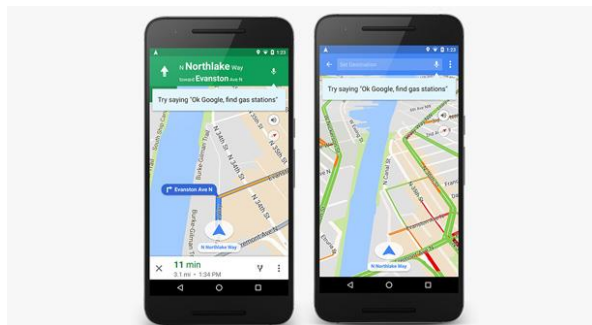
Et ces interférences ont vraisemblablement posé de nombreux problèmes le 26 janvier dernier. Pendant 11 heures, des relais téléphoniques ont perdu leurs connexions, la police et des casernes de pompiers aux Etats-Unis ont signalé des erreurs de communication, et les signaux radio de la BBC ont été interrompus, entre autres choses.

La cause ? Un bug dans le réseau GPS. Un incident survenu lorsque l'US Air Force, qui opère les 31 satellites du réseau GPS, a mis hors service un de ces satellites. Conséquence indirecte mais sérieuse de cette manœuvre, de minuscules erreurs se sont produites dans la base de données globale du réseau, faussant les données de géolocalisation. Plusieurs satellites transmettaient de mauvaises données de synchronisation car ils étaient alors ralentis de ...13,7 millièmes de seconde. [...]

Source : <https://www.zdnet.fr/actualites/137-milliemes-de-seconde-de-decalage-et-le-systeme-gps-part-a-vau-l-eau-39871745.htm>

Smartphones : Le GPS bientôt plus précis, à 30 centimètres près

Toujours plus de précision pour la localisation dans nos smartphones. Le fondateur Broadcom vient en effet de présenter un nouveau composant dédié qui offre bien plus de précision que la génération précédente.



Cette puce baptisée BCM47755 [C'est le cas du smartphone Xiaomi Mi 8 qui est le premier smartphone à intégrer une puce bi-fréquence – Février 2019] pourra en effet déterminer votre position à 30 cm près (même dans les immeubles) contre plus ou moins 5 mètres aujourd'hui. Et les mobinautes pourront rapidement en profiter puisque la firme américaine précise que de nombreux smartphones seront équipés de cette puce dès l'an prochain, sans toutefois donner de liste précise. Rappelons que le fondateur fournit déjà des marques comme

Apple et Samsung.

Techniquement, cette puce sera la première à exploiter en même temps et de manière grand public les deux fréquences satellites L1 mais surtout L5 jusque-là utilisée par les systèmes GPS professionnels et industriels. Cette dernière bénéficie d'une bande passante plus élevée et moins soumise aux interférences, de quoi également améliorer la précision en milieu urbain dense.

Cerise sur le gâteau, ce gain en précision ne sera pas synonyme de vidage de batterie puisque cette puce est plus sobre en énergie (-50%) que la génération précédente grâce à la présence d'un duo de processeurs ARM : un Cortex-M0 de faible puissance pour l'usage principal et un Cortex-M4F plus énergivore utilisé uniquement en cas de besoin. A noter que cette puce est compatible avec les signaux envoyés par les satellites Galileo, le système européen de navigation par satellite qui devient doucement opérationnel.

Source : <https://www.zdnet.fr/actualites/smartphones-le-gps-bientot-plus-precis-a-30-centimetres-pres-39857712.htm>

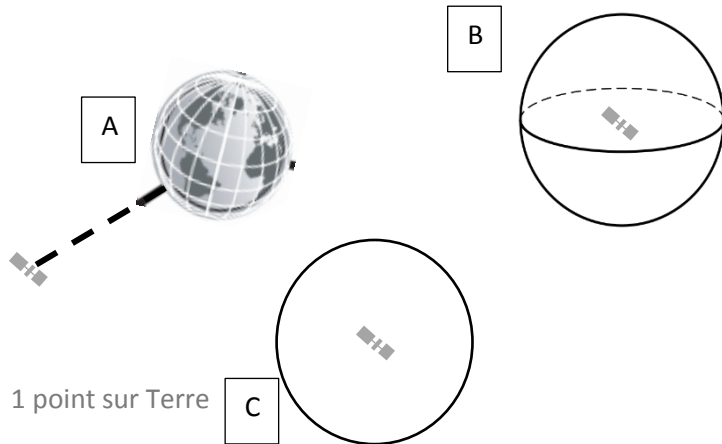
Activité 3 – La trilatération, ou comment déterminer sa position avec 4 satellites.

Dans cette activité, nous considérerons bien entendu que les satellites sont tous synchronisés entre eux. Pour déterminer précisément sa position le récepteur (votre smartphone) doit déterminer 4 paramètres :

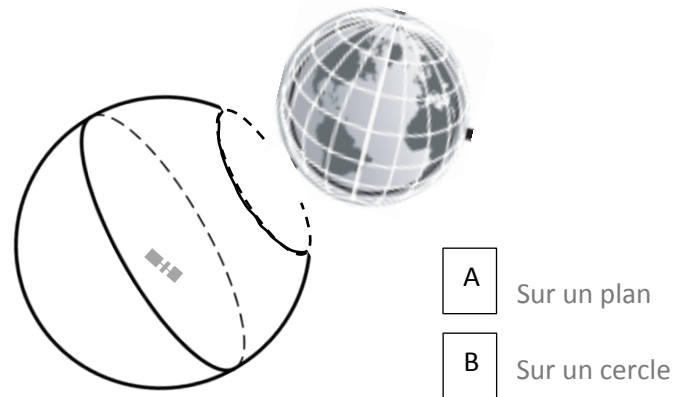
- 3 paramètres permettent de définir sa position : longitude – latitude – altitude,
- 1 paramètre permet de définir l'avance ou le retard de son horloge par rapport au temps de référence du système.

Nous allons ici nous intéresser à la détermination des 3 paramètres qui permettent de définir sa position. Pour cela rappelons, que le signal reçu par le récepteur contient la date et l'heure précise de l'envoi du message.

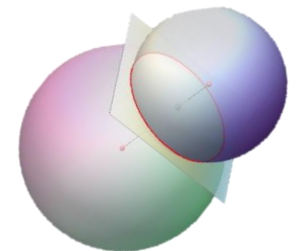
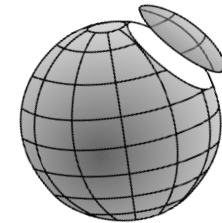
1. Prenons 1 satellite de la constellation Galileo située à 22 000 km de la Terre. Quel est l'ensemble des points de l'espace se trouvant à une distance de 22000 km de ce premier satellite ?



2. Bien entendu, le récepteur GPS, votre smartphone est situé sur Terre. Quel est alors l'ensemble des points situés à la fois sur la sphère de rayon 22 000 km et à la surface de la Terre ? (Pour cela imaginez qu'une partie de la Terre s'insère dans la grande

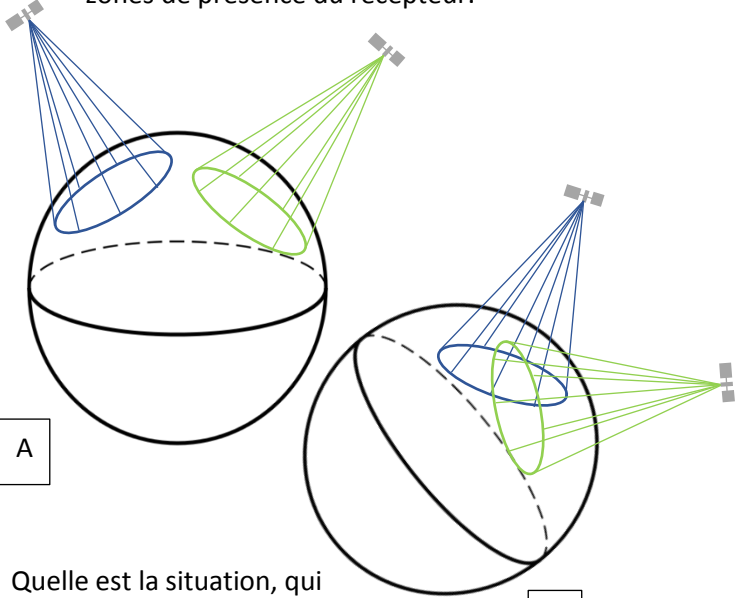


Aide



Le récepteur GPS est situé à la surface de la Terre.

3. Dans la suite de l'activité, les cercles représentent les zones de présence du récepteur.



A

Quelle est la situation, qui permettent au récepteur de commencer à calculer sa position ?

.....

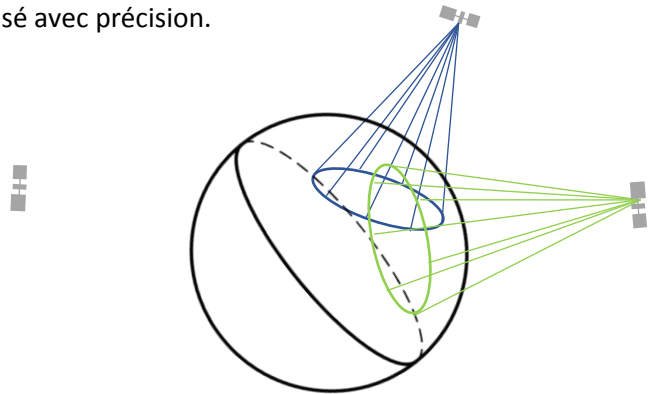
B

5. Un troisième satellite, permet de finaliser la position du récepteur. Tracez la zone de réception du satellite n°3 de façon à ce que le point P_1 puisse être localisé avec précision.

- Longitude
- Latitude
- Altitude



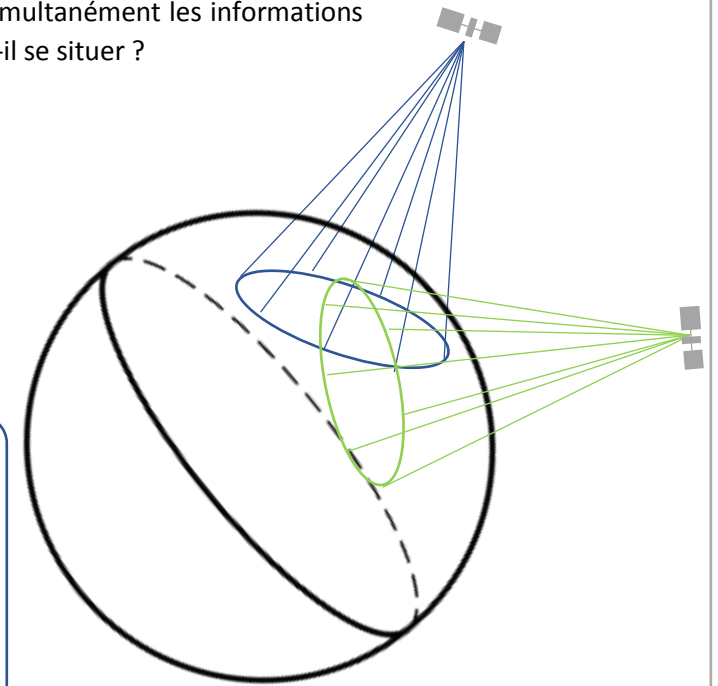
Position précise du récepteur



4. Le récepteur est en mesure de recevoir simultanément les informations de 2 satellites. En combien de points peut-il se situer ? Nommer les P_1 et P_2 .

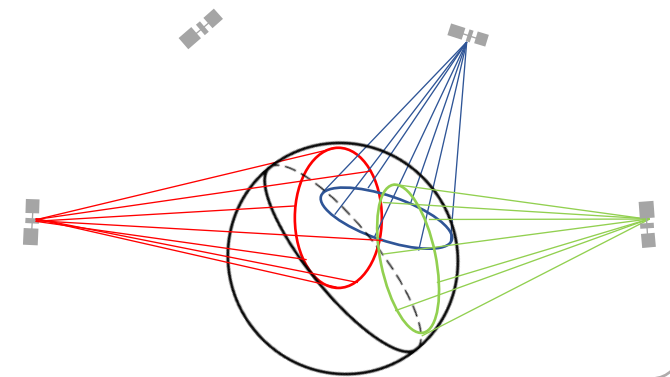
.....

Aide Si vous ne trouvez pas, tracer dans ce cadre 2 cercles. Ils doivent se couper l'un avec l'autre !



6. Un quatrième satellite est cependant indispensable ! Quel est son rôle ?


.....



7. Conclusion

Pour déterminer sa position le récepteur doit recevoir les signaux de satellites.
 Permettent de déterminer la longitude, la latitude et l'altitude. Le

5.SITOGRAPHIE

 Animations qui permettent de bien visualiser le principe de géolocalisation à l'aide des 3 premiers satellites.

http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/index.php

<http://ressources.univ-lemans.fr/AccesLibre/UM/Pedago/physique/02/divers/gps2.html>

<https://www.youtube.com/watch?v=WoqpQbWdacQ>

 Galiléo et principe de géolocalisation

<http://eduscol.education.fr/orbito/system/galileo/gal00.htm>

<https://galileo-mission.cnes.fr/fr>

<https://cnes.fr/fr/media/galileo-fonctionnement-du-gps-europeen-0>

 Comprendre le principe géolocalisation


<https://couleur-science.eu/?d=97791a--quel-est-le-principe-de-fonctionnement-du-gps>

<http://eduscol.education.fr/orbito/system/navstar/gps1.htm>

 Programmes de l'Education Nationale

http://www.education.gouv.fr/pid285/bulletin_officiel.html?cid_bo=94717

6.BIBLIOGRAPHIE

 GPS et Galileo : Systèmes de navigation par satellites - De Jean-Marc Piéplu - Editions Eyrolles.