

وزارة البحث العلمي والتعليم العالي



MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPEREUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم

Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem

كلية العلوم و التكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE

N° d'ordre :M...../GE/2021

MEMOIRE

Présenté pour obtenir le diplôme de

Réalisation d'un système de Positionnement GPS avec Arduino

Filière : Télécommunications

Spécialité : Systèmes des télécommunications

Présenté Par

Abdelbaki Mohammed

Guerraoui Omar

Soutenu le 31 / 10 / 2021 devant le jury composé de :

Président : Boukortt Abdelkader	Professeur	Université de Mostaganem
Examineur : Benaouali Mohamed	MAB	Université de Mostaganem
Rapporteur : Benchellal Amel	MAB	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2020/2021

Remerciements

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات

Dans le cadre de notre projet de fin d'étude Master en Système des Télécommunications :

Nous tenons à remercier tout le personnel de la faculté des sciences et de la technologie ainsi que les intervenants et les professeurs en charge des enseignements, qui nous ont accompagné tout au long de notre parcours universitaire ont pris de leur temps pour nous aider dans notre travail.

Nous remercions également tous nos amis et proches qui ont été à nos côtés pendant ces deux dernières années d'études.

Dédicace

Au meilleur père

A ma très chère maman

*Dont le mérite, les sacrifices et les qualités humaines m'ont permis de
vivre ce jour.*

Qu'ils trouvent en moi la source de leur fierté

A mes Frères et mes sœurs

Mebarek, Nadia, Mokhtar, Meriem, Sanaa et Zidane

A qui je dois tout

A qui je souhaite un avenir radieux plein de réussite

Dédicace

Au meilleur père

A ma très chère maman

*Dont le mérite, les sacrifices et les qualités humaines m'ont permis de
vivre ce jour.*

Qu'ils trouvent en moi la source de leur fierté

A tous mes Enseignants au Parcours Universitaire

A notre Chère Enseignante Benchellal Amel

A mes Meilleures Amis

Yacine chikh, lakhder dilmi ,youcef mahmoudi

A mes Frères et mes sœurs

Karim, Ikram, Nessrine, Miral, Amir

Naima rabi yarhamha

A qui je dois tout

A qui je souhaite un avenir radieux plein de réussite

A tous ceux qui me sont chers.

Liste des Figures et des tableaux

Liste des figures :

Chapitre I :

Figure I.1 Systèmes mondiaux de navigation par satellite	10
Figure I.2 Déterminer une longitude et latitude d'un lieu.....	16
Figure I.3 Déterminer la position M.....	17
Figure I.4 Principe fonctionnement d'un GPS.....	18
Figure I.5 Schéma du signal C/A	18
Figure I.6 Balayez pour passer de 2D à la 3D	26
Figure I.7 Balayez pour passer de 2D à la 3D.....	27
Figure I.8 Tableau qui représente nombre de satellites selon la constellation	28
Figure I.9 Les différentes applications du GPS.....	28
Figure I.10 modèle du filtre ADP.....	29
Figure I.11 Traitement des domaines des amplitudes.....	30
Figure I.12 Modèle Matlab du filtre ADP.....	31
Figure I.13 Résultats du filtre ADP.....	31
Figure I.14 Technique FADP.....	32
Figure I.15 Modèle Matlab du filtre ADP.....	32
Figure I.16 Schéma bloc du filtre FADP.....	33
Figure I.17 Performances du filtre FADP.....	33
Figure I.18 Concept du filtreANF dans le récepteur GNSS.....	33
Figure I.19 Modèles simulink du ANF.....	34
Figure I.20 Technologie VPS.....	35
Figure I.21 Comparaison entre GPS et VPS.....	36

Chapitre II :

Figure II.1 Schéma électrique de l'ArduinoUno.....	38
Figure II.2 Description de la carte ArduinoUno.....	40
Figure II.3 Carte ArduinoUno.....	41
Figure II.4 Carte Arduino Méga.....	42
Figure II.5 Carte Arduino nano.....	42
Figure II.6 Carte ArduinoEsplora.....	43
Figure II.7 Carte seeeduino.....	43
Figure II.8 Carte Arduino pro.....	43
Figure II.9 Carte ArduinoBlackwidow.....	44
Figure II.10 Carte Rainbowduino.....	44
Figure II.11 Carte teensy.....	44
Figure II.12 Carte netduino.....	55

Chapitre III :

Figure III.1 Arduino nano.....	46
Figure III.2 Ecran LCD.....	47
Figure III.3 i2C.....	48
Figure III.4 GPS module.....	49
Figure III.5 Organigramme.....	50
Figure III.6 Schéma électrique de notre projet.....	51
Tableau III.1 Les caractéristiques principale	47

Sommaire

Introduction générale10

Chapitre I : Systèmes de localisation « GPS » et « VPS »

Système « GPS »

1. Introduction	12
2. Systèmes mondiaux de navigation par satellite.....	12
3. Présentation de système GPS.....	14
4. Coordonnées Géographiques	16
4.1. Longitude	16
4.2. Latitude	17
4.3. Déterminer une cible	17
5. Principe de fonctionnement	18
5.1. Signal émis.....	18
5.2. Mesure de la distance du récepteur par rapport à un satellite.....	19
5.3. Calcul de la position.....	20
5.4. Résolution de l'équation de navigation.....	20
5.5. Décalage de l'horloge du récepteur.....	22
5.6. Erreurs possibles.....	23
5.7. Corrections troposphérique et ionosphérique.....	23
6. Les trois étapes de fonctionnement.....	24
6.1. Etape 1 : les satellites servent de points de référence.....	24
6.2. Etape 2 : La distance satellite/ antenne GNSS, mesurée en continu	24
6.3. Etape 3 : La position est calculée par résolution d'équations d'intersection de sphères	25
7. Interférences.....	29

7.1 Technique ADP.....	29
7.2 Technique FADP.....	32
7.3 Technique ANF.....	33

Systeme “VPS”

1. Présentation.....	34
2. Principe de fonctionnement	35
3. Différences entre “GPS” et “VPS”	36
3.1. GPS	36
3.2. Technologie VPS	36

Chapitre II : Carte Arduino

1. Introduction	38
2. Définition	38
3. But	39
4. Utilisation	39
5. Composition	39
6. Choix et description de la carte Arduino.....	39
6.1. Choix	39
6.2. Description	39
7. Le langage	40
8. Types des cartes	41
9. Logiciel Arduino	45
10. Conclusion	45

Chapitre III : Réalisation d’un système de Positionnement GPS avec Arduino

1. Présentation	46
2. Matériaux utilisés et principe de fonctionnement	46
2.1. La carte Arduino Nano	49

2.2. Afficheur LCD I2C	51
2.3. Module NEO-6M 1V GPS	60
3. Organigramme	50
4. Application	51
5. Conclusion.....	51
Conclusion Générale.....	52
Annexe.....	I
Références Bibliographiques	II

Introduction Générale

Pour trouver ou cibler quelque chose, c'est plus important, Ou la localisation joue un rôle essentiel dans la vie de tous les jours. Ce sont les systèmes de positionnement par satellites également désignés sous le sigle GNSS, qui est un ensemble de composants reposants une constellation de satellites artificiels permettant de fournir à un utilisateur par l'intermédiaire d'un récepteur portable de petite taille sa position 3D, sa vitesse 3D et l'heure. Cette catégorie de système de géo positionnement se caractérise par une précision métrique, sa couverture mondiale et la compacité des terminaux, mais également par sa sensibilité aux obstacles présents entre le terminal récepteur et les satellites.

Le premier système de positionnement par satellites est développé par les États-Unis avec "Transit" à usage uniquement militaire puis avec le Global Positioning System (GPS). L'URSS (Union soviétique), à la suite des États-Unis, développe GLONASS entré en fonction en 1996 qui être devenu opérationnel en 2010. L'Union européenne avec le système Galileo et la Chine avec le système Beidou-2 "COMPASS" développent leur propre système qui devrait être complètement opérationnel en 2020. Le Japon, QZSS et l'Inde avec l'IRNSS développent de leur côté un système assurant une couverture uniquement régionale dont la Chine dispose également avec Beidou-1. Après une exploitation purement militaire par les États-Unis, l'utilisation des terminaux GPS (et plus généralement GNSS) s'est généralisée pour répondre aux besoins des professionnels et du grand public (navigation, maritime, aérienne, terrestre, topographie, géodésie, génie civil, agriculture, synchronisation du temps ...), les terminaux permettent ouvrent d'exploiter les signaux de plusieurs systèmes, alors que la localisation basée sur les GPS est populaire, sa prolifération dans les environnements intérieurs limitée.

Cela est dû à la mauvaise pénétration des signaux GPS à l'intérieur des bâtiments et à l'absence fréquente de systèmes de localisation intérieure.

L'adoption du système du GPS par les téléphones mobiles, combinée avec le Wifi et les réseaux de téléphonie mobile, a en grande partie permis de résoudre le problème de la géo localisation en extérieur. Cependant, ce type de système ne peut pas servir à la géo localisation dans les espaces intérieurs car cela demande une prise en compte de certaines particularités comme les étages d'un bâtiment. Néanmoins, la localisation reste depuis

toujours un domaine actif de la recherche qui a abouti à l'émergence de nombreuses solutions de localisation interne qui requièrent du matériel informatique avec un coût parfois important.

Dans les espaces comme les aéroports, les centres commerciaux et les hôpitaux, avec les réseaux de données devenant de plus en plus accessibles et l'augmentation du nombre d'applications nécessitant une géo localisation, la localisation en intérieur est devenue un véritable enjeu.[1]

Chapitre I

Systèmes de Localisation

« GPS » et « VPS »

Système « GPS » :

1) Introduction :

Plusieurs systèmes de détection de position ont été proposés et mis en application dans la littérature pour une variété d'applications. Le système de positionnement global (GPS), basé sur satellites, est généralement utilisé. Le GPS se fonde sur la « Trilatération » de la position et du temps parmi quatre satellites, et peut déterminer l'endroit avec la précision jusqu'à quelques mètres. Cependant, les réflexions, et les effets par trajets multiples limitent l'utilité du GPS dans les environnements. Des systèmes de localisation ont été développés pour des cas où l'usage du système GPS est limité. [12]

2) Systèmes mondiaux de navigation par satellite :

La disponibilité d'un système de navigation, tout le monde ou presque connaît le GPS américain, pionnier des systèmes mondiaux de localisation, navigation par satellite. Il existe aussi un système russe "Glonass", un européen "Galileo", et enfin le système chinois "Beidou" et plusieurs autres systèmes.

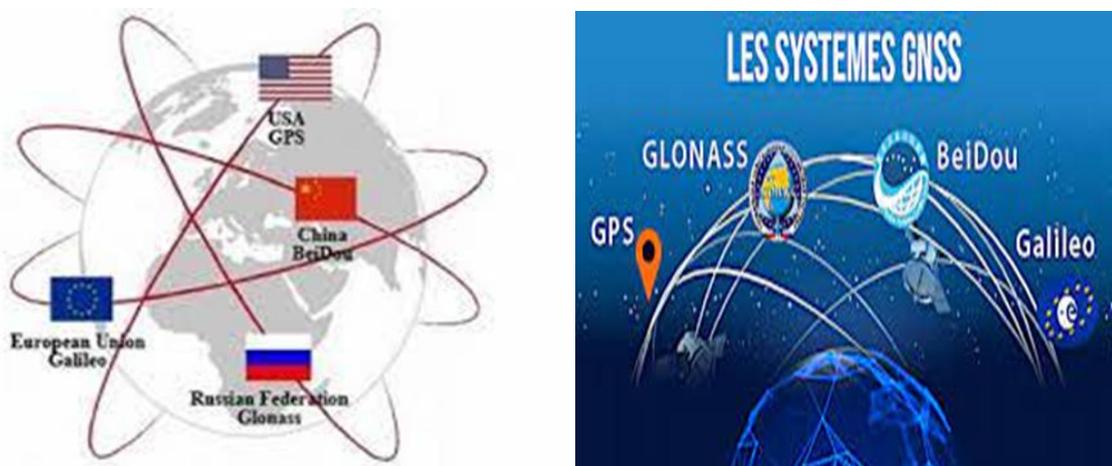


Figure I.1 Systèmes mondiaux de navigation par satellite.

2.1) GLONASS :

Le programme GLONASS est né dans les années 1980, durant la Guerre froide. Les satellites qui le composent reçoivent le nom Ouragan (11F654) et leur réalisation est confiée au Bureau d'études en mécanique appliquée de « Jeleznogorsk ». D'une masse de 1 413 kg, ils sont mis en orbite par groupe de trois sur des orbites à 19 130 km, contenues dans trois plans orbitaux inclinés de 65 degrés environ.[3]

2.2) Galileo :

Est le système européen de positionnement et de navigation par satellite. Le système Galileo sera composé à terme d'une constellation de 30 satellites en orbite moyenne à 23 222 km d'altitude.[3]

2.3) Beidou :

Beidou, également nommé COMPASS, en anglais, "Beidou Navigation Satellite System" ou BDS, est un système de navigation et de positionnement par satellites chinois, comportant une trentaine de satellites et couvrant l'ensemble de la Terre.

Une première version de Beidou, rebaptisée Beidou-1, comportant trois satellites, deux opérationnels plus un en secours, a commencé à être déployée en 2000 et sera déclarée opérationnelle en 2003. Ce système régional permettait de déterminer position uniquement en Chine et dans les régions avoisinantes avec une précision d'environ 100 mètres ou 20 mètres avec un système de transmissions bidirectionnelles. Un quatrième satellite de secours sera lancé en 2007.

La deuxième génération du système, Beidou-2, commencée en 2007, assure une couverture mondiale avec une précision de 10 mètres dans sa version civile. Celle-ci est assurée par trois types de satellites : 5 satellites en orbite géostationnaire, trois en orbite géosynchrone inclinée (55°) et 27 en orbite moyenne. Beidou-2 est opérationnel depuis fin 2012 avec une couverture comprenant la Chine et les pays alentour. Le vingtième dernier élément Beidou-2 a été mis en orbite en 2019. Les performances à terme de Beidou-2 doivent être comparables aux trois autres systèmes mondiaux opérationnels (GPS, GLONASS et Galileo).

La génération Beidou-3, démarrée en mars 2015, a été finalisée par le dernier satellite mis en orbite le 23 juin 2020. La constellation comporte trente-cinq satellites, dont trente opérationnels : 3 satellites en orbite géostationnaire, 3 en orbite géosynchrone inclinée à 55°, et 24 en orbite moyenne.

2.4) QZSS :

Quasi-Zénith Satellite System (Système satellitaire quasi zénithal) ou QZSS est un système de positionnement par satellite régional complémentaire du système GPS en cours de développement par spatiale japonaise JAXA. Le système QZSS repose sur l'utilisation du signal émis par trois satellites qui circulent sur une orbite survolant en permanence la région centrée sur le Japon. Les récepteurs GPS qui captent le signal de ces satellites peuvent bénéficier d'une précision accrue. Par ailleurs les pertes de signal sont réduites de manière significative dans les zones montagneuses et dans les zones urbaines (signal habituellement réverbéré ou bloqué par les immeubles). Les satellites sont placés sur une géosynchrone elliptique qui leur permet d'être visible depuis le Japon sous une élévation importante sur une partie de leur orbite. Trois satellites circulant sur la même orbite, dont un lancé en 2010, auxquels s'ajoute un satellite en orbite géostationnaire, doivent permettre le démarrage de ce service à compter de 2018. Le gouvernement japonais a entériné en avril 2016 le projet de lancement de trois autres satellites en 2023 pour améliorer la qualité du service.[12]

2.5) IRNSS :

L'Indian Régional Navigation Satellite System « système indien de navigation régionale par satellite » ou IRNSS est un système de positionnement par satellites indien dont le déploiement en cours devrait s'achever fin 2016. Sa couverture est régionale : les récepteurs peuvent fonctionner en Inde et sur sa périphérie jusqu'à une distance de 1 500 à 2 000 km de ses frontières. Les terminaux dans le service de base fournissent une position avec une précision de 20 mètres. Le système IRNSS est compatible avec les systèmes GPS et Galileo.

3) Présentation de Système GPS :

Global Positioning System (GPS) : « Système mondial de positionnement » ou « Géopositionnement par satellite », originellement connu sous le nom de Navstar GPS, est un système de géo localisation américain, positionnement par satellites appartenant au gouvernement fédéral des États-Unis. Mis en place par le département de la Défense des États-Unis à des fins militaires à partir de 1964, le système comprend au moins vingt-quatre satellites est totalement opérationnel en 1995, circulant à 20 200 km d'altitude. Ils se répartissent sur six orbites distinctes à raison de quatre satellites par orbite. Ces satellites

émettent en permanence sur deux fréquences L1 (1 575,42 MHz) et L2 (1 227,60 MHz) modulées en phase (BPSK) par un ou plusieurs codes pseudo-aléatoires, datés précisément grâce à leur horloge atomique, et par un message de navigation. Ce message, transmis à 50 bit/s, inclut en particulier les éphémérides permettant le calcul de la position des satellites, ainsi que des informations sur leur horloge interne. Les codes sont un code C/A (acronyme de « corse acquisition », en français : « acquisition brute ») de débit 1,023 Mbit/s et de période 1 ms, et un code P (pour « précis ») de débit 10,23 Mbit/s et de période 1 semaine. Le premier est librement accessible, le second est réservé aux utilisateurs autorisés car il est le plus souvent chiffré, on parle alors de code Y. Les récepteurs commercialisés dans le domaine civil utilisent le code C/A. Quelques récepteurs pour des applications de haute précision, comme la géodésie, mettent en œuvre des techniques permettant d'utiliser le code P malgré son chiffrement en code Y.

Ainsi, un récepteur GPS qui capte les signaux d'au moins quatre satellites équipés de plusieurs horloges atomiques peut en calculant les temps de propagation de ces signaux entre les satellites et lui, connaître sa distance par rapport à ceux-ci et, par trilatération, situer précisément en trois dimensions n'importe quel point placé en visibilité des satellites GPS, avec une précision de 3 à 50 m pour le système standard. Le GPS est ainsi utilisé pour localiser des véhicules roulants, des navires, des avions, des missiles et même des satellites évoluant en orbite basse.

Concernant la précision, il est courant d'avoir une position horizontale à 10 m près. Le GPS étant un système développé pour les militaires américains, une disponibilité sélective a été prévue : certaines informations, en particulier celles concernant l'horloge des satellites, peuvent être volontairement dégradées et priver les récepteurs qui ne disposent pas des codes correspondants de la précision maximale. Ainsi, pendant quelques années, les civils n'ont eu accès qu'à une faible précision (environ 100 m). Le premier mai 2000, le président Bill Clinton a annoncé qu'il mettait fin à cette dégradation volontaire du service.

Certains systèmes GPS conçus pour des usages très particuliers peuvent fournir une localisation à quelques millimètres près. Le GPS différentiel (DGPS) corrige ainsi la position obtenue par GPS conventionnel par les données envoyées par une station terrestre de référence localisée très précisément. D'autres systèmes autonomes, affinant leur localisation au cours de huit heures d'exposition parviennent à des résultats équivalents.

Dans certains cas, seuls trois satellites peuvent suffire. La localisation en altitude

(Axe des Z) n'est pas d'emblée correcte alors que la longitude et latitude (axe des X et des Y) sont encore bonnes.

On peut donc se contenter de trois satellites lorsque l'on évolue au-dessus d'une surface « plane » (océan, mer). Ce type d'exception est surtout utile au positionnement d'engins volants (tels les avions) qui ne peuvent pas se reposer sur le seul GPS, trop imprécis pour leur donner leur altitude. Mais il existe néanmoins un modèle de géoïde mondial nommé « Earth Gravity Model 1996 » ou EGM96 associé au WGS 84 qui permet, à partir des coordonnées WGS 84, de déterminer des altitudes rapportées au niveau moyen des mers avec une précision d'environ 1 m. Des récepteurs GPS évolués incluent ce modèle pour fournir des altitudes plus conformes à la réalité.[2]

4) Coordonnées géographiques :

Un point à la surface de la terre est repéré par deux coordonnées angulaires : la latitude et la longitude.

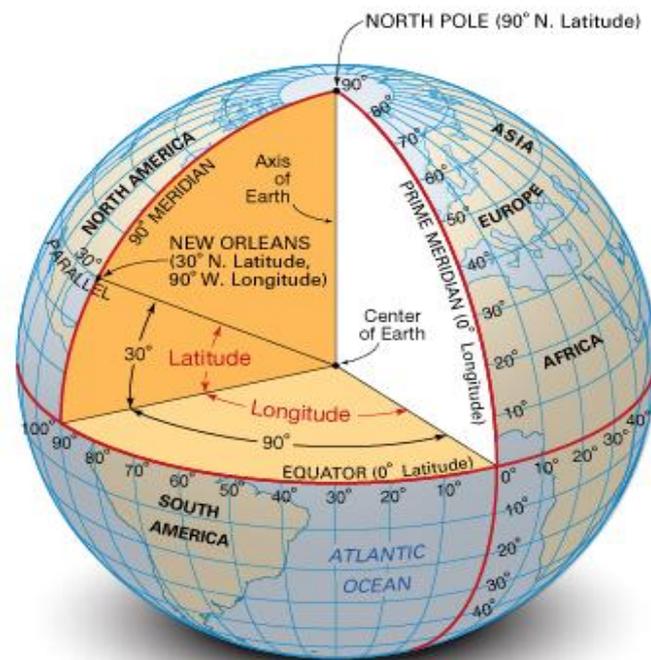


Figure I.2 Déterminer une longitude et latitude d'un lieu.

4.1) Longitude λ :

La longitude λ d'un lieu correspond à l'angle que fait le plan méridien passant par ce lieu avec un plan méridien retenu comme origine. On choisit pour méridien origine (0°) le plan passant par l'observatoire de Greenwich. Par convention on affecte du signe (+) les méridiens situés à l'est de ce méridien et (-) les méridiens situés à l'ouest.[4]

4.2) Latitude :

La latitude d'un lieu correspond à l'angle avec le plan équatorial que fait le rayon joignant le centre de la terre à ce lieu. L'équateur terrestre est donc caractérisé par une latitude égale à 0° , le pôle nord par la latitude $+90^\circ$ et le pôle sud par la latitude -90° . Cette convention de signe affecte le signe (+) à tous les lieux de l'hémisphère nord et le signe (-) tous les lieux de l'hémisphère sud.

4.3) Déterminer une cible :

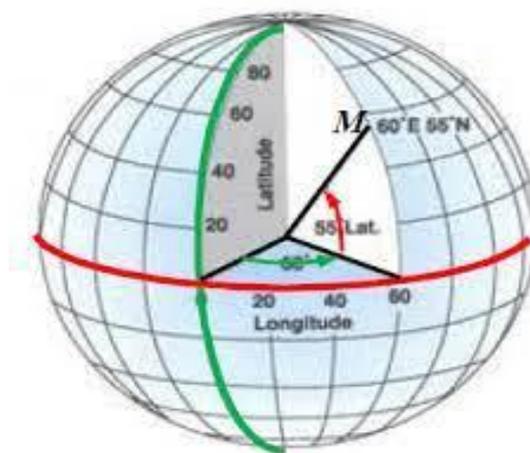


Figure I.3 Déterminer la position M.

Pour la position de "M" :

Longitude est : 60°E

Latitude est : 55°N

Donc, On dit la position de "M" c'est : ($60^\circ\text{E}55^\circ\text{N}$).

5) Principe de Fonctionnement :



Figure I.4 Principe fonctionnement d'un GPS.

Le GPS fonctionne grâce à la trilatération de signaux électromagnétiques synchronisés (similaire à la Triangulation, mais n'utilisant qu'un calcul de distances, sans calcul d'angles) émis par les satellites. Pour assurer la précision du positionnement, le système GPS utilise des technologies sophistiquées : horloges atomiques embarquées, Compensation d'effets relativistes, mise en place de stations d'observation et de synchronisation.

Quand l'appareil a reçu les signaux d'un minimum de 4 satellites, il est alors en mesure de calculer sa propre latitude, longitude et altitude, et donc de nous dire où nous sommes.

5.1) Signal émis :

Schéma du Signal C/A :

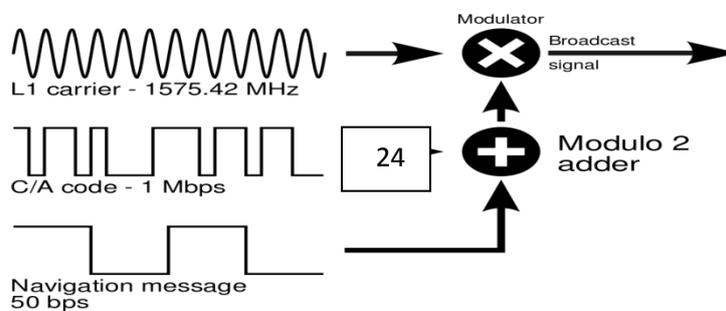


Figure I.5 Schéma du signal C/A.

Les satellites GPS émettent plusieurs signaux codés, à destination civile ou militaire. Le signal civil pour l'utilisation libre correspond au code C/A, émis sur la porteuse de 1 575 MHz.

Sur cette porteuse, le signal de modulation est une séquence résultant de l'addition modulo 2 du code pseudo-aléatoire C/A à 1 Mbit/s et des données à 50 bit/s contenant les éphémérides des satellites et d'autres informations de navigation. C'est le code C/A qui sert dans les récepteurs par corrélation avec le signal reçu à déterminer l'instant exact d'émission de celui-ci.

Cet instant d'émission de référence du code C/A peut être modulé, à nouveau par un code pseudo-aléatoire, pour dégrader la détermination de position au sol. Ce chiffrement est appelé « selective availability » (SA), faisant passer la précision du système de 10 m environ à 100 m. Il a été abandonnée en 2000 sous la pression des utilisateurs civils, et en raison du développement du DGPS qui le compensait en grande partie. Cette possibilité est cependant toujours présente à bord des satellites. La SA comporte aussi la possibilité de dégrader les informations permettant de calculer la position des satellites sur leur orbite ; elle n'a jamais été utilisée.

5.2) Mesure de la distance du récepteur par rapport à un satellite :

Les satellites envoient des ondes électromagnétiques (micro-ondes) qui se propagent à la vitesse de la lumière. Connaissant celle-ci, on peut alors calculer la distance qui sépare le satellite du récepteur en connaissant le temps que l'onde a mis pour parcourir ce trajet.

Pour mesurer le temps mis par l'onde pour lui parvenir, le récepteur GPS compare l'heure d'émission (incluse dans le signal) à l'heure de réception de l'onde par le récepteur. Cette mesure, après multiplication par la vitesse du signal, fournit une pseudo-distance, assimilable à une distance, mais entachée d'une erreur de synchronisation des horloges du satellite et du récepteur, et de dégradations comme celles dues à la traversée de l'atmosphère. L'erreur d'horloge peut être modélisée sur une période assez courte à partir des mesures sur plusieurs satellites.

5.3) Calcul de la position :

Connaissant les positions des satellites à l'heure d'émission des signaux, et les pseudo-distances mesurées (éventuellement corrigées de divers facteurs liés notamment à la propagation des ondes), le calculateur du récepteur est en mesure de résoudre un système d'équations dont les quatre inconnues sont la position du récepteur (trois inconnues) et le décalage de son horloge par rapport au temps GPS. Ce calcul est possible dès que l'on dispose des mesures relatives à quatre satellites ; un calcul en mode dégradé est possible avec trois satellites seulement si l'on connaît l'altitude ; lorsque plus de quatre satellites sont visibles (ce qui est très souvent le cas), le système d'équations à résoudre est surabondant : la précision du calcul est améliorée, et on peut estimer les erreurs sur la position et le temps.

La précision de la position obtenue dépend, toutes choses égales par ailleurs, de la géométrie du système : si les satellites visibles se trouvent tous dans un cône d'observation de faible ouverture angulaire, la précision sera moins bonne que s'ils sont répartis régulièrement dans un large cône. Les effets de la géométrie du système de mesure sur la précision sont décrits par un paramètre : le DOP (pour « Dilution of Précision », en français « atténuation » ou « diminution de la précision ») : le HDOP se réfère à la précision horizontale, le TDOP à la précision sur le temps, le VDOP à la précision sur l'altitude. La précision espérée est d'autant meilleure que le DOP est petit.

5.4) Résolution de l'équation de navigation :

La résolution de l'équation de navigation peut se faire par la méthode des moindres carrés et la méthode de Bancroft. Elle nécessite quatre équations (quatre satellites).

Chaque signal satellite donne au récepteur l'équation suivante :

$$\rho_i = c \cdot (t_{r_i} - t_{e_i}) = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2} + c\Delta t$$

Avec :

ρ_i La distance théorique (i.e. pour une synchronisation parfaite de l'horloge interne du récepteur, soit $\Delta t = 0$), au satellite i ;

(x_i, y_i, z_i) La position du satellite ;

(x, y, z) La position du récepteur ;

c La vitesse de la lumière dans le vide ;

Δt Le décalage de l'horloge interne du récepteur (le récepteur ne dispose pas d'horloge interne assez précise) ;

t_{r_i} Le temps de réception du signal émis à t_{e_i} par le satellite i .

En passant au carré, on obtient :

$$(\rho_i - c\Delta t)^2 = (x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2$$

Puis en développant :

$$(x_i^2 + y_i^2 + z_i^2 - \rho_i^2) - 2(x_i x + y_i y + z_i z - \rho_i c\Delta t) + (x^2 + y^2 + z^2 - (c\Delta t)^2) = 0$$

On peut alors introduire : $\mathbf{s}_i = [x_i \ y_i \ z_i \ \rho_i]^\top$, $\mathbf{u} = [x \ y \ z \ c\Delta t]^\top$ et le pseudo-produit scalaire de Lorentz défini pour tout quadrivecteur \mathbf{u} et \mathbf{v} par : $\langle \mathbf{u}, \mathbf{v} \rangle = u_1 v_1 + u_2 v_2 + u_3 v_3 - u_4 v_4$.

L'équation précédente se réécrit en :

$$\frac{1}{2} \langle \mathbf{s}_i, \mathbf{s}_i \rangle - \langle \mathbf{s}_i, \mathbf{u} \rangle + \frac{1}{2} \langle \mathbf{u}, \mathbf{u} \rangle = 0$$

En mettant sous forme matricielle tous les signaux dont on dispose, on obtient :

$$\mathbf{B}\mathbf{u} = \mathbf{a} + \Lambda\mathbf{e}$$

avec :

$$\mathbf{a} = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} \langle \mathbf{s}_1, \mathbf{s}_1 \rangle \\ \langle \mathbf{s}_2, \mathbf{s}_2 \rangle \\ \vdots \end{pmatrix}$$

$$B = \begin{pmatrix} x_1 & y_1 & z_1 & -\rho_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 & -\rho_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{pmatrix}$$

$$\Lambda = \frac{1}{2} \langle \mathbf{u}, \mathbf{u} \rangle$$

$$\mathbf{e} = [1 \quad 1 \quad \dots]^\top$$

Remarque : le nombre de lignes de \mathbf{a} , B et \mathbf{e} doit être le même et supérieur ou égal à 4.

En considérant Λ comme une constante, on peut résoudre l'équation précédente par la méthode des moindres carrés qui donne pour solution :

$$\mathbf{u}^* = B^+ (\mathbf{a} + \Lambda \mathbf{e}) \text{ avec } B^+ = (B^\top B)^{-1} B^\top .$$

On peut ensuite utiliser $\Lambda = \frac{1}{2} \langle \mathbf{u}, \mathbf{u} \rangle = \frac{1}{2} \langle B^+ (\mathbf{a} + \Lambda \mathbf{e}), B^+ (\mathbf{a} + \Lambda \mathbf{e}) \rangle$ et résoudre l'équation ainsi définie dont les solutions sont les racines d'un polynôme du second degré :

$$\Lambda^2 \langle B^+ \mathbf{e}, B^+ \mathbf{e} \rangle + 2\Lambda (\langle B^+ \mathbf{a}, B^+ \mathbf{e} \rangle - 1) + \langle B^+ \mathbf{a}, B^+ \mathbf{a} \rangle = 0_{[1]}$$

5.5) Décalage de l'horloge du récepteur :

Synchronisation GPS :

La difficulté est de synchroniser les horloges des satellites et celle du récepteur. Une erreur d'un millionième de seconde provoque une erreur de 300 mètres sur la position. Le récepteur ne peut bien entendu pas bénéficier d'une horloge atomique comme les satellites ; il doit néanmoins disposer d'une horloge assez stable, mais dont l'heure n'est a priori pas synchronisée avec celle des satellites. Les signaux de quatre satellites au moins sont nécessaires pour déterminer ce décalage, puisqu'il faut résoudre un système d'au moins quatre équations mathématiques à quatre inconnues qui sont la position dans les trois dimensions plus le décalage de l'horloge du récepteur avec l'heure GPS.

5.6) Erreurs possibles :

La plupart des récepteurs sont capables d'affiner leurs calculs en utilisant plus de quatre satellites (ce qui rend les résultats des calculs plus précis) tout en ôtant les sources qui semblent peu fiables, ou trop proches l'une de l'autre pour fournir une mesure correcte.

Cependant, le GPS n'est pas utilisable dans toutes les situations. En particulier la géo localisation par GPS est quasiment impossible à l'intérieur des bâtiments. Les Smartphones, par exemple, capables de se géo localiser en intérieur n'utilisent pas le positionnement GPS dans ces conditions particulières mais les différents réseaux WIFI disponibles pour ce faire. Le signal émis par les satellites NAVSTAR étant assez faible et différents facteurs peuvent affecter la précision de la localisation, la traversée des couches de l'atmosphère avec entre autres la présence de gouttes d'eau, les simples feuilles des arbres peuvent absorber tout ou partie du signal, et le « effet canyon » particulièrement sensible dans les gorges, en montagne (d'où son nom) ou en milieu urbain (phénomène de canyon urbain).

Il consiste en l'occultation d'un satellite par le relief (un bâtiment par exemple) ; ou pire encore, en un écho du signal contre une surface qui n'empêchera pas la localisation mais fournira une localisation fautive, c'est le problème des multi-trajets des signaux GPS.

D'autres erreurs, n'ayant pas de corrélation avec le milieu de prise de mesure ni la nature atmosphérique, peuvent être présentes. Ce sont des erreurs systématiques, telles les décalages orbitaux ou encore un retard dans l'horloge atomique qui calcule le temps auquel la mesure est prise. Un mauvais étalonnage du récepteur (ou autres appareils électroniques du système) peut aussi produire une erreur de mesure.

5.7) Corrections troposphérique et ionosphérique :

En l'absence d'obstacles, il reste cependant des facteurs de perturbation importants nécessitant une correction des résultats de calcul. Le premier est la traversée des couches basses de l'atmosphère, la troposphère. La présence d'humidité et les modifications de pression de la troposphère modifient l'indice de réfraction « n » et donc la vitesse et la direction de propagation du signal radio. Si le terme hydrostatique est actuellement bien connu, les perturbations dues à l'humidité nécessitent, pour être corrigées, la mesure du profil exact de vapeur d'eau en fonction de l'altitude, une information difficilement

collecté, sauf par des moyens extrêmement onéreux comme les lidars, qui ne donnent que des résultats parcellaires. Les récepteurs courants intègrent un modèle de correction.

Le deuxième facteur de perturbation est l'ionosphère. Cette couche ionisée par le rayonnement solaire modifie la vitesse de propagation du signal. La plupart des récepteurs intègrent un algorithme de correction, mais en période de forte activité solaire, cette correction n'est plus assez précise. Pour corriger plus finement cet effet, certains récepteurs bi-fréquences utilisent le fait que les deux fréquences L1 et L2 du signal GPS ne sont pas affectées de la même façon et recalculent ainsi la perturbation réelle.

En 2017, seize années de données de perturbation des systèmes GPS par le rayonnement solaire, enregistrées par une constellation de vingt-trois satellites, ont été ouvertes aux scientifiques de la météorologie par le Laboratoire national de Los Alamos (Nouveau-Mexique).

6) Les trois étapes de fonctionnement(4 satellites pour 1 position précise) :

6.1) Etape 1 : les satellites servent de points de référence :

Les constellations opérationnelles nominales GPS, GALILEO, GLONASS, BEIDOU..., se composent de plusieurs dizaines de satellites évoluant à près de 20 000 km d'altitude suivant des orbites équitablement réparties pour couvrir tous les continents.

Grace à cette couverture, l'utilisateur est en capacité de voir simultanément entre cinq et trente-cinq satellites suivant sa position sur la terre.

Chaque constellation est surveillée et pilotée par des stations de contrôle qui mettent à jour les informations (positions, éphémérides et correction des horloges) de l'ensemble des satellites.

Ceux-ci diffusent ensuite leurs paramètres vers la terre par ondes électromagnétiques porteuses de signaux codés.[5]

6.2) Etape 2 : La distance satellite/ antenne GNSS, mesurée en continu :

Les satellites GPS, GALILEO, GLONASS, BEIDOU... disposent d'horloges atomiques qui fournissent une datation extrêmement précise. L'information de temps est placée dans les codes diffusés par le satellite. Le récepteur détermine alors en permanence l'heure à laquelle le signal a été diffusé. Le signal contient également des données

d'orbitographie pour que le récepteur puisse calculer l'emplacement des satellites. Il s'agit des informations dites de navigation.

Le récepteur GNSS (téléphone, topographie, système de guidage agriculture / automobile / aéronautique...) utilise la différence de temps entre l'heure de réception et de diffusion du signal pour déterminer la distance entre le récepteur et le satellite. Le récepteur multiplie le temps de parcours par la vitesse de la lumière afin de calculer la distance récepteur/satellite.

Ainsi, un mobile GNSS qui capte les signaux d'au moins quatre satellites peut situer précisément en trois dimensions n'importe quel point placé en visibilité des satellites. Pour cela il utilisera l'intersection de ces vecteurs satellite-récepteur.

Même en l'absence d'obstacles, il reste cependant des facteurs de perturbation importants nécessitant une correction des résultats de calcul. Le premier est la traversée des couches basses de l'atmosphère, la troposphère. La présence d'humidité et les modifications de pression de la troposphère modifient l'indice de réfraction et donc la vitesse et la direction de propagation du signal satellitaire.

Le deuxième facteur de perturbation est l'ionosphère. Cette couche ionisée par le rayonnement solaire modifie la vitesse de propagation du signal. La plupart des récepteurs intègrent un algorithme de correction.[5]

6.3) Etape 3 : La position est calculée par résolution d'équations d'intersection de sphères :

La troisième et dernière étape est de déterminer une position précise. Le récepteur va pouvoir effectuer une trilatération de la position à partir des données de distances récoltées entre le récepteur et plusieurs satellites.

Un récepteur GNSS a besoin d'un minimum de 4 satellites pour être en mesure de calculer sa position. Trois satellites vont déterminer la latitude, longitude, et la hauteur. Tandis que le quatrième permet de synchroniser l'horloge interne du récepteur.

Pour vulgariser la démonstration nous allons placer sur un plans 2D. Le principe sera identique pour passer à l'espace 3D. On remplacera uniquement les cercles par des sphères.[5]

Explication :

Supposons que le récepteur se trouve à 25 000 km d'un premier satellite donné. Cela signifie que le récepteur peut se trouver n'importe où sur le cercle de diamètre 25 000 km, avec le satellite en tant que centre.

Le boîtier va recevoir également un signal d'un second satellite à 20 000 km par exemple. Il va en conclure qu'il se trouve aussi sur ce cercle. Sa position exacte sera à l'intersection des deux cercles, soit deux possibilités.

Afin de déterminer laquelle de ces possibilités est correcte, le signal d'un troisième satellite est nécessaire. Pour la démonstration nous allons l'imaginer avec un diamètre de 15 000 km.

A l'intersection de ces trois cercles, il n'y a plus qu'un seul point possible dans un plan en 2D.

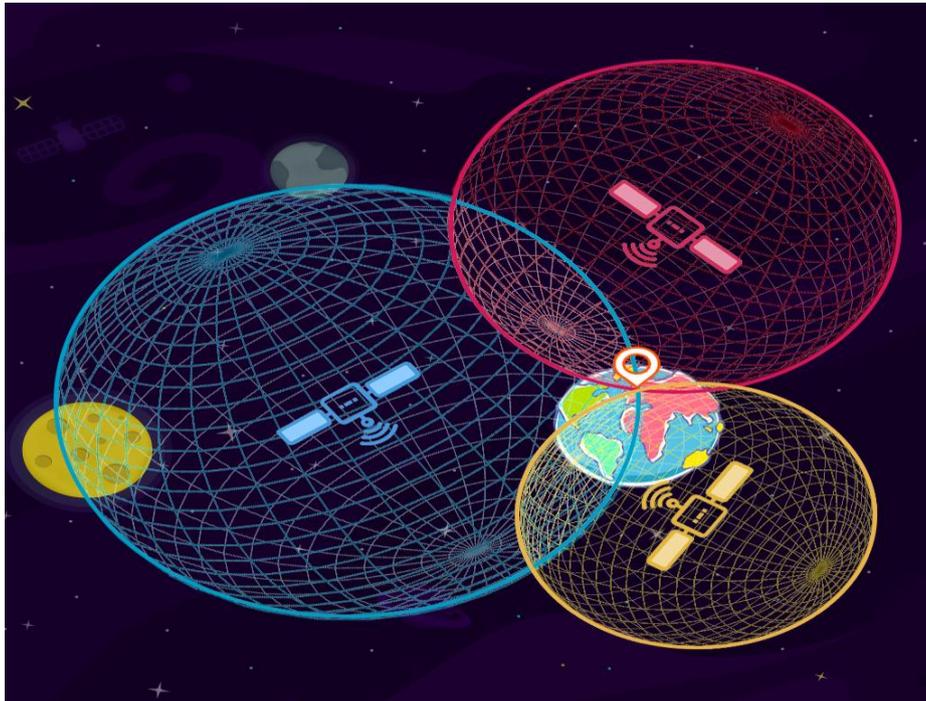


Figure I.6 Balayez pour passer de 2D à la 3D.

Pour passer à la 3D, un quatrième satellite serait donc nécessaire, car l'intersection de 3 sphères donne 2 points. On peut toutefois s'en passer car seul l'un des deux points est géométriquement cohérent. Et il resterait donc une possibilité à éliminer.

L'utilisation d'un quatrième satellite s'avère pourtant nécessaire, car elle apporte des solutions dans la mesure du temps de propagation des signaux. En effet, les récepteurs

GNSS au sol ne disposent que d'horloges sommaires qui n'ont pas la précision des horloges atomiques des satellites. Il en résulte une désynchronisation qu'il convient de résoudre pour bien maîtriser la distance récepteur-satellite et obtenir ensuite une géo localisation correcte.

Vers la précision centimétrique :

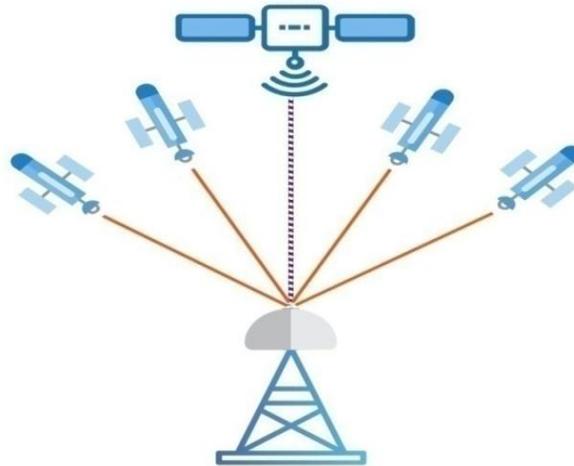


Figure I.7 Réception des satellites.

L'exemple se réfère à l'utilisation de quatre satellites, mais les récepteurs GNSS sont capables de suivre de nombreux satellites à la fois (stations, topographique, téléphone, appareil de navigation...). Cela améliore la précision, le temps de convergence, la couverture et réduit la possibilité d'erreurs.

En moyenne un récepteur peut capter 7 satellites de la même constellation (14 satellites sur GPS-GALILEO). Pour un positionnement centimétrique 5 satellites au minimum sont indispensables.

Actuellement 129 satellites de positionnement sont actifs et disponibles pour les applications civiles :

Constellation	Nombre de satellites
GPS	31
GLONASS	24
GALILEO	22
BEIDOU	39
QZSS	4
IRNSS	6

Figure I.8 Tableau qui représente nombre de satellites selon la constellation.

Pour des applications dont la précision centimétrique est essentielle (véhicule autonome, bathymétrie, topographie...), cela n'est pas suffisant. En effet, des distorsions dans la propagation des signaux, peuvent conduire à des erreurs de plusieurs mètres. C'est le cas notamment dans la traversée des couches atmosphériques.



Figure I.9 les différentes applications du GPS.

Afin de localiser mathématiquement un objet sur la terre d'une façon univoque, il faut définir un référentiel géodésique qui s'exprime par des coordonnées géographiques qui sont le plus souvent : la latitude, la longitude et l'altitude (ou l'élévation) par rapport au

niveau moyen de la mer (élévation ortho métrique) ou par rapport à une surface de référence, en général ellipsoïde (élévation ellipsoïdale).

Historiquement, les systèmes géodésiques étaient déterminés à partir de mesures angulaires et de quelques mesures de longueur. Un système géodésique était associé à un réseau géodésique, ensemble de points dont les coordonnées avaient été déterminées à partir de mesures terrestres.

Les techniques spatiales ont permis de définir des systèmes géodésiques mondiaux. Le système géodésique le plus utilisé dans le monde est le système WGS84 (World Geodetic System 1984), associé au système de positionnement américain GPS.[11]

7) Interférences :

Comment enlever les interférences dans un système GPS ?

Il y'a des techniques de traitement par filtrage qu'on doit savoir pour enlever les interférences :

7.1) Technique ADP (Amplitude Domain Processing) :

Ce traitement numérique exploite les propriétés statistiques de la fonction de densité de probabilité de l'amplitude du signal mixte reçu (signal utile + brouilleur + bruit thermique) pour discriminer et rejeter les brouilleurs.

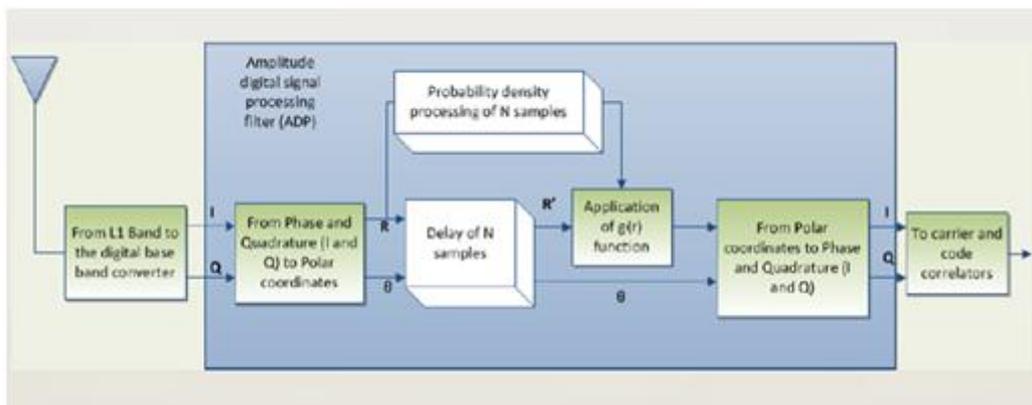


Figure I.10 modèle du filtre ADP.

Fonctionnement de la technique ADP :

Dans la méthode ADP sur les amplitudes, le signal reçu est premièrement transposé en fréquence intermédiaire, et le signal en bande de base est échantillonné puis généralement séparé en deux voies : en phase et en quadrature (I et Q).

4 signaux complexes R est calculés ainsi que sa phase. La paire amplitude et phase subit un retard de N échantillons pour tenir compte du temps de calcul du traitement numérique ADP.

Ce traitement consiste donc à estimer la densité de probabilité de l'amplitude du signal échantillonné, à calculer la fonction non-linéaire $g(r)$ et de l'appliquer au signal d'entrée permettant d'assigner un poids mieux approprié à chaque échantillon d'entrée. La phase du signal est mise en mémoire durant le processus de traitement puis la paire amplitude phase résultante est recombinaée en voies en phase et en quadrature. Le tout est envoyé à la section numérique du récepteur GPS pour la corrélation et la démodulation des données.

Dans le cas des brouilleurs multiples, l'immunité de la technique ADP est faible, car elle tend à une analyse statistique gaussienne. En revanche, le traitement FADP qui est un traitement ADP appliqué aux échantillons en fréquence. Cependant, le filtre ADP constitue une partie intégrale du traitement en fréquence. Par contre, le filtre FADP est plus coûteux en termes de ressource matérielle que le filtre ADP dans le domaine temporel.[6]

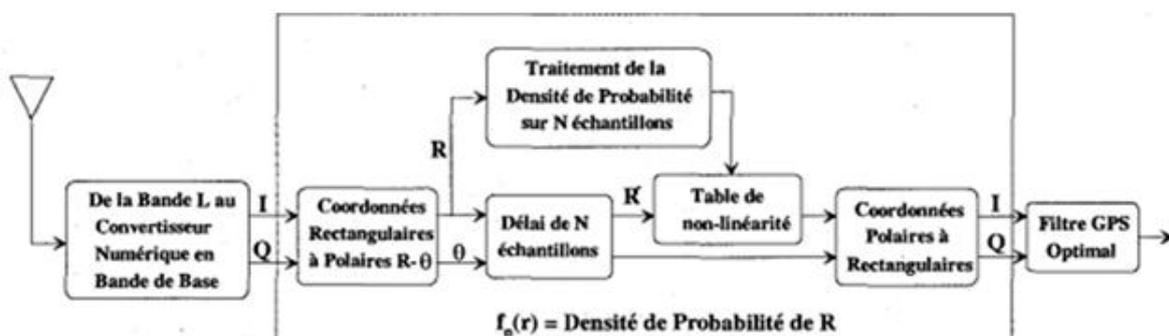


Figure I.11 traitement des domaines des amplitudes.

Les brouilleurs sont regroupés en trois catégories selon le type de brouillage. Notre modèle contient les brouilleurs continus (CWI), les brouilleurs pulsés (PWI) et les brouilleurs balayés en fréquence (Chirp).

7.2) Technique FADP (Frequency Amplitude Domain Processing) :

À la différence du filtre ADP, le filtre FADP traite le signal mixte dans le domaine des fréquences, car il se révèle plus efficace face à un nombre croissant de brouilleurs.

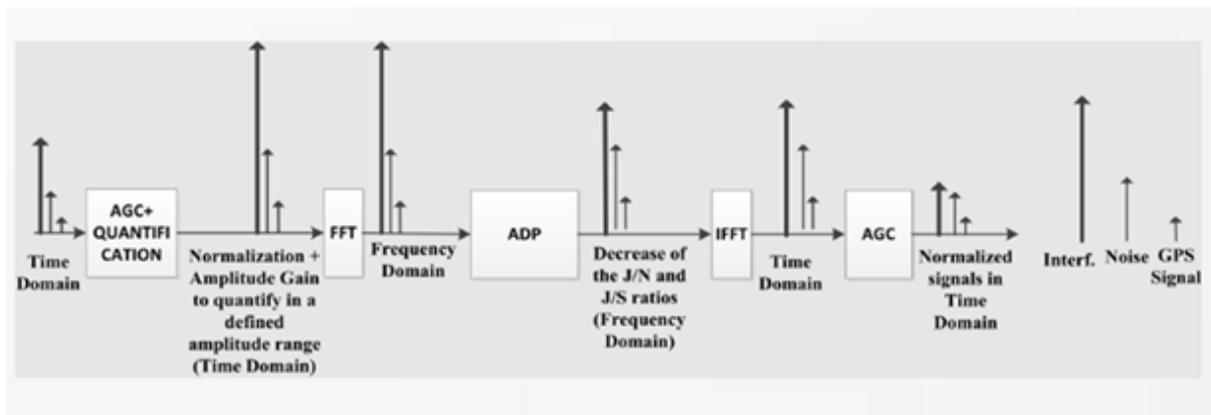


Figure I.14 technique FADP.

Filtre FADP de pré-corrélation utilisé comme filtre anti brouilleur :

Le filtre FADP est un filtre ADP (Amplitude Domain Processing) dans le domaine des fréquences.

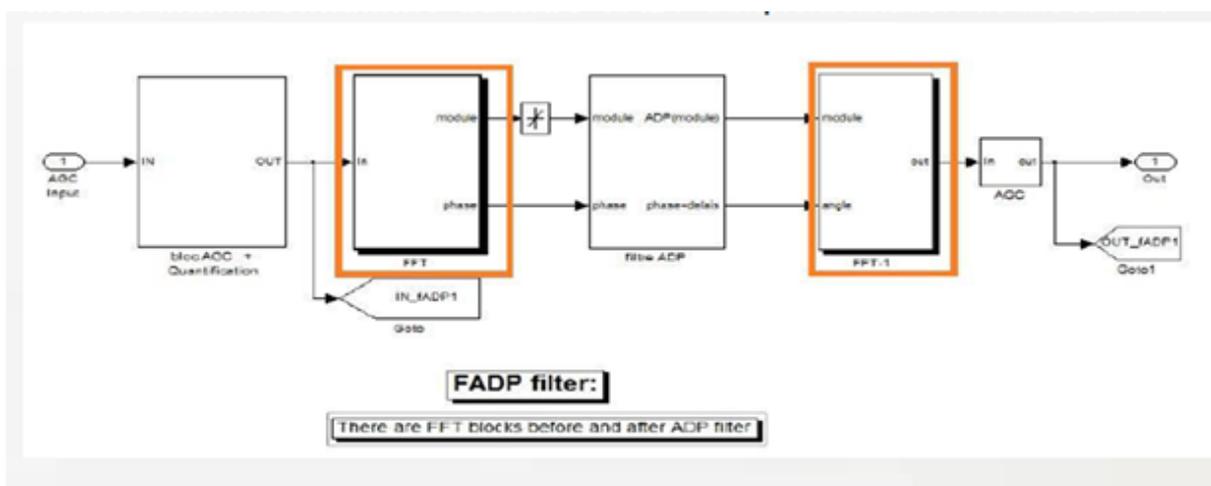


Figure I.15 modèle Matlab du filtre ADP.

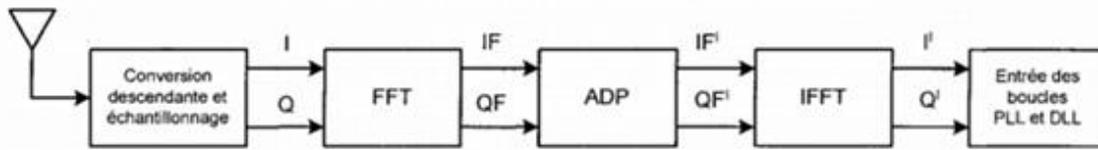


Figure I.16 Schéma bloc du filtre FADP.

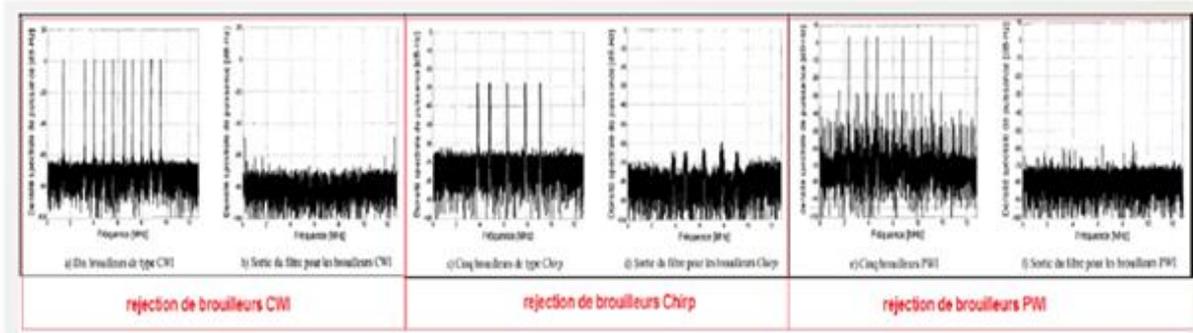


Figure I.17 Concept du filtre ANF dans le récepteur GNSS.

Les résultats de simulation d'un filtre FADP pris à part, ont démontrés une amélioration significative par rapport au filtre ADP en présences de plusieurs brouilleurs (Boutin, 2002), surtout pour les interférences à bande étroite (ex. CWI).

7.3) Technique ANF (Adaptive Notch Filtering):

Ce traitement numérique par filtre dit «à encoche» atténue les brouilleurs à bande étroite tout en préservant la densité spectrale de puissance du signal GNSS.

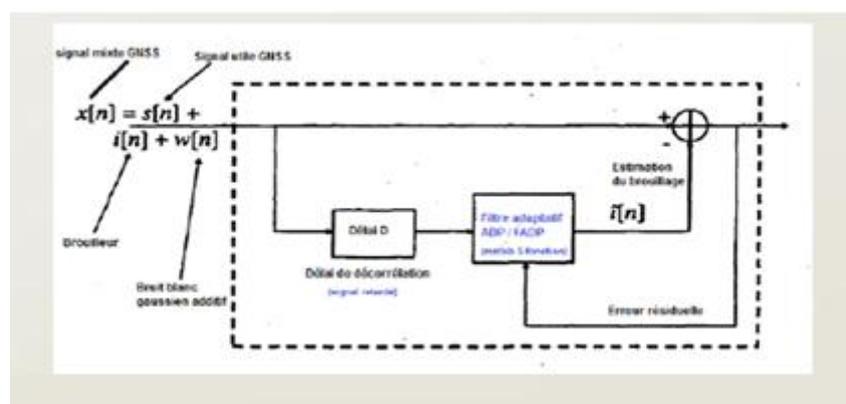


Figure I.18 Performances du filtre FADP.

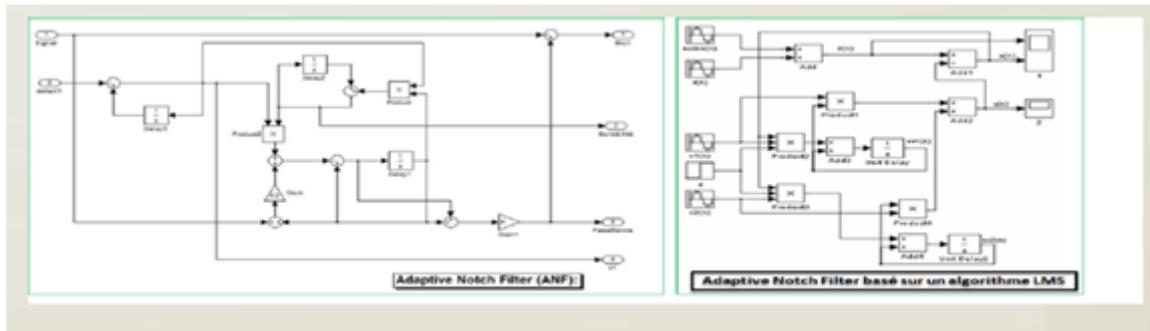


Figure I.19 modèles simulink de ANF.

On peut dire sur les filtres ADP, FADP et ANF que sont limités face à des brouilleurs ne disposant pas une structure prédictive de signal. C'est pourquoi, nous travaillerons dans le futur sur une caractérisation temps-réel des brouilleurs les plus nocifs du GNSS et sur une intégration FPGA de ces innovations.

Systeme « VPS » :

1) Présentation :

Du GPS au VPS, faire un pas en avant, Google travaille sur une technologie qui va permettre d'améliorer la précision de la localisation et de l'orientation sur son application Maps, ou à également dévoilé qu'il avait mis en œuvre un système de réalité augmentée qui affichera un avatar de bande afin de nous guider dans une ville jusqu'à ce que nous ayons atteint notre destination. On s'appelle cette technique de localisation VPS Systeme de Positionnement Visuel ou « Visual Positioning System », Un service permettant de visualiser un positionnement détaillé de l'emplacement.

C'est une fonction connexe, combinant la vue de caméra en direct avec les données de Google maps pour obtenir une meilleure idée de la position avec plus de détails facilitant le repérage ou On peut utiliser quelque chose pour nous orienter (flèche, petit animal marche devant nous, ...). Cette technologie pourrait être particulièrement utile dans les zones urbaines denses où le GPS est souvent bloqué par des gratte-ciel qui entravent la bonne réception du signal GPS.

Les premières étincelles de l'apparition de ce système de positionnement visuel ont été annoncées par Google lorsqu'elle a déclaré qu'elle travaillait sur un service permettant de

visualiser un positionnement détaillé de l'emplacement. Suivant Clay Bavor qui a déclaré lors d'une conférence :

"Une chose que nous avons clairement constatée, c'est que la réalité augmentée est le plus puissant lorsqu'il est étroitement lié au monde réel, C'est la raison pour laquelle nous travaillons avec l'équipe de Google Maps sur un service qui permet aux appareils d'accéder à des informations de localisation très précises".



Figure I.20 Technologie VPS.

2) Principe de Fonctionnement :

Clay Bavor a décrit la Fonctionnalité de la nouvelle technologie VPS "un peu comme le GPS", mais ainsi doit être des caméras d'un dispositif pour les calculs de la position par triangulation en se basant sur "des repères visuels distincts dans l'entourage".

La future version de l'application Maps fusionnera son interface traditionnelle avec une vue de caméra en direct. Lors de la navigation, des flèches superposées apparaissent à chaque virage, ce qui rend plus difficile de se tromper et mal interpréter les directions. Le Géant Google expérimente même l'insertion de personnages animés, ce qui éliminerait tout doute et rendrait l'application plus divertissante et plus attractive. On peut également obtenir un chemin plus clair et net avec une réalité augmentée de faire apparaître une carte d'information lorsqu'On veut regarder une personne, endroit ou quelque chose. Nos téléphones pourraient alors profiter du service de positionnement visuel, dont le nom est inspiré du GPS. La vision de Google est que les appareils comprennent leur environnement de manière plus détaillée. En étant conscient de l'espace, le VPS vous

Permettre d'avoir une idée de votre entourage ou vous emmener à un endroit spécifique sur la mappe.

3) Différences entre “GPS” et “VPS” :



Figure I.21 comparaison entre GPS et VPS.

Avec le développement des technologies son entrée dans notre vie quotidienne, certaines tâches sont devenues beaucoup plus faciles qu'auparavant, y compris l'utilisation d'applications de navigation. Grâce à la technologie "GPS", le processus de navigation est devenu beaucoup plus facile, mais récemment une nouvelle technologie est apparue appelé "VPS", et ci-dessous nous expliquons quelques différences entre les deux techniques sont les suivantes :

3.1) GPS :

Il s'agit d'un système de navigation par satellite qui fournit des informations de localisation et de l'heure dans toutes les conditions météorologiques n'importe où sur auprès de la Terre, où il y a une ligne de vue dégagée vers quatre satellites GPS ou plus, et le système offre des capacités importantes pour les militaires, civils et commerciaux utilisateurs du monde entier. Les progrès technologiques et les nouvelles exigences imposées au système existant ont conduit à la modernisation du système GPS et à la mise en œuvre de la prochaine génération.

3.2) Technologie VPS :

Il peut être décrit comme la génération avancée de la technologie GPS, qui est un acronyme pour « Visual Positioning Service », c'est-à-dire la détermination de la position,

mais de manière plus interactive en termes d'expérience visuelle, car cette technologie repose simplement sur l'intégration et l'utilisation des technologies d'intelligence artificielle et de réalité augmentée "AR" avec l'idée d'un travail technique. "GPS" pour déterminer des emplacements et utiliser des applications de navigation de manière interactive et produire des cartes 3D au sein d'applications de navigation, qui représentent la scène naturelle de la place de l'utilisateur afin que la tâche d'utiliser ces applications soit plus facile pour l'utilisateur.

Cette technologie offre une plus grande précision dans la détermination des emplacements pour l'utilisateur, contrairement à la technologie GPS, qui dépend de la détermination de l'emplacement par des satellites, qui sont toujours en mouvement constant et à grande vitesse, de sorte que l'emplacement géographique n'est souvent pas précis et réel, mais il y a un léger écart par rapport à la localisation. Le réel est corrigé par les applications de navigation à l'aide de certains algorithmes sophistiqués la localisation devienne plus précise et se rapproche le plus possible de la vraie.

Chapitre II

Carte Arduino

1) Introduction :

Arduino est une petite carte électronique, un circuit imprimé englobe des composants le plus important un microcontrôleur qui est le cerveau de la carte programmé pour tester et produire des signaux électriques, de manière à effectuer plusieurs tâches comme les techniques d'électroniques, et permet à partir d'événement détectés par des capteurs, de programmer et commander des actionneurs, la carte Arduino est donc une interface programmable, excellent outil pour développer des objets interactifs. Il existe de nombreuses bibliothèques permettant de faire des choses complexes, comme écrire sur des cartes SD, des écrans LCD, analyser des GPS, ainsi que des bibliothèques pour faire des choses simples, comme des boutons ou allumer une lumière.

2) Définition:

La carte Arduino est une plateforme utilisée pour réaliser des projets électroniques plus développé. Elle est composée d'un circuit physique programmables est dit microcontrôleurs et de logiciel utilisé pour créer et télécharger le code de l'ordinateur à la carte.

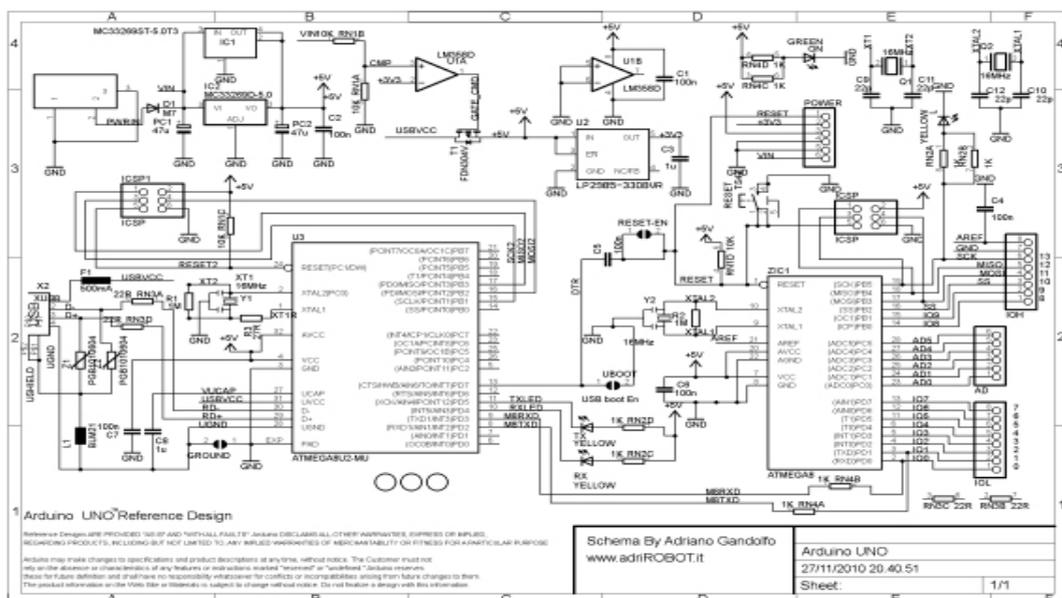


Figure II.1 Schéma électrique de l'ArduinoUno.[7]

3) But :

Le rôle de Arduino est de stocker un programme et de le faire fonctionner, c'est un système qui permet de lier les performances de programmation à celle de l'électronique tout en s'simplifiant les schémas électroniques et les couts de réalisation.

4) Utilisation : [7]

- des « bidouilleurs » dont beaucoup ont des connaissances très limitées en électronique ;
- des artistes qui ont besoin d'animer leurs œuvres ou de créer des interactions avec elles.
- des étudiants et des élèves.

5) Composition :

Il nous permet de réalisé plusieurs projets tel que :

- Contrôler les appareils domestiques ;
- Robotique ;
- Jeu de lumière ;
- Communiquer avec PC ;
- Télécommander un appareil mobile ;

6) Choix et description de la carte Arduino : [8]

6.1) Choix :

On a plusieurs paramètres pour choisir l'Arduino :

Le prix : ils ne sont pas couteux avec un rapport de qualité bonne.

Logiciel : gratuit et développer par le java. Il est simple à utiliser et nous permet de programmer la carte Arduino.

Le matériel : consiste une carte électronique et les schémas sont disponibles.

La compatibilité : le logiciel et la carte sont compatibles avec la programmation.

6.2) Description de la carte :

Elle contient les éléments suivants :

Le microcontrôleur : considéré comme le cerveau de la carte.

L'alimentation : C'est celle du microcontrôleur : 5V régulée (port USB) ou 7 à 12V provenant d'alimentation externe.

Visualisation : par des LED de taille millimétrique. Elles sont là pour tester le matériel avec le branchement avec microcontrôleur et les autres LED sont pour émission et réception quand le téléchargement de programme dans le microcontrôleur.

La connectique : Les connecteurs sont :

0 à 13 : Entrée/Sortie numérique ;

A0 à A5 : Entrée/Sortie Analogique ;

GND : la masse (0V) ;

5V : l'alimentation +5V ;

3.3V : alimentation + 3.3V ;

Vin : alimentation non stabilisée.

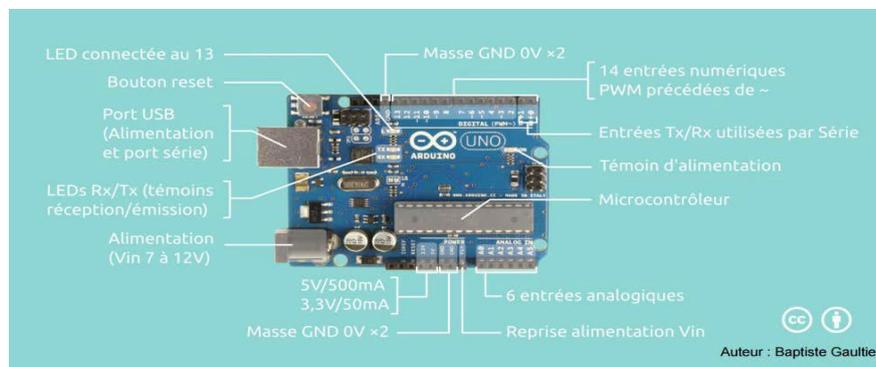


Figure II.2 Description de la carte ArduinoUno

7) Le langage : [8]

Le programme est lié à une série d'instruction élémentaires sous forme texte, donc la carte lit après exécute les instructions par un ordre un après l'autre.

- Un ordinateur
- Une carte arduino
- Programme lié à l'Arduino

Syntaxe du langage : C et C++ qui est le suivant

Code minimal : son rôle de devisé le programme en deux parties

La fonction :

Setup () : est considéré comme fonction d'initialisation on l'appelle une seul fois au début du programme.

Loop () : c'est pour écrire le cœur du programmes. Elle est appelée en permanence : en boucle infinie.

Les instructions : sont des lignes contenant des codes, exemple :

« fait ceci »

« Fait cela »

Les points-virgules (;) : pour finir les instructions

Les accolades [] : sont utilisées pour les fonctions ; les boucles. Elles sont obligatoires.

Les commentaires : // cette ligne a un commentaire. /* pour plusieurs lignes

Les variables : Les variables booléennes peuvent prendre deux valeurs soit vraie ou faux donc. Si une variable vaut (0) on la considère comme variable booléennes fausse et si une variable prend n'importe quelle valeur différente de zéro on la considère comme variable booléenne vraie

- char (variable 'caractère')
- Int (variable 'nombre entier')
- long (variable 'nombre entier de très grande taille')
- string (variable 'chaine de caractères')
- Array (tableau de variables)

8) Types des cartes : [9]

Il y a trois types de cartes :

- « Officielles » qui sont fabriquées en Italie par le fabricant officiel : Smart Project
- « Compatibles » qui ne sont pas fabriqués par Smart Project, mais qui sont totalement compatibles avec les Arduino officielles.
- « Autres » fabriquées par diverse entreprise et commercialisées sous un nom différent (Freeduino, Seeduino, Femtoduino, ...).

✓ Les différentes cartes :

On commence par la plus utilisée

- **Carte Uno :**

c'est la carte base de l'Arduino, elle est simple à utiliser.

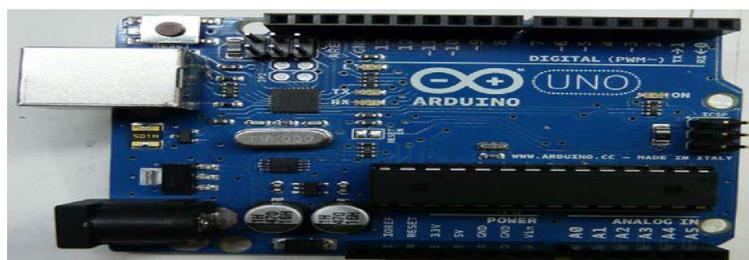


Figure II.3 Carte ArduinoUno.

- **La carte arduino Méga :**

C'est une carte arduino officiel mais avec beaucoup plus d'entrées / sorties et 2fois plus de mémoire qu'une carte arduino UNO. Elle contient :

54 entrées/ sorties numériques

16 entrées analogiques

256 ko de mémoire flash

6 interruptions extérieures



Figure II.4 Carte Arduino Méga.

- **Arduino Nano :**

L'Arduino Nano est essentiellement un ArduinoUno de dimension 1.85x4.23cm, disposé pour une utilisation directe sur breadboard. Il embarque son propre contrôleur USB permettant une communication série très facile.

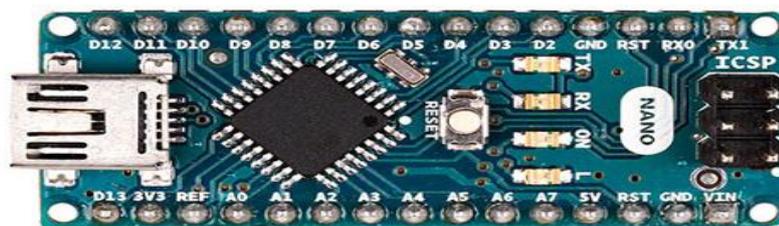


Figure II.5 Carte Arduino nano.

- **ArduinoEsplora :**

La carte Esplora est dérivée de la carte Arduino Leonardo et est basée sur un ATmega 32U4. Elle contient une implantation d'image elle est utilisée généralement dans les manettes de jeux (dimension : 6.1x16.51cm).

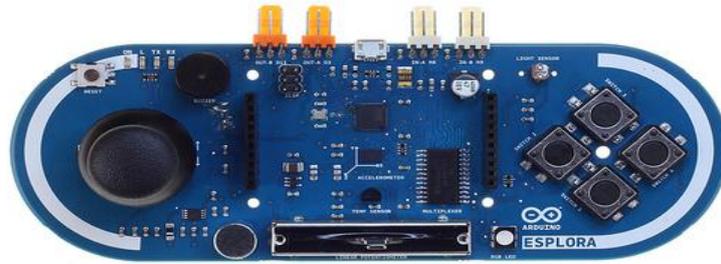


Figure II.6 Carte Arduino Esplora.

- **La carte seduino :**

C'est un type arduino constituée de :

AT méga 328p au format CMS avec des entrées analogique el plus A6 et A7

Des portes 12c et série pour faciliter le câblage



Figure II.7 Carte searduino.

- **La carte Arduino pro (par Sparkfun) :**

Pour les circuits finit elle ne contient pas des ports USB juste le nécessaire pour fonctionner. Elle n'est pas chère, sa taille est réduite.



Figure II.8 Carte Arduino pro.

- **Carte arduinoBlackwidow :**

Créé par Asynclabs, c'est une carte Arduino avec module wifi.

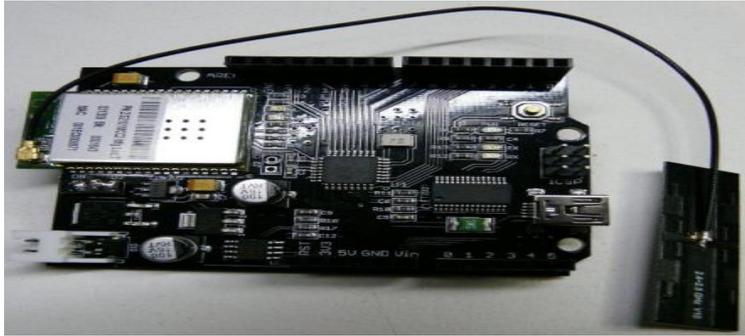


Figure II.9 Carte ArduinoBlackwidow.

- **Carte Rainbowduino :**

C'est une carte créée par Seedstudio, c'est une matrice 8x8 de LED.

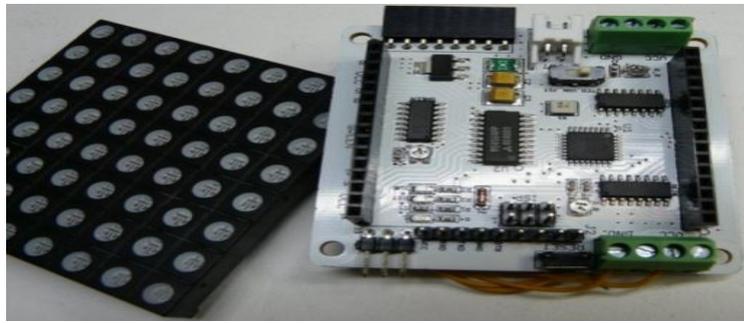


Figure II.10 Carte Rainbowduino.

- **Les cartes dites compatible avec Arduino sont :**

Teensy++ 2.0 (par PJRC) : Carte compatible (logiciel) avec Arduino.

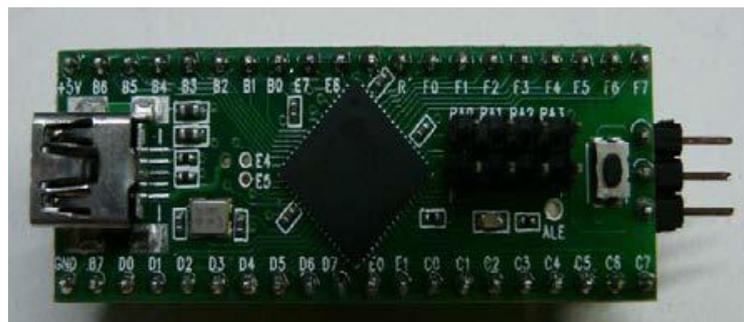


Figure II.11 Carte teensy.

- **Carte netduino :**

Elle ressemble à la forme classique d'arduino mais elle diffère de langage car elle utilise (C# ou V.net)

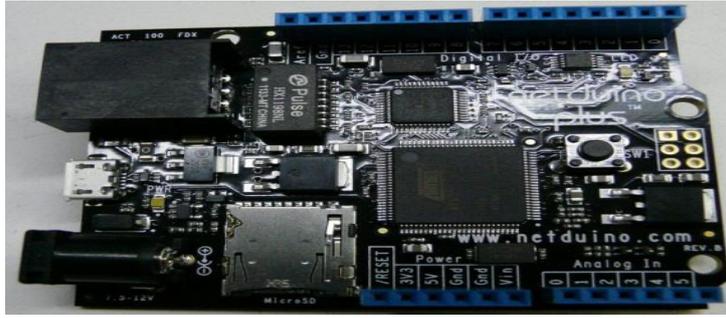


Figure II.12 Carte netduino.

9) Logiciel Arduino :

Description : Ce logiciel il a les fonctions suivantes :

- Ecrire et compiler le programme pour la carte,
- Connecter et transférer les programmes,
- Communiquer avec la carte,

10) Conclusion :

Arduino c'est un mélange d'électronique et de programmation, c'est pour aussi, simplifier les applications aux différents systèmes de télécommunication, donc permet de nous faciliter la réalisation de beaucoup de projets ou on va utiliser un module GPS avec Arduino sur notre travail pour localiser une cible.

Chapitre III

Réalisation d'un système de Positionnement GPS avec Arduino

1) Introduction :

Dans cette partie on va parler comment réaliser un système de Positionnement GPS avec Arduino. Pour réaliser ce dernier on aura besoin quelque matériaux et program quand va voir plus tard.

2) Matériaux utilisés et principe de fonctionnement :

1) La carte Arduino Nano :

1.1) Définition :

L'Arduino Nano est une petite carte complète et conviviale basée sur un ATmega328 cadencé à 16 MHz. Sa mémoire de 32 KB et son grand nombre d'E/S font de ce circuit compatible DIL30 un élément idéal pour les systèmes embarqués ou pour des applications robotiques nécessitant du multitâches. Le Nano a été conçu et est produit par Gravitech.



Figure III.1 Arduino nano

1.2) Les caractéristiques:

Paramètres	Valeurs
Microprocesseur	ATMega328
Mémoire flash	32 ko
Mémoire SRAM	2 ko
Mémoire EEPROM	1 ko
broches d'entrées et sorties	20
broches PWM	6
broches d'entrées analogiques 10 bits	6
Courant par entrées-sorties	40mA
Fréquence d'horloge	16 MHz
Bus série	I2C et SPI
Prise USB	mini-USB B
Dimensions	45 18 x 18 mm

Tableau III.1 Les caractéristiques principales

2) Afficheur LCD I2C : L

Un afficheur LCD I2C est un dispositif qui se compose de deux parties : un écran LCD et au dos un module d'interface I2C.

2.1) Un écran LCD :

2.1.1) Définition :

Un écran LCD ou affichage à cristaux liquides en français est un dispositif qui permet d'afficher des caractères tout en consommant assez peu d'électricité C'est Pourquoi on le retrouve dans de nombreux projet Électroniques et sur tous types d'appareils. Son rôle est de transmettre les informations utiles d'un système à un utilisateur. Il affichera donc des données susceptibles d'être exploiter par l'utilisateur d'un système.



Figure III.2 Ecran LCD.

2.1.2) Principe de fonctionnement :

L'orientation des cristaux liquides est la base du principe de fonctionnement d'un écran LCD. Chaque pixel peut être "allumé" ou "éteint" par la présence d'une tension entre les électrodes avant et arrière. Lorsqu'aucune tension n'est appliquée entre les électrodes correspondant au pixel de l'écran, les cristaux liquides font tourner le plan de polarisation progressivement d'une électrode à l'autre. La lumière polarisée verticalement arrive polarisée horizontalement sur le polariseur horizontal.

2.2) Un I2C :

2.2.1) Définition :

Un I2C est un bus informatique. Conçu par Philips pour les applications de domotique et d'électronique domestique Il permet de relier facilement Un microprocesseur Et différents circuits tout en Réduisant le nombre de lignes Nécessaires à seulement deux lignes :

- ✓ SDA (Serial Data) : Pour transmettre des données sur le bus
- ✓ SCL (Serial CLock) : faisant office d'horloge pour déterminer la fréquence de la communication.



Figure III.3 i2C

2.2.2) Principe de fonctionnement :

Le bus I2C est basé sur un mode de transmission bidirectionnel sériel synchrone entre un maitre et un ou plusieurs périphériques esclaves. Ce bus dit 2 fils utilise outre la référence Gnd un signal d'horloge de synchronisation (SCL Serial Clock Line) et un signal de donnée (SDA Serial Data Line). Si chaque élément connecté en parallèle au bus reçoit les données émises par tous les autres, seul le maitre génère le signal d'horloge.

2.3) Montage d'un module I2C et l'écran LCD :

Le montage est vraiment très simple et vous pouvez souder le module I2C et l'écran LCD comme ceci :

3) Module NEO-6M V1 GPS:

3.1) Définition : Le module GPS NEO-6M est un récepteur GPS complet très performant avec une antenne en céramique intégrée de 25 x 25 x 4 mm, qui offre une capacité de recherche par satellite puissante. Avec les indicateurs d'alimentation et de signal, vous pouvez surveiller l'état du module.

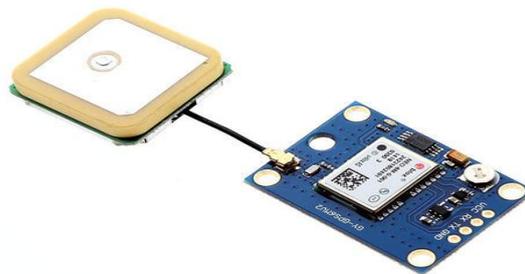


Figure III.4 GPS module.

3.2) Les caractéristiques:

- Modules GPS NEO-6M, alimentation 3V-5V Universel
- Module avec antenne à destination céramique, super signal
- Mise hors tension de l'EEPROM pour enregistrer les données des paramètres de configuration
- Indicateur de signal LED
- Avec batterie de sauvegarde de données
- La vitesse de transmission par défaut : 9600
- Compatible avec Raspberry Pi et Arduino

3) Organigramme :

Suivant l'organigramme, le projet consiste à détecter les coordonnées à l'aide du module GPS, ce dernier communique avec le satellite (il doit être à l'extérieur et attendre quelque minutes) puis reçoit l'information et l'envoyer vers Arduino par serial communication qui l'affiche sur écran LCD (temps, longueur et latitude), si le module n'est pas connecté après 5s, Arduino affiche sur l'écran LCD que le module GPS n'est pas connecté.

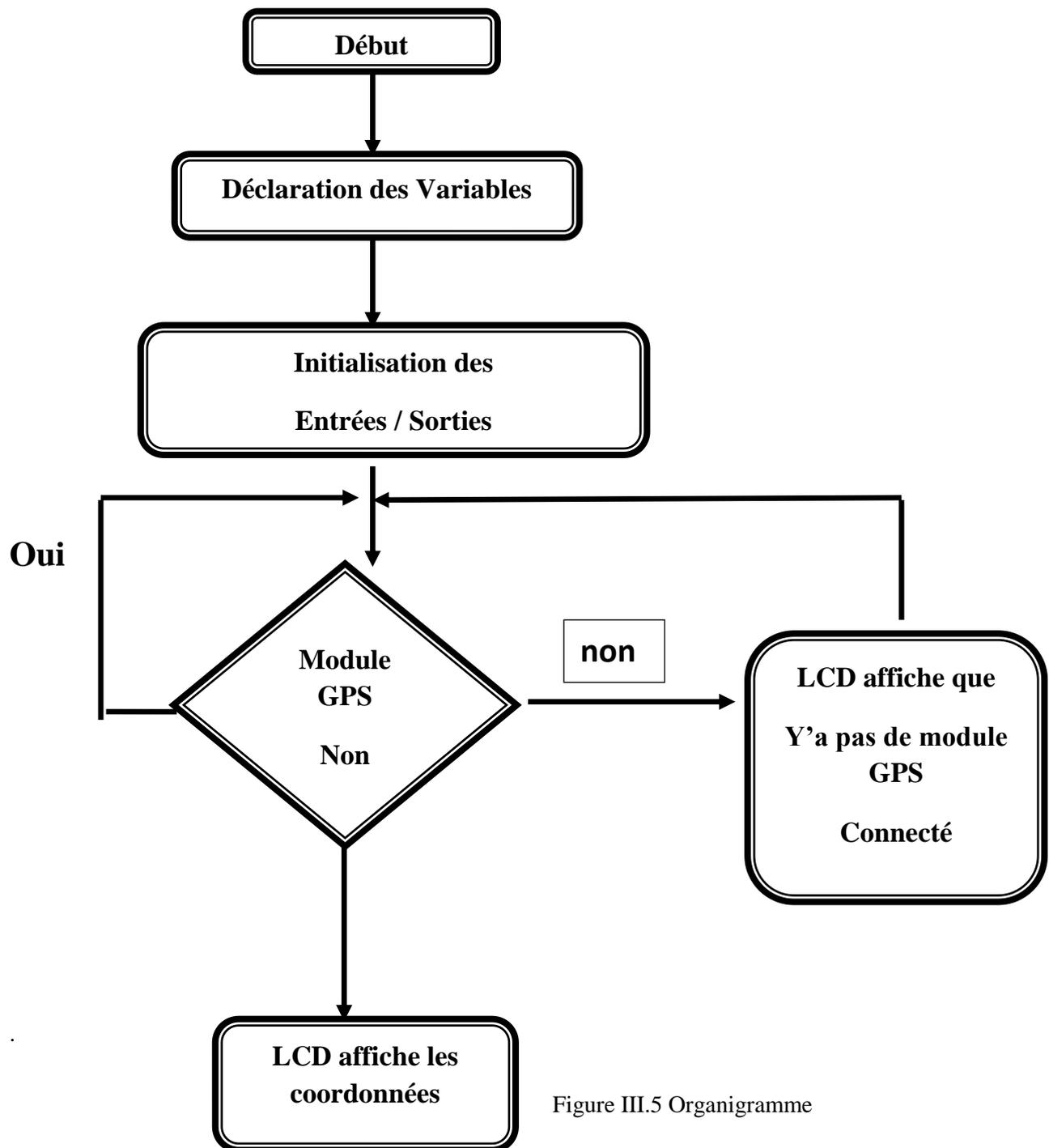


Figure III.5 Organigramme

4) Application :

4.1) Schéma électrique de notre projet :

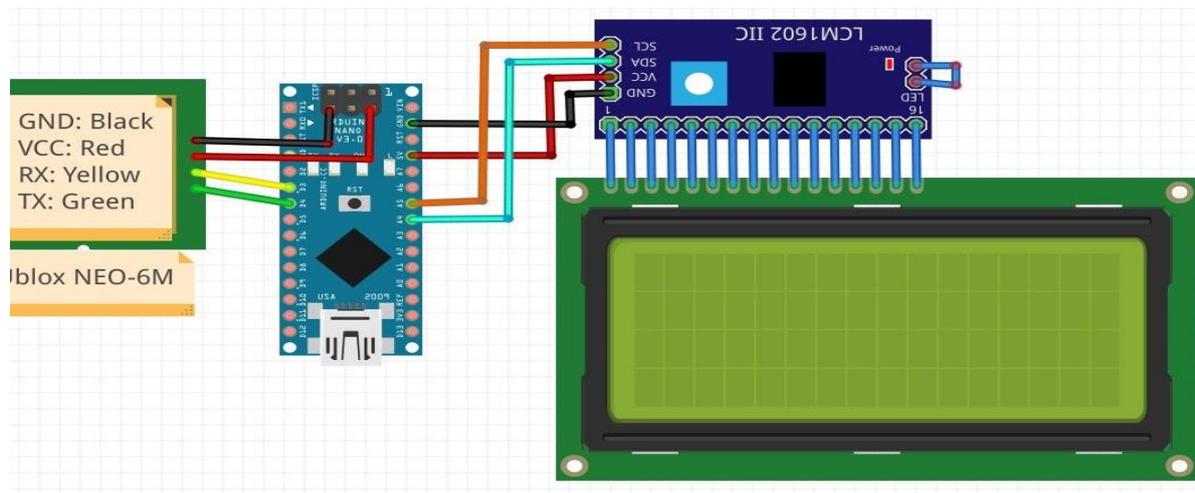


Figure III.6 Schéma électrique de notre projet.

5) Conclusion :

Ce travail s'inscrit dans une chaîne complète et intégrée visant la géo localisation. il permet de déterminer les paramètres locaux telles que la latitude et longitude du lieu en temps réelles c'est-à-dire tout en se déplaçant. On pourrait suivre quelques avantages du projet :

1. Etre plus réactif pour une intervention urgente.
2. Permettre de trouver des objets ou gens perdu.
3. Utilisation dans le domaine militaire.
4. Lutter contre le vol.

Cette application pourrait s'étendre vers l'utilisation d'un module GSM pour pouvoir transmettre l'information vers un mobile. L'utilisation de la technologie VPS serait intéressante et citer comme perspectives.

Conclusion Générale

Le GPS telle que connu est un système de positionnement par satellite qui à l'origine a été conçu par le département de la défense des Etats-Unis puis il a été mis à disposition des applications civiles. Comme dit précédemment, le système repose sur une constellation de satellites qui tournent en permanence autour de la terre sur plusieurs orbites. Ils transmettent régulièrement leurs positions en orbite, et le récepteur GPS au niveau terrestre échange des informations avec au minimum trois de ces satellites. Il mesure le temps de propagation des ondes et calcule la distance qui le sépare des satellites, ce qui lui permet de déterminer son positionnement spatial (longitude, latitude, altitude).

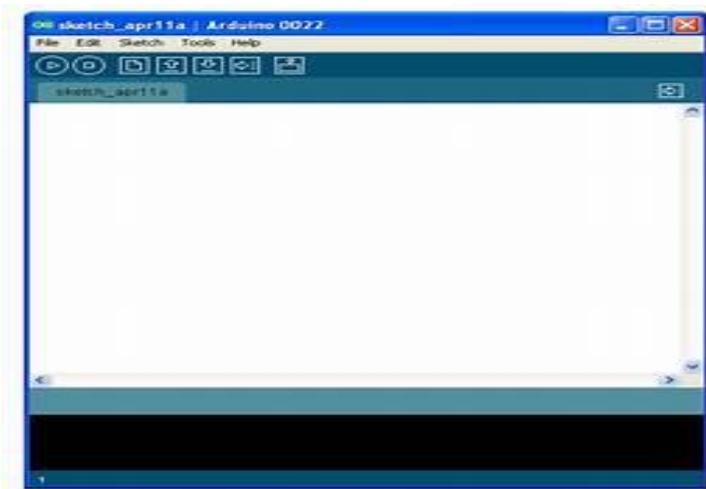
En vérité, les technologies comme le GPS et maintenant le VPS révolutionnent la cartographie numérique qui est d'une immense aide dans notre vie quotidienne. Outre le domaine militaire, avec de telles évolutions technologiques, les offres de services devraient être plus virtuelles et personnalisées pour chaque personne.

Notre travail s'inscrit de même bien que restreint dans les applications purement civile telles que la détermination d'objets perdus ou améliorer l'accès aux interventions d'urgences et autres.

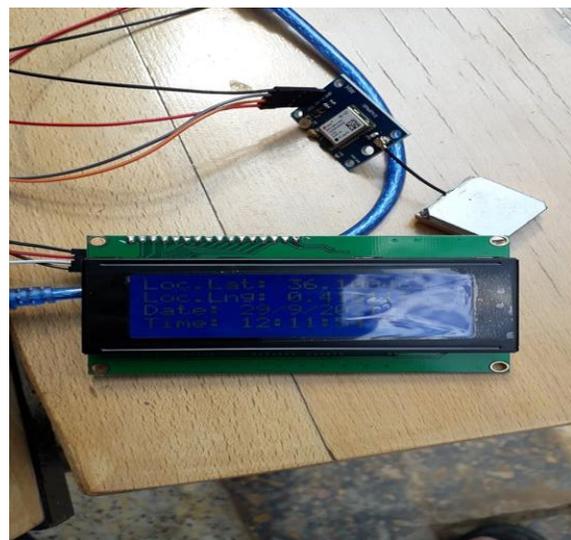
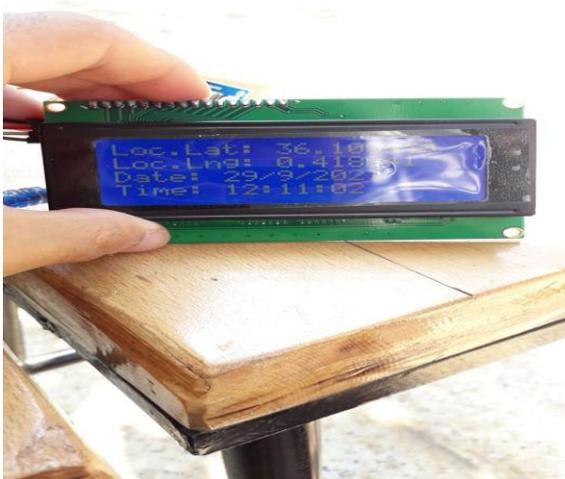
Annexe

1) Présentation de logiciel Arduino :

Le logiciel Arduino permet de programmer la carte Arduino. Il offre une multitude de fonctionnalités. Le langage Arduino est inspiré de plusieurs langages. On retrouve notamment des similarités avec le C, le C++, le Java et le Processing. Le langage impose une structure particulière typique de l'information embarquée.[10]



2) Quelques étapes de réalisation de notre projet :



3) Le programme :

GPS

Compatible with the Arduino IDE 1.0

```
#include <TimeLib.h>
```

```
#include <Wire.h>
```

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
```

```
#include <TinyGPS++.h>
```

```
#include <SoftwareSerial.h>
```

```
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4); // set the LCD address to 0x27 for a 16 chars and 2  
line display
```

```
staticconstintRXPin = 4, TXPin = 3;
```

```
staticconst uint32_t GPSBaud = 9600;
```

```
// The TinyGPS++ object
```

```
TinyGPSPlusgps;
```

```
// The serial connection to the GPS device
```

```
SoftwareSerialss(RXPin, TXPin);
```

```
// Change this value to suit your Time Zone
```

```
constintUTC_offset = 3600; // algeria time
```

```
time_tprevDisplay = 0; // Count for when time last displayed
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
  //Serial.begin(9600);
```

```

ss.begin(GPSBaud);

lcd.init();          // initialize the lcd

    // Print a message to the LCD.

lcd.backlight();

lcd.clear();

}

void loop()

{

    // This sketch displays information every time a new sentence is correctly encoded.

while (ss.available() > 0)

if (gps.encode(ss.read()))

displayInfo();

GPS_Timezone_Adjust();

if (millis() > 5000 &&gps.charsProcessed() < 10)

{

lcd.clear();

lcd.setCursor(0,0);

lcd.println(F("No GPS detected:"));

lcd.setCursor(0,1);

lcd.println(F(" check wiring."));

while(true);

}

```

```

}

void displayInfo()
{
// lcd.setCursor(0,0);

// lcd.print(F("Location.Lat: "));

if (gps.location.isValid())
{
// lcd.clear();

lcd.setCursor(0,0);

lcd.print(F("Loc.Lat: "));

lcd.print(gps.location.lat(), 6);

lcd.setCursor(0,1);

lcd.print(F("Loc.Lng: "));

lcd.print(gps.location.lng(), 6);

}

}

void GPS_Timezone_Adjust(){

int Year = gps.date.year();

byte Month = gps.date.month();

byte Day = gps.date.day();

byte Hour = gps.time.hour();

byte Minute = gps.time.minute();

```

```

byte Second = gps.time.second();

    // Set Time from GPS data string

setTime(Hour, Minute, Second, Day, Month, Year);

    // Calc current Time Zone time by offset value

adjustTime(UTC_offset);

    // -- Delete this section if not displaying time ----- //

if (timeStatus() != timeNotSet) {

if (now() != prevDisplay) {

prevDisplay = now();

ClockDisplay();

    }

    }

    // -- Also delete the SerialClockDisplay()function ---- //

}

voidClockDisplay(){

    // digital clock display of the time

    //lcd.clear();

    lcd.setCursor(0,3);

    lcd.print(F("Time: "));

    lcd.print(hour());

    printDigits(minute());

    printDigits(second());

```

```
lcd.print(" ");  
  
lcd.setCursor(0,2);  
  
lcd.print(F("Date: "));  
  
lcd.print(day());  
  
lcd.print("/");  
  
lcd.print(month());  
  
lcd.print("/");  
  
lcd.print(year());  
  
lcd.print(" ");  
  
}  
  
void printDigits(int digits) {  
  
    // utility function for digital clock display: prints preceding colon and leading 0  
  
    lcd.print(":");  
  
    if(digits < 10)  
  
        lcd.print('0');  
  
    lcd.print(digits);  
  
}
```

Références Bibliographies :

[1] https://fr.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A8me_de_positionnement_par_satellites

[2] https://fr.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System

[3] <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00679502/document>

[4] <http://www.foad.uadb.edu.sn/mod/book/view.php?id=1491&chapterid=1237>

[5] <https://www.reseau-teria.com/2020/01/20/positionnement-par-satellites-gnss-gps-galileo-comment-ca-marche>

[6] docplayer.fr/51300441-Techniques-de-robustesse-aux-brouilleurs-pour-les-recepteurs-gps-par-un-traitement-adp.html

[7] https://wiki.mdl29.net/lib/exe/fetch.php?media=robotsarduino:presentation_arduino.pdf

[8] <https://wiki.mdl29.net/lib/exe/fetch.php?media=elec:arduino-pour-bien-commencer-en-electronique-et-en-programmation.pdf>

[9] <https://skyduino.wordpress.com/2012/04/03/comparatif-des-differentes-cartes-arduino-et-des-cartes-compatible-arduino/>.

[10] Livre Arduino Pro Mini A Hands-On Guide for Beginner Agus Kurniawan

[11] dl.ummo.dz/bitstream/handle/ummo/6762/OuakedSaid.pdf

[11] Techniques et technologies de localisation avancées pour terminaux mobiles dans les environnements indoor,

Frédéric EVENNOU

TECH/IDEA/iROC

22/01/2007.

[12] Frank Van Diggelen. A-GPS, Assisted GPS, GNSS, and SBAS, Artech House, Boston, Londres, 2009.

Cours sur les systèmes mondiaux de navigation par satellite.

Andrews. Global Positioning Systems, Inertial Navigation.

Wien, New York, 2003.

B. Hofmann-Wellen Hof, H. Lichtenberger, E. Wesel. GNSS-Global Navigation Satellite

Systems (GPS, Glonass, Galileo and more), Springer, Wien, New York, 2008.

B.W. Parkinson et J. J. Spilker, Jr. (dir). (1996) : Global Positioning System :

Allemagne, 2011. Disponible sur :<http://bit.ly/HsiVH>.

[13] <https://www.slideshare.net/USIGGENEVE/communication-satellitaire>

Résumé :

La localisation par GPS (Global Positioning System), et les différents systèmes de Positionnement par satellites est pleinement opérationnel depuis le mois de juillet 1995, qui a augmenté de façon considérable l'efficacité de l'établissement de la position aux fins De géo référence.

Se composant d'une constellation de satellites de radionavigation, d'un segment de Contrôle au sol qui gère le fonctionnement des satellites pour enfin répondre à un vaste Gamme de besoins en positionnement. Cependant, les données fournis par les satellites Peuvent nous fournir les bonnes coordonnées en termes de positionnement. La nouvelle Technologie VPS (Visual Positioning Service) qui représente la nouvelle génération GPS Qui permet en utilisant les techniques d'intelligence artificielle de produire des cartes Maritimes en 3D afin de répondre à des besoins de positionnement pour la défense et, à Titre de sous-produit, pour servir la communauté civile.

L'application proposée par ce modeste travail utilise un module GPS fonctionnant avec Arduino pour fournir la localisation d'un élément mobile (fournir le positionnement tout en se déplaçant). Les coordonnées fournis: latitude et longitude.

Mot clés : localisation, GPS, VPS,....

Abstract :

Location by GPS (Global Positioning System), and the various Satellite positioning has been fully operational since July 1995, which has dramatically increased the efficiency of positioning for the purposes of From geo reference.

Consisting of a constellation of radio navigation satellites, a segment of Ground control which manages the operation of the satellites to finally respond to a vast Range of positioning needs. However, the data provided by the satellites Can provide us with the correct coordinates in terms of positioning. The new VPS technology (Visual Positioning Service) which represents the new GPS generation Which allows using artificial intelligence techniques to produce maps Maritimes in 3D in order to meet positioning needs for defense and, Title of by-product, to serve the civilian community.

The application proposed by this modest work uses a GPS module that works with Arduino to provide the location of a moving element (provide the positioning while while moving).

The coordinates provided: latitude and longitude.

Keywords: location, GPS, VPS,....