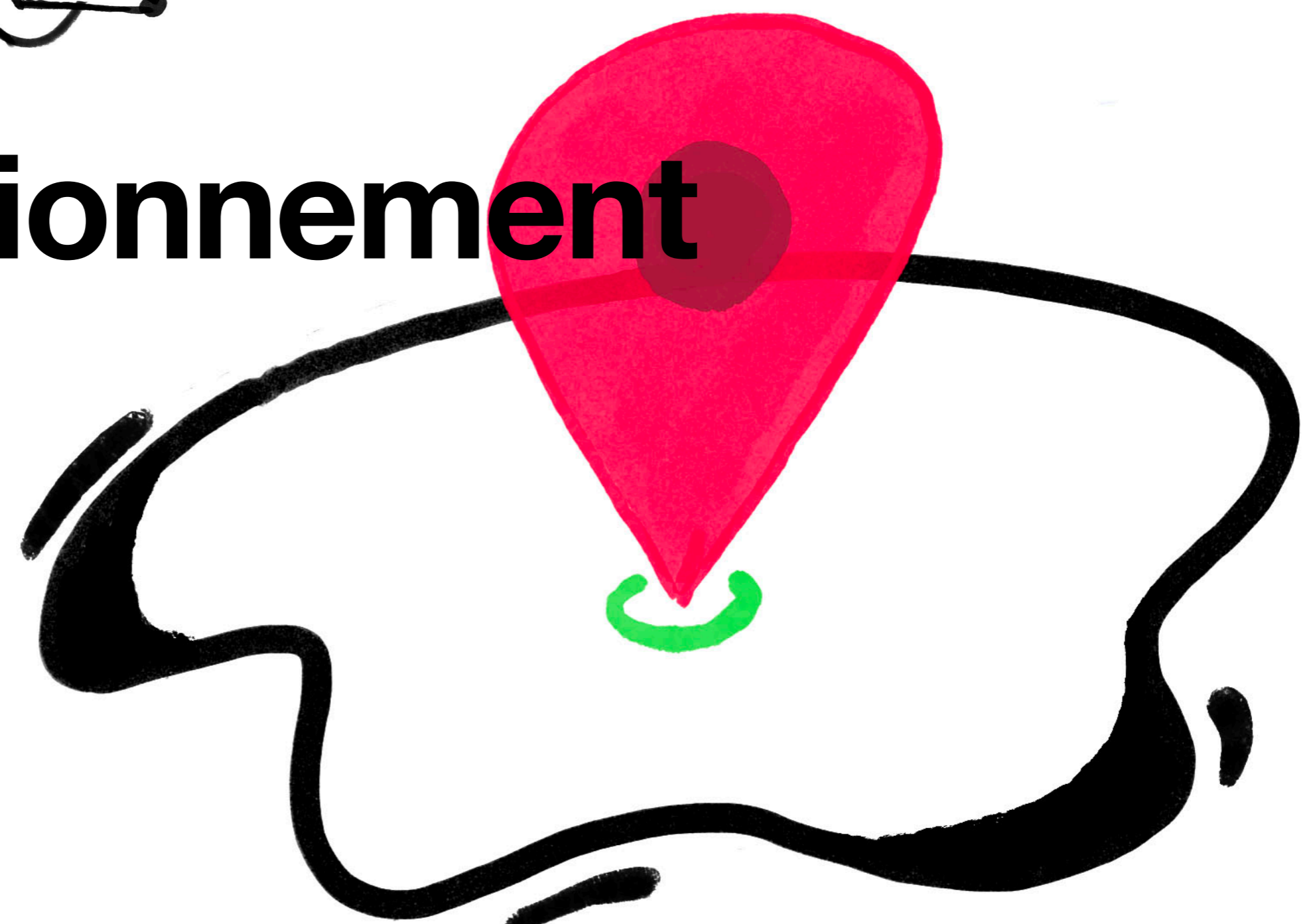


Positionnement

MAT 2450

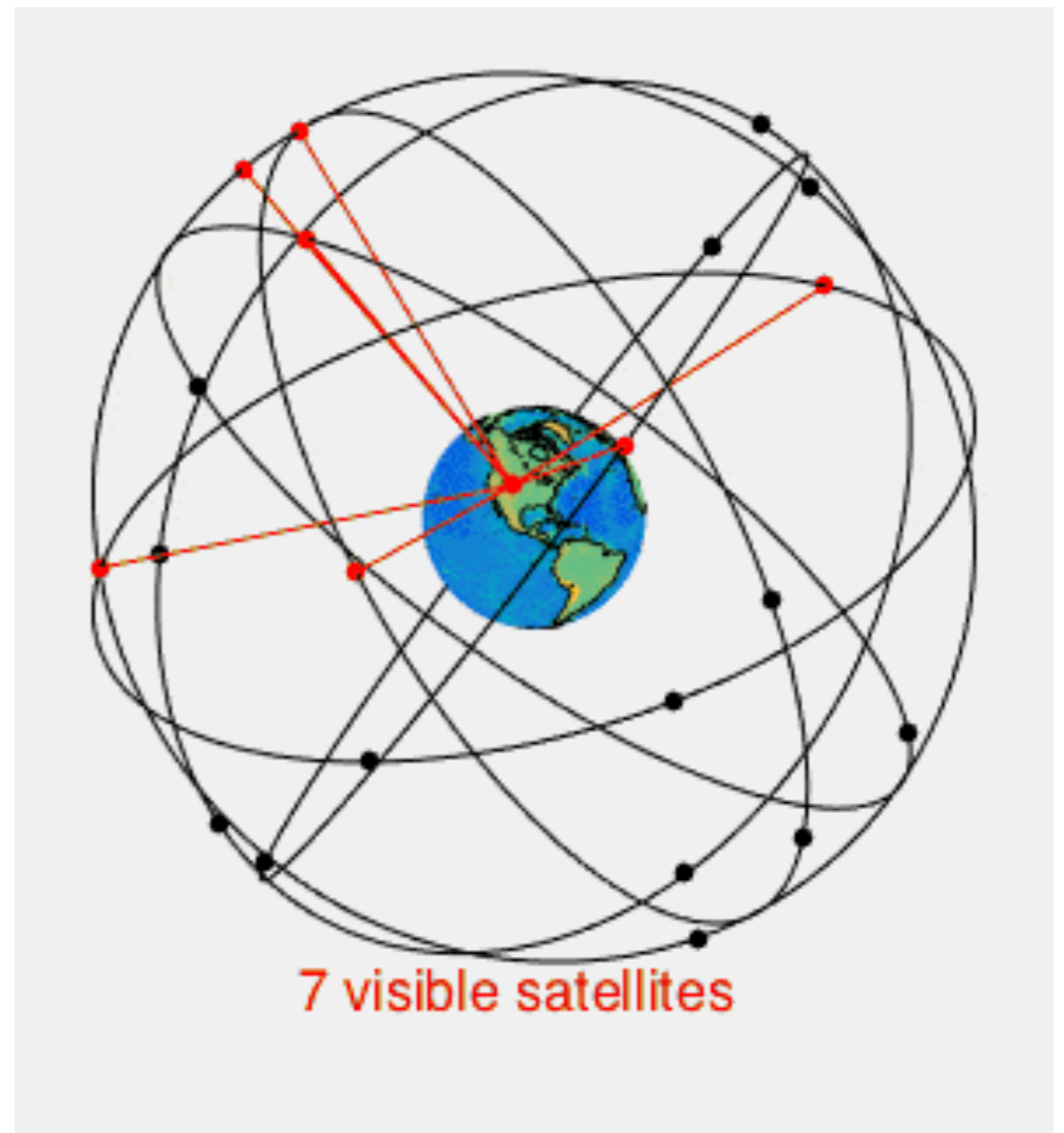


Janvier 2022

Le GPS

Global Positioning System

- Réseau de 31 satellites en orbites dont la position est connue
- Peut déterminer la position d'un objet sur la surface de la terre avec une précision de 500-30 cm.
- Permet de suivre la livraison de mon *Philips HD9650/96 Airfryer XXL avec technologie Twin TurboStar Noir* de très près.

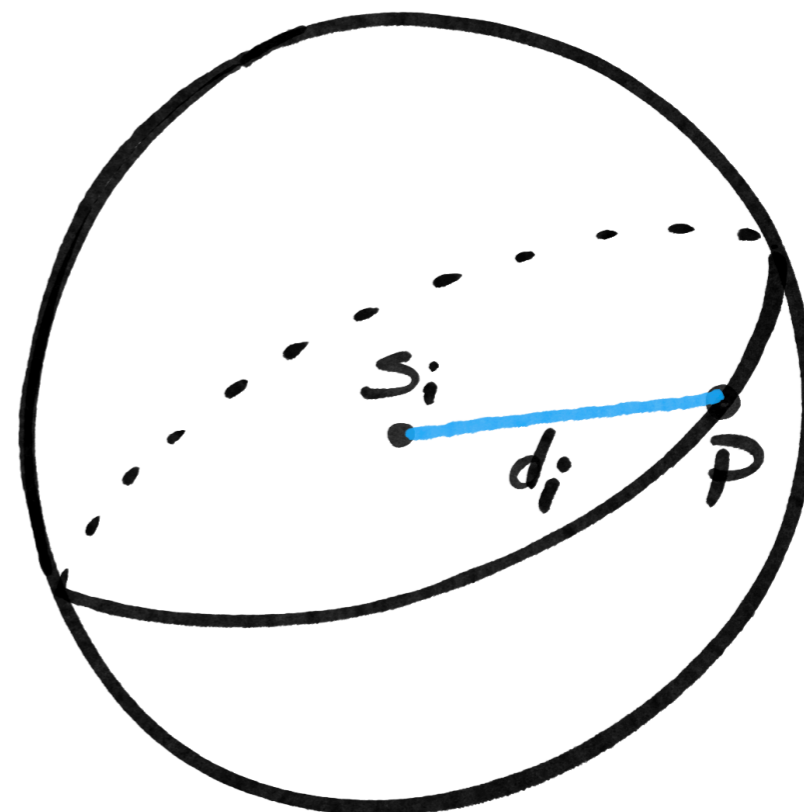
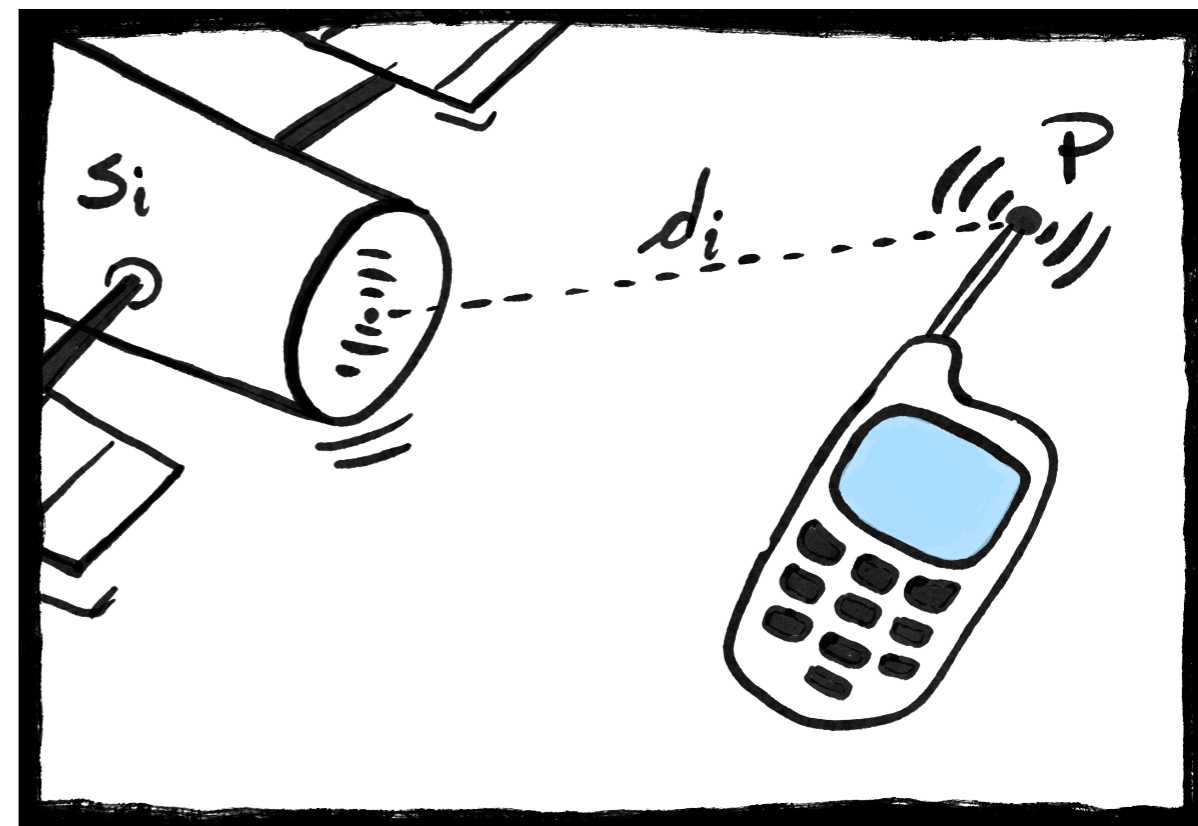


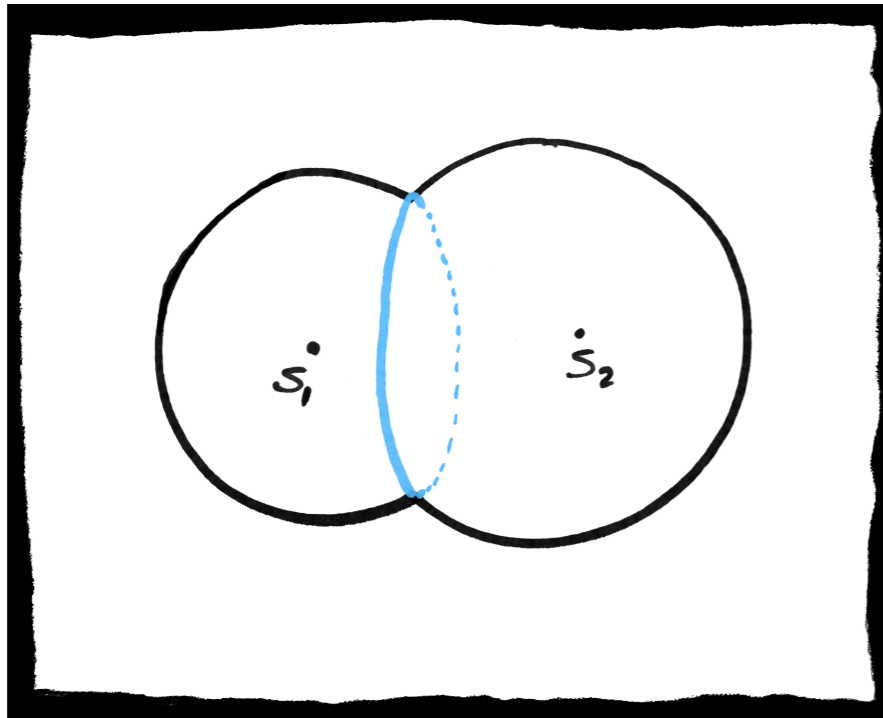
- Sur votre téléphone, noté P , il y a un récepteur qui peut envoyer un signal à chacun des satellites S_i en orbite.

- t_i = temps de parcours du signal entre P et S_i

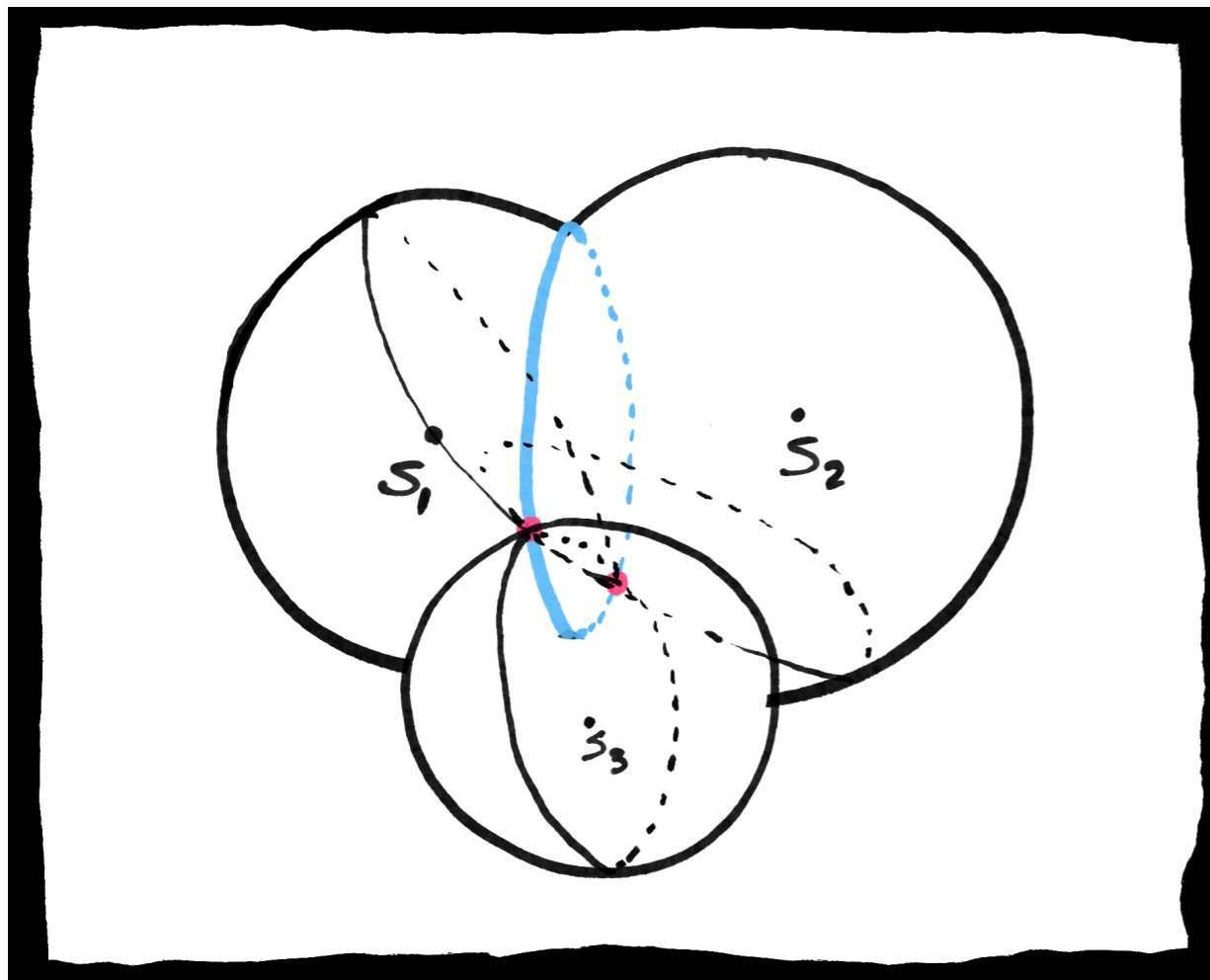
- La distance entre P et S_i est donnée par $d_i = vt_i$. Ici, v est la vitesse de la lumière.

- **Nous ne connaissons pas exactement la position de P .** Or, nous savons que P se trouve sur une sphère de rayon d_i centrée en S_i .



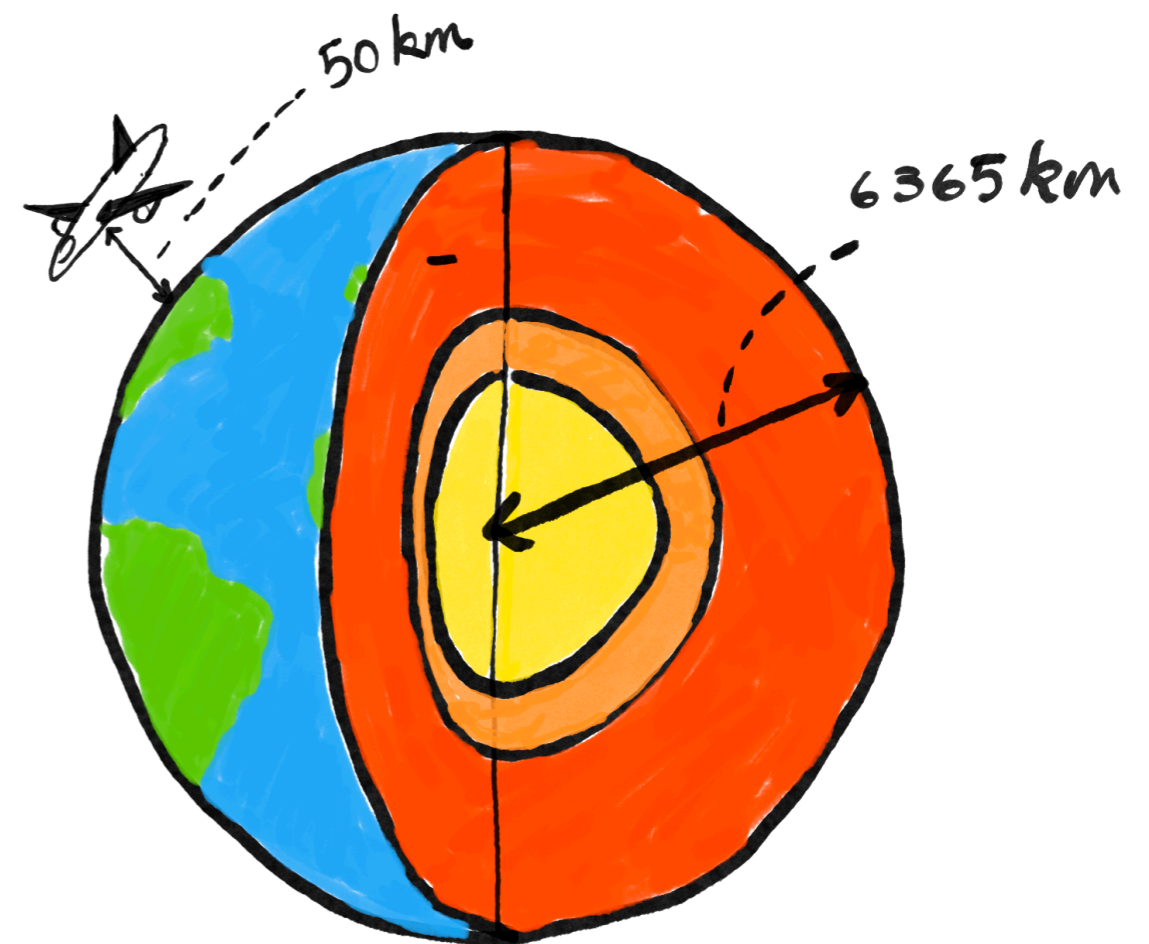
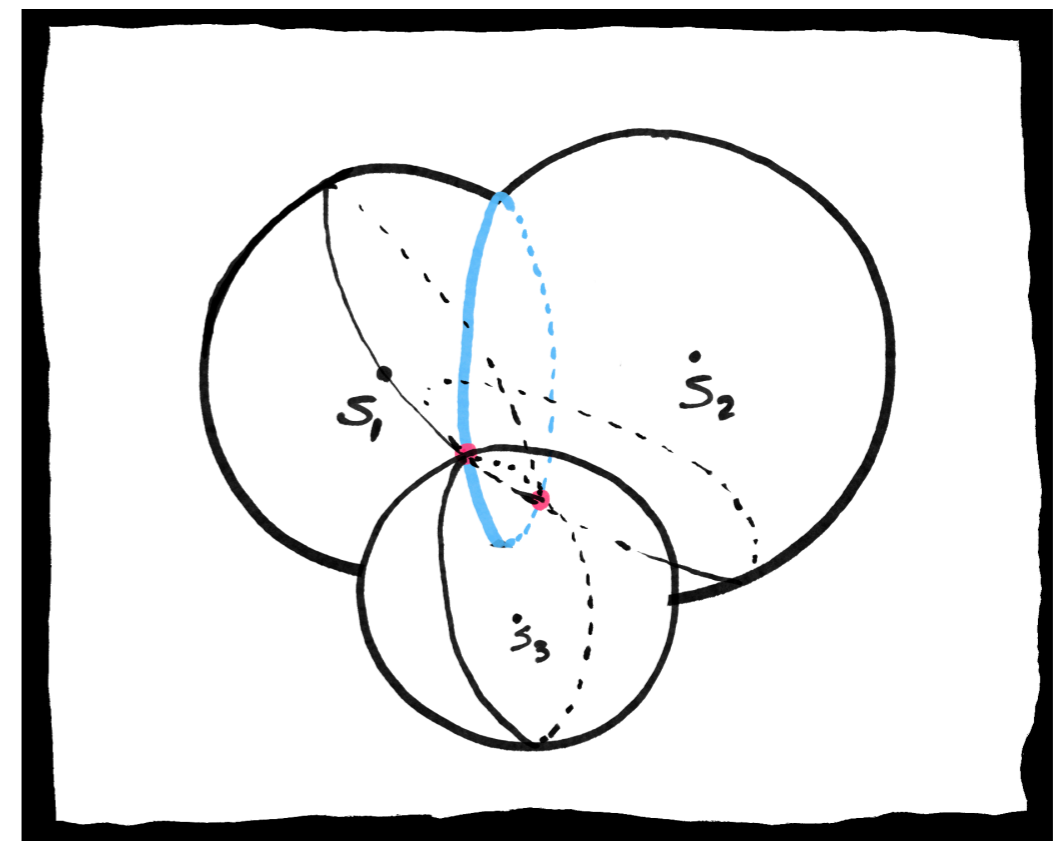


- Fixons maintenant deux satellites S_1 et S_2 .
- Nous savons que P se trouve sur l'intersection de la sphère de rayon d_1 centrée en S_1 et de la sphère de rayon d_2 centrée en S_2 .



- L'intersection de ces deux sphères est un cercle.
- Choisissons un troisième Satellite S_3 .
- P se trouve maintenant sur l'intersection du cercle précédent et de la sphère de rayon d_3 centrée en S_3 .

- L'intersection entre la troisième sphère et le cercle obtenu à l'étape précédente donne deux points.
- Nous choisissons le point qui est à une distance de (6365 ± 50) *km* du centre de la terre.
- Ce point représente la position de P .



Nous avons fait la théorie mais en pratique...

- La précision de l'horloge sur votre téléphone est à la seconde près.
- Les satellites sont munis d'horloges atomiques ultra précises.
- Il y a donc une quatrième inconnue dans notre problème : le décalage de temps entre l'horloge de votre téléphone et celle des satellites.
- Il faut alors mesurer le temps de parcours du signal provenant d'un 4e satellite S_4 .

Horloge atomique



Je vais accumuler une seconde d'erreur sur 15 milliard d'années

Horloge de téléphone



Je ne sais pas s'il est 15:35:32 ou 15:35:31

**4 temps
mesurés**



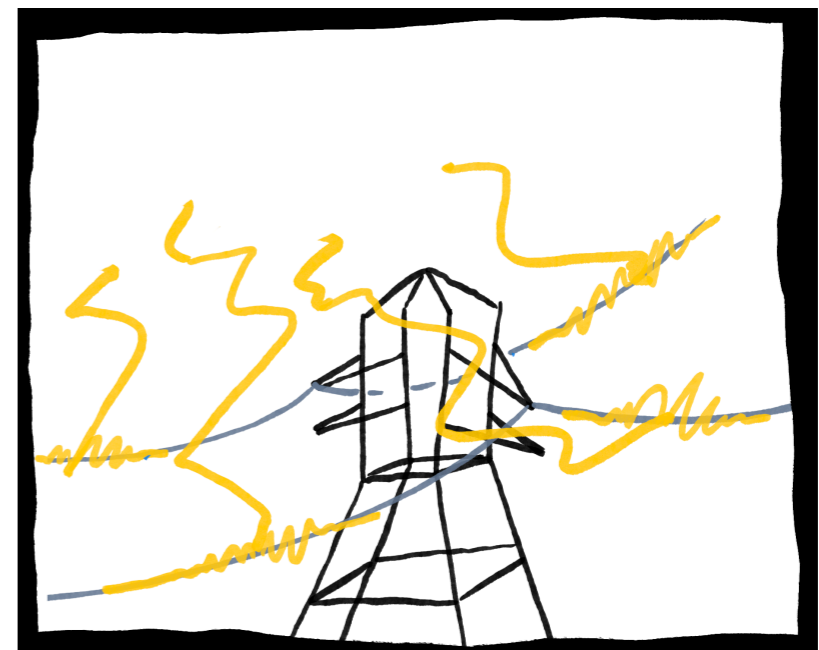
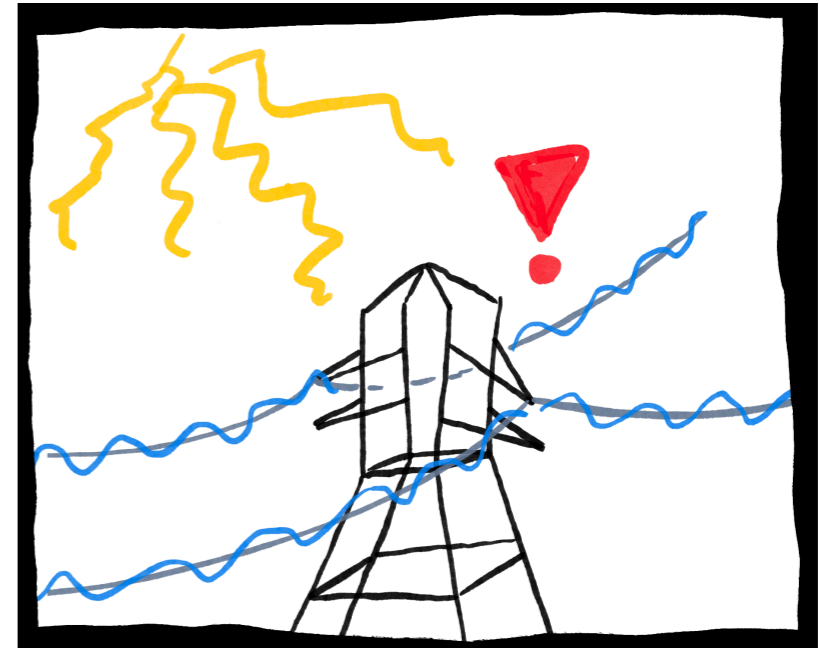
4 inconnues

- Les 3 coordonnées de position de P
- Le décalage des horloges

Application

Hydro-Québec détecte les coups de foudre

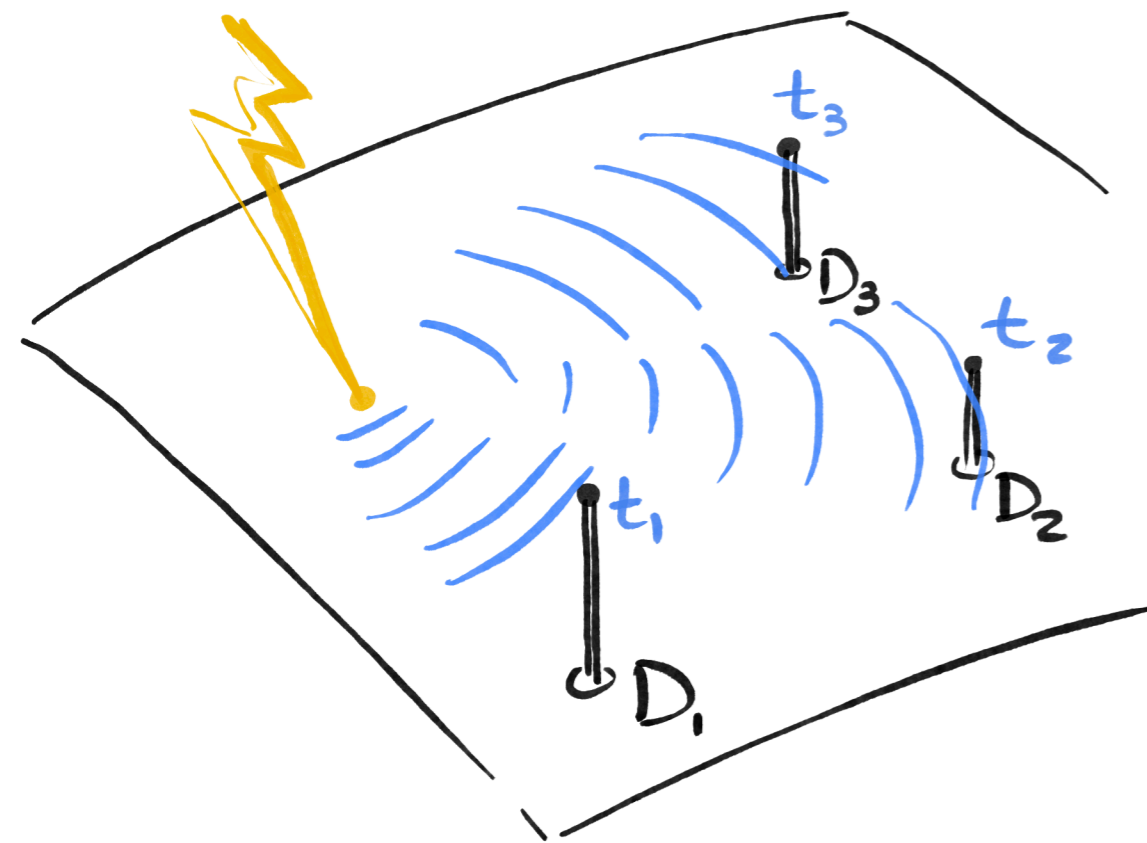
- On peut synchroniser des équipements électroniques à l'aide du GPS
- Hydro-Québec se sert de cette méthode pour synchroniser des détecteurs de coup de foudre
- Une fois qu'on a localisé les orages, on peut délester les lignes affectées par les orages et éviter une panne.



- Un réseau de 13 détecteurs, notés D_i , est réparti dans les deux tiers sud de la province de Québec. Chaque détecteur est muni d'un GPS.
- Étant donné que les détecteurs ne bougent pas, on peut augmenter la précision de leur (x, y, z, τ) en prenant une moyenne à travers un interval de temps
- Ceci permet entre autre de synchroniser les horloges des 13 détecteurs à 100 nanosecondes près.

$$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i, y_i, z_i, \tau_i)$$

- Le coup de foudre génère une onde électromagnétique qui se déplace à la vitesse de la lumière



- Chaque détecteur D_i est calibré pour capter le type d'onde émise par un coup de foudre et peut enregistrer le temps t_i de réception de ladite onde.
- En utilisant les décalages entre les temps de réception t_i , il est possible de trianguler la position initiale du coup de foudre.