

## Tutoriel sur les systèmes mondiaux de navigation par satellite (GNSS) : Géolocalisation, navigation et plus encore!



By: TRYAT team.



Aujourd'hui, tout le monde connaît peut-être déjà le terme GPS, le système de géolocalisation global. Les récepteurs GPS se trouvent dans votre téléphone portable, votre montre connectée, vos appareils de navigation, vos appareils photo, vos lunettes et bien d'autres encore. Vous ne le savez peut-être pas, mais vous avez déjà entendu le terme GNSS (Global Navigation Satellite System(s)). Dans cette vidéo, vous découvrirez le GNSS et comment il détermine la position de l'utilisateur. Le GNSS est utilisé pour décrire l'ensemble des systèmes de géolocalisation par satellite qui sont actuellement en service ou prévus. Le GPS est le système américain le plus ancien des GNSS. Il a été développé par le ministère de la défense des États-Unis, pour des applications militaires. Il s'appelait Navstar, mais depuis le début des années 90, le GPS a été utilisé pour une grande variété d'applications civiles. Puis, sont apparus le système russe GLONASS, le système européen Galileo, le système chinois Beidou, le système japonais QZSS et le système indien IRNSS. Les systèmes japonais et indien ont une couverture régionale, tandis que les autres ont une couverture mondiale. Les GNSS ont été de plus en plus utilisés pour la géolocalisation, la navigation et le suivi dans de nombreux domaines tels que l'armée, l'aviation, la marine, l'agriculture, les drones et la robotique, ainsi que dans de nombreux domaines de la recherche scientifique tels que la surveillance des mouvements des plaques tectoniques, le déplacement vertical de la surface terrestre, l'estimation des déformations causées par l'activité sismique ou volcanique, la surveillance de l'ionosphère et de la neutrosphère, l'estimation de l'humidité du sol, et bien d'autres encore ! Qu'est-ce qui rend le GNSS si populaire ? Les GNSS fonctionnent dans toutes les conditions météorologiques, de jour comme de nuit, et ont une couverture mondiale. Ils fournissent des données en temps quasi réel à un rythme élevé et avec une grande précision. C'est un service relativement peu coûteux, car nous devons nous occuper uniquement du segment utilisateur. Dans chaque système de navigation, le GNSS est composé de trois segments différents : le segment spatial, le segment de contrôle et le segment utilisateur. Le segment spatial est constitué de satellites qui volent sur des orbites précises autour de la terre. Le GPS, par exemple,

est une constellation de 31 satellites qui volent à des altitudes d'environ 20 000 km au-dessus de la surface de la terre. Ces satellites tournent en orbite autour de la terre toutes les 12 heures environ. D'autres GNSS ont également leurs satellites en orbite, ce qui signifie que plus de 120 satellites GNSS sont en orbite aujourd'hui. Les satellites connaissent très précisément les paramètres de leur orbite et l'heure, et transmettent des informations au récepteur pour obtenir la position, l'heure et l'état du satellite.

Le segment de contrôle comprend un réseau de stations de surveillance, de contrôle et de téléchargement pour garantir la l'état des satellites. Le segment utilisateur fait référence à l'équipement qui traite les signaux GNSS reçus pour en tirer les informations de position et de date ou horodatage. Les principaux composants du segment utilisateur sont les antennes et les récepteurs (unité de traitement), qui peuvent être intégrés dans un ensemble ou physiquement séparés. Ici, vous voyez les antennes de deux stations que nous utilisons dans la recherche. Les antennes sont montées sur le toit du bâtiment, tandis que les récepteurs sont placés en toute sécurité dans le bâtiment. Voyons maintenant comment la position de l'utilisateur est estimée. Pour obtenir la position exacte de l'utilisateur (X, Y, Z) et l'heure, il faut connaître la longueur du trajet direct entre le satellite et l'équipement de l'utilisateur. C'est ce que l'on appelle la distance au satellite. Nous verrons dans la prochaine vidéo que le signal ne voyage pas en ligne droite. Pour obtenir la distance, nous devons connaître le temps de parcours ou de propagation du signal.  $\text{Temps de propagation} = \text{temps de réception du signal} - \text{temps au départ du satellite} * \text{vitesse de la lumière} = \text{distance au satellite}$ , la distance, ou plus précisément la pseudo-distance puisque la mesure contient des erreurs. Pour estimer les trois coordonnées de l'utilisateur (X, Y, Z), nous avons besoin des mesures de trois satellites et de leurs positions exactes. Cette méthode est appelée « triangulation ». Comment cela fonctionne-t-il ? Lorsque l'utilisateur connaît la distance du satellite A et sa position, il sait qu'il se trouve dans une sphère dont le centre se trouve à l'emplacement du satellite et qu'un rayon est égal à la portée. Lorsque l'utilisateur connaît la distance à un autre satellite, B, il sait qu'il se trouve à l'intersection des deux sphères. Avec une mesure supplémentaire, la position de l'utilisateur est déterminée ! Veuillez noter que la sphère apparaît sous forme de cercle dans l'illustration. Attendez un instant, s'il vous plaît. Nous avons dit que l'équipement de l'utilisateur devait voir au moins trois satellites pour déterminer sa position. Cependant, il s'avère que les horloges des récepteurs ne sont pas aussi précises que les horloges à bord des satellites, de sorte que l'heure du récepteur est

également considérée comme inconnue. Cela signifie qu'il doit y avoir au moins 4 satellites en vue pour résoudre le système d'équations à 4 inconnues et fournir les coordonnées et l'heure de l'utilisateur. Il y a une dernière remarque qui doit être mentionnée dans ce contexte. Les mesures reçues des satellites contiennent différentes sources d'erreurs qui, si elles ne sont pas corrigées, rendent le calcul de la position inexact. Pour obtenir la position exacte ou au moins une position très précise, il est nécessaire de réduire les sources d'erreur. Pour les puces GPS de votre téléphone portable, la précision de positionnement est de plusieurs mètres; cependant, dans la recherche, on obtient une précision de plusieurs millimètres.