

Table des matières :

Remerciement.....	10
Introduction général.....	11
1 Chapitre1 : La traçabilité	13
1.1 Introduction :	13
1.2 L'évolution de la traçabilité des années 1960 à nos jours :	13
1.3 De l'étalonnage :.....	14
1.3.1 La notion d'incertitude :	14
1.3.2 Effet du secteur industriel sur la traçabilité :.....	15
1.3.3 Les liens entre la traçabilité et l'assurance qualité :.....	15
1.4 Définition de la traçabilité :	15
1.5 Les différents usages de la traçabilité :.....	16
1.5.1 Usage de type plan de rappel :	16
1.5.2 Usage de type étalonnage :.....	17
1.5.3 Usage de type recueil de données :	17
1.6 Les principes clés de la traçabilité :	18
1.6.1 Identifier :	18
1.6.2 Gérer les liens :.....	19
1.6.3 Enregistrer :	19
1.6.4 Communiquer :.....	19
1.7 Les différents types de traçabilité :.....	21
1.7.1 Traçabilité interne, amont et aval :.....	21
1.7.2 Traçabilité descendante et ascendante :.....	21
1.7.2.1 Traçabilité descendante :.....	21
1.7.2.2 Traçabilité ascendante :.....	21
1.7.3 La traçabilité produit et la traçabilité logistique :.....	23
1.7.3.1 La traçabilité logistique :	23
1.7.3.2 La traçabilité produit :.....	23
1.8 Les outils pour un système de traçabilité :	23
1.8.1 Un système d'information :.....	23
1.8.2 Un système d'identification physique des lots :	23
1.8.2.1 Etiquettes et enregistrement manuels :	24

1.8.2.2	Les outils d'identifications automatiques :	24
1.8.2.3	Les codes-barres :.....	25
1.8.2.3.1	Qu'est-ce qu'un code à barres ?.....	25
1.8.2.3.2	Les différents types de code-barres :.....	26
1.8.2.3.2.1	-Les codes-barres unidimensionnels ou linéaires :.....	26
1.8.2.3.2.2	Les codes à barres linéaires empilés :	28
1.8.2.3.2.3	Les codes à barres à deux dimensions :.....	29
1.8.3	Vers l'avènement de la RFID :.....	29
1.8.3.1.1	Les principes de fonctionnement des puces RFID :.....	30
1.8.3.1.2	Les différents types de puces RFID :	32
1.8.3.1.2.1	Les puces RFID passives (sans batterie) :	32
1.8.3.1.2.2	Les puces actives :.....	32
1.8.3.1.2.3	Les puces semi-passives/semi-actives :	33
1.8.3.1.3	Les intérêts des puces RFID :	33
1.8.3.2	Identification par marquage ADN :	33
1.9	La traçabilité dans l'Agro-alimentaire :.....	34
1.9.1	Les spécificités de la traçabilité dans l'agro-alimentaire :	34
1.9.2	Exemples de filières dans l'agro-alimentaire :	34
1.9.2.1	La filière bovine :	35
1.9.2.2	Les produits de la mer :	36
1.9.2.3	La filière lait :	36
1.9.3	Les intérêts de la traçabilité dans l'agroalimentaire :	37
1.10	Une série d'usage :	37
1.10.1	La traçabilité garantit la qualité en temps de crise :	38
1.10.2	La traçabilité est un vecteur d'amélioration :	38
1.11	Les enjeux de la traçabilité :	38
1.11.1	L'amélioration de la compétitivité :	38
1.11.2	La prévention des risques :	38
1.11.3	La création de valeur :	39
1.12	Conclusion :	40
2	Chapitre 2 : internet des objets.....	41
2.1	Introduction :	41
2.2	Qu'est-ce que l'internet des objets ?.....	42

2.3	L'origine d'IoT :	42
2.4	L'architecture d'IoT :	43
2.5	Au niveau de la couche de perception :	46
2.5.1	Les domaines d'application d'IoT :	46
2.5.2	L'IoT pour les personnes ayant des handicaps :	46
2.5.2.1	Les malvoyants :	46
2.5.2.2	Les malentendants :	48
2.5.2.3	Les personnes handicapées :	49
2.6	Au niveau de la couche de réseau :	50
2.7	Au niveau de la couche d'application :	51
2.8	Les divers scénarios d'application d'Iot :	52
2.8.1	Iot dans les supermarchés :	52
2.8.2	Iot appliqué dans une maternelle :	53
2.8.3	La maison connectée :	55
2.8.4	L'hôpital intelligent :	57
2.8.4.1	Le problème d'identification des patients :	57
2.8.4.2	La traçabilité du sang :	58
2.8.4.3	Les blocs opératoires intelligents :	59
2.8.4.4	Le tracking des équipements, des patients, des employées et des documents :	59
2.9	L'Iot est un moyen de différenciation par l'efficacité opérationnelle :	59
2.9.1	Dans le monde industriel :	59
2.9.2	Dans la distribution :	60
2.9.3	Dans la logistique :	60
2.9.4	Dans le secteur de l'énergie et de l'eau :	60
2.10	L'Iot favorise six « patterns » de services :	60
2.10.1	Renforcer la valeur du produit existant :	61
2.10.2	Offrir aux clients de nouveaux services innovants :	61
2.10.3	Evoluer d'une offre de produit aux services et solutions :	62
2.10.4	Elargir le concept « Product As A Service » (PAAS) :	62
2.10.5	Proposer des services sans objets :	62
2.10.6	Offrir un service personnalisable à l'infini :	62
2.11	Les difficultés et les obstacles qui freinent l'Iot :	62
2.12	Conclusion :	63

3	Chapitre 3 : Geofencing	64
3.1	Introduction :	64
3.2	La géolocalisation et ses différentes techniques :.....	64
3.2.1	Origine et histoire de la géolocalisation :.....	64
3.2.2	Définition de la géolocalisation :	67
3.2.3	Les différentes techniques de géolocalisation :.....	67
3.2.3.1	La géolocalisation par satellite :.....	67
3.2.3.1.1	La mesure de distance :.....	67
3.2.3.1.2	La triangulation :.....	68
3.2.3.1.3	Le secteur spatial :	68
3.2.3.1.4	Les stations de contrôle :.....	68
3.2.3.2	La géolocalisation par téléphone portable :	69
3.2.3.2.1	Le positionnement par GSM :.....	69
3.2.3.2.2	L'identification par cellules, Cell-ID :	69
3.2.3.2.3	L'identification par le temps (E-OTD) :	69
3.2.3.3	La géolocalisation par adressage IP :	70
3.3	Les moyens de localisation Indoor :	70
3.3.1	Usage sécuritaire :	71
3.3.2	Usage publicitaire (marketing) :	71
3.3.3	Les technologies utilisées :	72
3.4	Le geofencing:	72
3.4.1	Définition du terme :	72
3.4.2	Exemples d'application :	74
3.4.2.1	Le geofencing pour le transport de matières dangereuses :	75
3.4.2.2	L'exemple du « safe-track » :	76
3.5	Conclusion :	77
4	Chapitre 4 :.....	79
4.1	Introduction :	79
4.2	Le dispositif de suivi d'enfant :	80
4.2.1	Généralités et définitions :	80
4.2.1.1	Introduction aux systèmes embarqués :	80
4.2.1.2	Définition de l'Arduino :	80
4.2.1.3	L'algorithme :	81

4.2.1.4	Circuit imprimé (Printed Circuit Board) :	81
4.2.1.5	Le microcontrôleur :	82
4.2.1.6	Transistor :	82
4.2.1.7	Les afficheurs 7 segments :	82
4.2.1.8	Un condensateur :	83
4.2.1.9	La led :	83
4.2.1.10	Résistance :	83
4.2.1.11	La batterie lithium-ion :	83
4.2.1.12	Définition des métadonnées :	84
4.2.1.13	GPS (Global Position System) :	84
4.2.1.13.1	Le principe de localisation GPS :	85
4.2.1.14	Le DATASHEET :	85
4.2.1.15	Api de Google MAPS :	85
4.2.1.16	Le prototypage :	86
4.2.1.17	UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter):	86
4.2.1.18	Wire (aussi connu sous le nom de bus Dallas ou OneWire) :	86
4.2.1.19	Le GSM (Global System for Mobile Communication) :	87
4.2.2	Introduction à la maquette :	87
4.2.2.1	Les composants utilisés :	87
4.2.3	Le choix de l'Arduino Due :	89
4.2.4	Explication du fonctionnement du dispositif :	90
4.2.4.1	La partie GPS et carte Arduino :	91
4.2.4.2	La partie GSM et Arduino :	92
4.2.4.3	La partie Arduino et l'afficheur LCD :	93
4.2.5	L'algorithme de fonctionnement :	96
4.3	Commentaire :	98
4.4	Conclusion :	98
Conclusion général.....	100	
Bibliographie et webographie.....	101	
Annexes.....	104	

Index des figures :

Figure 1-1 : principe de fonctionnement d'un plan de rappel	16
Figure 1-2: chaine d'étalonnage	17
Figure 1-3 : principes clés de la traçabilité.....	18
Figure 1-4 : communication de données de traçabilité : exemple viande bovine	20
Figure 1-5 : les différents types de traçabilités.....	22
Figure 1-6 : code à barre EAN-13	27
Figure 1-7 : code à barre 39	28
Figure 1-8 : code PDF 417	28
Figure 1-9 : code DataMatrix	29
Figure 1-10: schéma d'une étiquette radio fréquence (JEANNE-BEYLOT, 2005)	31
Figure 1-11 : principes d'échanges d'informations en RFID (JEANNE BEYLOT, 2005)	31
Figure 2-1 :l'apparition d'internet des objets selon Cisco	43
Figure 2-2 : architecture proposé d'IoT	45
Figure 2-3 : positionnement de l'implant rétinien (à gauche), puce bionique et son interface avec la rétine (à droite).....	47
Figure 2-4 : dispositif BCI pour blessure de moelle épinière.....	50
Figure 2-5 : fonctionnement d'Iot appliqué dans un supermarché.....	53
Figure 2-6 : le scénario d'école	55
Figure 2-7 : fonctionnement de la maison intelligente.....	56
Figure 2-8 : Six patterns de services accélérés par Iot et les données.....	61
Figure 3-1 : le principe de triangulation.....	68
Figure 3-2: Exemple de Geofencing	74
Figure 3-3 : représentation du geofence	75
Figure 4-1 : une carte arduino	81

Figure 4-2:circuit imprimé	81
Figure 4-3 : architecture d'un microcontrôleur	82
Figure 4-4 : afficheur 7segments.....	83
Figure 4-5 : le principe de localisation GPS	85
Figure 4-6: schéma complet de la maquette sur Proteus	89
Figure 4-7 : schéma bloc du système de suivi d'enfant	91
Figure 4-8 : liaison entre l'Arduino et le GPS sur Fritzing	92
Figure 4-9 : liaison entre le module GSM SIM800l et l'Arduino mega sur Fritzing.....	93
Figure 4-10: raccordement entre l'afficheur LCD 16x2 et la carte Arduino Mega sur Proteus	95

Index des tableaux

Tableau 1 : étapes et identifications dans la filière bovine.....	36
Tableau 2: composants utilisés et leurs datasheets.....	88
Tableau 3 : comparatif des différentes cartes Arduino [30].....	89
Tableau 4 : représentation des broches de l'afficheur LCD 16x2.....	94

Remerciements

Je remercie toutes les personnes qui ont contribué à l'élaboration de ce modeste travail de recherche.

Mes remerciements vont également à l'ensemble de mes professeurs qui m'ont prodigué toute les connaissances et le savoir nécessaire pour atteindre ce stade de ma scolarité.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à Madame Dib Zahera pour son encadrement de très grande qualité, ses nombreux conseils et son soutien constant tout au long de ce mémoire. Travailler sous sa responsabilité m'a énormément apporté sur le plan scientifique. Sa rigueur ainsi que son esprit critique m'ont toujours permis d'avancer dans les bonnes directions pour mener à bien ce travail.

Je souhaiterai, en outre, remercier mes parents, ma famille en particulier mon unique sœur à qui je souhaite la réussite et aussi à mes chers grands parents, ma belle famille et mes amis pour m'avoir épaulé, encouragé et soutenu dans les moments de doutes.

Une dédicace spéciale à ma mère et mon oncle qui ont dépensé beaucoup de temps et d'énergie à corriger ce mémoire.

Ces remerciements ne seraient pas complets sans citer mon mari qui m'a été d'un grand soutien moral.

Introduction générale :

Les scandales et les problèmes alimentaires des dernières années (la crise de la vache folle 1995, le poulet à la dioxine 1999, la fièvre aphteuse 2001, etc. ou plus récemment celle de la viande hachée contaminée en 2012 et de la viande de cheval sous antibiotique en 2012-2013). De ce fait la traçabilité de la chaîne logistique en agro-alimentaire semble devenue primordiale. De même, la traçabilité apparaît comme une innovation en matière de management et aussi, dans une moindre mesure, en matière de marketing, c'est une réponse à l'incertitude du consommateur (le client préfère savoir d'où vient le produit qu'il consomme).

La traçabilité est un concept qualité qui s'est peu à peu mué en exigence réglementaire, elle comporte également une dimension logistique. C'est un outil complet qui se développe notamment grâce à un contexte technologique favorable mais surtout une des réponses à la complexité croissante et à divers enjeux du domaine de la santé. En réalité, il semble que la traçabilité mobilise tous les acteurs de la chaîne logistique, c'est un processus qui commence dès la conception du produit et, pour le cas des producteurs agroalimentaires, s'arrête lors de la livraison du produit au distributeur. La traçabilité en tant que démarche peut permettre à une entreprise d'acquérir un avantage concurrentiel par l'innovation car avant toute chose, toute entreprise ou toute structure, filière qui veut mettre en place un système de traçabilité doit se poser les questions suivantes : Pourquoi mettre en place un système de traçabilité ? Qu'apportera la traçabilité ? Y a-t-il des exigences réglementaires ? Que veut réellement le consommateur ? Quelle est la stratégie que je veux développer ?

La traçabilité exige de la rigueur : il ne peut pas y avoir une journée sans traçabilité ou encore un lot non identifié. L'information recueillie doit être maîtrisée de bout en bout. L'efficacité de la traçabilité doit être un compromis entre la réalité du risque alimentaire et le surcoût que le consommateur accepte de payer mais au-delà du domaine alimentaire la traçabilité s'applique aussi bien à l'identification des objets ou des personnes pour des raisons de gestion (temps de travail) ou de sécurité (contrôle de l'accès aux locaux, à certains équipements).

Dans ce cas, il s'y ajoute souvent un besoin d'authentification, c'est-à-dire faire la preuve que la personne qui s'identifie est bien propriétaire de cette identité et n'a pas usurpé l'identité de quelqu'un d'autre. Différentes solutions informatiques permettent de répondre à ce problème, le support d'identification prenant généralement la forme d'une « carte intelligente ». [1]

Depuis la disparition des octrois, la mobilité, le déplacement, le voyage, étaient des moyens d'obtenir de l'anonymat. En quittant momentanément ou définitivement son village, il était possible de se noyer dans l'anonymat des foules urbaines. Cette liberté de n'être personne en devenant une aiguille dans une botte de foin est peut-être sur le point de disparaître du fait des évolutions technologiques. Une disparition d'autant plus aisée qu'elle ne sera pas forcément imposée à la société mais plutôt exigée par les particuliers.

RFID, nouvelles générations d'étiquettes intelligentes destinées à remplacer les codes à barre, géolocalisation par téléphone mobile, système d'aide à la navigation, bracelet électronique : nombreuses sont les technologies qui favorisent l'émergence de nouveaux services en matière de traçabilité des objets, des animaux et des individus. Avec les puces sous-cutanées, il est même possible de suivre non seulement la localisation et l'itinéraire, mais aussi des

paramètres liés à la santé du bénéficiaire. Les différentes technologies ne sont pas au même stade de développement mais globalement, la tendance est la même : la baisse des coûts permet d'envisager leur généralisation, accompagnée d'un foisonnement de services innovants.

L'objectif maintenant n'est plus de tracer les produits alimentaires mais les personnes car de plus en plus souvent il y a la nécessité d'avoir des systèmes de localisation à l'intérieur (indoor) pour la traçabilité des personnes. Les environnements dans lesquels la technologie peut être appliquée sont différents: à partir de la traçabilité de patients non autonome dans les cliniques et les hôpitaux, jusqu'à la traçabilité du personnel exposé à des zones dangereuses et la traçabilité des personnes pour raisons de marketing ou pour activer automatiquement les postes opérationnels à la présence de l'opérateur ou bien pour des raisons de sécurité pour des enfants ou des personnes ayant des handicaps.

Pour la traçabilité des personnes généralement on a le besoin d'atteindre une distance de lecture minimum de 100 mt, avec des tags actifs qui émettent un signal à intervalles réguliers. La réponse à ce besoin est donnée par différentes technologies et différentes approches.

Donc toutes ces technologies de localisation et d'objets connectés réunis nous ont poussés vers l'aspect favorable de sécurité qu'elles proposent et ce fait à la réalisation d'un dispositif de suivi d'enfants garantissant leur sécurité à tout moment en rassurant leurs parents.

Après cette introduction nous présentons le chapitre 1 qui est consacré à la traçabilité et ses contextes fondamentaux, plus précisément nous présentons dans ce chapitre un aperçu sur les deux grands volets de la traçabilité et par la suite ses différents outils. Il sera suivi du chapitre 2 axé sur l'internet des objets et ses différents domaines d'application. L'objectif est de montrer l'intérêt qu'apporte l'internet des objets pour les individus en particulier pour celles ayant des handicaps, ensuite dans le chapitre 3 nous nous pencherons sur la géolocalisation et sur un nouveau concept qu'est le geofencing et ses différents usages.

Enfin, le chapitre 4 est spécialement consacré à notre apport scientifique dédié à la mise en place d'une maquette électronique qui permet de suivre l'enfant afin d'augmenter sa sécurité et diminuer le nombre d'enlèvements ou de disparition d'enfants.

Nous clôturons ce mémoire en présentant un bilan générale de notre travail et des perspectives.

1 Chapitre1 : La traçabilité

1.1 Introduction :

Dans un écosystème économique devenu complexe, mondialisé et de plus en plus réglementé, le triptyque réactivité/agilité/efficience devient l'horizon incontournable du management des entreprises. Il faut adapter les types d'offre à l'évolution de la demande des marchés et piloter en continu la qualité de ses ressources et leur affectation sur les activités durables et profitables, ceci devient le « triangle magique » de ce management.

Donc aujourd’hui il y a une nécessité à rendre les systèmes standards ou interopérables, il y a un paradoxe majeur concernant ce concept qu’on voit dans tous les secteurs : la traçabilité est à la fois une pratique ancienne et une nouveauté contraignante, or elle ne doit pas être répertoriée en tant que contrainte car c'est un concept générique puissant et transversal qui arrive malheureusement le plus souvent dans un secteur durant une crise ou par une obligation réglementaire.

Sécuriser les produits (unités consommateur), leurs unités logistiques, leurs flux et processus (sourcing, approvisionnement, fabrication/assemblage, distribution physique, consommation, recyclage) et donc assurer leur conformité par rapport à des règles ou des contraintes fut la toute première finalité, car le consommateur d’aujourd’hui est plus exigeant et veut connaître l’origine du produit qu’il consomme ainsi que toutes les étapes de production, La traçabilité n'est plus uniquement une question de santé mais aussi un outil de marketing conçu pour garantir au consommateur que le produit qu'il utilise est à la fois sûr et acceptable d'un point de vue éthique. Deux nécessités sont alors apparues: celle d'identifier le produit de façon fiable et simple et celle de l'existence de traces écrites démontrant clairement où est allé le produit et à quelles pratiques il a été soumis.

Tout le monde fait de la traçabilité sans le savoir, mais ce n'est pas pour autant que tout le monde en est expert et capable de développer des systèmes de traçabilité, ce « tout le monde » est composé d'un ensemble d'utilisateurs plus ou moins conscients de leur pratique dans ce domaine. Ce qui leur manque alors, c'est une réflexion sur les caractéristiques de leurs propres systèmes et des repères pour évaluer les progrès et les leviers d'amélioration.

Il faut parler de la traçabilité au pluriel, chaque entreprise a sa façon, ses contraintes et ses objectifs en la matière qui sont forcément différents d'une autre. Mais ce n'est pas pour autant qu'il est inutile de définir des méthodes, des outils et des repères issus des expériences établies par des experts pour développer une traçabilité spécifique et adaptée à chaque entreprise.

1.2 L'évolution de la traçabilité des années 1960 à nos jours :

Il est essentiel de se pencher sur l'évolution de la traçabilité pour montrer que celle-ci est partout et depuis longtemps dans les entreprises et plus globalement dans les organisations de production, il y a trois points forts dans son évolution : l'origine, le développement dans et par l'assurance de la qualité et la médiatisation durant l'ESB (la crise de la vache folle). Au bout du compte la traçabilité est apparue pour résoudre les problèmes et les crises, toutefois elle ne

doit pas être considérée comme un outil de crise ou un remède miracle pour la gestion de risque et surtout la sécurité alimentaire.

Le terme « traçabilité » apparaît à la fin des années 1980. Mais, dans la pratique, elle existe depuis les débuts du commerce à longue distance dans l'Antiquité. Par exemple, les amphores de vins romains destinés à la Gaule portent une estampille. Elle marque le produit et permet de tracer son origine géographique, c'est-à-dire de transporter auprès des clients non seulement le produit, mais aussi l'information permettant de garantir le lieu de provenance (éventuellement l'identité des producteurs ou des négociants), signe d'authenticité et de qualité. L'invention du droit de propriété, le marquage des animaux pour en signaler le propriétaire ou encore l'invention de la responsabilité juridique, pour déterminer, par exemple, le responsable d'un empoisonnement dû à un produit abîmé, ont aussi justifié la traçabilité.[1]

Trois temps forts sont essentiels dans l'évolution de la traçabilité : la première définition « industrielle » dans le secteur de la métrologie, le développement par et pour l'assurance qualité et la médiatisation durant la crise de la vache folle à partir de l'année 1996.

1.3 De l'étalonnage :

La traçabilité est un concept que l'on trouve au début des années 1960 dans des manuels militaires américains, elle comporte trois points essentiels. En premier lieu une mesure était considérée traçable par le NIST (National Institute of standards and technology) si et seulement si le matériel avait été calibré avec des grandeurs physiques dérivées de constantes naturelles, en second lieu la traçabilité est la relation entre un résultat de mesure et des étalons nationaux via une chaîne de comparaison ininterrompue, et en dernier lieu la traçabilité est la capacité à relier une mesure à des références qui sont des étalons provenant du NIST, ou des grandeurs physiques fondamentales reconnues par le NIST.

L'évolution de ce concept s'apparente à trois catégories : la notion d'incertitude, les effets du secteur industriel sur l'évolution de ce concept et les liens entre l'assurance qualité et la traçabilité.[2]

1.3.1 La notion d'incertitude :

Il est nécessaire d'intégrer l'incertitude dans la définition de la traçabilité, celle-ci apparaît à deux niveaux : la traçabilité comme outil de maîtrise de l'incertitude et l'existence d'incertitude dans la chaîne de comparaison du système de traçabilité cette incertitude nous amène à faire non pas un choix standard mais plutôt des choix de systèmes de traçabilité adapté à chaque secteur, ces propositions de choix sont mis en évidence dans le secteur de la chimie où la traçabilité n'est pas complètement acceptée car trop éloignée des méthodes analytiques de mesure.

1.3.2 Effet du secteur industriel sur la traçabilité :

Le secteur de la chimie est exemplaire dans la remise en cause de la traçabilité, ce domaine à la marge des grandeurs mesurables telles que la masse ou la longueur demande des protocoles et des structures particulières de traçabilité. Dans le domaine électrique on retrouve aussi cette remise en cause et cette volonté de spécifier et d'établir des « artefacts » de traçabilité, ces deux secteurs montrent bien combien la traçabilité est un concept délicat à appliquer à tous les secteurs de la même manière.

1.3.3 Les liens entre la traçabilité et l'assurance qualité :

La traçabilité est souvent présentée comme un moyen de garantir la fiabilité des mesures, elle est alors considérée comme un processus à part entière qu'il convient de garantir tous en admettant par ailleurs la présence d'incertitude et de subjectivité dans la structure même de la chaîne d'étalonnage, il convient alors de mettre en place des systèmes d'assurance qualité de la traçabilité [3]

1.4 Définition de la traçabilité :

Le développement des normes d'assurance qualité a mis au grand jour et a développé la traçabilité, ces normes ont essayé de définir le concept. La norme de vocabulaire **ISO 8402-1987** applicable au management de la qualité et à l'assurance qualité a défini pour la première fois la traçabilité comme étant :

« L'aptitude à retrouver l'historique, l'utilisation ou la localisation d'une entité au moyen d'identifications enregistrées » [4]

A partir de cette définition on peut déduire que le terme traçabilité peut être utilisé dans trois acceptations principales :

- Lorsqu'il se rapporte à un produit, le terme peut se référer à l'origine des matériaux et des pièces, l'historique des processus appliqués au produit, la distribution et l'emplacement du produit après livraison.
- Lorsqu'il se rapporte à l'étalonnage, il s'applique au raccordement des équipements de mesure aux étalons nationaux ou internationaux, aux étalons primaires, aux constantes et propriétés physiques de base ou matériaux de référence
- Lorsqu'il se rapporte à la collecte de données, il relie les calculs et les données générales tout au long de la boucle de qualité en remontant parfois aux exigences pour la qualité pour une entité.

La dernière version en vigueur à savoir la norme ISO 9001-2000 apporte une très légère évolution :

« La traçabilité c'est l'aptitude à retrouver l'historique, la mise en œuvre ou l'emplacement de ce qui est examiné » Dans le cas d'un produit, elle peut être liée à l'origine des matériaux et des composants, l'historique de réalisation, la distribution et l'emplacement du produit après livraison

Il y a aussi la norme ISO 22000 sur le management de la sécurité alimentaire qui désigne la traçabilité comme :

«La capacité à suivre le trajet d'un aliment à travers les étapes précises de production, de traitement et de distribution ».

Dans cette définition, la dimension logistique (« trajet ») est mise en avant au détriment des éléments de suivi qualitatif des produits.

Toutes ces normes ont contribuées à la définition de la traçabilité mais la définition la plus utilisée reste celle de la norme ISO 8402 de 1994. [5]

1.5 Les différents usages de la traçabilité :

A travers ces différentes définitions on peut déduire les différents usages s'apparentant à la traçabilité :

1.5.1 Usage de type plan de rappel :

Lorsqu'il se rapporte à un produit, le terme peut se référer à l'origine des matériaux et des pièces, l'historique des processus appliqués au produit, la distribution et l'emplacement du produit après livraison.

La traçabilité est utilisée dans ce cas comme un moyen de retrouver des produits suspectés de non-conformité, les produits sont reliés entre eux et avec les étapes de fabrication. A partir d'un produit non-conforme détecté dans le marché, ceci permet de remonter sans équivoque à l'étape ou au lot non conforme puis de redescendre vers tous les produits suspects, la figure 1 présente un exemple de plan de rappel [6]

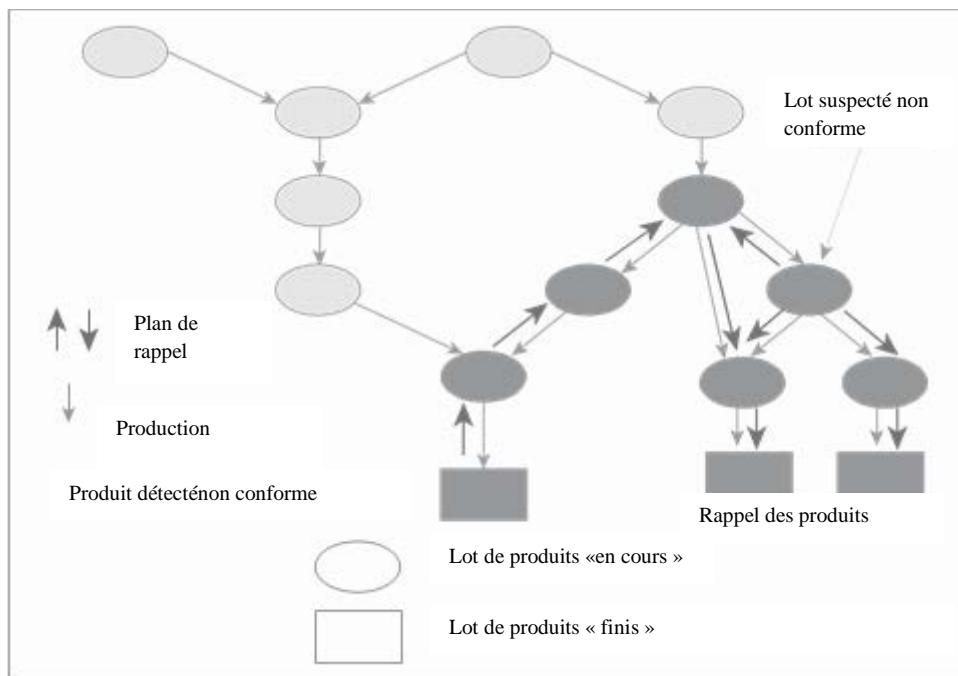


Figure 1-1 :principe de fonctionnement d'un plan de rappel [2]

1.5.2 Usage de type étalonnage :

Au sens de l'étalonnage, le terme traçabilité s'applique au raccordement des équipements de mesure aux étalons nationaux ou internationaux, aux étalons primaires ou aux constantes et propriétés physique de base.

Dans ce cas la traçabilité est utilisée pour garantir une mesure, grâce à un ensemble de relations avec des étalons et cela par une chaîne ininterrompue de comparaison, la figure 2 présente le principe de l'étalonnage [6]

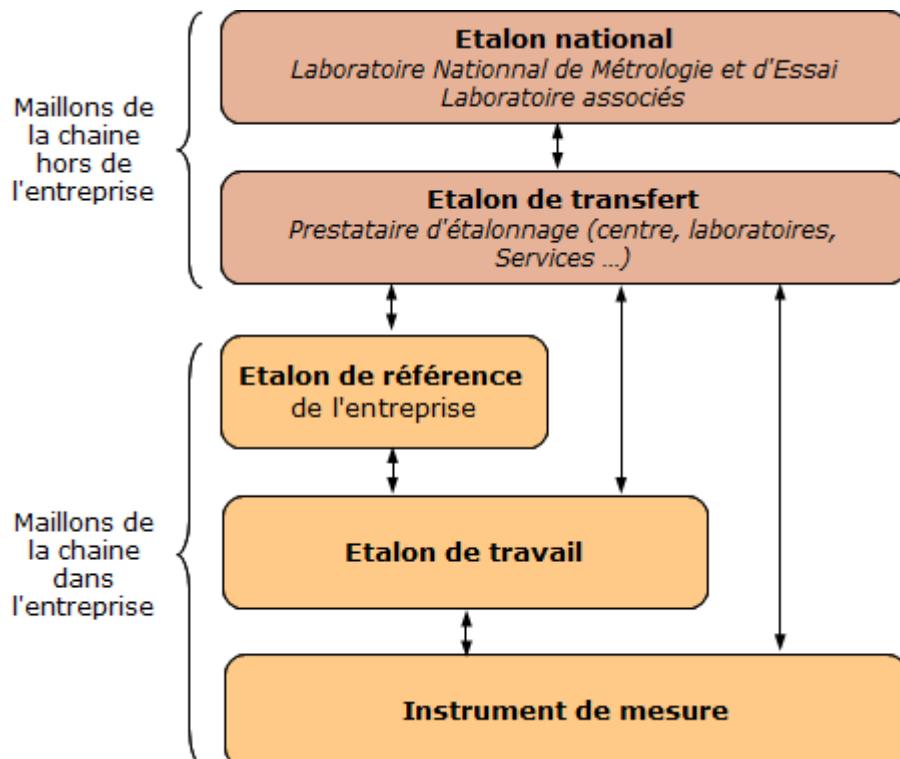


Figure 1-2: chaîne d'étalonnage [7]

1.5.3 Usage de type recueil de données :

Ce type d'usage relie les calculs et les données générales tout au long de la boucle de qualité, en remontant aux exigences de qualité pour une entité.

La boucle de la qualité est l'ensemble des activités c'est-à-dire des phases de cycle de vie du produit ayant un impact sur la qualité, elle assure les relations entre les documents techniques et les différentes étapes de production.

Viruega et Vernet [1999] ajoutent un autre usage de la traçabilité : l'usage du type **garanti de l'origine**. Il s'agit ici de garantir au moyen de l'enregistrement de l'identification et de certaines informations, l'origine du produit. Cette utilisation est particulièrement développée dans le secteur de la viande bovine : les producteurs utilisent la traçabilité pour garantir

l'origine de leur produit. L'origine étant ici un ensemble de caractéristiques des matières premières : lieu d'élevage, race de l'animal, ...

1.6 Les principes clés de la traçabilité :

Mettre en place un système de traçabilité nécessite la mise en œuvre de quatre principes fondamentaux (GENCOD EAN France, 2001) :

- Identifier
- Gérer des liens
- Enregistrer
- Communiquer

Ces principes sont interdépendants (figure 3), cependant toutes les étapes doivent être conçues en total coordination comme les pièces d'un puzzle. Si une pièce manque le puzzle n'est pas terminé et par conséquent la traçabilité est rompue

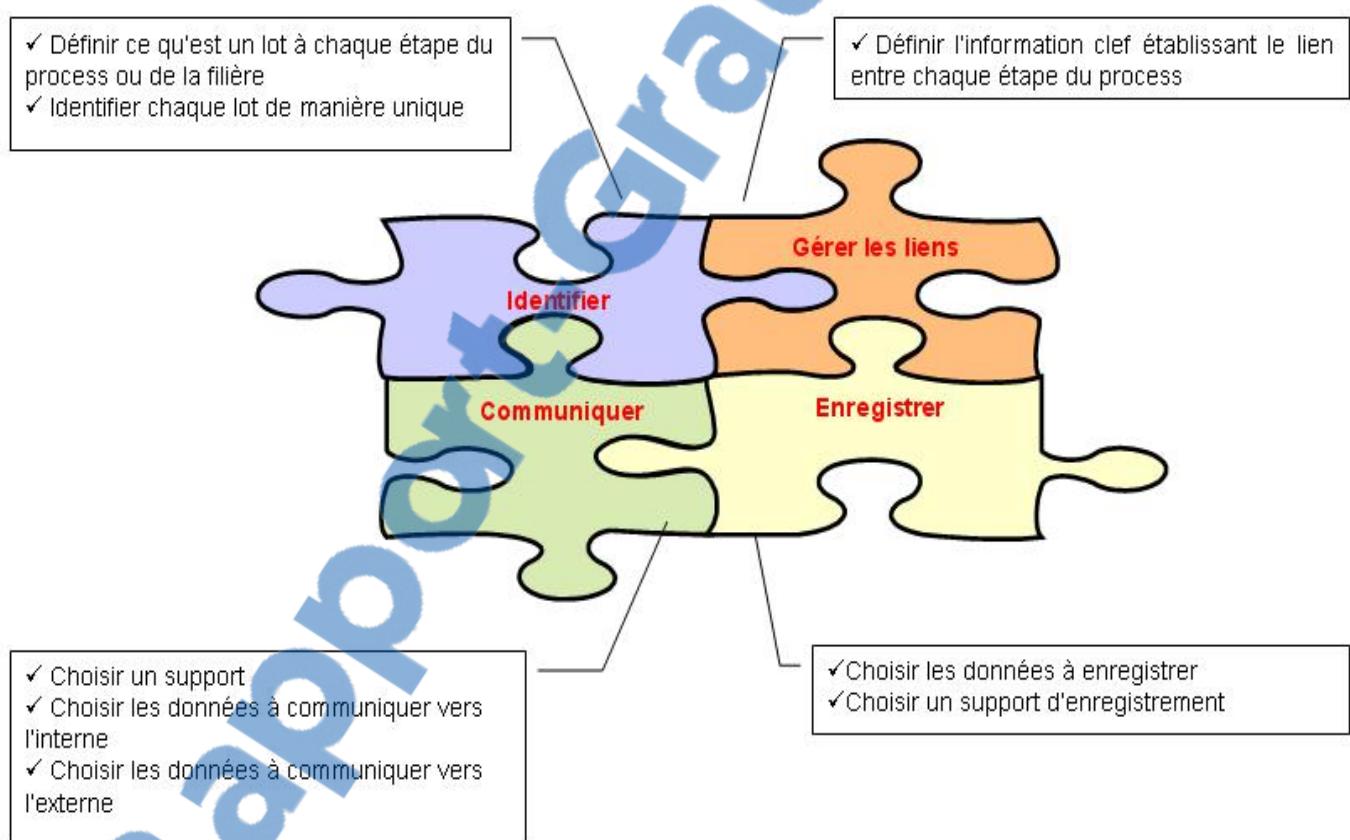


Figure 1-3 : principes clés de la traçabilité [1]

1.6.1 Identifier :

Dans la norme ISO 9004-1, lorsque la traçabilité revêt une importance spéciale, il convient de maintenir l'identification appropriée pour ce produit tout au long du processus, depuis la

réception et pendant toutes les étapes de la production, de la livraison et de l'installation, pour assurer un rattachement à l'identification initiale des matériaux d'origine et à leur état de vérification.

L'identification est unique pour chaque lot à chaque stade du processus ou de la filière. Un lot de réception est différent d'un lot de cuisson. Il existe deux identifiants distincts pour ces deux lots. Le lot est définie de la manière suivante et cela en se basant sur l'article R112-5 du code de la consommation : « *On entend par lot un ensemble d'unités de vente d'une denrée alimentaire qui ont été produites, fabriquées ou conditionnées dans des circonstances pratiquement identiques.* »

En prenant l'exemple d'une entreprise de fabrication de pâté, un lot de fabrication peut être défini de très nombreuses façons du plus fin au plus large :

- choix n°1 : Un lot = un camion + un numéro de réception + un abattoir,
- choix n°2 : un lot = un camion de viande + un numéro de réception,
- choix n°3 : un lot = tous les camions de viandes en réception le même jour

Cet identifiant unique en réception sera :

- un numéro d'ordre : 1, 2, 3, 4...
- un quantième de réception : 33 (pour le 3 Mars par exemple),
- une séquence de lettre et de chiffres : initiale du fournisseur + quantième réception

La démarche de définition du lot à chaque étape influera sur le niveau de précision ou de « dispersion » de la traçabilité.

1.6.2 Gérer les liens :

Cette étape consiste à déterminer l'identifiant clé qui permettra de faire le lien entre l'étape n et l'étape n+1 puis l'étape n+2....comme dans un jeu de domino pour que la chaîne de traçabilité reste continue. Dans une unité de fabrication de pâté, il est nécessaire d'être capable de faire le lien entre un lot de pâté présent dans une baratte et le lot ou les lots de désossage/découpe eux-mêmes reliés aux lots de matières premières en réception. Si ce lien n'a pas été organisé, alors avoir identifié les lots de matières premières en réception n'est d'aucune utilité.

1.6.3 Enregistrer :

Enregistrer, c'est ici conserver et archiver les données liées aux lots à chaque étape de la filière ou de la chaîne de fabrication. Le support d'enregistrement est soit informatique soit papier. Le choix du support conditionnera la « rapidité » de la traçabilité. Ces données de traçabilité doivent être reliées dans le système avec le numéro d'identifiant unique défini à chaque étape. La durée d'archivage doit aussi être fixée.

1.6.4 Communiquer :

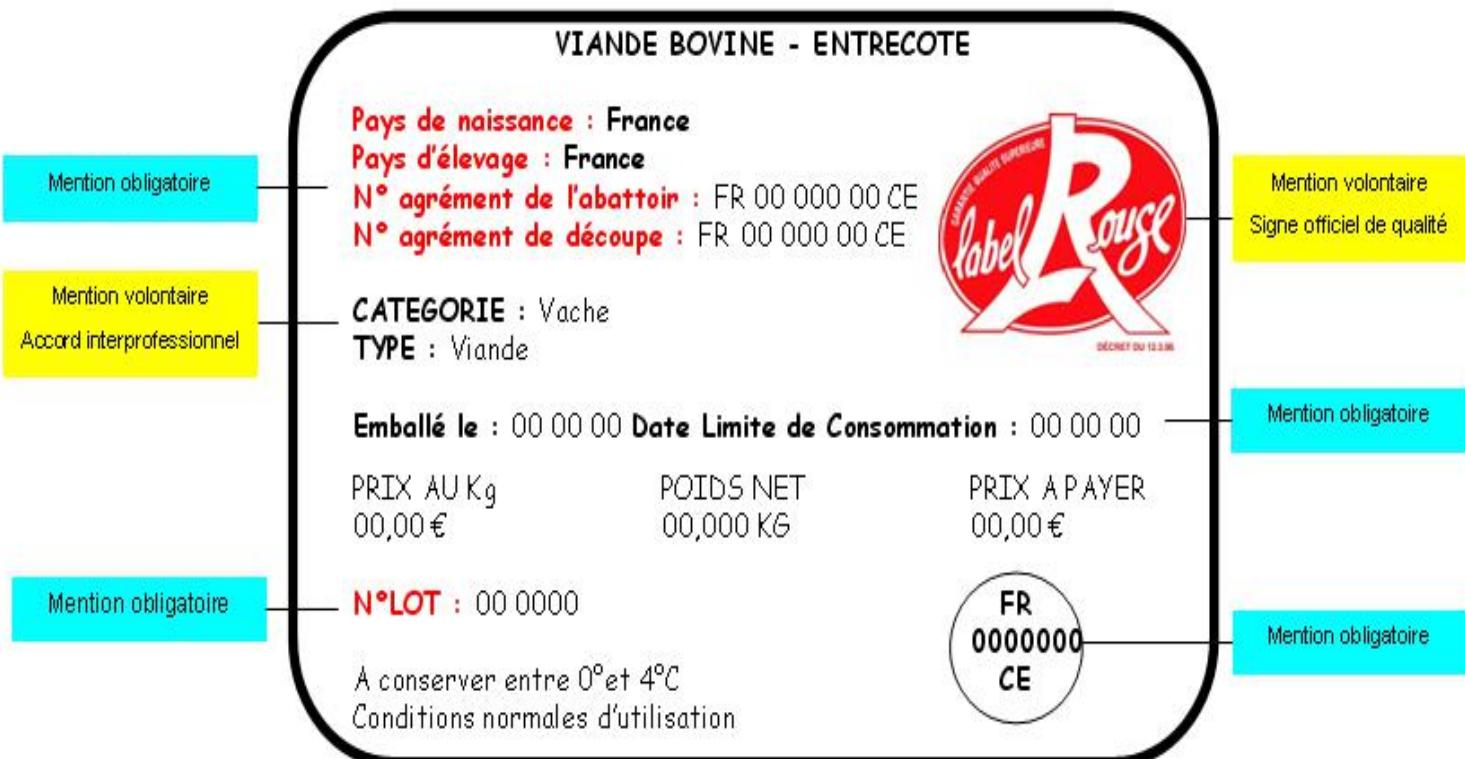
La traçabilité doit permettre de transmettre les informations au maillon suivant au sein d'une même usine ou dans une filière. Dans une entreprise, l'objectif est de communiquer le numéro d'identification de chaque lot à l'atelier suivant pour établir un lien. Dans une filière,

l'objectif est d'informer le maillon suivant du numéro d'identification du produit fini qui en cas de question de la part des clients permettront de retrouver les caractéristiques du lot. Un support de communication doit donc être défini. Il peut s'agir:

- d'un support lié au produit, le plus connu étant l'étiquette,
- d'un autre support matériel (bon de livraison, feuilles de suivi de lot...),
- d'un support dématérialisé (message EDI, base de données partagées).

Dans une filière, chaque maillon définit également les informations de traçabilité qu'il souhaite communiquer au maillon suivant. Cependant c'est souvent la réglementation qui impose les données de traçabilité à communiquer.

C'est le cas pour la viande bovine en France (figure 4) où les entreprises d'abattage/découpage ont l'obligation d'indiquer des informations prédéfinies à destination de leurs clients qu'ils soient des clients utilisateurs comme la restauration ou les consommateurs au final.



1.7 Les différents types de traçabilité :

1.7.1 Traçabilité interne, amont et aval :

Etre en mesure de retirer rapidement du marché un produit défectueux ou identifier un lot de matière première qui poserait problème, telle est la finalité de la traçabilité, tandis que pour le consommateur c'est un gage de confiance.

Comme nous le savons la traçabilité est un dispositif permettant de retracer le cheminement du produit à tous moment et à toutes les étapes de la chaîne, depuis l'élevage jusqu'à l'assiette du consommateur, en passant par l'usine de fabrication, dans cette optique nous avons trois étapes complémentaires :

En amont : l'ensemble des outils et procédures mises en place avant qu'un acteur prenne part à la chaîne de production, dans ce cas il s'agit de l'ensemble des informations liées aux matières premières et aux fournisseurs approvisionnant le produit désiré.

En interne : comporte toutes les informations qui permettent de définir toute les étapes réalisées entre la réception des matières premières et la fabrication du produit fini.

En aval : l'ensemble des outils et procédures mises en place une fois que le produit est livré à un tiers, il s'agit d'identifier tous les clients livrés par lot de produit fini mais pas chaque consommateur final individuellement.

A partir de ces définitions on peut dire que la traçabilité amont et aval font parties de l'usage de type plan de rappel [8]

1.7.2 Traçabilité descendante et ascendante :

1.7.2.1 Traçabilité descendante :

La traçabilité descendante est la capacité, en tout point de la chaîne d'approvisionnement, à retrouver la localisation de produits à partir d'un ou plusieurs critères donnés. Elle sert notamment en cas de rappel et de retrait de produit.

Elle permet aux entreprises de connaître l'endroit exact où est situé un produit donné et ainsi stopper très rapidement la distribution d'un produit lorsqu'une anomalie est détectée et d'éviter ainsi bon nombre de problèmes qui pourraient découler de cette non-conformité.

1.7.2.2 Traçabilité ascendante :

La traçabilité ascendante est la capacité, en tout point de la chaîne d'approvisionnement, à retrouver l'origine et les caractéristiques d'un produit à partir d'un ou plusieurs critères donnés. Elle sert notamment à trouver la cause d'un problème qualité.

La traçabilité ascendante : Pourquoi ?

C'est une obligation légale qui permet de remonter d'un produit fini vers les matières premières utilisées pour sa production, son objectif est :

- d'identifier les responsables lors d'un problème sanitaire,

- d'améliorer la sécurité des consommateurs,
- de maîtriser la démarche qualité,
- d'améliorer les flux logistiques,
- de respecter la réglementation en vigueur.

La traçabilité ascendante : pour qui ?

Toutes les filières sont concernées par la traçabilité ascendante, elle peut être appliquée à tous les secteurs comme par exemple : la traçabilité des soins, la traçabilité des déchets, la traçabilité logistique et la traçabilité des produits pharmaceutiques.

Les acteurs de ces techniques de traçabilité sont tous concernés afin de mettre en place des procédés qui permettent d'obtenir la traçabilité ascendante d'un produit, qu'il soit alimentaire, pharmaceutique, industriel, etc.

La distinction entre ces deux traçabilités est importante. En effet, un système d'information performant pour l'une de ces traçabilités ne l'est pas forcément pour l'autre. Par exemple, en imprimant sur le conditionnement d'un produit fini les dates et les constituants des différentes opérations sur ce produit, on obtient une traçabilité ascendante de bonne qualité : on retrouve facilement l'historique des produits constituants et des activités à partir du produit fini. Par contre, on n'obtient pas forcément une traçabilité descendante efficace.

On peut donc dire que la traçabilité de type « garantie de l'origine » privilégie la traçabilité descendante de l'entreprise. [9]

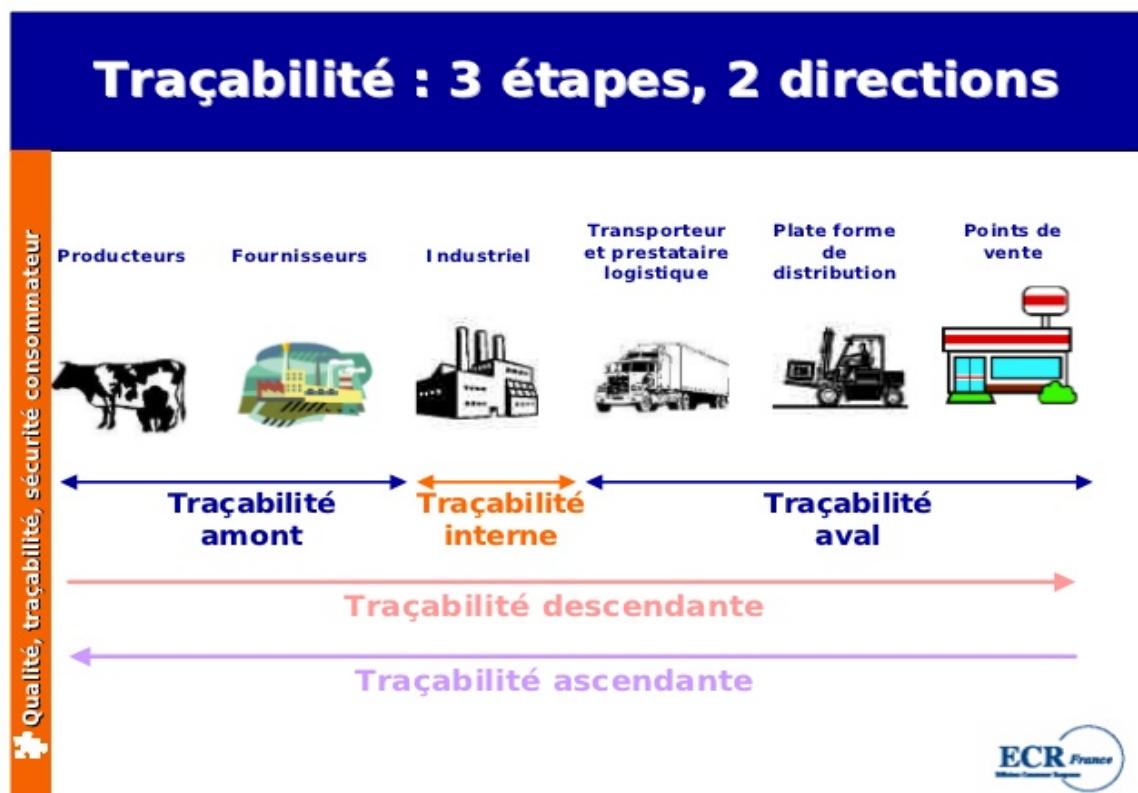


Figure 1-5 : les différents types de traçabilités

1.7.3 La traçabilité produit et la traçabilité logistique :

1.7.3.1 La traçabilité logistique :

La traçabilité possède une double dimension spatiale et temporelle. Elle consiste à localiser à tout instant une entité. Son objectif est d'optimiser les flux physiques de produits en termes de coût et de délai. C'est donc une utilisation purement quantitative dans la chaîne logistique, appelée également « tracking ».

1.7.3.2 La traçabilité produit :

La traçabilité de produits rejoint les notions d'historique et d'enregistrement. Elle concerne l'ensemble des informations liées à la vie d'un produit au cours de son process. Elle est dite « qualitative » et s'appuie sur un flux d'informations. Elle permet de connaître toutes les conditions de production d'un produit.

Elle est également appelée « tracing » ou traçabilité administrative. [10]

1.8 Les outils pour un système de traçabilité :

Toutsystème de traçabilité repose sur deux entités fondamentales :

1.8.1 Un système d'information :

Le système d'information est l'élément de traitement et de sauvegarde de la chaîne d'information permettant de relier les produits entre eux et avec le process pour déterminer, garantir ou contrôler un certain ensemble prédéterminé de caractéristiques d'un produit. Le plus souvent un système d'information est composé d'un réseau informatique avec un logiciel permettant la gestion des entrées, la restitution des informations, la conservation des données et la création de chaînes d'identifiants. Néanmoins un système d'information n'est pas nécessairement informatique ou informatisé suivant la taille de l'entreprise et ses besoins, on peut très bien concevoir un système d'information à partir de documents manuscrits.

1.8.2 Un système d'identification physique des lots :

Le système d'identification est le prolongement du système d'information, l'interface permettant de gérer les entrées et les sorties du système d'information. L'étiquette est le moyen d'identification le plus cité et le plus utilisé mais ce n'est pas le seul moyen d'identification, l'analyse est une autre technique d'identification qui peut le cas échéant servir de base à un système d'identification. Un système d'identification est un système qui permet d'apporter les informations ou de les restituer sur l'entité tracée. Dans ce cas, on peut remarquer l'ambiguïté d'un système de traçabilité qui peut très bien servir d'outil d'identification tout en étant lui-même composé d'un système d'identification.

Il existe plusieurs systèmes pouvant identifier un lot allant du plus simple au plus complexe :

- Etiquette manuscrite
- Boucles d'oreilles pour les animaux (ex : bovins)
- Etiquette code à barre
- Impressions sur des cartons ou des palettes
- Puces RFID (Radio Frequency Identification)

Le but reste d'identifier un lot de façon unique, en général grâce à un code aussi appelé numéro de lot, pour la majorité des échanges entre entreprises les lots sont identifiés avec une identification comportant les informations suivantes :

- – Nom de l'article
- – Date(s) (de production, conditionnement, vente et/ou date limite de consommation,...)
- – N° de lot
- Nom et adresse du producteur, distributeur, revendeur ou exportateur
- – Pays d'origine [11]

1.8.2.1 Etiquettes et enregistrement manuels :

Avoir recours à l'utilisation d'étiquettes et d'enregistrement manuels reste le moyen le plus simple et le plus accessible pour obtenir un système de traçabilité, l'identification dans ce cas passe par des étiquettes d'identification liées aux lots de produits qu'on veut tracer et en simultané l'enregistrement des informations manuellement à chaque transformation, mélange ou séparation de ces lots. Celle-ci est écrite par des opérateurs sur les étiquettes et les enregistrements qualité. Dans le cas de détection de problème, on peut consulter ces enregistrements qualité assez simplement, c'est un système très souple car les informations sont facilement modifiables, de plus il est peu onéreux car il ne nécessite que du papier et un stylo.

L'enregistrement manuel est très adapté pour des processus de fabrication simple (avec peu de mélanges et de sous-produit), il est également intéressant pour de très petites entreprises qui souhaitent tracer leur produits mais n'ont pas les moyens d'investir dans un système informatisé

Cependant ce type d'enregistrement pose des problèmes de fiabilité en lecture ou écriture car l'être humain n'est pas une machine et se trompe, de productivité (temps nécessaire à recopier les informations), et des temps de réponses en cas de rappel.

1.8.2.2 Les outils d'identifications automatiques :

Face au problème rencontré suite aux enregistrements manuels, de nouvelles technologies d'identification automatique sont apparues comme celle du code-barres, elles ont pris une part prépondérante au sein des étiquettes, source d'informations à tous les stades de la chaîne de vente ou des étiquettes radio fréquence dont l'utilisation est récente, grâce à ces identifiants automatiques les erreurs de copies/ recopies ont diminué et dans ce cas les recherches en cas de rappel sont beaucoup plus rapides.

Cependant un système automatisé représente un cout non négligeable pour les entreprises car L'achat de lecteurs, d'imprimantes et d'un système informatique adéquat est parfois difficilement justifié par un système de traçabilité présentant un faible retour sur investissement.

Le code-barres et les étiquettes radio fréquence sont largement répandus dans l'industrie et sur le marché, c'est pour cela qu'il est nécessaire de s'étendre sur ces deux technologies.

1.8.2.3 Les codes-barres :

L'identification précise des produits est un des principes de base de la traçabilité, auparavant elle se faisait manuellement et cela engendrait des erreurs de copie et des difficultés de compréhension de l'information, afin d'éviter cette perte de temps et d'argent de nouveaux dispositifs d'identification ont été inventées comme celle du code-barres qui représente une source d'information à tous les stades de la chaîne de vente, dans la chaîne logistique les étiquettes cartons(unité logistique) et les étiquettes palettes(unité d'expédition) sont utilisées comme des supports de transmission des données.

Il y a 25 ans le personnel de caisses ressaisissait un à un le prix de chaque article inscrit sur des étiquettes spécifiques, cela prenait un temps d'attente considérable et des litiges suite aux erreurs de frappe, donc la difficulté réside dans le fait de saisir un maximum d'informations le plus rapidement possible et de manière fiable, les codes-barres présentent cet avantage et ont été utilisés une première fois pour assurer un encaissement rapide des produits.

Le premier pas vers les codes à barres fut fait en 1948 par Norman Joseph Woodland qui cherchait une méthode pour automatiser l'enregistrement des produits de fabricant, son idée a été de combiner le système de sonorisation des films et le code morse intitulé « le code à barre linéaire », il dépose son brevet d'application en 1949 inexploitable en l'état, il faut attendre 1969 pour que la technologie mûrisse. La société Computer Identique Corporation installe les premiers lecteurs de codes à barres « fait main » utilisant un rayon de laser d'un milliwatt, mais l'utilisation courante n'interviendra qu'à partir de 1973, à la suite de l'invention le 7 octobre 1970 par George Laurer du code UPC (Universal Product Code) c'est à lui qu'on doit l'ajout de chiffres sous les barres verticales pour identifier le produit. Cette codification va dès lors supplanter les lignes concentriques, trop facilement illisibles en cas de bavures d'impression. [12]

1.8.2.3.1 Qu'est-ce qu'un code à barres ?

Il s'agit d'une codification graphique de données qui peuvent être des chiffres, des lettres, des ponctuations ou des combinaisons de ces trois éléments prédefinis. Le code-barres est un alignement de barres noires et de zones claires, chaque espace variant en épaisseur. C'est du contraste que naît l'information.

La lecture de ce code-barres par une source lumineuse prend en compte la variation de l'intensité lumineuse provoquée par le passage sur des zones sombres et claires. Ces variations captées par un récepteur photosensible, après amplification, filtration et digitalisation sont transformées en données exploitables par un système informatique.

L'importance du contraste explique que la plupart des codes-barres sont en général des traits noirs (quelquefois bleus) sur fond blanc. Un fond rouge ne permettrait pas d'avoir une lecture efficiente.[13]

1.8.2.3.2 Les différents types de code-barres :

Les codes à barres utilisent divers protocoles de codification ou de symbolisme, qui diffèrent en fonction des contraintes d'utilisation ou de normalisation. Les trois types de code à barres les plus utilisés sont :

- Les codes-barres unidimensionnels ou linéaires ;
- Les codes-barres linéaires empilés ;
- Les codes-barres à deux dimensions ;

1.8.2.3.2.1-Les codes-barres unidimensionnels ou linéaires :

➤ Le code EAN :

Le code à barre EAN (European Article Numbering) a été développé à partir du code américain UPC pour les besoins spécifiques du commerce européen. Il existe deux variantes, l'une à 8 chiffres et l'autre à 13 chiffres, la seconde étant la plus utilisée.

Le code à barre EAN-13 se décompose ainsi :

- Le préfixe qui représente le code du pays ayant délivré le numéro de participant (2 ou 3) ;
- Le numéro de participant qui est délivré par l'organisation EAN du pays concerné (les 4 ou 5 chiffres suivants) ;
- Le numéro d'article du producteur de l'objet étiqueté sur 5 chiffres ;
- Le chiffre de contrôle ou « check digit », qui est calculé selon les 12 chiffres qui composent le code ;



Figure 1-6 : code à barre EAN-13

- Le code 39 :

Les caractéristiques du code 39 sont les suivantes :

- Il est de longueur variable, alphanumérique il permet de codifier les 26 lettres majuscules, les 10 chiffres (0-9) ainsi que 8 caractères spéciaux (-, ., espace, *, \$, /, +, %) ;
- Il commence et finit toujours par « * ». chaque caractère est composé de 9 éléments : 5 barres et 4 espaces ;
- Chaque barre ou espace est « large » ou « étroit » et 3 parmi les 9 éléments sont toujours « larges ». C'est d'ailleurs ce qui est à l'origine de son nom : code 39 ;

Ce code est utilisé pour la vente des médicaments en pharmacie, en France et dans d'autres pays européens.

Il existe d'autre codes-barres linéaires tel que :

- **Le code 93** qui est un code 39 plus compact et plus sûr, mais moins utilisé
- **Le code 128** qui comprend trois variantes (A, B et C) il est utilisé dans le transport et la logistique (cartons, palettes, conteneurs)
- **Le code 2/5** qui comprend trois variantes encore en usage (standard, entrelacé et IATA). La version IATA est utilisée pour l'étiquetage des bagages dans le transport aérien.

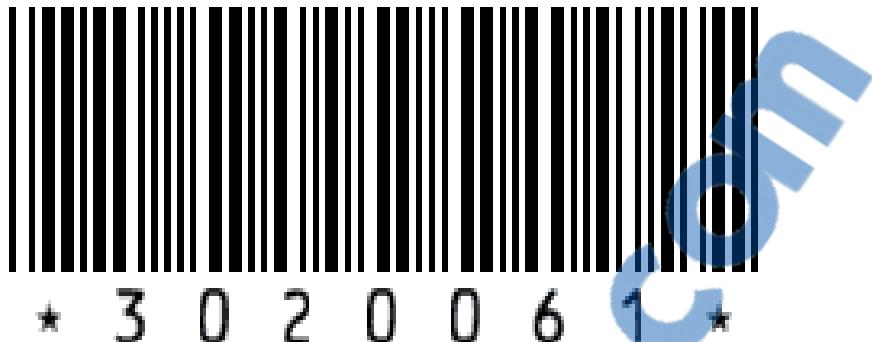


Figure 1-7 : code à barre 39

1.8.2.3.2.2 Les codes à barres linéaires empilés :

➤ Le code PDF 417 :

Les caractéristiques du code à barre « PDF 417 » sont les suivantes :

- Il est de longueur variable et peut comprendre jusqu'à 1850 caractères alphanumériques ou 2710 caractères numériques ;
- Il permet d'imprimer beaucoup d'information sur très peu de surface : 180 caractères alphanumériques par cm²;

La grande capacité du code PDF 417 est mise à profit lorsque des informations détaillées doivent impérativement être attachées à l'objet identifiées, comme c'est le cas dans le transport des matières dangereuses par exemple.



Figure 1-8 : code PDF 417

➤ Le code 16K :

Le code 16K a été développé par Ted Williams en 1989 qui a également développé le code 128, la structure du code 16K est basée sur celle du code 128 et ses caractéristiques sont les suivantes :

Il est de longueur variable et permet de codifier les 128 premiers caractères ASCII, sa densité maximale est de 32 caractères alphanumériques, ou 65 caractères numériques par cm²

Il comprend 2 à 16 lignes de 5 caractères SCII.

Le code 16K est utilisé dans de nombreux domaines, à l'exception du commerce de détail.

1.8.2.3.2.3 Les codes à barres à deux dimensions :

➤ Le code one :

Les caractéristiques du code one sont les suivantes :

- Il est de longueur variable et peut comprendre jusqu'à 2218 caractères alphanumériques ou 3550 caractères numériques
- Il permet d'imprimer beaucoup d'informations sur très peu de surface : 500 caractères alphanumériques sur 1.6 cm² ;

Ce code n'est pas très utilisé

➤ Le code DataMatrix :

Ses caractéristiques sont les suivantes :

- Il est de longueur variable, il peut comprendre jusqu'à 2335 caractères alphanumériques ou 3116 caractères numériques ;
- Il permet d'imprimer beaucoup d'information sur très peu de surface ;
- Il incorpore un système de correction d'erreur de lecture ;

Ce code est utilisé dans l'industrie électronique pour marquer les circuits imprimés et les circuits intégrés



Figure 1-9 : code DataMatrix

1.8.3 Vers l'avènement de la RFID :

La radio-identification est une méthode développée pour mémoriser et récupérer des données à distance en utilisant des marqueurs appelés « radio-étiquettes »(RFID tag), les prémisses de cette technologie ont tout d'abord concerné des applications militaires, elle a été mise en œuvre dans les années 1940 par la Royal Air Force afin de distinguer les avions amis et ennemis, ces radio-étiquettes peuvent être collées, incorporées dans des objets ou des

produits, voir implantées dans des animaux, elles comprennent une antenne associée à une puce électronique qui leur permet de recevoir et de répondre aux requêtes radios émises depuis l'émetteur-récepteur .

Depuis son apparition jusqu'à aujourd'hui cette technique ne cesse d'évoluer et de se diversifier pour de nouveaux champs d'application, allant d'un simple fonctionnement en mode « tout ou rien » au stockage et au traitement d'informations, ces applications couvrent de nombreux domaines :

- Télédétection (identification d'animaux, antivols, localisation...) ;
- Transaction de la vie courante (passeport, titres de transport en commun, cartes de paiement...) ;
- Traçabilité des produits et des marchandises ;
- Interface homme-machine ; [14]

1.8.3.1.1 Les principes de fonctionnement des puces RFID :

La RFID, identification par radio fréquence consiste en gros à apposer sur un produit ou son contenant une étiquette électronique renfermant des informations pouvant être utilisées pour différents usages mais aussi la traçabilité des produits qui seront lus grâce à un lecteur spécifique, un système RFID comprend trois éléments de base :

➤ L'étiquette ou Tag en anglais :

- Est constituée d'une antenne pour communiquer avec les lecteurs et d'une puce disposant d'un numéro unique avec ou sans mémoire additionnelle,
- Est apposée sur l'élément à identifier ;
- Se présente sous différentes formes (carte, pastille, jeton, gélule, étiquette adhésif) ;
- Elle est soit en lecture seule (cas les plus rencontrés) : les données inscrites par le fabricant ne peuvent ni être modifiées, ni complétées par la suite ; soit en lecture/écriture et dans ce cas elle possède une zone mémoire réinscriptible à distance ;
- Il existe plusieurs types de puces (passives, semi-passives, actives....) ;

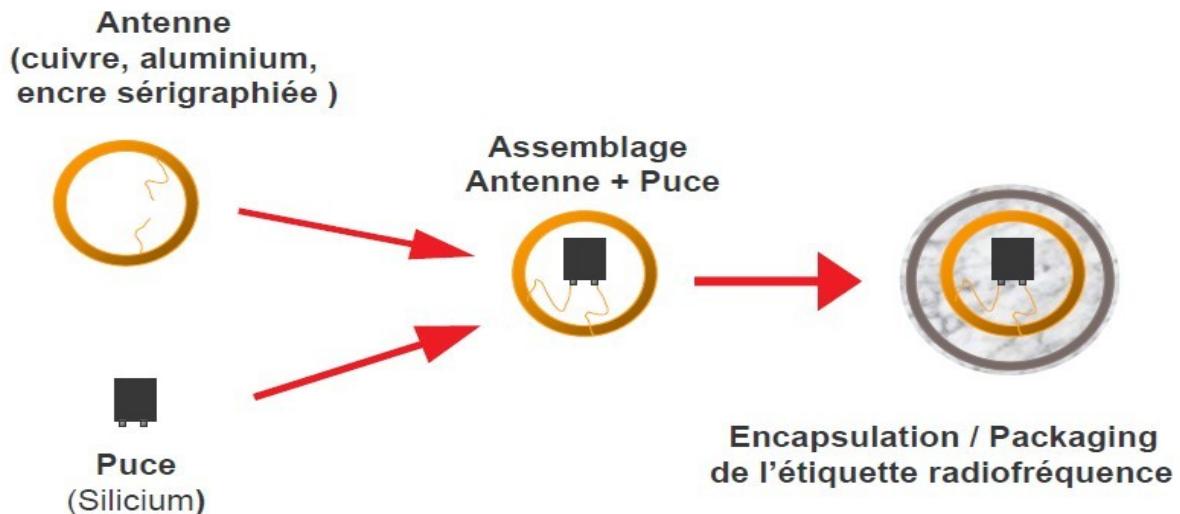


Figure 1-10: schéma d'une étiquette radio fréquence.

Le lecteur qui assure la communication avec l'étiquette, il est composé également d'une antenne et d'un émetteur/récepteur. Lorsque qu'une étiquette passe dans le champ du lecteur, une communication s'établit et il y a échange d'informations. La distance pour la lecture dépend de la puissance et de la longueur d'onde. Plus la longueur d'onde est basse, plus la distance de lecture est faible et plus la vitesse des échanges d'informations est basse.

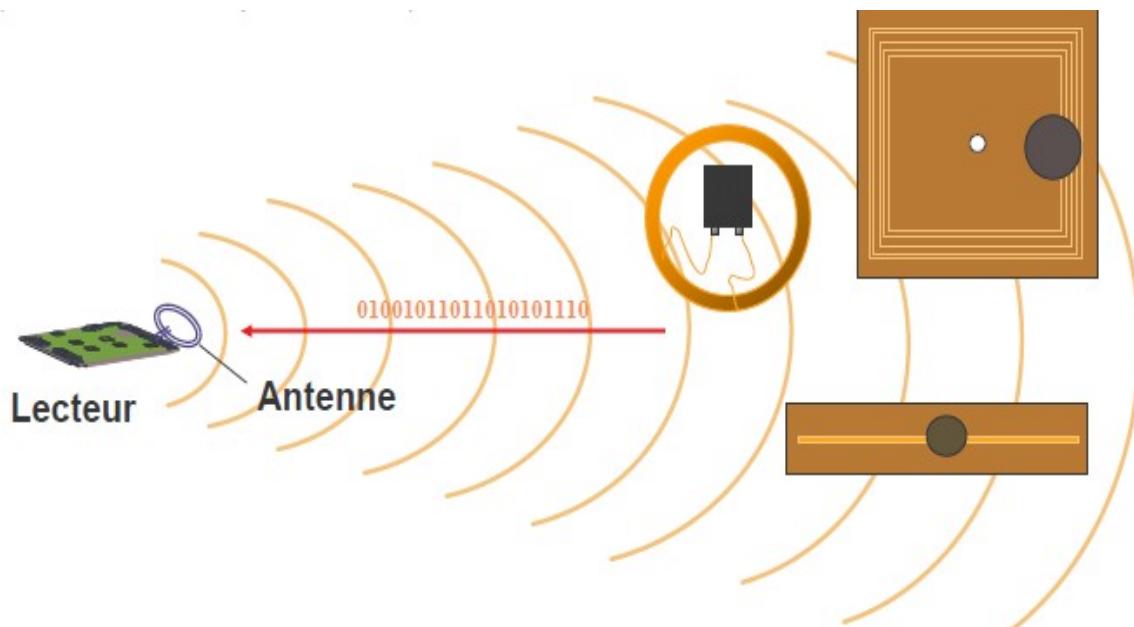


Figure 1-11 : principes d'échanges d'informations en RFID

Le système d'information (SI) qui gère les fonctions et les processus qui soit agissent sur les données échangées avec le tag, soit les utilisent, L'ensemble assure :

- La traçabilité physique des échanges (fréquence, vitesse de transfert, modulation...) une information qui accompagne l'unité dans les différentes étapes de la chaîne d'approvisionnement,
- La gestion logique des échanges, notamment pour permettre une traçabilité ascendante et descendante, (protocole),
- Le stockage des données qui permettront d'assurer une meilleure traçabilité pour l'ensemble des parties prenantes.

Son intégration à l'étape de réalisation de l'emballage permet de diminuer le cout de l'étiquette, favorise sa transparence et optimise son fonctionnement. [15]

1.8.3.1.2 Les différents types de puces RFID :

Pour exploiter les informations contenues dans ces étiquettes, il faut impérativement disposer du lecteur approprié. Celui-ci émet des ondes radios en direction de la capsule ce qui permet de l'alimenter en énergie (alimentation par induction électromagnétique), en d'autres termes de l'activer (la puce renvoie alors des données), pour en extraire les informations qu'elle renferme. Ces puces ne sont pas capables d'effectuer des traitements dynamiques mais seulement de renvoyer des données statiques.

1.8.3.1.2.1 Les puces RFID passives (sans batterie) :

Ne disposant d'aucune alimentation externe, elles dépendent de l'effet électromagnétique de réception d'un signal émis par le lecteur, c'est ce courant qui leur permet d'alimenter leurs microcircuits, elles sont peu couteuses à produire et sont généralement réservées à des productions en volume. Ce sont elles que l'on trouve plus particulièrement dans la logistique et le transport. elles utilisent différentes bandes de fréquences radio selon leur capacité à transmettre à distance plus ou moins importante et au travers de substances différentes (air, eau, métal). La distance de lecture est inférieure à un mètre. Les basses et hautes fréquences sont normalisées au niveau mondial. Ces puces sont collées sur les produits pour un suivi allant jusqu'aux inventaires. Elles sont jetables ou réutilisables suivant les cas.

1.8.3.1.2.2 Les puces actives :

Ces étiquettes assurent outre les fonctions de transmissions, les fonctions soit de captage, soit de traitement de l'information captée, soit les deux. De ce fait elles ont besoin d'une alimentation embarquée et donc elles ont une durée de vie assez importante. Si le prix élevé est un facteur discriminatif, il faut savoir que ces étiquettes s'avèrent particulièrement bien adaptées à certaines fonctions, dont notamment la création de systèmes d'authentification, de sécurisation, d'antivol, etc. Bref, elles sont idéales pour tout ce qui concerne le déclenchement d'une alerte ou d'une alarme. Elles peuvent émettre à plusieurs centaines de mètres.

1.8.3.1.2.3 Les puces semi-passives/semi-actives :

Ces étiquettes sont similaires aux étiquettes passives, elles emploient des technologies proches, mais avec quelques différences importantes, elles disposent d'une petite batterie qui fonctionne en permanence ce qui libère l'antenne pour d'autres tâches, elles sont plus robustes et plus rapides en lecture et en transmission que les étiquettes passives.

1.8.3.1.3 Les intérêts des puces RFID :

La RFID est utilisée pour identifier les articles unitaires, elle présente de nombreux avantages par rapport aux codes-barres :

- lecture à distance,
- lecture à travers les matériaux (difficulté avec le métal),
- lecture de plusieurs articles en même temps grâce à un dispositif « d'anticollision »,
- lecture en mouvement,
- échanges d'informations très rapides,
- meilleure résistance qu'un code barre,
- possibilité d'écriture/réécriture de nouvelles données au cours de la vie du produit,
- utilisation comme dispositif antivol.

La RFID apporte une fiabilité et une rapidité intéressante en lecture, En termes de gestion de stocks et notamment d'inventaire en temps réel, elle offre des possibilités inégalées. Certains se projettent déjà sur la disparition des caisses dans les supermarchés avec les clients passant sous des portiques calculant en une fraction de seconde le montant total des achats. En matière de traçabilité dans le secteur alimentaire, elle est de plus en plus utilisée pour identifier les animaux avec des implants sous-cutanés et elle permet d'optimiser la disponibilité de l'information.

1.8.3.2 Identification par marquage ADN :

D'après l'INRA [2000], l'identification ADN est utilisée comme contrôle de la traçabilité, en particulier dans la filière de la viande bovine, il s'agit dans ce cas de garder une banque de données avec les marquages d'ADN des animaux abattus. Lors d'un contrôle de traçabilité sur un produit fini, on vérifie que l'ADN analysé corresponde à celui gardé dans la banque de données.

Pour identifier sans faille les contrefaçons mais aussi pour lutter contre la fraude à la garantie ou pour protéger des produits brevetés, certaines sociétés proposent la traçabilité par ADN. Elles synthétisent de l'ADN qui sert à marquer toutes sortes de produits. L'ADN de synthèse, copié sur l'ADN humain, est contenu dans des microsphères insérées dans chaque objet.

On peut remarquer que le marquage ADN ou la traçabilité de l'ADN des bovins sont des techniques efficaces pour contrôler un système de traçabilité. Par exemple, pour la viande bovine, on vérifie au cas par cas si les informations inscrites sur l'identifiant (étiquette)

correspond bien à l'analyse ADN, considérée comme infaillible. Mais, contrairement à ce que certains acteurs des filières concernées le laissent entendre, ces systèmes ne remplacent en aucun cas un système de suivi de la traçabilité : ce sont uniquement des moyens de contrôle quasiment infaillibles.[19]

1.9 La traçabilité dans l'Agro-alimentaire :

La traçabilité agro-alimentaire a fait son apparition auprès des consommateurs avec la non moins célèbre première crise de l'ESB (Encéphalopathie spongiforme bovine) en 1996 car celle-ci a été le support de promotion le plus important en quantité et en durée pour la traçabilité, d'autres crises ont participé à la médiatisation de la traçabilité comme celle du sang contaminé en 1980 ou la crise du poulet à la dioxine en 1999 sans oublier l'apparition des OGM, toutes ces crises ont créé une prise de conscience chez le consommateur qui veut être rassuré, aujourd'hui le consommateur est plus exigeant et se préoccupe de l'origine du produit qu'il consomme, les ingrédients qui le composent ainsi que toutes les étapes de production.

Le secteur de la viande bovine a toujours été « précurseur » dans le domaine de la traçabilité car les premiers textes réglementaires sur la généralisation du marquage des animaux sont apparus dans ce cheptel. Cette filière est le principal artisan du développement contemporain de la traçabilité agro-alimentaire.

1.9.1 Les spécificités de la traçabilité dans l'agro-alimentaire :

- Les industries agro-alimentaires ont le plus souvent une structure de produits divergente, particulièrement dans la phase de conditionnement, ceci rend l'enregistrement de la traçabilité difficile et complexe car il faut être en mesure d'identifier et de suivre chaque lot créé.
- les aléas du prix, de qualité et d'approvisionnement induisent plusieurs recettes pour un même produit, la composition de chaque lot donc la traçabilité enregistrées peut varier à tout moment.
- L'attitude et l'attente du consommateur vis-à-vis du produit sont spécifiques, Les clients n'exigent pour l'instant pas de connaître le pays d'origine du minerai de fer utilisé pour la fabrication de leur véhicule alors qu'ils exigent de connaître la provenance du « steak » qui est dans leur assiette.
- La chaîne logistique fait la plupart du temps intervenir des acteurs très différents, du fermier au supermarché en passant par des industries de 1ère et de 2ème transformation. Ceci complique d'autant plus l'implantation de la traçabilité dans des filières entières.
- Les produits sont parfois sensibles aux bactéries et au temps (DLC, Date Limite de Consommation). Leur marquage est donc souvent difficile. [16]

1.9.2 Exemples de filières dans l'agro-alimentaire :

A travers ces exemples on peut illustrer ou du moins mettre en évidence les enjeux, contraintes et avancement dans la mise en place de systèmes de traçabilité de quelques

secteurs agro-alimentaires afin de montrer leur diversité mais aussi mettre en évidence les problèmes rencontrés dans différentes filières.

1.9.2.1 La filière bovine :

La crise de la maladie de la vache folle est l'une des crises les plus importantes en termes de sécurité alimentaire provoquant des chutes de ventes atteignant 117000 tonnes entre 1995 et 1996. Malgré les nombreux efforts pour rétablir la confiance des consommateurs, un sondage effectué en février 1997 par la plus importante chaîne de supermarchés française a montré que 25% des consommateurs avaient changé leurs habitudes de consommation suite à la crise.

La filière bovine est probablement la filière la plus avancée en termes de traçabilité, notamment en France. En effet, la "crise de la vache folle" a obligé l'Etat et les entreprises à répondre efficacement au sentiment d'insécurité des consommateurs. Dès 1997, un accord interprofessionnel imposait l'étiquetage des lieux de naissance, d'élevage et d'abattage, du type racial (laitier ou viande) et de la catégorie (jeune bovin, vache, ...). Toute la chaîne logistique est concernée. L'éleveur possède une double identification de l'animal : passeport et boucles aux oreilles des bovins. Ces identifications sont fournies aux abattoirs qui continuent à identifier très précisément les produits à chaque étape de la transformation. Van Dorp décrit le processus de fabrication et le système de traçabilité associé dans un abattoir. Les documents d'enregistrement sont également réglementés. Dans le tableau 1 figure les différentes étapes et identifications dans la filière bovine.

En élevage	Chaque animal est identifié par des boucles portant le numéro national unique d'identification. Au moment où ces boucles sont apposées, un passeport est établi et suivra l'animal tout au long de l'élevage puis de la transformation.
Entrée usine	Les informations contenues sur le passeport sont saisies : numéro d'identification national, sexe, races du père et de la mère, numéro de cheptel de naissance, numéro de cheptel de l'éleveur, date de naissance.
Pesée fiscale	Une étiquette est éditée. Elle comporte le numéro de tuerie (identification interne), le numéro d'identification nationale de l'animal, le code fournisseur, la date et l'heure de la pesée fiscale, le poids, le numéro de cheptel de naissance, numéro de cheptel de l'éleveur. Cette étiquette est apposée sur chaque quartier de la carcasse.

Salle de découpe	Les quartiers (déjà identifiés par le numéro de tuerie) sont allotis en fonction des différents cahiers des charges. Chaque lot porte alors un numéro unique directement lié aux numéros de tuerie.
Préparation de hachage	Les muscles destinés à la fabrication de la viande hachée sont conditionnés dans des bacs. Chaque bac est identifié par une étiquette date et heure de remplissage du bac, numéro de lot, numéro de bac.
Hachage	Un numéro de mélée est affecté aux bacs contenant les viandes issues d'un même broyage. Il est relié aux numéros de bacs. Chaque bac comporte une étiquette indiquant le numéro de mélée, le numéro de bac, le poids et le taux de matière grasse.
Formage et conditionnement	La viande est formée, mise en barquettes et étiquetée. On affecte un numéro de traçabilité, directement relié au numéro de mélée. L'étiquette indique également la date limite de consommation, la date de conditionnement ainsi que le prix.

Tableau 1 : étapes et identifications dans la filière bovine[17]

1.9.2.2 Les produits de la mer :

La traçabilité de produits issus de la mer est rendue difficile par la variabilité des délais entre capture et débarquement, par la variabilité des quantités de pêche et par la courte durée de conservation des produits. De plus, la filière est peu structurée et possède peu d'informations archivées et transmises. Quelques travaux ont été entrepris pour tracer et compter les espèces animales marines pour la protection de l'environnement.

1.9.2.3 La filière lait :

La traçabilité des produits laitiers (et par extension tous les produits miscibles à l'infini) est difficile à obtenir. En effet, il est très dur de pouvoir définir des lots de composition homogène. A de nombreuses étapes de la filière, des mélanges de lots s'imposent. En général, à la récolte, les camions citernes passent recueillir le lait chez les différents producteurs. Les fréquences de passage, les quantités variables, la capacité des camions et les coûts de logistique imposent le mélange des lots de réception dans les camions. De plus, pour certains produits laitiers, leur composition fait intervenir de nombreuses matières premières laitières. Par exemple, la fabrication d'un yaourt peut faire intervenir du lait, de la crème, des protéines

de lait et des fermentations lactiques. C'est pourquoi la filière a aujourd'hui beaucoup de difficulté à définir une façon de constituer un lot.

La traçabilité aujourd'hui s'étend à d'autres secteurs comme le secteur de la santé par exemple la traçabilité des produits pharmaceutiques ou même le secteur hospitalier, le domaine de transport, d'aéronautiques ou l'automobile.

1.9.3 Les intérêts de la traçabilité dans l'agroalimentaire :

L'application d'une traçabilité performante dans l'industrie agroalimentaire présente de nombreux intérêts :

-Intérêt marketing : rassurer le consommateur par l'intermédiaire de labels obtenus grâce à une traçabilité performante.

-Intérêt commercial : augmenter les commandes de la grande distribution en renforçant la crédibilité de l'entreprise (rapidité de réaction, identification précise des produits) pour les produits vendus sous une marque de la grande distribution.

-Respect de la législation et réactivité vis à vis des futures législations.

- Suppression des répétitions non nécessaires de mesures sur les produits. Certaines mesures faites sur des lots parents ne sont pas nécessaires pour les lots fils si l'on trace efficacement les lots de production.

Cependant, la mise en place d'une traçabilité efficace prend tout son intérêt en cas de crise :

– Baisse du coût (en temps et en personnel) de recherche de l'historique et de la localisation des produits en cas de problème.

– Baisse du coût de rappel des produits : on identifie moins de produits sains à rappeler, on diminue le risque de rappeler des produits déjà transformés (voir distribués au client) et éventuellement on diminue le nombre de clients concernés.

– Diminution du nombre de sites de production ou de marques concernées par un rappel pour une entreprise multi-site ou multimarques.

– Limitation de la perte de confiance des consommateurs lors d'un grave problème de sécurité alimentaire : l'entreprise montre qu'elle maîtrise le problème. [18]

1.10 Une série d'usage :

Face à ses crises, la traçabilité s'est retrouvée au premier rang pour apporter des solutions adéquates et rassurantes et d'un autre côté améliorer ce secteur et cela grâce à différents usages, on peut recenser deux usages essentiels celui d'outils garantissant la qualité durant une crise et celui d'outil garantissant la maîtrise du produit par l'ensemble des producteurs pour prévenir une crise ou pour augmenter les performances.

1.10.1 La traçabilité garantit la qualité en temps de crise :

La traçabilité est un moyen de résoudre les crises en garantissant la qualité des produits grâce à une identification qui permet la séparation entre bon et mauvais produits et cela en passant par la mise en évidence de certaines caractéristiques importantes dans le contexte de crises. Une des caractéristiques les plus importantes est l'origine du produit, pour le cas de la crise de l'ESB l'origine française du produit carné atteste qu'il n'est pas d'origine anglaise et donc protégé de l'épidémie d'ESB survenue en Angleterre, quant aux OGM la traçabilité sert à attester que le produit a été fabriqué sans utiliser des ingrédients issus ou contenant des OGM.

1.10.2 La traçabilité est un vecteur d'amélioration :

Ce deuxième usage se caractérise comme un outil d'amélioration de l'efficacité des systèmes de production et il apparaît à trois niveaux : à un niveau de crise, de prévention de crises et d'amélioration des performances.

Tout d'abord à un niveau de crise, la traçabilité sert alors d'outil pour rappeler les mauvais produits et d'une autre manière pour garantir que les produits disponibles sur le marché sont bons, c'est le cas de l'affaire de Coca-Cola au sujet du rappel des canettes supposées toxiques, ensuite à un niveau de prévention de crise, la traçabilité est un argument qui montre la capacité d'un producteur ou d'une filière à réagir rapidement et efficacement à une crise en retirant les produits suspects et en modifiant les nouveaux produits par la suite, enfin à un niveau d'amélioration de la maîtrise des procédés et donc de la qualité des produits, la traçabilité permet aux producteurs de disposer d'un ensemble d'informations pour suivre aux mieux les étapes du process et optimiser ainsi tous les paramètres.[2]

1.11 Les enjeux de la traçabilité :

La traçabilité est un outil du management qualité, et comme tout ce qui touche au système qualité, il y a des choses quantifiables et d'autres plus qualitatives mais si on ne mène pas ce projet, cela risque de coûter encore plus cher. Donc il est impératif de préciser les enjeux de la traçabilité :

1.11.1 L'amélioration de la compétitivité :

Souci permanent de l'entreprise, la maîtrise des couts passe par une meilleure visibilité des paramètres d'une production. La traçabilité permet l'amélioration de la qualité (moins de rebus, de reprises, de retours), l'automatisation de la capture des données de traçabilité est également un facteur de progrès (fiabilité des saisies, fluidité des processus).

La démarche traçabilité peut s'avérer complexe, tant dans les choix technologiques qu'organisationnels, ce double aspect nécessite une conduite de la démarche au plus haut niveau de l'entreprise.

1.11.2 La prévention des risques :

Le dirigeant de l'entreprise est responsable de la prévention des risques : protéger le savoir-faire et les secrets de fabrication, respecter le règlement et les normes...la pérennité de l'entreprise sera le résultat d'une bonne prévention des attaques extérieures par la prise en compte de tous les risques en allant de la sécurité de base (protection contre les intrusions

physiques) au pillage des savoirs faires et des droits intellectuels (contrefaçon, piratage) tous ces risques doivent être pesés et on doit leur opposer une réponse adaptée.

1.11.3 La création de valeur :

L'investissement en traçabilité ouvre le champ des possibles et l'on découvre souvent des sources de valorisation dans les informations ou dans les architectures mise en place. Encore faut-il laisser la créativité fonctionner.

L'amélioration de la relation client est sans nul doute un gisement de profits, disposer d'informations précises sur les productions en cours ou sur un acheminement est une source de différentiation.

On peut spécifier les enjeux de la traçabilité en se basant sur les types et les enjeux de la traçabilité amont concernent les relations avec les fournisseurs de matières rentrant (ou susceptibles d'en faire partie) dans la fabrication des produits. On peut citer par exemple :

- être approvisionné en produits de qualité, conformément aux spécifications du cahier des charges avec les fournisseurs,
- avoir rapidement des informations complémentaires et fiables de la part des fournisseurs en cas de besoin, notamment quand une crise survient,
- anticiper pour limiter les risques d'extension en cas de problème sur une matière livrée à l'entreprise sur un ou plusieurs sites, etc.

- Les enjeux de la traçabilité interne concernent l'ensemble du processus de fabrication des produits pour :

- pouvoir retrouver rapidement les informations fiables en cas de crise,
- améliorer la maîtrise des risques en sécurité alimentaire et la maîtrise de la qualité des produits manufacturés,
- diminuer la maille de blocage des produits encasés et traités pour rappel des produits finis tout en conservant un maximum de sécurité pour les consommateurs, ce sont des enjeux économiques considérables à ne pas négliger.

- La traçabilité aval a comme enjeux :

- disposer d'un système fiable d'identification et de localisation des produits finis, ce qui facilitera les opérations de retrait ou rappel en cas de crise,
- retrouver rapidement la totalité des produits finis,
- augmenter l'efficacité de la gestion des stocks avec une meilleure maîtrise du flux tendu,
- établir une interface fiable et homogène avec les centrales d'achat et les clients avec le même outil de codification standardisé des palettes comme le code à barre EAN 128, etc...[5]

1.12 Conclusion :

La traçabilité est un terme générique qui s'applique à différents niveaux : produits, personnes, biens, actifs, etc. Il s'agit aussi bien d'identifier ou se trouve une entité dans la chaîne à un instant T que de rétroactivement retracer la vie d'un article.

En matière de production, le marquage des références voire des unités est ainsi nécessaire. Dans le domaine du transport et de la logistique, il s'agit d'enregistrer les événements « vécus » par l'entité.

La sécurité alimentaire étant devenue une préoccupation chez le consommateur, la traçabilité permet d'opérer des retraits ou des rappels ciblés des produits qui représenteraient un risque sanitaire, ces règles sont déterminées par des normes et leur application est vérifiée par des organismes de contrôle nationaux ou internationaux.

La traçabilité a pu progresser dans sa fiabilité et sa précision grâce aux nouvelles technologies de la communication et de l'information jusqu'à faire appel à des techniques digne de la police scientifique, c'est ce que nous verrons dans le prochain chapitre qui sera consacré à l'internet des objets.

2 Chapitre 2 : internet des objets

2.1 Introduction :

L'Internet des objets (ou IOT) se traduit à l'heure actuelle par l'accroissement du nombre d'objets connectés, c'est-à-dire d'appareils possédant une identité propre et des capacités de calcul et de communication de plus en plus sophistiquées : téléphones, montres, appareils ménagers, etc. Ces objets embarquent un nombre grandissant de capteurs et d'actionneurs leur permettant de mesurer l'environnement et d'agir sur celui-ci, faisant ainsi le lien entre le monde physique et le monde virtuel. Cette révolution naissante est amenée à transformer l'ensemble de la société, y compris nous-mêmes. A première vue, cette affirmation peut paraître exagérée mais il faut penser à l'impact qu'a déjà eu internet sur l'enseignement, les communications, les entreprises, la science, les organismes publics et les hommes. Internet est sans nul doute l'une des inventions les plus importantes et les plus significatives de toute l'histoire de l'humanité.

Il faut se dire maintenant que l'Iot représente la prochaine évolution d'internet c'est-à-dire qu'on va passer à un stade plus avancé qui permettra d'améliorer considérablement la capacité à rassembler, à analyser et à restituer des données que nous pourrons ensuite transformer en information , en connaissance et enfin en savoir. Des milliards d'objet seront connectés et grâce à cette connexion, ils deviendront un système intelligent. Quand celui-ci arrive à analyser les données et à les partager, cela rapportera un gain économique énorme, des facilités considérables au niveau de notre vie quotidienne et surtout pour les gens ayant des handicaps, des moyens pratiques et efficaces dans les entreprises, une aide à la création et à la production, sans oublier les économies d'énergie.[19]

Des projets d'Iot déjà en cours promettent de combler les écarts de richesse, d'améliorer la distribution des ressources mondiales aux populations défavorisées et de nous aider à comprendre notre planète, ce qui nous permettra d'adopter un comportement plus proactif, au lieu de simplement réagir aux événements, toutefois plusieurs obstacles menacent de ralentir le développement d'Iot, notamment la transition vers le protocole IPV6, la mise en place de normes communes et le développement de source d'énergie pour des millions voir des milliards de minuscules capteurs mais cela ne freinera en aucun cas la progression de cette dernière.

Dans cette optique nous défendons le projet suivant : internet des objets améliorera considérablement les conditions de vie de l'individu mais essentiellement pour les personnes diminuées et la variété de ses domaines d'applications tel que l'industrie, les maisons intelligentes, le secteur de la santé, l'automobile, le transport...etc. Grâce à son portefeuille de solutions ouvertes et évolutives qui permet de collecter des données en un temps record et d'obtenir des informations afin de réduire les couts, d'améliorer la productivité et d'augmenter les recettes.

A cette fin notre principale contribution porte sur la réalisation d'un bracelet équipé d'une puce RFID pour les enfants âgé de deux à dix ans permettant de les relier à leurs parents qui peuvent savoir à tous moment l'emplacement de leur enfants.

2.2 Qu'est-ce que l'internet des objets ?

Internet des objets(IoT) est une révolution technologique dans le calcul et la communication. C'est un monde de dispositifs intelligents en réseau, où tout est connecté et a une entité numérique. Des objets quotidiens transformés en objets intelligents capable de sentir, interpréter et réagir avec l'environnement grâce à la combinaison d'internet et les technologies naissantes comme l'identification par radio fréquence (RFID), localisation en temps réel et capteurs incorporés. Cette évolution technologique permet de créer de nouvelles façons de communication entre les gens et les objets et entre les objets eux-mêmes.

Selon l'**Union internationale des télécommunications**, l'Internet des objets (IoT) est une « *infrastructure mondiale pour la société de l'information, qui permet de disposer de services évolués en interconnectant des objets (physiques ou virtuels) grâce aux technologies de l'information et de la communication interopérables existantes ou en évolution* ». En réalité, la définition de ce qu'est l'Internet des objets n'est pas figée. Elle regroupe des dimensions d'ordre conceptuel et technique.

D'un point de vue conceptuel, l'Internet des objets caractérise des objets physiques connectés ayant leur propre identité numérique et capable de communiquer les uns avec les autres. Ce réseau crée en quelque sorte une passerelle entre le monde physique et le monde virtuel.

D'un point de vue technique, l'IoT consiste en l'identification numérique directe et normalisée (adresse IP, protocoles smtp, http...) d'un objet physique grâce à un système de communication sans fil qui peut être une puce RFID, Bluetooth ou Wifi.[19]

2.3 L'origine d'IoT :

Comme pour de nombreux nouveaux concepts, c'est au Massachusetts Institute of Technology (MIT) et plus particulièrement au groupe Auto-ID Center qu'est attribuée l'origine de l'IoT. Ce groupe, formé en 1999, travaillait sur l'identification de la fréquence radio (RFID) en réseau et sur les technologies de détection émergentes. Il se composait de sept universités de recherche réparties sur quatre continents et choisies par l'Auto-ID Center pour concevoir l'architecture de l'IoT.

Mais avant de parler de l'état actuel de l'IoT, il est important de définir ce concept. Pour Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG), l'IoT correspond simplement au moment où il y a eu plus « de choses ou d'objets » connectés à Internet que de personnes.

En 2003, la population mondiale s'élevait à environ 6,3 milliards d'individus et 500 millions d'appareils étaient connectés à Internet. Le résultat de la division du nombre d'appareils par la population mondiale (0,08) montre qu'il y avait moins d'un appareil connecté par personne. Selon la définition de Cisco IBSG, l'IoT n'existe pas encore en 2003 car le nombre d'objets connectés était relativement faible. En outre, les appareils les plus répandus actuellement, et notamment les Smartphones, faisaient tout juste leur apparition sur le marché. Par exemple, Steve Jobs, le PDG d'Apple, n'a dévoilé l'i Phone que le 9 janvier 2007 à l'occasion de la conférence Macworld.

En raison de l'explosion des Smartphones et des tablettes, le nombre d'appareils connectés à Internet a atteint 12,5 milliards en 2010, alors que la population mondiale était de 6,8 milliards. C'est ainsi que le nombre d'appareils connectés par personne est devenu supérieur à 1 (1,84 pour être exact) pour la première fois de l'histoire. [20]

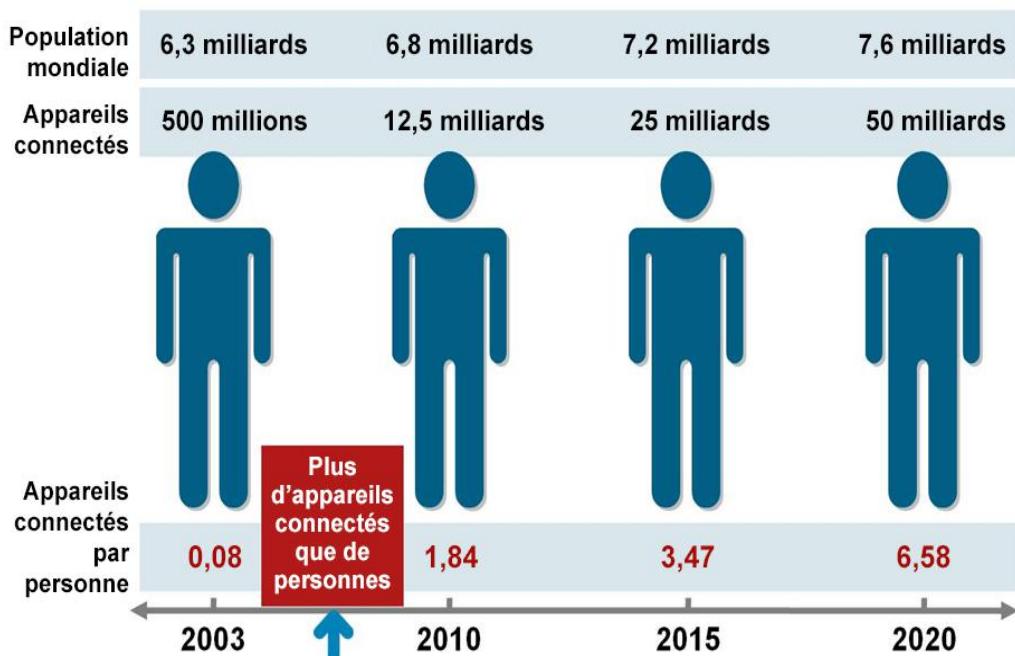


Figure 2-1:l'apparition d'internet des objets selon Cisco

En ce qui concerne l'avenir, Cisco IBSG estime que 25 milliards d'appareils seront connectés à Internet d'ici à 2015 et 50 milliards, d'ici à 2020. Il est important de noter que ces estimations ne tiennent pas compte des progrès rapides d'Internet ni des avancées technologiques, mais reposent uniquement sur les faits avérés à l'heure actuelle.

En outre, le nombre d'appareils connectés par personne peut sembler faible, mais il ne faut pas oublier que le calcul porte sur l'ensemble de la population mondiale, dont une grande partie n'est pas encore connectée à Internet. Si l'on se base uniquement sur la population disposant d'une connexion à Internet, le nombre d'appareils connectés augmente considérablement. Par exemple, nous savons qu'environ 2 milliards de personnes utilisent actuellement Internet.⁸ Si l'on utilise ce chiffre, le nombre d'appareils connectés par personne passe à 6,25 en 2010, au lieu des 1,84 précédemment indiqués.

2.4 L'architecture d'IoT :

L'architecture proposée d'IoT d'une perspective technique est divisé en trois couches, la couche de base et ses fonctionnalités sont récapitulées comme suit :

- Couche de perception :

Sa fonction principale est d'identifier des objets et rassembler des informations. Elle est formée principalement par des capteurs et des déclencheurs, contrôlant des stations (comme le téléphone portable, la tablette PC, le Smartphone, PDA, etc.), des nano-nœuds, RFID des étiquettes et des lecteurs / des auteurs.

- Couche de réseau :

C'est un réseau convergé composé de réseaux privés câblés/sans fil, Internet, des systèmes d'administration de réseau, etc. Sa fonction principale est de transmettre des informations obtenues de la couche de perception à la couche d'application.

- Couche d'application :

C'est un ensemble des solutions intelligentes qui appliquent la technologie d'IoT pour satisfaire les besoins des utilisateurs.

Le **traitement des données** est un processus qui peut intervenir à tous les niveaux de la chaîne, depuis la capture de l'information jusqu'à sa restitution. Une stratégie pertinente, et commune quand on parle d'Internet des objets, consiste à stocker l'information dans sa forme intégrale. On collecte de manière exhaustive, « big data », sans préjuger des traitements qu'on fera subir aux données. Cette stratégie est possible aujourd'hui grâce à des architectures distribuées type No SQL, capables d'emmageriser de grandes quantités d'informations tout en offrant la possibilité de réaliser des traitements complexes en leur sein.

La **transmission des données** est un processus qui intervient à tous les niveaux de la chaîne.

Deux réseaux, supports des transmissions, cohabitent généralement :

- **Réseau local de concentration.** On utilise alors des technologies comme ANT, ZigBee, Z-wave, NFC ou Bluetooth LE.
- **Réseau WAN,** permettant d'interconnecter les réseaux spécialisés et de les interfaçer avec des fermes de serveur. On utilise alors Wifi, les réseaux cellulaires (GSM, UMTS, LTE) ou encore les connexions physiques standard (Ethernet, fibre optique). Ces réseaux sont généralement connectés à Internet. [21]

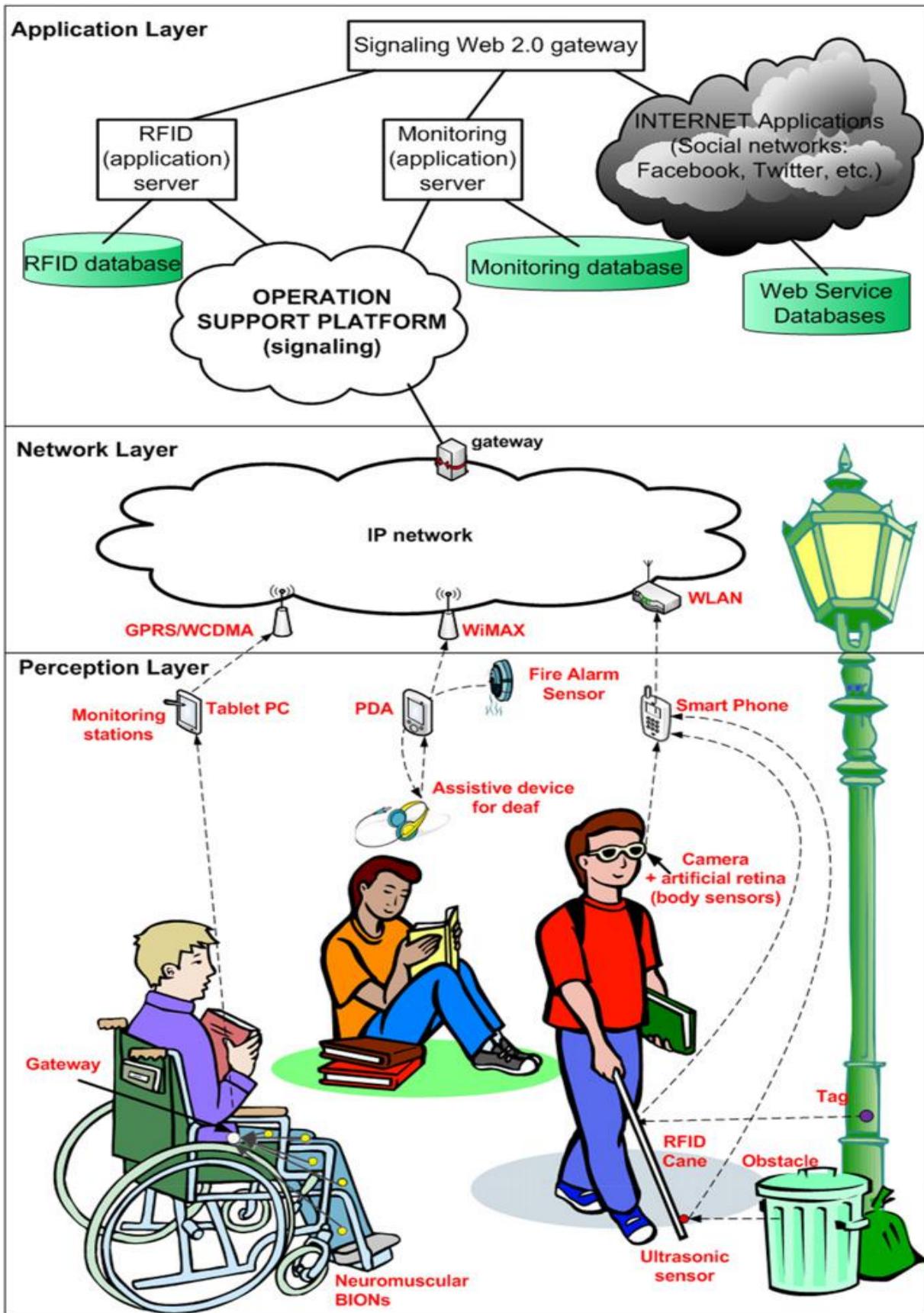


Figure 2-2 : architecture proposé d'IoT

2.5 Au niveau de la couche de perception :

2.5.1 Les domaines d'application d'IoT :

Les objets connectés produisent de grandes quantités de données dont le stockage et le traitement entrent dans le cadre de ce que l'on appelle les big data. En logistique, il peut s'agir de capteurs qui servent à la traçabilité des biens pour la gestion des stocks et les acheminements. Dans le domaine de l'environnement, il est question de capteurs surveillant la qualité de l'air, la température, le niveau sonore, l'état d'un bâtiment, etc. En domotique, l'IoT recouvre tous les appareils électroménagers communicants, les capteurs (thermostat, détecteurs de fumée, de présence...), les compteurs intelligents et systèmes de sécurité connectés des appareils de type box domotique.

Le phénomène IoT est également très visible dans le domaine de la santé et du bien-être avec le développement des montres connectées, des bracelets connectés et d'autres capteurs surveillant des constantes vitales. Selon diverses projections, le nombre d'objets connectés devrait largement augmenter au fil des ans.

2.5.2 L'IoT pour les personnes ayant des handicaps :

2.5.2.1 Les malvoyants :

Les composants conçus pour les malvoyants sont : (1) body micro - et des nano-capteurs et (2) RFID basé sur des dispositifs auxiliaires. Ces composants sont décrits comme suit :

- 1) body micro - et nano-capteurs. Dans Schwiebert et al. (2001), une prothèse rétinienne est développée pour reconstituer un peu de vision aux patients affectés par une pigmentation de la rétine et la dégénérescence maculaire liée à l'âge, deux maladies qui causent la cécité dégénérative. Bien que ces troubles soient caractérisés par la perte progressive de photorécepteur (la tige et le cône) les cellules de la rétine extérieure, ils n'affectent pas les cellules nerveuses de ganglion rétiennes intérieures qui forment le nerf optique. Par conséquent, un appareil photo monté sur une paire de lunettes peut être utilisé pour transmettre des données d'image à un implant attaché à la rétine, qui est formée par un tableau de micro-capteurs de corps. Cette rétine artificielle utilise des impulsions électriques afin de stimuler les cellules de ganglion appropriées, qui convertissent ces impulsions électriques dans des signaux neurologiques. La réponse produite est portée via le nerf optique au cerveau.

Actuellement, les chercheurs travaillent pour développer une rétine artificielle au nanoscale. L'entreprise Nano Retina développe la Rétine bio, une rétine bionique qui incorpore plusieurs composants nano-taille dans un implant rétinien minuscule. La rétine bio est conçue pour remplacer le photorécepteur endommagé dans l'œil avec l'équivalent d'un 5000 pixel (la deuxième génération) l'implant rétinien. Il transforme la lumière naturellement reçue dans un signal électrique qui stimule les neurones, et envoient les images reçues par la Rétine bio.

Au cerveau. Les composants nano-taille de l'implant sont actionnés par une paire spéciale de lunettes d'activation.

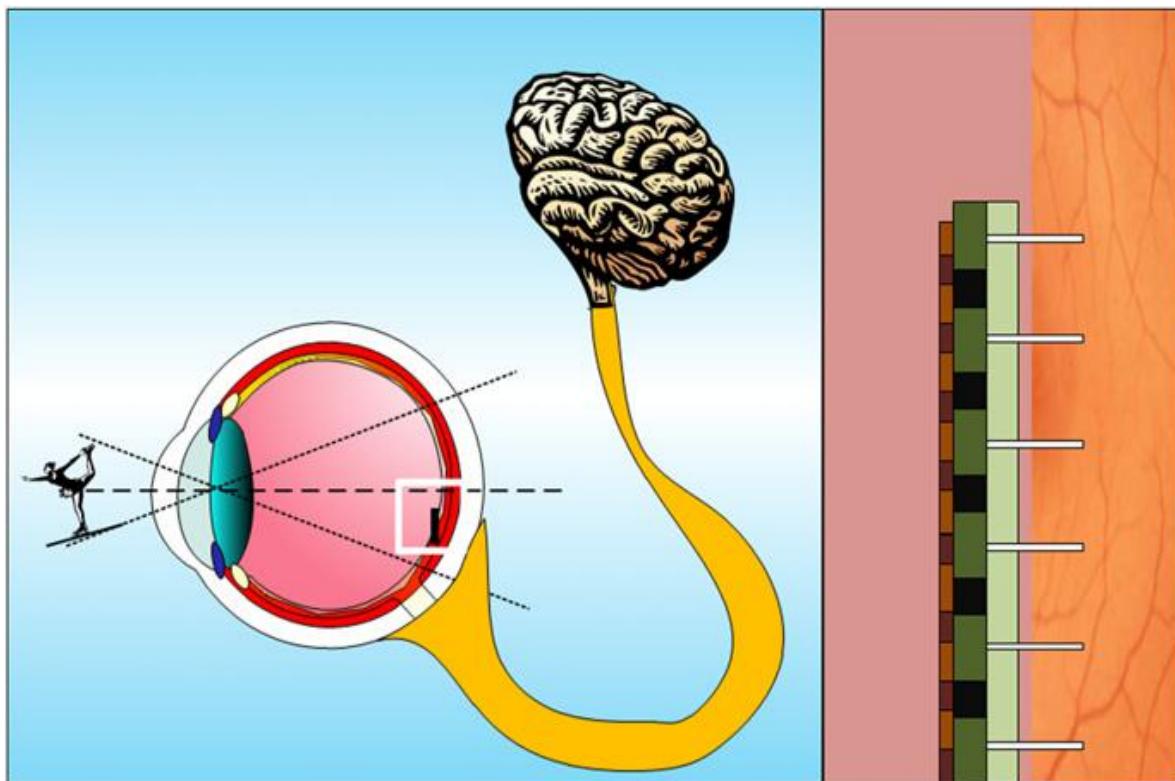


Figure 2-3 : positionnement de l'implant rétinien (à gauche), puce bionique et son interface avec la rétine (à droite)

Dans les prochaines années, comme la technologie se développe, il sera possible d'envoyer des informations concernant les images capturées par la rétine artificielle vers la station de contrôle (le Smartphone) (figure 2), pour que des nouvelles applications d'IoT aident les gens avec des diminutions visuelles dans leur orientation, identification de visages, etc, sera développée.

- 1) Dispositifs auxiliaires RFID, Un élément essentiel à l'application de l'auxiliaire RFID est le système de navigation. Il aide des aveugles à trouver leurs chemins dans une zone peu familière. Les étiquettes RFID sont distribuées dans la zone. Ils peuvent par exemple être placés dans le centre des trottoirs pour Orienter la personne aveugle et empêcher les chutes possibles près de l'extrémité du trottoir.

La canne RFID (voir figure 2) a un lecteur d'étiquette avec une antenne qui émet des ondes hertziennes; les étiquettes répondent en renvoyant leurs données stockées, d'où l'identification de l'emplacement de la personne aveugle. Le lecteur d'étiquette (la canne RFID) transmet via Bluetooth ou ZigBee les données lues de l'étiquette RFID, qui inclut la corde d'ID d'étiquette

. Ces données sont envoyées de la station de contrôle à la couche de réseau au serveur de RFID de la couche d'application. La personne aveugle peut enregistrer le nom de la destination comme un message vocal utilisant la station de contrôle. Les directions sont reçues par la station de contrôle et jouées comme des messages vocaux.[22]

Un système de détection d'obstacle basé sur un capteur ultrasonique peut aussi être ajouté. Le capteur est monté sur la canne de RFID pour prolonger sa gamme effective et percevoir des obstacles que la canne seule ne pourrait pas détecter (comme des déchets montré dans la figure 2). Un message vocal joué à la station de contrôle alerte les malvoyants quand un obstacle est détecté. Une interface de capteur montée de chaussure à base de capteur multiple est aussi développée dans Zhang et al, comme un dispositif supplémentaire à la canne pour détecter des obstacles dans 61 cm en avance des malvoyants.

Une approche répandue pour la navigation extérieure compte sur le Système de navigation par satellites (le GPS). Il n'exige pas l'utilisation d'étiquettes. Cependant, sa résolution est limitée (peu de mètres) et il ne peut pas marcher correctement à l'intérieur. Donc, quelques systèmes de navigation pour les malvoyants intègrent les deux technologies (RFID et le GPS).

2.5.2.2 Les malentendants :

Les composants utilisés pour les malentendants sont :(1) dispositifs auxiliaires et capteurs et (2) dispositifs RFID

1) dispositifs auxiliaires et capteurs : Les gens qui sont malentendants peuvent profiter de dispositifs auxiliaires externes ou internes (implantés dans l'oreille) qui améliorent l'audition. Les différents types de capteurs (comme la sonnette ou des détecteurs de fumée (figure 2) détectent des événements ou les défaillances qui donnent la hausse pour alarmer les conditions initiales.

Par conséquent, un signal d'alarme est envoyé des capteurs à la station de contrôle, qui est ajoutée au dispositif auxiliaire comme un signal d'alarme amplifiée. La personne sourde peut aussi être avertie du coté visuel (le feu clignotant) ou des signaux vibrotactiles (le moteur de vibration).

D'autre part, HandTalk est un gant sans fil bon marché conçu pour aider les malentendants à communiquer avec ceux qui ne sont pas familiers du Langage des signes (SL). Il reconnaît des signes de main d'SL de base et les convertit dans la voix. Essentiellement, le gant est adapté avec fléchissement des capteurs (les dispositifs résistifs passifs qui peuvent être utilisés pour détecter la courbure ou le fléchissement) le long des doigts. La position (la courbure) des doigts est sentie et envoyée à une station de contrôle utilisant Bluetooth. Si les données senties correspondent à l'ensemble de valeurs associées à un signe d'SL d'une base de données mise en cache, le signe est converti dans le texte et finalement dans le discours.

2) dispositifs RFID : les étiquettes RFID utilisées dans les jouets peuvent être utilisées pour aider les enfants sourds à apprendre à utiliser le langage des signes.[23]

2.5.2.3 Les personnes handicapées :

Les composants conçus pour les handicapés physiquement sont : (1) capteurs de corps, déclencheurs et neuropuce. (2) capteurs de corps et technologie RFID

1) Capteurs de corps, déclencheurs et neuropuce. Les capteurs de corps et les déclencheurs peuvent être utiles pour la réanimation fonctionnelle de membres paralysés. Les capteurs attachés aux nerfs peuvent détecter l'intention de l'utilisateur de déplacer certains muscles et les déclencheurs peuvent stimuler ces muscles pour reconstituer la capacité de se déplacer. . Une personne paralysée peut être équipée de micro-implanté neuromusculaire appelé Neurones BIONIQUES (BIONs), qui est modulairement conçu, les capsules sans fil qui peuvent être injectées dans différentes zones du corps près des nerfs moteurs. Leur fonction principale est de ranimer des membres paralysés. Ils reçoivent le pouvoir et les données de commande numériques d'une fréquence radio externe et livrent des impulsions de courant stimulantes pour recruter les neurones moteur et activer les muscles associés. Les capteurs sont exigés par le BION pour détecter des signaux de commande volontaires et fournir le retour d'information sensoriel pour régler la stimulation neuromusculaire. Cette technologie est utilisée pour créer des mouvements dans des membres paralysés par des troubles de neurone moteur supérieurs comme la blessure de moelle épinière. BIONs exécute la Stimulation Électrique Fonctionnelle (FES), une technique qui utilise des courants électriques pour activer des nerfs sensibles des extrémités affectées par la paralysie. De cette façon, les fonctions du moteur sont récupérées. Quelques exemples d'applications FES impliquent l'utilisation de neuroprostheses qui permet aux gens avec la paraplégie d'être debout, marcher, ou reconstituer la fonction manuelle du poignet pour les gens qui ont la quadriplégie.

D'autre part, des chercheurs à Washington le Primate national, centre de recherche a déployé des interfaces cérébrales-informatiques implantables minuscules, à piles (BCIs) appeléesneupuce dans des animaux et qui marchent sur les êtres humains.

Quand réveiller, le cerveau dirige continuellement les mouvements volontaires du corps. Ceci est en grande partie fait par l'activité de cellules nerveuses dans la partie du cerveau appelé le cortex du moteur. Ces cellules nerveuses, ou des neurones, envoient des signaux en bas à la moelle épinière pour contrôler la contraction de certains muscles, comme ceux dans les bras et les jambes.

La neuropuce enregistre l'activité de cellules de cortex du moteur. Il peut convertir cette activité dans un stimulus qui peut être renvoyé au cerveau comme le montre la figure 4, la moelle épinière, ou le muscle et installer une connexion artificielle qui opère continuellement pendant le comportement normal. Cette interface cérébrale-informatique récurrente crée un sentier artificiel du moteur que le cerveau peut apprendre à utiliser pour compenser de sentiers détériorés. Une application clinique potentielle doit rapprocher des connexions biologiques perdues. Les chercheurs ont montré que les singes peuvent apprendre à contourner un anesthésiant qui bloque les nerfs du bras et activer des muscles temporairement paralysés avec l'activité de neurones corticaux. BCIs est très prometteur dans le contrôle cérébral direct de dispositifs externes. Dans Velliste et d'autres, il est montré comment les primates reconstituent l'auto-alimentation en contrôlant un bras robotique 3D utilisant leur activité

corticale du moteur. Une autre application est la promotion de plasticité neurale pour renforcer des rapports faibles et sauver quelques fonctions cérébrales détériorées. Il peut aider les gens à se déplacer ou parler de nouveau après une attaque ou une blessure cérébrale. De plus, l'entreprise Berkeley Bioniques a présenté eLEGS, un exosquelette non attaché, qui permet aux utilisateurs de fauteuil roulant d'être debout et marcher. Les exosquelettes sont mettables, des dispositifs bioniques artificiellement intelligents, qui consistent en cadre robotisé contrôlé par des béquilles. Les béquilles contiennent des capteurs; mettant en avant la béquille juste déplace la jambe gauche et vice versa.

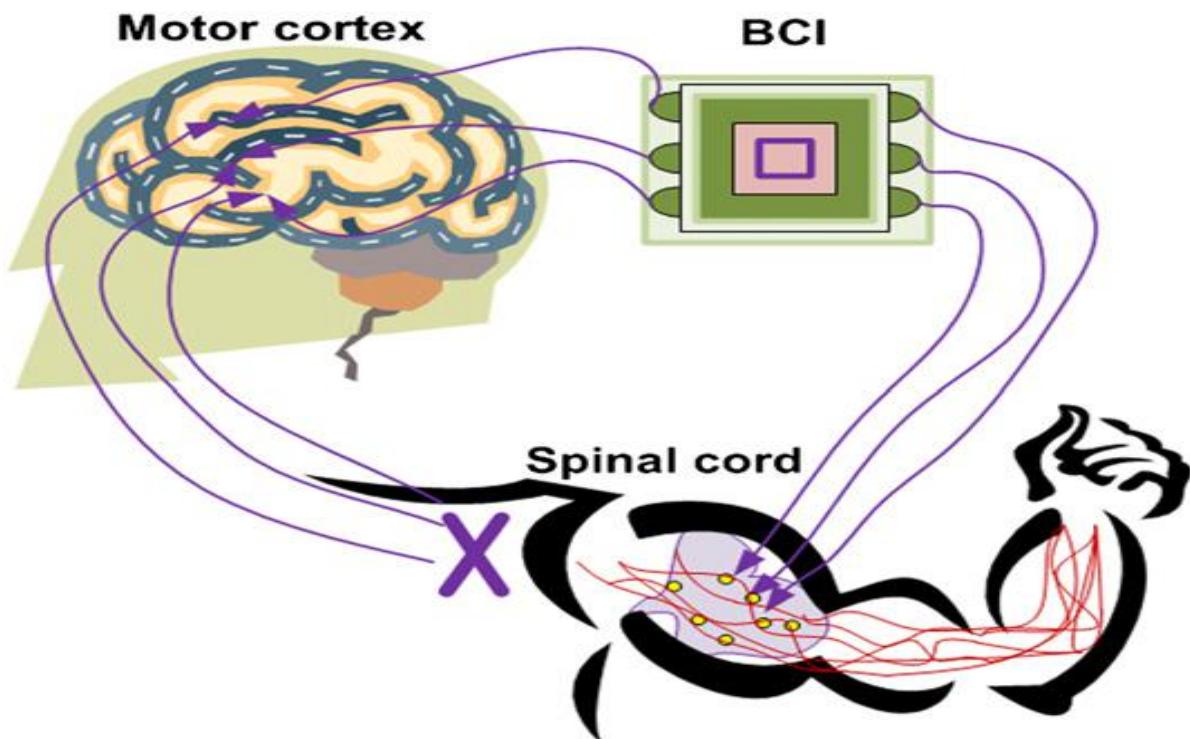


Figure 2-4 : dispositif BCI pour blessure de moelle épinière

2) Capteurs de corps et technologie RFID. Quelques patients paralysés doivent porter un façonné (une couche) quand ils sont dans le lit. Un capteur d'humidité peut immédiatement alerter des infirmières et le personnel soignant pour le remplacer aussitôt que cela devient humide. Le signal détecté est envoyé vers un lecteur utilisant un lecteur RFID.[19]

2.6 Au niveau de la couche de réseau :

Cette couche permet l'accès aux stations de contrôles et donc à la chaîne de radio de transmettre les informations obtenues de la couche de perception.

Bien que les protocoles internet aient été à l'origine conçus pour des réseaux fixes, il y a un besoin croissant d'adapter ces protocoles à des réseaux mobiles, démontré par l'utilisation de différentes technologies d'accès sans fil dans l'IOT. Les différents médias de transmission incluent des Réseaux locaux Sans fil (WLANs) (IEEE 802.11 variantes), l'Interopérabilité

Mondiale pour l'Accès aux micro-ondes (WiMAX) (IEEE 802.16), Bluetooth (IEEE 802.15.1), Ultra-à-large-bande (UWB) (IEEE 802.15.4a et ECMA-368), ZigBee (IEEE 802.15.4), le Service de Radio de Paquet Général (GPRS) et la Division de Code À large bande l'Accès Multiple (WCDMA). Des réseaux ad hoc sans fil sont une bonne option pour établir des communications sans fil et mobiles pour l'IoT, puisqu'ils ne comptent pas sur une infrastructure préexistante, ils exigent la configuration minimale et sont déployés rapidement avec le bas prix. On connaît des réseaux composés de technologies d'accès différentes comme des réseaux hétérogènes et ils devraient maintenir la connectivité et le service pour différentes applications même avec la mobilité de l'utilisateur.

La convergence de réseaux hétérogènes et des applications est possible en raison de l'existence du protocole internet IP, selon IPSO une association à but non lucratif constitués de plus de 50 membres de la technologie principale, des communications et des entreprises d'énergie, ils préconisent l'utilisation de dispositif en réseau IP afin de construire l'Iot.). Ils soulignent qu'IP est une technologie de communication d'une grande longévité et stable qui soutient une vaste gamme d'applications, de dispositifs et de technologies de communication sous-jacentes. De plus, l'architecture IP continue est légère, très évolutive et efficace. En outre, les auteurs d'Internet Ø Recommandent aussi à l'utilisation du protocole IP d'offrir l'interopérabilité et l'adaptabilité d'Internet directement aux dispositifs incorporés plutôt qu'avoir besoin de passerelles pour la conversion de protocole. [24]

2.7 Au niveau de la couche d'application :

Cette couche fournit une plateforme de support d'opération, qui peut être accessible en contrôlant des stations et des applications. Il fournit des fonctionnalités importantes comme l'authentification, la facturation, la gestion de service, l'acceptation de service et le cheminement de paquets d'information basés sur des politiques définies. Le sous-système Multimédia IP (IMS) est une plate-forme de transport bien-convenu qui exécutent ces fonctions (Domingo, 2011), puisque l'on peut offrir des services aux abonnés indépendamment des médias d'accès utilisés, Des réseaux hétérogènes peuvent être facilement intégrés et de nouvelles application set services peuvent être déployés, la réutilisation plus rapide a bien défini des fonctions communes comme l'authentification, la disposition de service, la facturation, la gestion de groupe. De cette façon, l'IoT peut être uniformément géré.

Le web des objets (WOT) est une vision où les objets intelligents sont intégrés avec le web, les applications d'objets intelligents peuvent être construites à un niveau élevé de l'architecture du transfert représentatif d'état (REST).

Le style d'architecture du REST détache des applications du service d'où il provient, qui peut être partagé ou réutilisé, Les abstractions clés d'informations dans l'architecture de REST sont des ressources (par exemple un document ou une image). Les ressources dans des systèmes de REST basés sur le Web sont identifiées par des Identifiants de Ressource Universels (des URI), Les architectures de style REST regroupent les clients et les serveurs, Les clients amorcent des demandes aux serveurs; les serveurs traitent ces demandes et rendent les réponses appropriées. Les ressources sont accessibles par des clients utilisant des méthodes

comme OBTIENNENT, METTENT, POSTENT et SUPPRIMENT du Protocole de Transfert d'Hypertexte (le HTTP). Les ressources eux-mêmes sont conceptuellement séparées des représentations qui sont rendues au client. Par exemple, le serveur n'envoie pas sa base de données, mais plutôt peut-être, Hyper Text Markup Language (le HTML), la Langue de Majoration Extensible (XML) ou la Notation d'Objet de Javascript (JSON) qui représente quelques rapports de base de données selon les détails de la demande et la mise en œuvre du serveur. [32]

2.8 Les divers scénarios d'application d'Iot :

L'utilisation d'Iot sera profitable à tout le monde mais améliorera considérablement l'existence des personnes ayant des handicaps, nous nous sommes penchés la dessus afin de sensibiliser et montrer l'importance d'Iot pour l'humanité mais en particulier pour les personnes nécessiteuses comme le montrent les différents exemples.

2.8.1 Iot dans les supermarchés :

Dans ce scénario les malvoyants pourront faire leurs achats sans intervention ni assistance, dans ce cas-là ils seront parfaitement autonomes comme indiqué dans la figure 5, le système RFID du magasin utilise le logiciel pour guider les malvoyants dans leurs achats, le supermarché est divisé en cellule contenant des cellules de passage et des étagères, l'étiquette IDs placé dans une cellule dresse les informations de navigation, comme le type d'une cellule donnée et le type de cellule voisine. La station de contrôle (le Smartphone) maintient une connexion Bluetooth avec le lecteur RFID (la canne intelligente) de l'utilisateur pour vérifier sa position utilisant n'importe quand la cartographie d'IDs, la synthèse vocale et le module de reconnaissance de la station de contrôle (le Smartphone) permettent à la personne malvoyante de dire la section du supermarché où elle veut aller. Le parcours à suivre est obtenu invoquant des services Web par un WLAN connecté à Internet, comme pour les promenades des malvoyants le cheminement des directions d'une application android est reçu par le casque à écouteurs du Smartphone et joué comme des messages vocaux.

Les étiquettes RFID attachées aux produits du supermarché fournissent des données spécifiques au produit comme le nom, la description et le prix, le capteur permet aux étiquettes RFID de fournir des données essentielles comme la température ou des chocs pendant le transport, le lecteur d'étiquette (la canne intelligente) transmet à l'étiquette IDs puis à la station de contrôle mais en commençant par le serveur d'RFID. Les informations du produit sont dirigées de la base de données RFID à la station de contrôle et jouées comme des messages vocaux. Des caractéristiques de produit supplémentaires peuvent être inclus comme la composition alimentaire, la consommation calorique et des données spécifiques liées au profil de l'utilisateur comme des allergies alimentaires et des intolérances. Les avis des consommateurs sur le produit et la comparaison des prix avec des semblables peuvent être obtenus utilisant des réseaux sociaux.

Le paiement automatique peut aussi être exécuté en utilisant la technologie RFID. Un scanner lit tous les articles dans le chariot immédiatement, les totalise et facture le compte du client en ajustant le stock. Les cartes de crédit RFID utilisent une fréquence radio pour transmettre des données financières personnelles. [22]

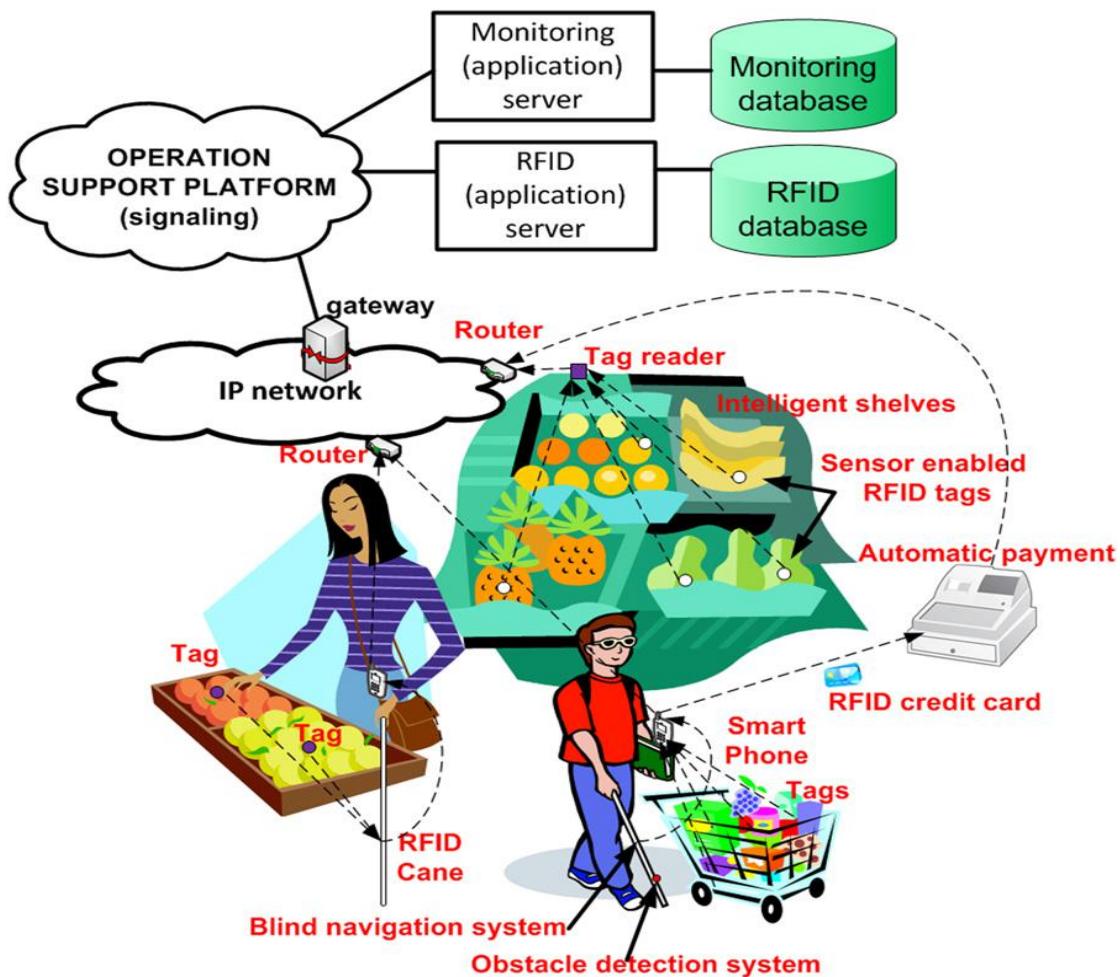


Figure 2-5 : fonctionnement d'Iot appliqué dans un supermarché

2.8.2 Iot appliqué dans une maternelle :

Les auteurs dans Hengeveld et al montrent la grande valeur ajoutée de concevoir des jeux interactifs et intelligents pour des bambins (d'un an et demi à quatre ans) qui ont des handicaps multiples et stimuler leur langue et leurs capacités de communication, ces jeux interactif incluent la technologie RFID afin d'identifier différents objets (par exemple un jouet en forme d'un mouton). D'autre part, des jouets RFID-ÉTIQUETÉS sont utilisés pour aider des enfants sourds âgés de trois à quatre ans à apprendre à utiliser le langage des signes. Le logiciel développé permet à un enfant d'utiliser un lecteur RFID pour parcourir l'étiquette d'un article, capturer un numéro d'identification unique et l'envoyer au logiciel de l'ordinateur via la connexion USB. Une animation est lancée, qui inclut les vidéos d'une personne et d'un avatar signant cet article (dans le Langage des signes) aussi bien que plusieurs images de l'article pour familiariser l'enfant avec les nombreuses versions de l'objet.

Les auteurs dans Parton et al, ont conclu que le bas prix des étiquettes RFID était plus approprié que le lecteur de code barre / étiquettes pour cet arrangement éducatif (testé avec

des étudiants k-6 dans l'école primaire), puisque 99 % des étudiants ont pu lancer les animations avec succès avec le lecteur/étiquette RFID et seulement 26 % avec le lecteur code barre /'étiquette. En outre, le succès a été obtenu avec la technologie RFID immédiatement (1-15 s pour un scan avec succès) à 96 % des animations lancées. Actuellement, les informations concernant les objets étiquetés sont stockées sur un ordinateur. Cependant, l'application pourrait être gérée plus efficacement en utilisant un serveur de RFID et une base de données; les vidéos multimédia pourraient aussi être stockées et téléchargées par un serveur d'application. Il a été suggéré aussi que plus qu'un objet puisse être parcouru en même temps par le lecteur d'étiquette pour établir des associations entre les différents objets et leurs noms. . Dans ce cas, une nouvelle vidéo multimédia serait lancée signant et incluant les exemples des objets en tout. De plus, les étiquettes de micro puce seule pourraient être attachées au même objet (la grille RFID) Par exemple, une poupée avec des étiquettes attachées aux différentes parties du corps pourrait être parcourue par le lecteur pour lancer différentes vidéos instructives. De cette façon, les enfants pourraient apprendre à identifier les différentes parties du corps de la poupée.

De plus, les enfants avec des déficiences visuelles peuvent localiser des livres spécifiques utilisant la technologie RFID et 'les lire' utilisant le module de synthèse vocale d'une station de contrôle (voir l'image 6). Dans Parton et Hancock, la recherche en cours sur l'utilisation de livres d'histoires incorporés d'RFID sur des enfants sourds est présentée. Les vidéos dépeignant une histoire dans le langage des signes sont lancées dans un ordinateur à chaque fois que les enfants sourds parcourent les étiquettes des pages du livre. L'étude conduite avec un prototype était très réussie et les deux professeurs et les élèves sourds ont montré des réactions très positives. [23]

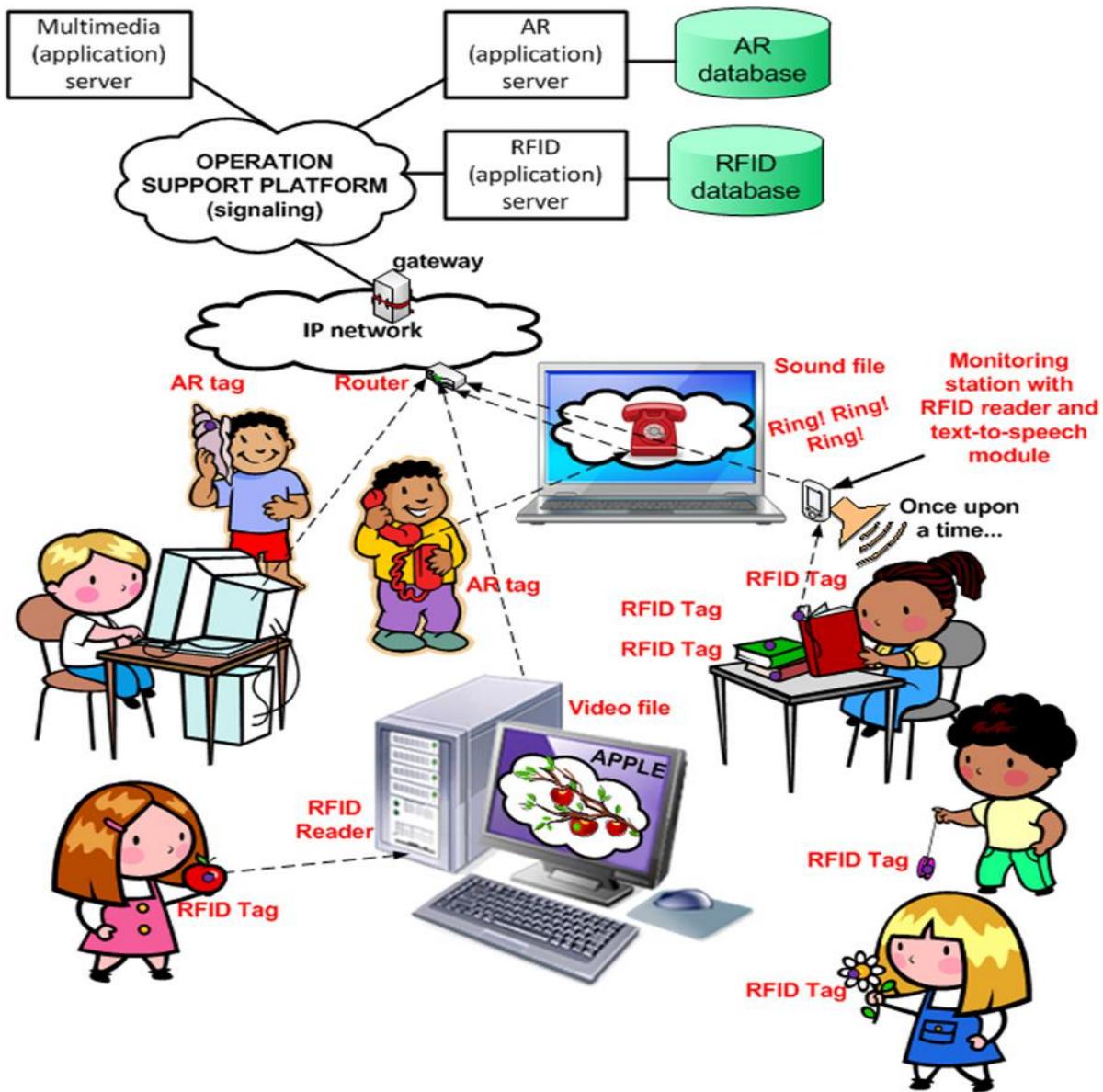


Figure 2-8 . Le scenario à venir

2.8.3 La maison connectée :

La maison intelligente intègre les technologies et les services par la gestion de réseau domestique pour une meilleure qualité de vie et cela par l'automatisation et le contrôle de l'environnement domestique utilisant des dispositifs multiples comme l'équipement de cuisine automatique, la lumière et des contrôleurs de porte, des contrôleurs intérieurs de température, des contrôleurs de température d'eau et des dispositifs de sécurité domestiques.

Ces dispositifs domestiques pour l'automatisation et le contrôle sont formés par des capteurs et des déclencheurs incorporés dans des appareils domestiques ou des meubles. Les capteurs contrôlent les conditions environnementales, traitent des informations rassemblées et coopèrent avec d'autres unités par un réseau sans fil. Les informations rassemblées sont alors traitées par un serveur pour fournir des services appropriés à l'utilisateur.

L'intégration des RFID dans l'environnement domestique intelligent est aussi un élément essentiel pour des buts d'identification, chez Darian et Michael ils ont proposé une architecture d'RFID appelé esclave-maitre. Les lecteurs esclaves sont intégré dans les appareils domestiques communiquant avec des lecteurs mobiles (la station de contrôle) et un lecteur maître, qui à son tour est connecté à un serveur domestique intelligent, différents

lecteurs maîtres peuvent communiquer les uns avec les autres et avec les lecteurs mobiles, ce système est appliqué au contrôle du lavage domestique comme le montre la figure 7.

Les étiquettes RFID attachées aux vêtements contiennent des informations sur la couleur, la matière et le programme approprié de lavage. Si la quantité de vêtements sales détectés par un lecteur RFID atteint un seuil, une alarme est automatiquement envoyée et un programme conscient d'énergie de lavage est suggéré. Le lecteur vérifie aussi la compatibilité entre les vêtements quand la machine à laver est chargée. Les vêtements sales partis pour le lavage suivant sont aussi contrôlés à l'aide du serveur domestique intelligent et une base de données. D'autres applications domestiques intelligentes combinent des services Internet avec l'identification RFID. Les lecteurs esclaves dans le réfrigérateur et les étagères communiquent à un lecteur maître dans la cuisine pour suggérer de faire cuire des recettes basées sur la préférence du résident et ses états de santé (des allergies alimentaires ou cholestérol), invoquant des services Web qui fournissent la recherche de recette et le téléchargement. Le serveur domestique intelligent et la base de données peuvent aussi enregistrer la liste d'aliments nécessaires et les aliments déjà disponibles, les comparer et dresser une liste des courses automatiquement. [26]

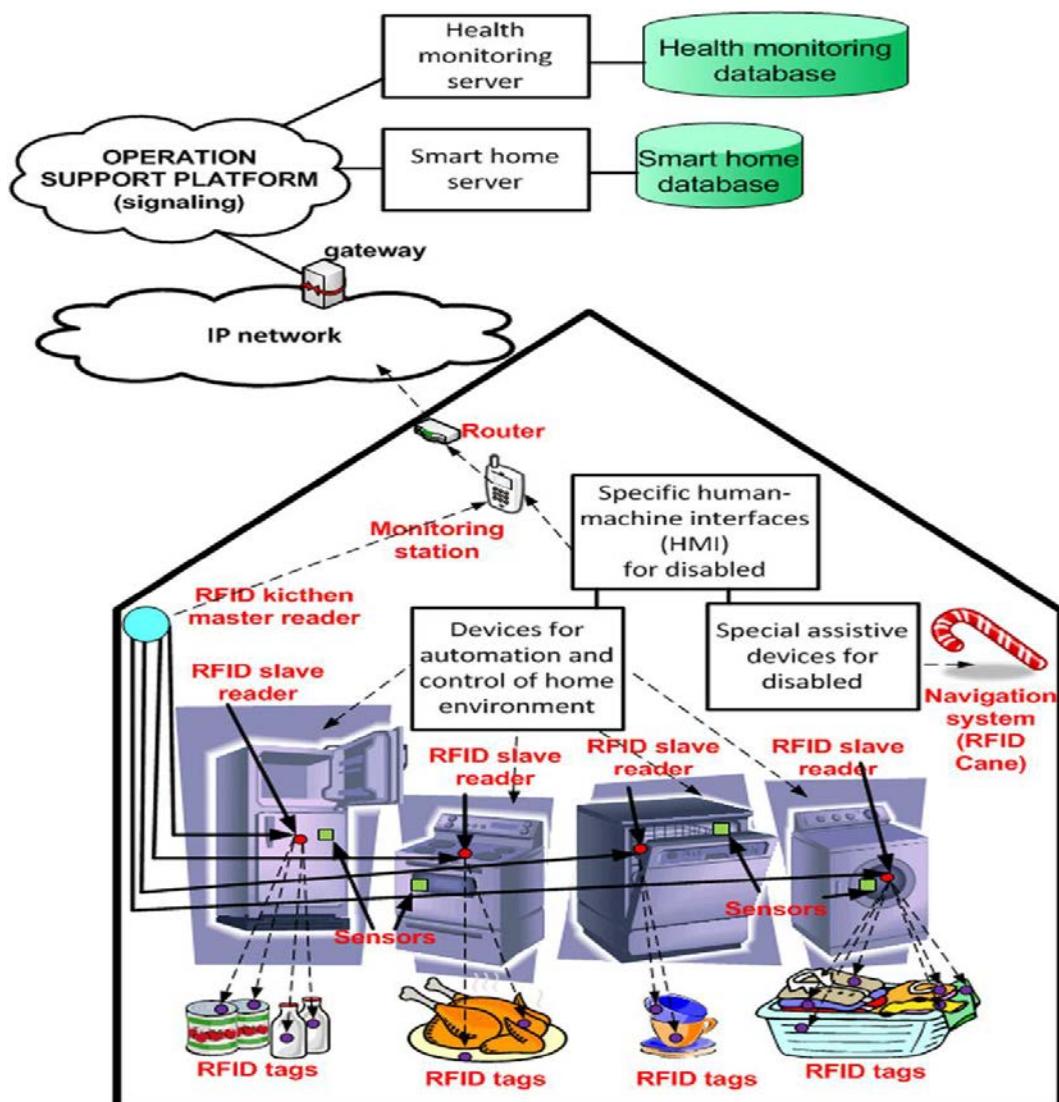


Figure 2-7 : fonctionnement de la maison intelligente

2.8.4 L'hôpital intelligent :

La technologie d'identification par radio fréquence se développe de jour en jour et les services médicaux sont prévus pour être un de ces secteurs en expansion majeurs, l'utilisation d'RFID favorise la construction d'hôpitaux intelligents et cela dans le but d'optimiser les processus commerciaux, réduire les erreurs, améliorer la sécurité des patients et augmenter la qualité de service.

Dans un hôpital, il y a un certain nombre d'actifs et d'acteurs qui doivent être munis d'étiquette RFID :

- L'équipe médical devrait être renforcée par l'installation d'étiquette RFID, dans le meilleur des cas les étiquettes devrait être placées dans les dispositifs par le fabricant et avoir un identifiant unique standard.
- Les docteurs, infirmiers, personnel soignant et tout le staff devraient avoir un « badge intelligent » qui stockerait leur numéro d'identifiant d'employé ID.
- A l'arrivée chaque patient devra être muni d'un bracelet avec une étiquette RFID incorporée stockant un identifiant unique et quelques informations le concernant (par exemple une image numérique, un code patient unique).
- Les antécédents médicaux de tous les patients et d'autres documents importants sont munis d'étiquettes RFID auto-adhésifs contenant un nombre unique.
- Les poches de sang elles aussi seront équipées d'étiquettes RFID, ainsi l'hôpital pourra suivre à la trace la quantité et les informations importantes concernant les types de sang disponible dans la banque de sang.

De plus les lecteurs RFID seront placés à des endroits stratégiques de l'hôpital :

- En premiers lieu ils seront disposés dans les entrées et sorties de l'hôpital
- Chaque bloc opératoire contient au moins un lecteur RFID
- Les capteurs RFID seront placés dans des galeries stratégiques et des bureaux importants, dans le meilleur cas chaque office devrait contenir un lecteur RFID placé à côté de la porte ou sous les bureaux.
- Tous les employés (docteurs, infirmiers, personnels soignant...) devraient avoir un ordinateur de poche (PDA, téléphone portable) équipé d'un lecteur RFID et sans fil (exemple WIFI) connecté au web.[27]

2.8.4.1 Le problème d'identification des patients :

Beaucoup de professionnels de santé sont concernés sur le nombre croissant de patients qui ne sont pas identifiés avant, pendant ou après le traitement médical car les erreurs d'identification de patients peuvent engendrer un mauvais dosage de médicament mais aussi induire le laboratoire en erreur et avoir des résultats d'analyse erronés qui peuvent ne pas appartenir au bon patient.

Afin d'éviter ces erreurs cliniques, améliorer les soins administrés aux patients et leur sécurité mais aussi améliorer la productivité, des projets ont été lancés basé sur la technologie d'identification RFID par exemple dans le centre médical Jacobi de New York, à l'hôpital Birmingham, et la clinique allemande Saarbrücken.

Comme mentionné avant , chaque patient admis à l'hôpital devra être muni d'un bracelet équipé d'RFID ressemblant un une montre avec une puce RFID passive, cette puce stocke un numéro d'identification unique liée au patient et quelques informations médicales le concernant comme le groupe sanguin afin d'accélérer le traitement en cas d'urgence, afin de protéger la vie privée des patients et éviter que le dossier médical soit divulgué par erreur, ces données ne seront pas stockées sur le dispositif mais dans une base de données sécurisée qui lie L'ID du patient avec ces données. Les personnes donnant des soins utilisent un ordinateur de poche avec un interrogateur RFID pour lire les données codées sur le bracelet ID du patient, sur une connexion locale sans fil. Les employées de l'hôpital peuvent avoir accès au dossier médical du patient mais aussi le traitement à administrer et les différents dosages.

L'identification des patients et le système de suivi sont particulièrement utiles pour les patients souffrant de maladie d'Alzheimer, diabète, maladie cardiovasculaire et dans d'autres conditions où un traitement complexe est exigé.

2.8.4.2 La traçabilité du sang :

Les rapports récents montrent que des erreurs de transfusion sont commises comme par exemple du sang donné au mauvais patient et malheureusement ces erreurs sont inadmissiblement fréquentes et sérieuses. Une identification erronée des patients est la principale cause des erreurs de transfusion qui dans le pire des cas engendre la mort.

De plus on donne le sang le plus souvent dans des situations d'urgence et les patients sont inconscients pendant la transfusion et ne peuvent pas exposer leur nom et le personnel soignant dans les salles d'opération ne peut pas connaître le patient aussi bien que les infirmières. Pour remédier au problème de transfusion il faudra profiter des nouvelles technologies et en tirer le meilleur, deux technologies sont recensées : la technologie du code barre et RFID. Les codes-barres sont peu convenables car ils exigent un lecteur avec un laser pouvant lire la surface avec le code, cette contrainte représente un obstacle important particulièrement dans les salles d'opération où le patient est couvert de tentures chirurgicales contrairement à la technologie RFID qui ne rencontre pas ces problèmes, récemment plusieurs hôpitaux en Amérique ont déployé des programmes pilotes utilisant cette technologie afin de suivre à la trace les poches de sang.

Donc chaque hôpital intelligent devra munir tous les sacs de sang d'étiquettes RFID pouvant stocker un numéro d'identification unique et des informations sur le groupe sanguin, ces numéros sont stockés dans une base de données sécurisées contenant des détails sur l'origine du sang, à quoi va-t-il servir et quel est son destinataire, quand une infirmière veut préparer une transfusion sanguine elle utilise son lecteur PDA pour lire les données codées sur la puce RFID posée sur la poche de sang et sur le bracelet ID du patient, les données du patient et de la poche de sang doivent correspondre avant de démarrer la transfusion. Avec cette solution gérer la banque de sang devient plus facile et il y a moins de perte de temps, de plus le risque que les patients reçoivent le mauvais sang est minimisé.

2.8.4.3 Les blocs opératoires intelligents :

Selon la commission commune sur l'accréditation de l'organisation de santé (JCAHO) les erreurs chirurgicales les plus rapportées sont la chirurgie appliquée sur la mauvaise partie du corps ou bien le mauvais patient ou la mauvaise procédure chirurgicale.

Le centre hospitalier de Birmingham est actuellement en train de piloter la technologie RFID sur les patients subissant des chirurgies au niveau du nez, de l'oreille ou de la gorge, le but est de s'assurer que les opérations sont correctement faites et sur les bons patients.

A l'hôpital intelligent les patients sont munis de bracelet équipé de puces RFID contenant des informations pertinentes et une image numérique, la photographie permet à l'équipe clinique de s'assurer qu'ils ont le bon patient et le rapport électronique assure qu'ils exécutent la procédure correctement

Ainsi l'identification par radio fréquence rend le bloc opératoire plus sûr et plus efficient de plus les risques résultant d'erreurs de chirurgie et les couts qu'ils induisent devraient être réduits.

2.8.4.4 Le tracking des équipements, des patients, des employées et des documents :

Parmi tous les cas d'utilisation inimaginable, RFID est certainement la mieux adapté pour les applications de « tracking », cette technologie permet d'automatiser et de tracer des objets, des animaux ou des personnes, le tracking efficient offre à l'hôpital un large horizon de perspective.

Tout d'abord il faut que l'hôpital intelligent soit équipé de lecteurs RFID placés aux endroits stratégique : portes principales, les entrées de blocs opératoires, salle de réveil, la sortie des archives médicaux...etc. De plus le travail de groupe associé au système de tracking, il est possible de localiser tous les documents possibles et essentiels en temps voulu et cela permet aussi de réduire les pertes de dossiers et les pertes d'argent comme par exemple l'économie de 2500 heure-homme/ an pour représentant du ministère publique pour Marin County (aux USA)

En outre l'utilisation du système d'identification permet de localiser aussi bien les membres de l'hôpital que les patients et en temps réel surtout dans les grands centres hospitaliers. De plus être capable de tracer tous les équipements permet d'avoir un inventaire de stock précis et efficient mais aussi un emplacement optimal du matériel et une localisation rapide et efficace

2.9 L'Iot est un moyen de différenciation par l'efficacité opérationnelle :

L'Iot est source de gains de productivité et d'efficacités opérationnelles pour les entreprises.
[28]

2.9.1 Dans le monde industriel :

L'Iot permet l'émergence de l'industrie 4.0. Cet univers de systèmes cyber-physique met en relation des objets et les fait interagir sans intervention humaine. Son objectif peut être par exemple l'optimisation des réseaux d'infrastructures ou le déplacement autonome, avec l'aide d'une nouvelle génération de logiciels et de robots, tels que les assistants robotiques de Kiva

systèmes, il est possible d'optimiser des lignes de production de véhicules le temps de production d'une voiture personnalisée diminue de 40% et la consommation d'énergie est réduite de 10%.

2.9.2 Dans la distribution :

l'Iot est un instrument d'optimisation des étapes de stockage et de transport comme par exemple Amazon dont l'activité dépend d'une chaîne d'approvisionnement performante et fiable, utilise près de 15000 robots intelligents pour rendre le processus de picking plus rapide et efficace. Ces robots, connectés au système central de commandes et capables de naviguer au sein de l'entrepôt grâce à des codes RFID, réduisent le coût de picking de 20% à 40%. On estime qu'Amazon économise ainsi de \$ 500 à \$ 900 millions par an.

2.9.3 Dans la logistique :

l'IoT crée de nouvelles solutions de gestion de flotte. Les services de Masternaut, par exemple, permettent à ses clients d'avoir une visibilité en temps réel de leur flotte (position, productivité, utilisation des véhicules, géo-repérage) et des biens transportés (température au sein des compartiments). Ces solutions aident les clients de Masternaut à optimiser leurs coûts et à réduire la facture de carburant de 25%.

2.9.4 Dans le secteur de l'énergie et de l'eau :

Les solutions IoT de suivi et de contrôle d'infrastructure à distance aident les fournisseurs tels que Veolia ou Thames Water à économiser des millions et à mieux garantir la qualité des ressources qu'ils gèrent. Par exemple, la start-up Red Bird utilise des drones pour évaluer l'état de l'infrastructure en temps réel et identifier les anomalies pouvant causer de futurs incidents. Ses services permettent à ses clients, tels que GDF Suez, de mettre en place une maintenance préventive et de réduire le coût des interventions techniques.

Se concentrer uniquement sur les gains d'efficacité et la réduction des coûts est néanmoins trop réducteur : l'IoT est avant tout une source d'innovation, une nouvelle manière de penser son activité, une opportunité pour se différencier et prendre une longueur d'avance sur ses concurrents. L'IoT est également la seule option capable d'écartier le risque de désintermédiation.

2.10 L'Iot favorise six « patterns » de services :

Ces patterns amènent les acteurs à sortir de leur zone de confort et de leur position initiale.



Figure 2-8 : Six patterns de services accélérés par IoT [29]

2.10.1 Renforcer la valeur du produit existant :

Offrir à leurs clients une expérience supérieure à celle de leurs concurrents, tel est l'objectif d'entreprises comme Bouygues, SEB, Babolat et Terraillon. Ces groupes intègrent d'ores et déjà des technologies IoT dans leurs produits. Ainsi au-delà de fournir des raquettes de tennis à Rafael Nadal et aux meilleurs joueurs mondiaux, Babolat équipe ses raquettes de capteurs pour analyser le jeu et chercher des moyens pour améliorer la technique. Terraillon quant à lui utilise sa balance connectée en tant que plateforme pour offrir un service de coaching en ligne et accompagner ses clients dans leur effort de vivre de façon plus active. Encore nouveau, ce type de renforcement de la valeur produit risque cependant de devenir rapidement la norme...

2.10.2 Offrir aux clients de nouveaux services innovants :

Qu'il s'agisse d'approfondir et d'améliorer un service existant ou d'en proposer un nouveau, l'IoT étend le portefeuille de services qu'assureurs, distributeurs et fabricants d'équipement offrent à leurs clients. Dans le domaine de l'assurance construction, l'intégration de capteurs dans le béton permet déjà le développement de solutions inédites – la défaillance des objets connectés, et en particulier la responsabilité civile, présente un potentiel considérable de nouveaux services. L'IoT va permettre le développement de nouveaux services d'assistance par les assureurs ou les opérateurs de télécommunications.

Enfin, les besoins accusés de cyber-sécurité vont générer le développement de services adaptés. Grâce à leur maîtrise du hub de la maison connectée, les opérateurs de télécommunications pourront étendre leurs services au-delà de la connectivité. Le Homelive d'Orange et le Smart Home Monitoring du canadien Rogers sont des solutions intégrées de sécurité, confort et

domotique. Elles permettent de contrôler à distance alarmes, portes et lumières. De tels services feront partie intégrante de l'offre de la maison connectée des opérateurs de demain. Ces derniers deviendront gestionnaires de l'expérience client à l'intérieur du foyer et développeront des relations plus engageantes avec leurs clients, ouvrant d'autant plus d'opportunités de services additionnels.

2.10.3 Evoluer d'une offre de produit aux services et solutions :

Dans le domaine industriel, par exemple, des fabricants d'équipement tels que Thyssen Krupp offrent à leurs clients des services de maintenance prédictive via la collecte et l'analyse de données. Ces services qui complémentent le produit « physique » traditionnel (ascenseur dans ce cas) permettent de réduire le risque opérationnel (jusqu'à 70% de moins d'incidents techniques) et d'introduire plus de prédictibilité dans la planification des opérations.

2.10.4 Elargir le concept « Product As A Service » (PAAS) :

Savoir collecter les données d'usage d'un produit permet de proposer aux clients de payer pour les produits selon l'usage qu'ils en font plutôt que de les acheter. C'est l'avènement d'une économie à zéro coût marginal (zero marginal cost economy) où seul l'usage du produit est pertinent, pas l'acquisition et la possession. Des fabricants d'équipement, notamment d'électroménager, réfléchissent déjà à l'introduction d'une tarification à l'usage. L'IoT accélère le mouvement vers un monde où le particulier paie sa machine à laver au lavage, et la compagnie aérienne ses moteurs au nombre de vols ou de kilomètres parcourus. Cet usage devient de plus en plus hybride : ce n'est par exemple plus la voiture qui est assurée, mais l'usage d'un mode de transport.

2.10.5 Proposer des services sans objets :

La prolifération des standards de communication IoT crée un problème d'interopérabilité. Par exemple, le détecteur de mouvement d'une marque pourrait ne pas communiquer avec l'alarme d'une autre. D'où l'émergence de nouveaux services sans objets, dont des plateformes telles que Wink font partie. Wink permet à ses clients de rendre leur maison réellement connectée et interactive.

2.10.6 Offrir un service personnalisable à l'infini :

Le service IFTTT (If This Then That) va encore plus loin. Il permet de créer des paires action/réaction qui ouvrent la porte à des centaines d'applications. Ainsi, dès que votre détecteur Nest Protect signale un niveau de monoxyde de carbone élevé, une notification Android vous est envoyée et vos voisins sont prévenus par SMS.

En synthèse, l'IoT ouvre avant tout la porte à l'accélération de la transition du produit vers le service, et crée de nouvelles opportunités pour des entreprises mondiales telles que GE, Schneider Electric ou Philips.

2.11 Les difficultés et les obstacles qui freinent l'Iot :

Plusieurs obstacles pourraient toutefois ralentir la progression de l'IoT, notamment le déploiement du protocole IPv6, l'alimentation des capteurs et la définition de normes.

Le déploiement du protocole IPv6. Nous avons atteint le nombre maximal d'adresses IPv4 en février 2010. Si cela n'a pas eu d'incidence visible pour le grand public, le développement de l'IoT pourrait s'en trouver ralenti, puisque chacun des milliards de nouveaux capteurs potentiels devra avoir sa propre adresse IP. En outre, le protocole IPv6 facilite la gestion des réseaux grâce à des fonctions de configuration automatiques, et propose des fonctions de sécurité améliorées.

L'alimentation des capteurs. Pour que l'IoT puisse dévoiler tout son potentiel, les capteurs devront être autosuffisants. Imaginez qu'il faille changer les piles de milliards d'appareils déployés aux quatre coins de la planète et même dans l'espace. Cela serait évidemment impossible. Nous devons donc trouver un moyen de générer de l'électricité en puisant dans l'environnement, par exemple en utilisant les vibrations, la lumière et les courants d'air. La 241e foire-exposition de l'American Chemical Society (société américaine de chimie) de mars 2011 a été marquée par une avancée significative : des scientifiques ont annoncé la création d'un nanogénérateur viable sur le plan commercial. Il s'agit d'une puce flexible capable de générer de l'électricité à partir de mouvements corporels tels qu'un pincement de doigt.

Et concernant les normes, d'énormes progrès ont déjà été accomplis dans le domaine des normes, mais le chemin à parcourir est encore long, notamment dans les domaines de la sécurité, de la confidentialité, de l'architecture et des communications. Tout comme l'IEEE, de nombreux organismes s'efforcent de relever ces défis en s'assurant que les paquets IPv6 peuvent être acheminés sur différents types de réseau.

Enfin, les obstacles et les défis ne sont pas insurmontables. Vu les bénéfices que promet l'IoT, il sera possible de trouver les moyens de résoudre ces problèmes. Ce n'est qu'une question de temps.[23]

2.12 Conclusion :

L'Iot incarne la prochaine évolution de l'internet, sachant que l'être humain progresse et évolue en transformant les données en informations, en connaissance et en savoir, l'Iot a le potentiel d'améliorer le monde tel que nous le connaissons mais la rapidité à laquelle nous y parviendrons ne dépend que de nous, d'un autre côté elle a contribué à améliorer la traçabilité mais il existe d'autres moyens aussi révolutionnaire comme la technologie du geofencing qui représente un nouvel axe d'amélioration pour la traçabilité.

3 Chapitre 3 : Geofencing

3.1 Introduction :

Historiquement, depuis le début XXème siècle, les progrès scientifiques et technologiques, qui ont tant concouru à améliorer la qualité de vie, ont dans le même temps intensifié les risques qu'ils pouvaient faire peser. L'ère de la révolution industrielle à attirer l'attention sur l'intérêt de maîtriser ces risques et du moins diminuer leur impact, pour cela les entreprises n'ont pas résilié sur les méthodes à utiliser. Tout d'abord ils se sont penchés sur la traçabilité pour garantir la qualité de leur produits, ensuite ils se sont tournés vers l'internet des objets et la technologie RFID qui viennent solidifier le système de traçabilité et ouvre des champs d'horizon encore plus vaste et toujours dans une optique d'efficacité et d'amélioration continue les entreprises investissent dans un nouveau concept qui est le geofencing (en français Ge repérage) car dans une entreprise le transport de marchandise représente la plus grande part des coûts logistiques donc il est essentiel d'investir dans le tracking et le tracing des systèmes afin d'améliorer les services, réduire les couts et assurer la sécurité de transport de marchandises. En dehors des aspects de sécurité et de couts cette technologie a divers applications de différentes ordres comme la surveillance de véhicules, d'animaux ou même d'enfants, mais aussi des applications marketing permettant de déclencher l'envoi automatique de contenus riches et interactifs directement sur le mobile des consommateurs. [30]

Dans le processus d'amélioration continue, l'étape essentielle consiste à trouver des solutions adaptées, innovante et flexible satisfaisant un certain nombre de caractéristique et réduisant au maximum les accidents technologique et leurs conséquences sur la productivité des entreprises. Aujourd'hui, notre monde est donc globalement plus risqué, que ce soit à cause de la nature et de la diversité des évènements dangereux qui peuvent survenir, que d'une meilleure connaissance des phénomènes qui, entraînant une plus grande sensibilisation, induit aussi un niveau d'acceptation du risque plus faible, tant au niveau du tout à chacun que de la réglementation et c'est dans le but de satisfaire le plus grand nombre et de répondre aux divers exigences que ces nouvelles méthodes ont été créées et sont de plus en plus utilisées et dans divers secteurs.

3.2 La géolocalisation et ses différentes techniques :

3.2.1 Origine et histoire de la géolocalisation :

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, les technologies de géolocalisation ne sont pas récentes. En effet, depuis la préhistoire, se situer dans l'espace et savoir prendre des points de repère pour trouver son chemin et le communiquer à d'autres fait partie de l'apprentissage de base de l'Homme. Ce sont les vecteurs par lesquels la localisation s'effectue qui ont évolué au fil du temps en fonction des verrous technologiques qui ont progressivement été débloqués.

A la base, on trouve ce besoin humain de se situer dans l'espace et de communiquer sa position aux autres. Le premier verrou a donc été de trouver un même langage et un support

pour exprimer le message. Ainsi, les hommes préhistoriques utilisèrent des traces sur le sol, puis progressivement des éléments naturels taillés pour indiquer leurs routes.

L'humanité s'agrandissant, il fallut trouver un moyen de communiquer à grande échelle et de façon simple. Par exemple, les Egyptiens construisirent des obélisques pour former un système de signalisation permettant de guider les masses vers les lieux importants.

Ensuite, pour des besoins administratifs et politiques, il devint important de situer les principales villes et les caractéristiques géographiques d'une région de façon permanente sans avoir à se déplacer, afin de pouvoir gérer ses ressources et sa population. On commença alors à faire des relevés afin de produire des cartes plus ou moins précises.

La première utilité des cartes était juridique : en Egypte, les cartes dessinées sur les papyrus servaient par exemple à reconstituer les limites des champs après la crue du Nil. Les Egyptiens furent également les précurseurs du « géomarketing » en calculant où il fallait implanter les silos à grain pour satisfaire le peuple et où devaient être construites les pyramides pour qu'elles puissent être visibles depuis un horizon lointain.

Une fois son environnement maîtrisé, l'Homme voulut découvrir ce qui se cachait de par le monde. Il lui fallut donc trouver un moyen de se situer sans avoir forcément de points de repère (notamment en mer). Le second verrou technologique majeur fut donc de trouver un point de repère fixe n'importe où sur Terre et comment exploiter ce point.

Très tôt, la constatation du magnétisme terrestre permit l'invention de la boussole, qui couplée avec le loch à bateau, instrument de calcul de la vitesse en mer, entraîna l'émergence de la navigation à l'estime.

Les Grecs choisirent d'utiliser les astres (Soleil, étoiles, Lune) pour se repérer. En effet, ils avaient trouvé comment déterminer à l'avance le mouvement des astres. Ainsi la disposition de ces derniers dans le ciel, leur donnait de bonnes indications sur la position de l'observateur. À ces fins, fut inventé l'astrolabe par Hipparche entre -190 et -120. Cet instrument équipé de plateaux servait initialement aux observations astrologiques et astronomiques, mais permettait également de se repérer en zone inconnue en regardant le ciel étoilé.

Il fut très vite détrôné par l'octant et le sextant qui mesurent la hauteur d'un astre au-dessus de l'horizon, servant ainsi à connaître sa latitude et donc sa position approximative sur la Terre. Grâce à ces instruments, l'Homme put explorer les mers et contrées lointaines et compléter ses cartes.

Ce n'est que bien plus tard, avec l'invention du chronomètre en 1734 permettant de déterminer la longitude issue de la mesure du temps, qu'il posa un formalisme scientifique à la géolocalisation en s'accordant pour découper le monde en portions repérées par leurs latitudes et longitudes et en prenant comme origine le méridien de Greenwich encore utilisé aujourd'hui pour les fuseaux horaires. On savait maintenant comment se localiser précisément partout sur le Globe. On aurait pu penser que l'Homme en resterait là ...

Cependant, un nouveau challenge nous attendait un peu plus loin dans l’Histoire. Avec l’avènement des guerres de plus en plus sophistiquées, il devint important à partir du 19e siècle de connaître la position d’objets mouvants, que ce soient des troupes, des équipements ou des personnes en particulier et ceci en temps réel. Or jusqu’ici, on savait comment situer des points fixes et on pouvait envoyer des éclaireurs qui donneraient la position de ces objets sur la carte, mais on ne connaissait ni précisément, ni continument l’emplacement d’un objet en mouvement. Voici donc le point de départ de la réflexion qui allait donner naissance à la géolocalisation moderne.

Il fallut attendre la première moitié du XXe siècle et le développement des ondes radios pour que les choses avancent. En effet, une nouvelle technologie, la radiogoniométrie, venait d’être découverte qui permet de mesurer la direction d’arrivée d’une onde électromagnétique. Ainsi émergea la radionavigation qui, en mesurant la direction d’arrivée de deux ondes produites par des radiophares (situés en des lieux connus) et par la technique de triangulation maîtrisée depuis 1533 (clairement énoncée dans un ouvrage de Gemma Frison), permet aux navigateurs de calculer une position probable de leur bateau.

A partir de la Seconde Guerre Mondiale, de grands systèmes terrestres de radionavigation furent mis en place, comme le DECCA développé par les alliés pour permettre des débarquements précis, le LORAN ou encore l’Oméga, développé puis utilisé par les USA et six autres pays partenaires, qui fut le premier système de radionavigation aérienne et maritime véritablement universel.

Dans le même temps, la découverte des antennes à cadres directionnels et des ondes électromagnétiques entraîna la découverte des techniques de localisation par différence de temps observée (EOTD), aujourd’hui utilisée dans le cadre de la géolocalisation par GSM. Le premier de ces systèmes fut proposé par la Raytheon Corporation en réponse à un appel d’offre de l’Air Force pour un système de guidage. C’est le vice-président de l’ingénierie et de la recherche de cette même entreprise, le Dr Ivan Getting qui proposa par la suite d’étudier l’usage de satellites comme base d’un système de navigation pour des véhicules se déplaçant rapidement dans les trois dimensions. Quand le Dr Getting quitta Raytheon en 1960, la technique qu’il avait proposée était parmi les formes les plus avancées au monde en termes de navigation.

Cela posa les premières bases de la future création du Global Positioning System (aussi appelé GPS).

On en arrive donc à la forme de géolocalisation la plus connue du grand public actuellement : le GPS avec le premier système de positionnement par satellites nommé TRANSIT. Développée en 1958 pour la marine des USA et utilisé pour la première fois en 1964, son utilisation devint civile en 1967. Depuis ce temps, la précision est passée de 1 km à seulement quelques centimètres actuellement grâce aux améliorations apportées aux instruments de mesure embarqués.

Dans les années 90, l’avènement des réseaux de téléphonie mobile permit de mettre au point un nouveau type de géolocalisation, dit par GSM. Une personne munie d’un téléphone

portable allumé pouvait désormais être située dans toutes les zones couvertes par le réseau. Enfin, avec le boom de l'informatique des années 2000, il est devenu également possible de localiser une personne sur Internet grâce à son adresse IP. En effet, à partir du début des années 90, il était possible grâce à l'IANA (Internet Assigned Numbers Authority) de faire la correspondance entre une adresse IP et une zone géographique plus ou moins précise. Plus récente encore et découlant également de la technologie Internet, il est possible depuis 99 et la découverte de la technologie WIFI de localiser une personne connectée à une borne grâce à son adresse MAC. Voici donc l'histoire de la géolocalisation à travers les âges. [30]

3.2.2 Définition de la géolocalisation :

La géolocalisation est une technologie avancée qui permet de collecter des informations permettant de localiser un objet ou une personne sur une carte, à l'aide de coordonnées géographiques. Ce concept a vu le jour en Amérique en 1993. Créée pour les besoins de l'armée Américaine, la géolocalisation a tout d'abord servi à localiser les objets et les personnes. L'utilisation de la géolocalisation s'est modernisée depuis quelques années.

Les possibilités en termes de géolocalisation ont connu un développement inouï au cours des dix dernières années révolutionnant ainsi de nombreux domaines. L'alliance des nouvelles technologies telles que les Smartphones, les tablettes numériques et les GPS (Global Positioning System) a su optimiser l'usage de la géolocalisation. C'est à présent un outil majeur de communication personnelle et professionnelle qui est très en vogue actuellement. [31]

3.2.3 Les différentes techniques de géolocalisation :

Les hommes ont toujours eu besoin de localiser les objets et de se situer dans l'environnement, pour répondre à cette nécessité plusieurs techniques ont été utilisées. [32]

3.2.3.1 La géolocalisation par satellite :

Également appelé localisation par GPS (Global Positionning System) permet la réception des informations calculées en fonction de la position géographique, il a été conçu par et pour le département de la défense des Etats-Unis et a été mis en service à partir de 1986.

Le système GPS est composé de trois parties distinctes: les satellites en orbites autour de la Terre, des stations de contrôle et les récepteurs à la disposition des utilisateurs.

3.2.3.1.1 La mesure de distance :

Globalement le système est basé sur la mesure de la distance entre le récepteur et le satellite en orbite. Pour cela le concept global: $\text{distance} = \text{temps} * \text{vitesse}$. La vitesse correspond à la célérité des ondes transmises, c'est à dire très proche de celle de la lumière = 300.000 m/s. donc lorsqu'un utilisateur souhaite se repérer, son récepteur GPS reçoit un signal émis par chaque satellite.

Le récepteur mesure la durée que met le signal électromagnétique émis par chaque satellite pour se propager jusqu'à lui afin de calculer la distance qui sépare le satellite de l'utilisateur.

Une bonne localisation du GPS repose sur une mesure ultra précise des durées de propagation du signal entre le GPS et les satellites. De ce fait, les satellites GPS qui sont actuellement

envoyés dans l'espace possèdent des horloges atomiques qui sont, aujourd'hui, les horloges les plus précises du monde.

Si les horloges des satellites et l'horloge du GPS de l'utilisateur sont parfaitement synchronisées, la précision du positionnement est meilleure. Cependant les horloges des récepteurs sont beaucoup moins précises ce qui conduira à l'utilisation d'un satellite supplémentaire.

3.2.3.1.2 La triangulation :

Avec un satellite, le récepteur peut être sur toute la sphère de centre, le satellite et de rayon d . Le deuxième satellite donne un cercle, le troisième définit deux points dont un seul est cohérent sachant que le récepteur se situe sur la surface de la Terre.

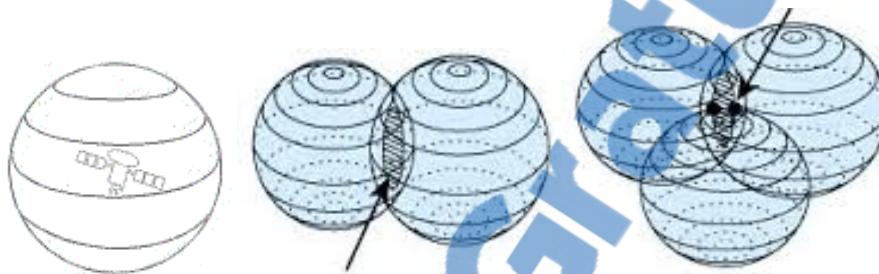


Figure 3-1 : le principe de triangulation

Cependant le système GPS utilise 4 satellites, pour la longitude, la latitude, l'altitude et enfin le dernier pour la synchronisation temporelle. En effet, la précision des récepteurs n'est pas parfaite, c'est pourquoi l'on met un dernier satellite qui permet de choisir le point exact.

3.2.3.1.3 Le secteur spatial :

GPS comprend 24 satellites, répartis de telle sorte que chaque zone de la terre est couverte par 4 satellites. Ils doivent donc être à environ 20000km d'altitude et avec 6 à 8 satellites répartis sur une orbite inclinée de 50° par rapport à l'équateur. Ces satellites tirent leur énergie de panneaux solaires. Les satellites génèrent deux ondes L1 et L2 respectivement à 1575,42 MHz et 1227,60 MHz. Elles sont modulées par la phase (de 180° lorsque le message ou le code change de parité), et contiennent la position du satellite, l'état de santé du satellite, et d'autres informations et le code pseudo-aléatoire permettant la synchronisation.

3.2.3.1.4 Les stations de contrôle :

Une station principale (Colorado Springs) reçoit les données des autres stations, calculent les éphémérides des satellites et surveillent le fonctionnement du système. Un récepteur équipé du système GPS pour pouvoir être géolocalisé doit avoir une fonctionnalité supplémentaire qui est d'envoyer sa localisation via un réseau SMS, GPRS ou autre. En effet, le système GPS permet uniquement de connaître sa position, le récepteur n'est rien obligé d'envoyer pour pouvoir fonctionner. Cette propriété est utile dans d'autres cas d'utilisation comme le guidage GPS, cela permet de protéger ses données.

3.2.3.2 La géolocalisation par téléphone portable :

3.2.3.2.1 Le positionnement par GSM :

La géolocalisation par GSM (téléphone mobile de deuxième génération actuellement utilisé par la majorité des gens) est basée sur l'IMEI (International Mobile Equipment Identify) obtenu à partir de la carte SIM, qui est un code unique composé de 15 chiffres. Le numéro IMEI identifie l'appareil (le téléphone en lui-même), tandis que le numéro SIM identifie la carte SIM donc le numéro de téléphone demandé. Toutes les informations sont contenues dans la carte SIM. Lorsqu'un utilisateur s'identifie à un réseau mobile, son numéro IMEI est transmis au système de gestion de l'opérateur afin de pouvoir l'autoriser à utiliser les différentes options disponibles.

Il existe plusieurs méthodes, Cell-Id, la plus simple à mettre en œuvre et EODT, un peu plus précise. Aujourd'hui la seule méthode couramment utilisée est Cell-Id, bien qu'elle soit moins précise elle ne demande aucune infrastructure supplémentaire à celle d'un réseau GSM classique. Il faut savoir qu'un réseau GSM est composé de plusieurs cellules et que chacune d'elle contient une BTS (Base Transceiver Station) qui prend en charge les communications radio des téléphones mobiles. Chaque BTS est relié ensuite à un BSC (Base Station Controller) qui pilote l'ensemble des BTS et gère le basculement d'un portable d'une cellule à une autre selon le principe de handover (choisit quelle est la cellule qui prendra en charge le mobile).

3.2.3.2.2 L'identification par cellules, Cell-ID :

Cette méthode simple d'identification va s'effectuer à partir de l'adresse de la BTS à laquelle le mobile est connecté. La BTS repère le mobile pour pouvoir prendre la communication, il y a une identification de la carte SIM avant de démarrer la communication. Chaque cellule BTS sait donc quels portables sont dans son champ de fonctionnement, ces données sont automatiquement transmises à la BSC puisque c'est le BSC qui décide quelle BTS est affecté à chaque mobile.

Ces données sont ensuite transmises à une base de données, qui sait donc quelles cartes SIM sont dans le champ de chaque cellule. Or cette base de données sait aussi l'adresse exacte de chaque antenne. L'on peut donc connaître la localisation approximative d'une carte SIM. Cette localisation dépend donc fortement de la densité d'antenne, si un récepteur est dans plusieurs champs différents, on commence à pouvoir le localiser de manière précise. En ville l'on peut repérer un portable à 250 mètres près, en zone rurale on peut arriver à une précision de seulement 10 km.

3.2.3.2.3 L'identification par le temps (E-OTD) :

La méthode E-OTD (Enhanced Observed Time Difference) nécessite l'envoi d'un signal par le portable. Il faut donc que le mobile soit équipé pour pouvoir être localisé. Le BTS envoie des signaux régulièrement, dès que le mobile reçoit un de ces signaux, il réemet. Le BTS peut donc calculer la distance en mesurant le temps d'aller-retour. Pour avoir un temps plus précis, on utilise plusieurs cellules BTS pour repérer un mobile (même principe que le 4e satellite pour le GPS). L'idéal serait d'avoir trois cellules dans la portée du mobile pour avoir une localisation optimale.

Toutes ces différentes géolocalisations par GSM sont toutefois moins précises que le GPS, surtout en campagne, elles dépendent essentiellement de la densité d'antenne autour du mobile.

3.2.3.3 La géolocalisation par adressage IP :

La géolocalisation par IP et implicitement à l'aide des réseaux d'internet par Wifi découle de la manière d'implémentation de l'internet à l'heure actuelle. Pour comprendre le fonctionnement, il faut tout d'abord savoir comment on a fait jusqu'à présent pour répartir les adresses IP.

Au niveau global, la répartition des adresses IP est faite par l'ICANN, « Internet Corporation for Assigned Names and Numbers » (en français, la Société pour l'attribution des noms de domaine et des numéros sur Internet). Chaque pays se voit attribué une certaine tranche des adresses IP, pouvant être ensuite utilisé par les fournisseurs d'accès à l'Internet du pays respectif. Ensuite, à l'aide d'une base des données, on peut savoir la « nationalité » d'une adresse IP.

En outre, l'ICANN se charge de réguler les domaines de premier niveau, c'est-à-dire un domaine qui est au sommet de la hiérarchie des domaines (par exemple « .fr », « .org » etc.).

On a vu comment on faisait au niveau global pour localiser au moins le pays d'origine d'un ordinateur possédant telle ou telle adresse IP. Maintenant, en chaque pays il existe une agence chargée de réguler l'accès à l'Internet. En France par exemple on retrouve l'ARCEP « L'Autorité de régulation des communications électroniques et des postes ».

En ce qui concerne l'adressage IP, l'ARCEP alloue à chaque fournisseur d'accès à l'Internet un tronçon des adresses utilisable en France. C'est ici que les choses deviennent moins claires. En principe, on devrait avoir une répartition relativement uniforme des adresses du point de vue géographique, chaque opérateur se chargeant de cataloguer les locations des IP. Et souvent c'est le cas. Mais parfois, par exemple, on se voit attribué un IP de Marseille quand on se trouve à Strasbourg.

Pour résumer, la géolocalisation à l'aide des adresses IP est basée sur le fait qu'on sait, à l'aide des bases des données, où devrait se trouver tel ou tel IP, ses bases étant, à la base gérées par les opérateurs d'Internet.

3.3 Les moyens de localisation Indoor :

Savoir où l'on se trouve et permettre aux autres de nous localiser à tout moment, telles sont les promesses de la géolocalisation. Apparue avec les GPS dans les véhicules, cette solution s'est solidement installée dans notre quotidien via les Smartphones et autres tablettes. De Foursquare à Google Maps, les outils aidant à situer une personne, un bâtiment ou un commerce ont connu un succès fulgurant.

En b-to-c, la géolocalisation offre un large champ d'usages via les applications sur mobile, qui signalent au consommateur les commerces et les bonnes affaires qu'il peut trouver à proximité. [33]

Mais la géolocalisation trouve également son utilité dans des applications bto-b. On connaît surtout la géolocalisation “outdoor”, c'est-à-dire à l'extérieur des bâtiments, au niveau des véhicules par exemple. Largement utilisée dans les secteurs des transports et de la livraison, elle permet à l'entreprise de savoir à tout moment où se trouvent ses chauffeurs grâce à des boîtiers GPS situés dans les véhicules, ce qui lui permet d'être immédiatement alerté en cas d'accident de parcours. La géolocalisation outdoor représente la très grande majorité du marché de la géolocalisation. En revanche, la géolocalisation indoor est encore marginale. Elle est surtout liée à des questions de sécurité.

3.3.1 Usage sécuritaire :

La géolocalisation indoor est ainsi utilisée dans le cadre du contrôle d'accès ou dans des environnements dangereux, comme dans l'industrie nucléaire. Elle permet de réagir rapidement en cas d'alerte, en aidant les équipes de secours à localiser le problème instantanément. Une réponse à la réglementation concernant la sécurité des salariés, mais aussi à la loi sur l'accessibilité des bâtiments. Utilisée comme solution de guidage, elle peut en effet servir à orienter les visiteurs, par exemple sur des sites industriels très étendus. Cette technologie sert aussi à vérifier que les salariés ne franchissent pas de zones à accès restreint, “quand il est interdit à certains employés d'aller à tel niveau par exemple.

3.3.2 Usage publicitaire (marketing) :

La géolocalisation indoor est devenue le Saint Graal du marketing géo localisé car elle permet d'assister le consommateur de son domicile au centre commercial, elle le guide à l'intérieur du lieu, déclenche l'envoi de message et lui permet de régler ses achats à partir de son mobile. Un des objectifs principaux de cette nouvelle méthode de marketing est d'éviter la fuite des consommateurs vers des sites e-commerce.

L'intérêt de la géolocalisation *indoor* ne se limite pas au marketing. De nombreux aéroports, gares, centres de congrès et d'exposition s'équipent de ces technologies pour aider les utilisateurs en leur fournissant des informations utiles.

Le terme générique de géolocalisation indoor couvre 3 principaux niveaux de services :

- **La géolocalisation indoor**, véritable GPS d'intérieur, aide les utilisateurs à trouver leur chemin, leur permet d'optimiser leur visite, de localiser leurs amis et collègues; ainsi que de fournir des analyses comportementales aux commerçants sur le parcours des visiteurs.
- **La micro-localisation** permet aux voyageurs, visiteurs ou consommateurs d'interagir avec un élément spécifique : un produit sur une étagère en magasin, une œuvre d'art exposée dans un musée... La présence du consommateur est identifiée seulement quand il est à proximité d'une balise. Sa géolocalisation est perdue lorsqu'il s'en éloigne.
- **Le Geofencing** envoie des informations spécifiques lorsqu'un utilisateur entre ou sort d'une zone prédéfinie. Le géomarketing ou les programmes de fidélisation comptent parmi les cas d'utilisation les plus courants de cette méthode de localisation.

3.3.3 Les technologies utilisées :

Le GPS passant mal à l'intérieur des bâtiments, la géolocalisation indoor repose essentiellement sur deux technologies : la RFID et le Wi-Fi. Dans le premier cas, il s'agit de puces RFID qui peuvent équiper un badge, un boîtier, un bracelet ou être apposées sous forme de “tag” sur n’importe quel objet que l’on souhaite tracer. Lorsqu’elles passent à proximité de balises dédiées, celles-ci s’enclenchent, ce qui permet de connaître la situation de l’objet ou de la personne tracée. À savoir : il existe deux catégories de puces RFID. Les puces passives n’émettent aucun signal et qui offrent une distance de lecture très limitée, elles ne sont donc pas véritablement géolocalisées.

Mais les tags peuvent aussi être actifs, c’est-à-dire émettre un signal – d’une portée limitée de deux à trois mètres – perçu par une borne située à proximité. Cette solution permet notamment de tracer des objets de valeur, sur lesquels on appose une puce RFID. Elle est ainsi utilisée en logistique, pour le tracking de colis postaux, mais aussi dans les hôpitaux, permettant de localiser facilement du matériel de valeur (chaises roulantes...) ou des personnes.

L’autre solution est le déploiement de systèmes de géolocalisation s’appuyant sur un réseau Wi-Fi, permettant d’établir une véritable cartographie des lieux. Cette technologie repose également sur un maillage de bornes, qui communiquent avec un terminal Wi-Fi (PC, Smartphone...) fonctionnant comme un émetteur-récepteur, ce qui permet de localiser à tout moment son propriétaire. Cette technologie peut s’appuyer sur le réseau Wi-Fi déjà existant, bien que certains prestataires le déconseillent car il est souvent de mauvaise qualité. “Le Wi-Fi est assez vite arrêté par les murs, contrairement aux ondes radios utilisées en RFID” souligne David Lewin.

Des applications de géolocalisation peuvent également être installées sur des terminaux Wi-Fi comme les Smartphones, permettant de créer une véritable interaction avec leurs utilisateurs. “Nous avons développé des applications pour des lieux comme les aéroports, indique Christophe Ancolio, cofondateur de PlayAdz, une société qui propose des solutions Web et mobiles. Si par exemple, un employé voit une flaue d’eau, il peut signaler l’endroit où elle se trouve afin de faciliter le travail des équipes de nettoyage.” De telles applications permettent aussi de guider les visiteurs sur des sites industriels ou sur des salons. À l’instar de cette application qui “permet au visiteur d’un salon de trouver le stand qu’il cherche en fonction du lieu où il se trouve”, ajoute Christophe Ancolio. Un bémol toutefois : de telles applications ne sont pas forcément compatibles avec tous les smartphones. Apple, par exemple, ne permet pas toujours aux développeurs d’intégrer leurs solutions de géolocalisation à ses iPhones.

D’autres technologies commencent doucement à émerger sur le marché, par exemple la géolocalisation via Bluetooth ou des solutions technologies hybrides mêlant GPS et Wi-Fi ou RFID et Wi-Fi. L’avenir est assurément au panachage de ces différentes solutions

3.4 Le geofencing:

3.4.1 Définition du terme :

Le terme geofence est composé de deux mots : « fence » qui signifie une clôture ou un périmètre et « Géo » qui signifie que ce périmètre est construit en se basant sur des données géographiques. La notion de geofencing ou georepérage est utilisée par plusieurs applications

basées sur les systèmes GNSS. Ces applications ont divers objectifs en fonction de leur domaine métier. Nous en citons quelques exemples, tels que les applications de gestion du transport des marchandises dangereuses (TDG pour Transportation of Dangerous Goods), les applications permettant aux compagnies d'assurance de gérer les zones où leurs clients sont assurés. [34]

Historiquement, le principe du Geofencing a été utilisé par les entreprises pour limiter ou surveiller les déplacements de leurs employés dans une zone géographique définie comme leur domaine de travail, l'application permettra ainsi de s'assurer que les véhicules de l'entreprise circulent dans un périmètre autorisé.

Dans la pratique, le Geofencing permet de définir un périmètre virtuel autour d'une zone géographique, puis en associant des objets (p. ex. véhicule, personne, etc.) à cette zone, une alarme est émise lorsque l'objet traverse la frontière du périmètre.

Le geofencing, géorepérage se définit aussi comme le repérage sur cartographie numérique de la position ou du déplacement d'un objet, d'un animal ou d'une personne et le déclenchement d'une action en fonction de cette position ou de ce déplacement. Il utilise le signal reçu via le satellite (GPS) par un appareil mobile. [34]

Il agit sur une flotte de téléphones mobiles identifiés et sur un périmètre géographique défini. Si un événement survient par rapport à ce périmètre, comme par exemple l'entrée ou la sortie de l'appareil dans le périmètre, cela déclenche une action.

Une personne ainsi repérée doit au préalable avoir donné son consentement.

Les applications du geofencing sont de plusieurs ordres : **surveillance** de véhicules, d'animaux ou même d'enfants, mais aussi **marketing**. En effet l'action déclenchée peut-être l'envoi d'un message publicitaire en fonction des lieux approchés. En approche d'une station balnéaire ? La personne reçoit un SMS avec une réduction sur les accessoires de plage. Pas loin du restaurant On y mange bien ? L'enseigne pousse un message pour se faire connaître directement sur le mobile.

La technologie est aussi utilisée pour géolocaliser des employés utilisateurs de véhicules, comme des routiers.

La figure 2 illustre un exemple de géofence, la ligne rouge définit la frontière d'une zone surveillée interdite aux véhicules non autorisés. Le système geofencing est appliqué à cette zone dans le but de détecter les véhicules qui pénètrent dans la zone. Afin de surveiller la zone, les positions (déterminées par les coordonnées GPS) de tous les véhicules circulant à proximité de ses frontières sont identifiés par le système. En outre, la position en temps réel de chacun de ces véhicules est envoyée au système et affichée sur une carte numérique.

Lorsqu'un véhicule franchit la ligne rouge, il est détecté automatiquement et une alerte est déclenchée. Cette alerte est envoyée au conducteur pour l'informer de son intrusion dans une zone interdite. Dans certains cas, l'alerte est envoyée également à d'autres acteurs intéressés, par exemple dans le cas du transport de marchandises dangereuses, l'alerte est envoyée au gestionnaire de flotte afin de l'informer au plutôt de la situation.



Figure 3-2: Exemple de Geofencing

3.4.2 Exemples d'application :

Afin de définir un géofence, les caractéristiques de la zone doivent être renseignées. Il s'agit par exemple des points géographiques sur la carte (c.-à-d. les marqueurs en rouge au contour de la zone constituent les points définissant le périmètre de la zone), le type des véhicules interdits (c.-à-d. poids lourd, voiture ou moto), la vitesse limitée dans la zone, la hauteur limitée et le poids des véhicules limité. Toutes les zones et leurs caractéristiques sont enregistrées dans une base de données. Voici un exemple de scénario donné : un poids lourd désirant se déplacer d'un point de départ vers un point d'arrivée doit être informé des zones et des itinéraires interdits lors de son déplacement. En effet, le poids lourd empruntant, sans être informé, un itinéraire avec un passage restrictif (p. ex. pont à hauteur limitée) sans possibilité de traverser ni de faire un demi-tour se verra dans l'obligation de s'arrêter avant d'être conduit et guidé par des acteurs de sécurité (p. ex. police, services des routes) ce qui a un impact important sur le coût, le temps, le trafic, etc. Des systèmes de sécurité, tels que le Geofencing, proposent donc des solutions pertinentes pour remédier à ce type de problème et augmenter le niveau de la sécurité dans les transports.

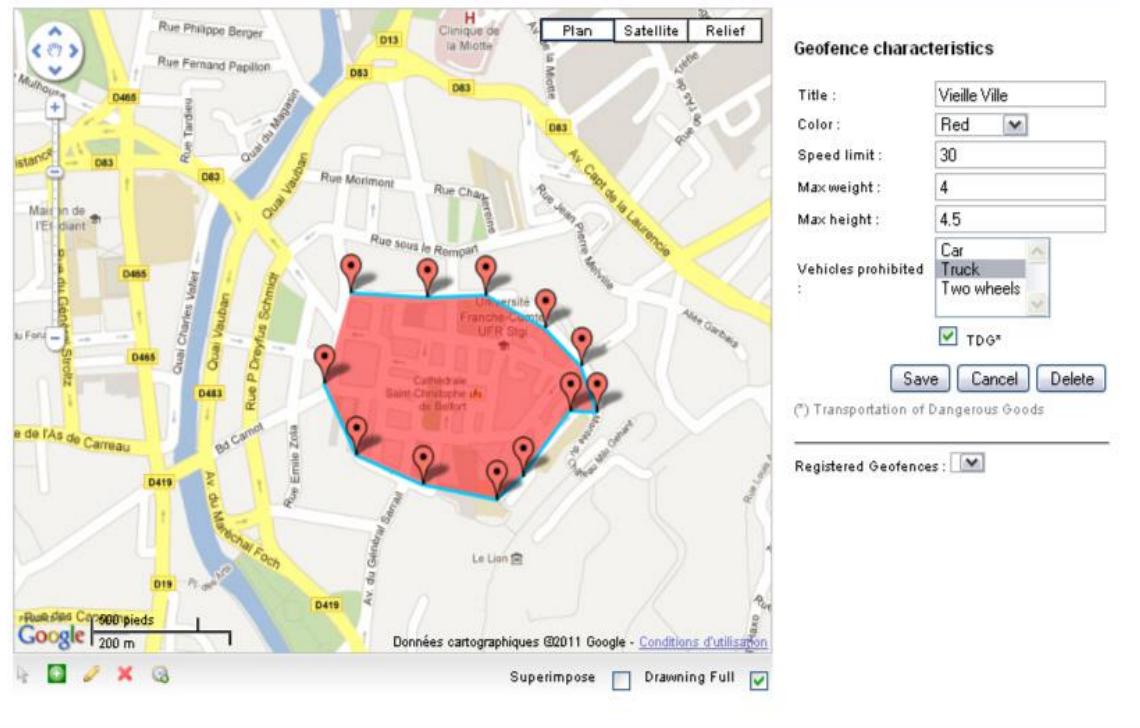


Figure 3-3 : représentation du geofence [35]

Le geofencing peut s'appliquer dans différents domaines et à de multiples usages mais l'application retenue est l'adaptation du geofencing à la gestion des transports de matières dangereuses en agglomération urbaine.

3.4.2.1 Le geofencing pour le transport de matières dangereuses :

Les risques engendrés par le transport de matières dangereuses (TMD) peuvent être graves avec des conséquences parfois désastreuses pour la société en général (citoyens, environnements, infrastructures), particulièrement en milieu urbain donc le but consiste à suivre en ligne et en temps réel les différents moyens de transport essentiellement les camions, transportant des matières dangereuses qui vont donc être géolocalisés à l'aide d'un GPS. Dans le cas où un accident se produit sur l'un des camions, le but consiste à évaluer à l'aide d'une carte les zones de danger et de sécurité où le niveau de risque est jugé rédhibitoire, respectivement acceptable, autour du camion accidenté afin de mettre en place des barrières de sécurité (fence) pour dérouter les véhicules soumis au TMD proches du périmètre défini et réduire la probabilité de survenue d'un sur-accident.

Ce projet inclut la collecte de données de capteurs embarqués sur les véhicules de transport de matières dangereuses permettant par exemple leur géolocalisation et leur traçabilité en temps réel, ainsi que la transmission de ces données vers un serveur unique gérant l'accès aux informations collectées. Ainsi, la centralisation des données permet d'imaginer le fonctionnement de ce serveur unique comme une « tour de contrôle » en charge du bon transit des matières dangereuses dans l'agglomération urbaine qu'elle supervise. Cette tour de

contrôle se compose d'un serveur centralisé et de systèmes de communication, de l'ensemble des applications nécessaires à la gestion du transport ainsi que des interfaces utilisateurs. Elle définit une architecture technique et fonctionnelle d'un système d'information de suivi et de supervision des TMD en temps réel.

3.4.2.2 L'exemple du « safe-track » :

Le transport de marchandises représente la plus grande part de coûts logistique pour la plus part des entreprises par conséquent celles-ci investissent dans les systèmes de suivi et de traçage dans les but d'améliorer les services, réduire les coûts et assurer la sécurité des transports de marchandises, dans cette optique des travaux et des articles ont été réalisés.

un ensemble de chercheurs brésilien dont Rodrigo R.Oliveira, Ismael M.G Cardoso...etc., se sont penchés sur la réalisation d'un model appelé « safe-track » pour la gestion logistique basée sur des algorithmes de geofencing et la technologie de Radio Fréquence, la contribution de ce projet est la gestion automatique des livraisons sans aucune intervention d'utilisateur avec des mécanismes pouvant détecter les incohérences en temps réel, en outre le model contrôle les détours dans les parcours planifiés et traite des notifications d'alarmes utilisant des dispositifs mobiles. Pour fournir ces caractéristiques le concept de géofence a été employé pour pouvoir remédier aux détours dans les parcours et aussi un composant nommé « Safe-Duino » a été créé pour contrôler la charge des livraisons et des ramassages, ce projet a été testé 20 fois montrant que le modèle proposé est capable d'identifier toutes les incohérences tout au long du transport. Il a été conclu que SafeTrack améliore l'opération de logistique, en optimisant la prise de décisions, évitant des pertes pendant le flux logistique et permettant aussi aux entreprises de rester compétitives sur le marché.[36]

L'insécurité des routes publiques et la croissance des vols de marchandises ont poussé les entreprises à chercher des systèmes capables de détecter quand un véhicule quitte son parcours prédefinis. Ainsi, la plupart des systèmes de traçage existants utilisent les techniques de barrière virtuelle connue comme Geofence, qui vérifie si l'entité est à l'intérieur ou à l'extérieur d'une zone. En outre, il y a des techniques qui permettent le contrôle continu du voyage, mais aussi l'obtention des informations concernant les écarts ou déviations probables du parcours ou des situations même de secours. Ces techniques permettent l'identification de vols de véhicules potentiels, mais ils n'identifient pas les incohérences pendant le flux logistique, par exemple quand la cargaison est enlevée du véhicule. Donc, le modèle développé est un modèle capable d'identifier tant la cargaison que le vol des véhicules, parmi toutes les incohérences qui surviennent dans la logistique.

Le but étant de réduire le coût élevé de la logistique, de gérer au mieux les livraisons en essayant de diminuer les possibilités de vols de cargaison afin d'optimiser le contrôle de la chaîne d'approvisionnement et l'augmentation possible des profits de l'entreprise et le maintien de la compétitivité sur le marché.

De plus en utilisant de safe-truck il est possible de gérer des voyages et des transports de marchandises d'une façon automatique car il est important de raccourcir les interactions entre utilisateurs, d'optimiser le temps et de réduire les problèmes causés par les erreurs humaines.

3.5 Conclusion :

De plus en plus de services nécessitent des informations de localisation pour satisfaire les besoins des utilisateurs. Lorsque l'objet à localiser se trouve dans un environnement à ciel ouvert, le système GPS est utilisé. Il permet d'atteindre des précisions de l'ordre de quelques mètres. L'inconvénient de ce système est que les différents éléments (satellites et terminal) nécessitent d'être en visibilité directe. Dans les environnements urbains et indoor, cette contrainte n'est pas respectée. Le système GPS fonctionne alors en mode dégradé, ou ne fonctionne plus.

De nouveaux standards comme le IEEE 802.15.4a ou Zigbee, orientés vers les réseaux déployés à l'intérieur, intègrent des fonctionnalités de localisation. Cependant, les capacités et performances de ces systèmes, en termes de localisation, restent à démontrer. Le large déploiement des réseaux Wifi, à des fins de communication, doit permettre aussi de se localiser. Cette fonctionnalité n'est pas prévue à l'origine pour ces réseaux. Cependant, des informations de puissance du signal sont disponibles au niveau des équipements déjà installés. La notion de puissance du signal est liée à la distance émetteur/récepteur puisque la puissance d'un signal diminue avec la distance. Ce type de réseau est donc un candidat potentiel et séduisant car il permet de communiquer en haut débit (transfert de données, téléphonie sur IP, etc.), et maintenant de localiser le terminal.

Toutes les techniques de localisation ne sont pas adaptées à tous les milieux (par exemple la technique Angle Of Arrival est inadaptée aux environnements dans lesquels de nombreux multi-trajets sont présents) et une étude prenant en compte tous ces éléments est nécessaire afin de dimensionner correctement le système de localisation à mettre en place. Le problème de couverture des réseaux est aussi un frein quant à la bonne localisation des personnes et équipements en toutes circonstances. Une combinaison de plusieurs solutions technologiques permettra de garantir une couverture du service de localisation plus importante que celle obtenue par chacune des technologies individuellement, avec une meilleure qualité sur l'estimation de la position du mobile. Les capteurs de localisation se relaient lorsqu'une des technologies ne fonctionne plus correctement, ou alors une combinaison efficace des différentes informations de localisation conduit à une localisation disponible à tout moment, et en tout lieu. L'idée est de diminuer les imperfections d'un capteur en substituant la localisation retournée par ce capteur par celle provenant d'un autre capteur dont les performances sont meilleures à ce moment précis.

Aujourd'hui il y a un besoin essentielle de se localiser et de se situer, c'est dans cette optique que la géolocalisation a vu le jour, touchant plusieurs domaines à la fois, elle est accessible sous de nombreuses formes et permet non seulement d'être guidé sur un trajet mais donne également accès à de nombreuses fonctionnalités, le monde de l'industrie a su en tirer parti et nombreuses des entreprises ont investi dans ce domaine car le suivi des véhicules de transport de marchandises est important afin de garantir la sécurité des produits, garantir qu'ils soient livrer à bon terme et réduire les coûts liés au délai de livraison et l'apparition aussi d'un nouveau concept qu'est le geofencing qui peut délimiter les zones dangereuses à ne pas franchir ou prévenir à l'avance le conducteur et lui assigner le chemin le plus idéal à parcourir, l'avantage de ce concept ne s'arrête pas là bien au contraire car associé à

d'autres technologies tels que la radio fréquence RFID peut sécuriser n'importe quel système mais aussi les personnes et c'est ce qui nous intéresse dans notre cas.

Rapport.Gratuit.Com

4 Chapitre 4 :

4.1 Introduction :

Le monde est en perpétuel progrès et les nouvelles technologies de l'information et de la communication ne cessent de se développer de jour en jour bouleversant ainsi notre vie quotidienne. Regroupant des techniques utilisées dans l'informatique, les télécommunications et internet, les NTICS permettent de produire, transformer ou échanger de l'information en quantité importante en temps réel ou dans des délais très courts. Au sein de l'entreprise, les NTICS sont très liées aux systèmes d'information : elles en constituent la partie matérielle (ordinateurs et téléphones portables, réseaux....) et logicielle (ERP...) intégrées à la chaîne de valeur, les NTICS facilitent, voire rendent possible de nouvelles organisations et de nouvelles pratiques professionnelles. Il s'agit le plus souvent de renforcer la flexibilité, d'augmenter la productivité, d'améliorer la valeur produite, ou encore de développer la capacité d'innovation. Dans tous les cas, leur mise en place ou leur développement est guidé par des choix organisationnels et managériaux.

L'essor des NTICS ces dernières années a contribué à faire évoluer en profondeur les conditions de travail. Ce ne sont pas tant les techniques en tant que telles que les usages qui en sont faits, qui impactent le travail, son contenu et la manière de l'exercer. Les usages peuvent être considérés comme des construits sociaux que les différents acteurs (Direction, DSI, management, salariés, DRH...) ont contribué à élaborer. On y retrouve l'influence d'évolutions sociétales avec l'essor des NTICS dans la sphère privée, ainsi que des éléments propres à l'entreprise (objectifs assignés aux projets de NTICS, attention portée à l'analyse des besoins, anticipation des usages, accompagnement du changement...).

L'apparition du concept de la traçabilité qui a créé un tournant décisif au sein des entreprises en restituant un rapport de confiance entre l'éleveur et le consommateur en discréditant le premier et en rassurant le second sur la qualité du produit, celui-ci a été renforcé et mis en avant grâce à l'apparition d'internet des objets qui est venu solidifier ce concept en donnant une existence pour tous les objets offrant d'innombrables opportunités en tant qu'utilisateur comme en tant que fournisseur de service. C'est dans cette optique et en s'appuyant sur ces concepts novateurs que le dispositif suiveur d'enfant a vu le jour.

Dans ce chapitre on cite les détails techniques de la réalisation du dispositif de suivi en intégrant des techniques de géolocalisation tel que le GPS et le GSM.

Aujourd'hui grâce à l'électronique embarquée, l'informatique, les microcontrôleurs, les projets open source, tous ces domaines ont favorisé la création du dispositif de suivi d'enfants âgé de 2 à 10 ans permettant ainsi de les relier aux parents qui peuvent s'avoir à tous moment l'emplacement de leurs enfants et ainsi être rassuré et plus confiant.

Chaque année, plus de 30000 enlèvements ont lieu à travers le monde, c'est le nombre déclaré des enlèvements. Aux Etats Unis un enfant est enlevé toutes les 40 secondes, les enfants du groupe d'âge de 4 à 11 ans sont la moitié du nombre total des enlèvements signalés, près de 500 000 enlèvements ne sont pas signalés, en France aussi chaque heure ce sont 5 enfants qui sont portés disparus et sur le territoire Algérien 1000 enfants sont kidnappés par an au vu des

statistiques données par les organismes spécialisés et étalement dans la presse, il s'agit d'un véritable fléau que culmine de façon dramatique le kidnapping, suivi dans des proportions inquiétantes par l'assassinat. Le réseau Nada pour la défense des droits de l'enfant a révélé que les enfants sont en perpétuel danger «1000 à 1500 » cas sont signalés chaque année. Et le nombre ne cesse d'augmenter donc il est impératif de prendre des mesures concernant ce fléau et le dispositif va permettre aux parents d'être relier à leurs enfants car il suffit d'une fraction de seconde pour que celui-ci s'échappe à votre regard ou bien à la sortie de l'école car vous ne pouvez pas être constamment être avec lui et le suivre à la lettre.

Le dispositif de suivi est composé des éléments suivants :

le microcontrôleur programmé avec Arduino, un module GPS pour avoir les coordonnées de géolocalisation de l'enfant, un module GSM qui va envoyer les informations de localisation traité par le microcontrôleur au Smartphone du parent sous forme de message, le dispositif sera placé dans le sac à dos de l'enfant dans le but d'avoir une bonne localisation et que celui-ci soit à l'abri et non voyant.

4.2 Le dispositif de suivi d'enfant :

4.2.1 Généralités et définitions :

4.2.1.1 Introduction aux systèmes embarqués :

c'est un système électronique et informatique autonome, qui est dédié à une tache bien précise possédant des ressources d'ordre spatial (taille limitée) et énergétique (consommation restreinte) limitées, ils exécutent des taches prédefinies et ont un cahier des charges contrignant à remplir qui peut être de l'ordre d'espace compté ou de consommation énergétique. [37]

4.2.1.2 Définition de l'Arduino :

Est une marque qui couvre des cartes matériellement libres sur lesquelles se trouve un microcontrôleur c'est-à-dire une carte électronique programmable et un logiciel multiplateforme qui puisse être accessible à tout un chacun dans le but de créer facilement des systèmes électroniques. Mais aussi :

- ✓ Un prix dérisoire étant donné l'étendu des applications possibles
- ✓ Une compatibilité sous toutes les plateformes, à savoir : Windows, Linux et Mac OS.
- ✓ Une communauté ultra développée, des milliers de forums d'entre-aide, de présentations de projets, de propositions de programmes et de bibliothèques, ...
- ✓ Une liberté quasi absolue. Elle constitue en elle-même deux choses :

-Le logiciel : gratuit et open source, développé en Java, dont la simplicité d'utilisation relève du savoir cliquer sur la souris. [38]

-Le matériel : cartes électroniques dont les schémas sont en libre circulation sur internet.

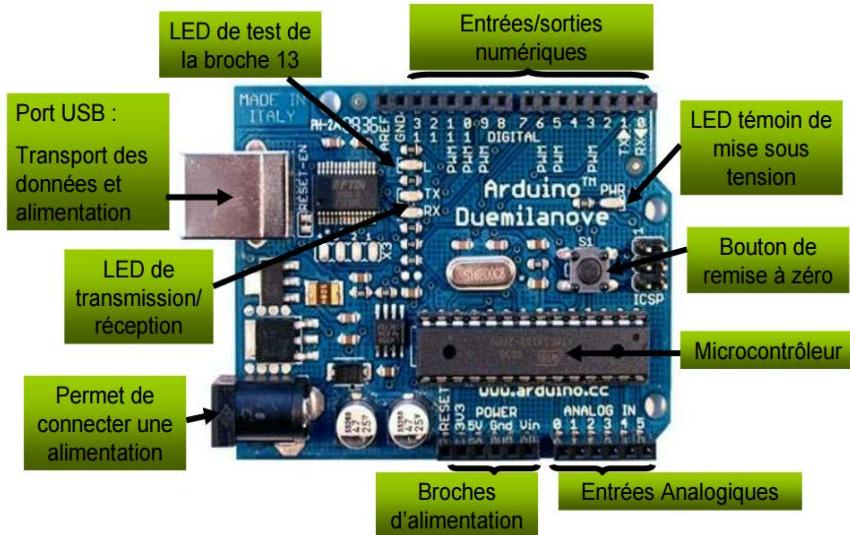


Figure 4-1 : une carte arduino

4.2.1.3 L'algorithme :

L'algorithme est un moyen pour le programmeur de présenter son approche du problème à d'autres personnes. En effet, un algorithme est l'énoncé dans un langage bien défini d'une suite d'opérations permettant de répondre au problème.[39]

4.2.1.4 Circuit imprimé (Printed Circuit Board) :

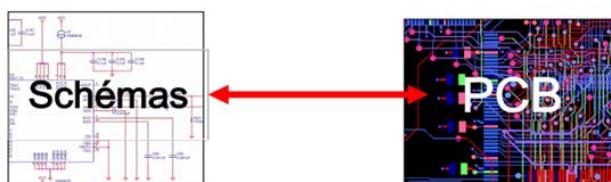


Figure 4-2:circuit imprimé

Le circuit imprimé est constitué d'un support isolant et de conducteurs métalliques plats destinés à assurer des liaisons électriques entre des composants électroniques qui seront disposés à la surface du support [34]. Il existe de multiples types de circuits imprimés : simple face, double face, ou multicouches, le support pouvant être rigide ou souple, plan ou en trois dimensions. Lorsqu'il est équipé de ces composants, un circuit imprimé nu est appelé carte électronique. [40]

4.2.1.5 Le microcontrôleur :

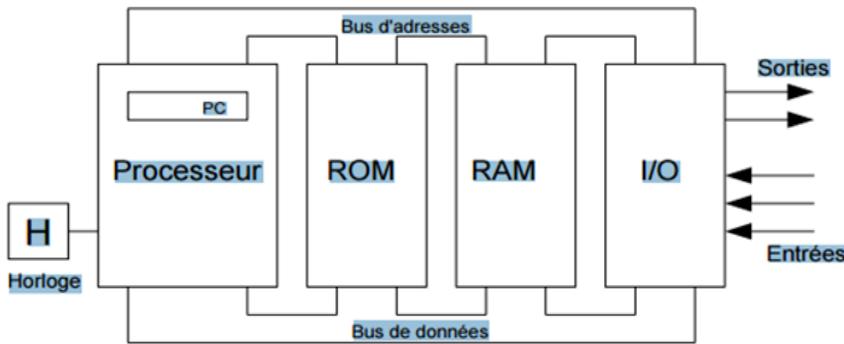


Figure 4-3 : architecture d'un microcontrôleur

Un microcontrôleur est un système informatique contenu dans un seul circuit intégré où les éléments qui constituent un microcontrôleur sont :

- La mémoire morte contient généralement de 1 KB à quelques centaines de kB.
- Le processeur est cadencé à des fréquences de quelques MHz ou dizaines de MHz. Il ne consomme généralement qu'une fraction de Watt. Son jeu d'instructions est plus simple.
- La mémoire vive est généralement très limitée : de quelques centaines de Bytes, à quelques dizaines de kB, selon les modèles.
- les circuits d'entrée-sortie sont simplement des entrées logiques (pour lire une valeur binaire, par exemple un interrupteur) et des sorties logiques (capables de fournir quelques mA, par exemple pour commander une LED). Certains microcontrôleurs ont aussi des entrées analogiques : des convertisseurs analogiques-numériques (ADC= Analog to Digital Converter) et parfois des sorties analogiques : des convertisseurs numériques analogiques (DAC=Digital to Analog Converter). [41]

4.2.1.6 Transistor :

C'est un composant électronique semi-conducteur, utilisé à la fois comme amplificateur et comme interrupteur. Il a remplacé les tubes électroniques et est à l'origine du développement des circuits intégrés. [40]

4.2.1.7 Les afficheurs 7 segments :

Sont un type d'afficheur très présent sur les calculatrices et les montres à affichage numérique : les caractères (des chiffres, bien que quelques lettres soient utilisées pour l'affichage hexadécimal) s'écrivent en allumant ou en éteignant des segments, au nombre de sept. Quand les 7 segments sont allumés, on obtient le chiffre 8. [40]

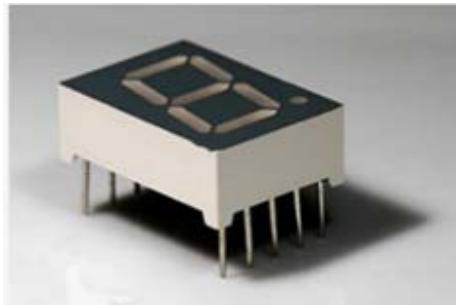


Figure 4-4 : afficheur 7segments

➤ **Types d'afficheurs :**

- Afficheur à anode commune : toutes les anodes sont reliées et connectées au potentiel haut. La commande du segment se fait par sa cathode mise au potentiel bas.
- Afficheur à cathode commune : toutes les cathodes sont reliées et connectées au potentiel bas. La commande du segment se fait par son anode mise au potentiel haut.

4.2.1.8 Un condensateur :

Est un composant électrique capable de stocker une charge électrostatique. Ils sont disponibles dans une immense variété de formes et de tailles. Comme pour les résistances, un code couleur permet de les différencier, et des symboles alphanumériques informent leurs utilisateurs. [42]

4.2.1.9 La led :

Est une diode électroluminescente (DEL ou LED en anglais). La structure des LED est basée sur la technologie des semi-conducteurs. Comme son nom l'indique, la LED est une diode qui émet de la lumière lors du passage d'un courant électrique. Celui-ci est composé de 2 matériaux conducteurs, lors du passage du courant, un atome de l'un des matériaux va être excité, il va libérer son énergie en passant un électron au 2ème matériau et générer de la lumière. La couleur dépend du matériau utilisé. [43]

4.2.1.10 Résistance :

C'est un composant électronique ou électrique dont la principale caractéristique est d'opposer une plus ou moins grande résistance (mesurée en ohms) à la circulation du courant électrique. La résistance électronique est l'un des composants primordiaux dans le domaine de l'électricité. [40]

4.2.1.11 La batterie lithium-ion :

Une batterie Li-Ion est composée de plusieurs cellules connectées en série et en parallèle en fonction de la tension et des exigences de l'appareil.

Trois types différents de cellules de batterie Li-Ion sont couramment utilisés : cylindrique, prismatique et polymère ; utilisés dans les ordinateurs portables, les tablettes et téléphones.

- Les cellules cylindriques font environ 18 mm de diamètre et 65 mm de longueur ; ce sont les cellules normalisées 18650. Ces cellules sont fréquemment utilisées dans les batteries faisant environ 20 mm d'épaisseur.
- Les cellules prismatiques sont fines et de forme rectangulaire ; les plus courantes sont les batteries Li-Ion de 6 et 8 cellules d'environ 12 mm d'épaisseur souvent utilisées dans les tablettes.
- Les cellules polymères sont plus minces que les cellules prismatiques. Elles sont souvent utilisées dans les produits tels que les ordinateurs de poche et certains ordinateurs ultra-portable, qui nécessitent des batteries faisant moins de 10 mm d'épaisseur ainsi que dans des téléphones.
- La tension d'un élément Li-Ion est de 3,6 V. Cette équivalence 1 élément Li-Ion = 3 éléments NiMH est très intéressante car elle permet dans certains cas de faire une substitution pure et simple, du Li-Ion par du Ni-MH uniquement, l'inverse pouvant s'avérer catastrophique. De plus le Ni-MH est d'une utilisation plus sûre, en particulier lors de la charge. [38]

4.2.1.12 Définition des métadonnées :

Les métadonnées peuvent être définies comme toutes les informations que l'on peut recueillir et mettre à disposition pour décrire une ressource. Par ressource la norme entend les biens ou moyens qui satisfont une exigence [EN ISO 19115]. La ressource désigne l'objet sur lequel porte les métadonnées, qui peut être par exemple. Un jeu de données, un service, un document ... Dans le cadre de la norme ENV ISO 19115, les métadonnées portent plus particulièrement sur :

- des informations d'identification de la ressource : intitulé, description, dates de référence, version, résumé, intervenants
- des informations plus techniques : la description de l'étendue géographique de la ressource, des aperçus, des informations sur les emplois possibles, systèmes de projection ...

-des informations sur la qualité, organisées en :

- Mesures de qualité relatives aux critères habituels : précision géométrique, temporelle et sémantique, exhaustivité, cohérence logique;
- Informations de généalogie : description des sources et des processus appliqués aux sources.

- des informations sur les modalités de diffusion : coût de diffusion, modes d'accès, supports, formats, contraintes légales ...

- des informations sur les métadonnées elles-mêmes : date de rédaction, auteur, langue. [49]

4.2.1.13 GPS (Global Position System) :

C'est un système de positionnement par satellites conçu par et pour le département de la défense des Etats-Unis (DOD). Il a été mis en service à partir de 1986 il est constitué de 24

satellites ainsi il utilise la triangulation pour se localiser, La plupart des Smartphones Android disposent d'un GPS. Cette fonctionnalité vous permet de connaître votre situation, mais aussi de facilement vous repérer pour aller d'un point à un autre.

Le GPS permet de déterminer en tout point du globe la position avec une précision < 5 m l'heure exacte avec une précision

4.2.1.13.1 Le principe de localisation GPS :

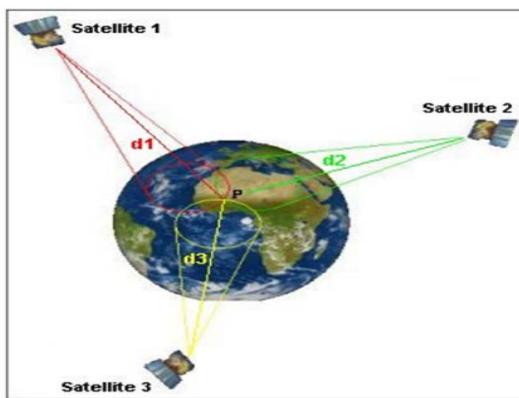


Figure 4-5 : le principe de localisation GPS

Le principe de localisation GPS repose sur l'émission de signaux codés véhiculés par une onde porteuse, selon deux modes de fonctionnement :

- un mode précis de positionnement à priori réservé à des utilisateurs identifiés (**code P** ; précision de l'ordre de 10m)
- un mode standard de positionnement, sans restriction d'utilisation (**code C/A** ; précision de l'ordre de 100 m).

Un récepteur reçoit donc simultanément les signaux codés en provenance de plusieurs satellites situés à des distances différentes du lieu d'observation. Le décodage de ces signaux permet d'évaluer ces distances et d'en déduire la position du récepteur dans un référentiel géodésique connu (**WGS 84**).

La précision peut être améliorée par méthode différentielle (**DGPS**), en s'aidant d'une station de référence proche de l'endroit où l'on effectue les mesures. [44]

4.2.1.14 Le DATASHEET :

C'est un document donné par le fournisseur qui décrit un composant électronique montre les dimensions réelles de ce composant et tous les essais fait par ce fournisseur donnant les valeurs minimale et maximale de courant et l'alimentation et les conditions de travail.

4.2.1.15 Api de Google MAPS :

Permettant de géo-localiser des adresses sur une carte à l'aide de sa latitude et de sa longitude. Cette API permet de localiser tout type de données sur une carte (routière, satellite, mixte) à partir de son adresse postale. Cet api s'avère très utile pour proposer aux internautes une vision globale et géographique de données (membre d'une communauté, restaurants d'un quartier...).

Les résultats sur la carte apparaissent sous la forme d'un picto (petite icône) cliquable. En cliquant sur cet icône, une fenêtre s'ouvre dans laquelle se trouve toutes les informations concernant la donnée géo-localisée (membre, restaurant, hôtel...).

Il est également possible de calculer un itinéraire (piéton ou voiture) depuis un point de départ (par exemple, votre résidence) jusqu'à un point d'arrivée (votre recherche).

4.2.1.16 Le prototypage :

Est la démarche qui consiste à réaliser un prototype. Ce prototype est un exemplaire incomplet et non définitif de ce que pourra être le produit ou l'objet final.

La réalisation d'un prototype est une des phases de la conception d'un produit. Il peut être fait un ou plusieurs exemplaires et permet des tests partiels mais réalistes afin de valider les choix de préférence avec le concours du donneur d'ordre et/ou des futurs utilisateurs faits lors de la conception de l'ensemble.

Il peut éventuellement être suivi d'un « démonstrateur », modèle plus robuste destiné à simuler les contraintes susceptibles de « tuer l'idée ». Les démonstrateurs précèdent eux-mêmes la fabrication éventuelle des exemplaires dits de « présérie », qui simulent et valident l'intérêt économique de l'idée.

De nombreuses techniques de prototypage existent. Elles s'adaptent à la fois aux particularités technologiques du produit en cours de développement et à la maturité des concepts évalués.

S'il s'agit couramment de la fabrication d'une ébauche d'un objet destiné à la grande consommation, ce peut être aussi une usine validant un procédé industriel, un logiciel, etc.

On peut être amené à multiplier les prototypes pour améliorer la démarche de conception. Les techniques de prototypage rapides permettent ainsi de concrétiser rapidement des idées, et ainsi de valider la pertinence de certains choix de manière plus efficiente.

4.2.1.17 UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter):

Est un émetteur-récepteur asynchrone universel. En langage courant, c'est le composant utilisé pour faire la liaison entre l'ordinateur et le port série. L'ordinateur envoie les données en parallèle (autant de fils que de bits de données). Il faut donc transformer ces données pour les faire passer à travers une liaison série qui utilise un seul fil pour faire passer tous les bits de données.

Aujourd'hui, les UART sont généralement intégrés dans des composants comme des microcontrôleurs. Ils ne sont dans ce cas plus un composant à proprement parler, mais une fonction périphérique du composant. [45]

4.2.1.18 Wire (aussi connu sous le nom de bus Dallas ou OneWire) :

Est un bus conçu par Dallas Semi-conducteur qui permet de connecter (en série, parallèle ou en étoile) des composants avec seulement deux fils (un fil de données et un fil de masse). De nature similaire à PC, il présente cependant des vitesses de transmission et un coût inférieurs. Il est généralement utilisé en domotique pour des thermomètres ou autres instruments de

mesure météorologiques. Il est également très utilisé dans les circuits de gestion de l'énergie dans les batteries d'équipements électroniques et les chaînes d'onduleurs. [46]

4.2.1.19 Le GSM (Global System for Mobile Communication) :

Le GSM (Global System for Mobile communications) est un standard utilisé pour la téléphonie mobile. Cette norme de deuxième génération a réellement vu le jour vers les années 1991 pour pallier la demande de plus en plus croissante en communications mobiles et pour élaborer une norme unique internationale.

Pour arriver à utiliser un réseau GSM, il vous faut un téléphone mobile GSM plus une carte SIM que vous allez payer chez un opérateur GSM. Des forfaits sont aussi disponibles au niveau des réseaux GSM.

Si la fonction essentielle du GSM est la communication de phonie, il permet également l'envoi de courts messages (SMS) et la transmission de données en mode circuit à 9,6 kbits/s.

L'architecture d'un système GSM se décompose en trois sous-systèmes :

- Le sous-système radio (BSS) Il gère la partie radio des communications et se compose d'émetteurs-récepteurs radio (BTS) contrôlés par une BSC.
- Le sous-système réseau (NSS) :Il gère le traitement des appels, la mobilité et l'acheminement de/vers les réseaux filaires. Il se compose de commutateurs radio (MCS) et d'un certain nombre de bases de données HLR et VLR.
- Le sous-système exploitation : Il contrôle les droits d'accès au réseau, les droits des usagers et assure l'interface homme-machine d'exploitation. Il gère aussi le maintien en conditions opérationnelles du réseau et la remontée des alarmes.

4.2.2 Introduction à la maquette :

Dans cette partie on décrit tous les détails concernant la réalisation du dispositif de suivi permettant de bien comprendre son fonctionnement.

On va parler de tous les étapes de réalisation allant du simple prototype jusqu'à la maquette finale mais aussi de tous les composants électroniques utilisés, ainsi qu'un algorithme pour le programme. On va aussi parler des problèmes rencontrés au cours de la réalisation et les solutions trouvées.

4.2.2.1 Les composants utilisés :

Afin de pouvoir relier les composants, il est essentiel de se baser sur leurs datasheets pour avoir les informations nécessaires à leur raccordement en élaborant des essais au préalable.

Les datasheets et les informations nécessaires de chaque composant sont trouvés dans l'annexe.

Composant	Quantité	Annexe
Arduino due	1	Annexe1
Module GPS GY-NEO6MV2	1	Annexe2
Module GSM SIM800L	1	Annexe3
écran LCD	1	Annexe4
Batterie	1	/

Tableau 2: composants utilisés et leurs datasheets

Notre choix s'est arrêté sur l'arduino Due et pas sur un autre, car celui-ci dispose de nombreuses caractéristiques satisfaisantes et correspondantes à notre dispositif comme par exemple une puissance de calcul assez élevé par rapport aux autres cartes arduino

Cartes Arduino Caractéristiques	UNO R3 (classique & CMS)	UNO R3 Ethernet (classique & POE)	Leonardo	Mega 2560	Mega ADK	DUE	Esploра	Mini	Nano	Yun (classique & POE)	Zero PRO
Microcontrôleur	ATmega328P	ATmega328P	ATmega32u4	ATmega2560	ATmega2560	AT91SAM3X8E	ATmega32u4	ATmega328P	ATmega328P	ATmega32u4	ATSAMD21G18
Cadencement Horloge	16 MHz	16 MHz	16 MHz	16 MHz	16 MHz	84 MHz	16 MHz	16 MHz	16 MHz	16 MHz	48 Mhz
Tension d'entrée	7 - 12V	7 - 12V	7 - 12V	7 - 12V	7 - 12V	7 - 12V	7 - 12V	7 - 9V	7 - 9V	5V	5V
Tension de fonctionnement	5V	5V	5V	5V	5V	3,3V	5V	5V	5V	5V	3,3V
Entrée/Sortie Numérique	14/6	14/4	20/7	54/15	54/15	54/12	✗	14/6	14/6	20/7	14/12
Entrée-Sortie (PWM) Analogique	6/0	6/0	12/0	16/0	16/0	12/2 (DAC)	✗	8/0	8/0	12/0	6/1 (DAC)
Mémoire vive (Flash)	32 Ko	32 Ko	32 Ko	256 Ko	256 Ko	512 Ko	32 Ko	32 Ko	32 Ko	256 Ko	
Mémoire vive (SRAM)	2 Ko	2 Ko	2,5 Ko	8 Ko	8 Ko	96 Ko	2,5 Ko	2 Ko	2 Ko	2,5 Ko	32 Ko
Mémoire morte (EEPROM)	1 Ko	1 Ko	1 Ko	4 Ko	4 Ko	✗	1 Ko	1 Ko	1 Ko	1 Ko	16 Ko
Interface USB	USB-B mâle	USB-B mâle	Micro-USB	USB-B mâle	USB-B mâle & USB-A pour Android	2 ports micro- USB (Native et programming)	Micro-USB	✗	Mini-USB	Micro-USB	2 ports micro- USB (Native et programming)
Port UART	1	1	1	4	4	4	✗	✗	1	1	2
Carte SD	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗
Ethernet	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗
Wi-Fi	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗
Dimensions	68x53mm	68x53mm	68x53mm	101x53mm	101x53mm	101x53mm	165x60mm	30x18mm	45x18mm	68x53mm	68x53mm

Tableau 3 : comparatif des différentes cartes Arduino [30]

Comme on peut le voir dans le tableau les caractéristiques en rouge sont les paramètres clés pour affiner son choix sur la carte à sélectionner car si on veut commencer à programmer à moindre coût, alors la UNO est idéale. Si notre projet nécessite de brancher une multitude de capteurs, utiliser plusieurs périphériques en série, alors la Mega est parfaite pour ça, si on veut les mêmes propriétés que la Mega mais avec une puissance de calcul supérieure alors c'est plutôt la DUE qu'il faut prendre, c'est ce qui s'applique dans notre cas. Si le but recherché est de miniaturiser un système, il vaut mieux optez pour une Mini. Enfin, si l'objectif est d'avoir un véritable ordinateur embarqué comparable à une RaspberryTM, la Yun est le choix le plus évident.

Après avoir consulté le datasheet des composants, on peut maintenant les relier aisément les uns aux autres en s'appuyant sur le logiciel proteus composé de deux logiciels : ISIS qui permet de dessiner, simuler des schémas électriques, y compris avec le microcontrôleur et ARES qui est dédiées à la création de circuits imprimés.

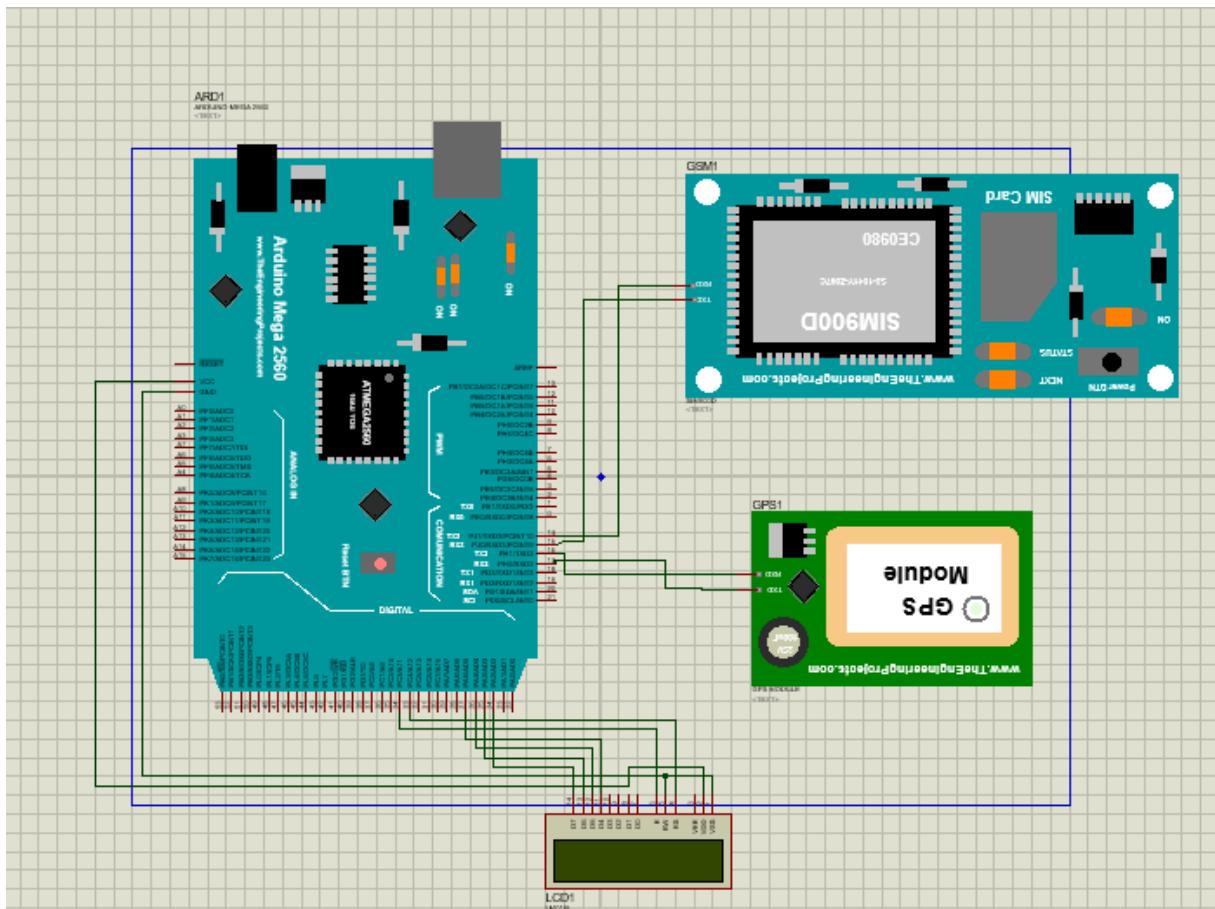


Figure 4-6: schéma complet de la maquette sur Proteus

4.2.3 Le choix de l'Arduino Due :

Il est clair que la carte Arduino due est le cerveau de notre dispositif et notre choix s'est arrêté sur une carte Arduino au lieu d'utiliser un microcontrôleur Pic car celle-ci dispose de nombreux avantages tel qu'un environnement de programmation clair et simple, il est

multiplateforme : tourne sous Windows, Macintosh et Linux et il est très facile d'associer à une carte Arduino des « shields » qui sont des cartes supplémentaires qui se connectent sur le module Arduino pour augmenter les possibilités comme par exemple : afficheur graphique couleur, interface ethernet, GPS, etc.... mais aussi la possibilité de développer un projet sur Arduino de la manière suivante :

- on code l'application : Le langage Arduino est basé sur les langages C/C++ , avec des fonctions et des librairies spécifiques à Arduino (gestions des e/s).
- on relie la carte Arduino au PC et on transfert le programme sur la carte,
- on peut utiliser le circuit

Le logiciel de programmation des modules Arduino est une application Java multiplateformes (fonctionnant sur tout système d'exploitation), servant d'éditeur de code et de compilateur, et qui peut transférer le firmware (et le programme) au travers de la liaison série (RS232, Bluetooth ou USB selon le module). Donc l'Arduino est une plateforme toute prête contrairement au pic ou c'est à toi de développer la carte, le quartz, les condos pour l'oscillation, le condo de découplage mais aussi faire une partie alimentation stabilisé, tirer des pistes vers des connecteurs...etc. et cela demande beaucoup de temps et de moyens.

4.2.4 Explication du fonctionnement du dispositif :

Au départ le GPS envoie les coordonnées continuellement sous formes de cordes comme nous l'avons expliqué dans le chapitre précédent concernant le fonctionnement du GPS, la plupart des systèmes de traçage utilise le GPS, celui-ci est un élément essentiel car il est relié au satellite, et utilise 3 à 4 satellites pour tracer la localisation de l'enfant.

Après lecture de la corde, Arduino extrait les données nécessaires de celle-ci et l'envoie au téléphone portable de la personne qui dans notre cas, est le parent en utilisant le module GSM, ces informations sont la latitude et longitude donc notre dispositif est composé de deux parties essentielles : la partie où le GPS est relié à la carte Arduino Due et la partie où le GSM est relié à la carte Arduino et le Smartphone.

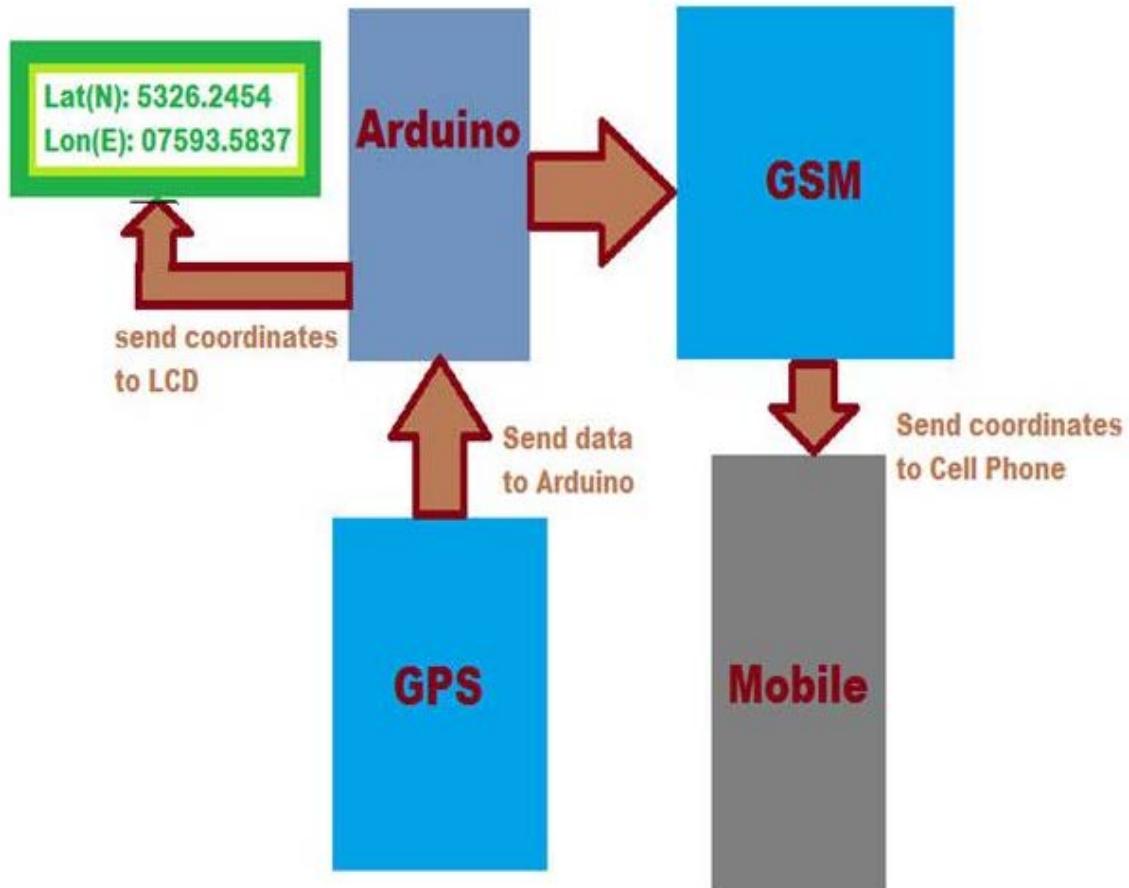


Figure 4-7 : schéma bloc du système de suivi d'enfant

4.2.4.1 La partie GPS et carte Arduino :

Selon le schéma bloc de la figure 4 les trois composants essentiels utilisés sont le GSM, l’Arduino et le GPS qui est directement relié à la carte, le TX du GPS est relié au RX2 (Pin 17) de la carte, le Rx du GPS est relié au TX2 (Pin 16) de la carte, le pin 3V3 de l’Arduino est relié au VCC du GPS et le pin GND de la carte est relié au GND du GPS , le module GPS que nous avons utilisés est le GY-NEO6MV2 qui est une famille de récepteurs GPS autonomes représentant la haute performances u-blox 6 en matière de positionnement de moteur, celui-ci avec ces deux millions de corrélateurs est capable de faire des recherches massive et parallèle entre temps/ fréquence dans l'espace, lui permettant de trouver des satellites immédiatement, il est constitué d'une antenne et EEPROM incorporé afin de sauvegarder la configuration des données quand le module est éteint, sa gamme d'alimentation est compris entre 3.3v et 6v qui peut s'avérer être un problème en le connectant à l'Arduino Uno qui marche avec le 5v (level logic) mais dans notre cas l'arduino Due contrairement aux autres cartes il ne tolère que du 3.3 v, c'est la tension maximale que les épingle d'entrée/ sortie peuvent supporter mais ici ça ne pose pas de problème on peut brancher le module GPS-NEO6MV2 directement avec la carte Arduino sans aucun problème mais dans le cas échéant on peut ajouter des résistances.

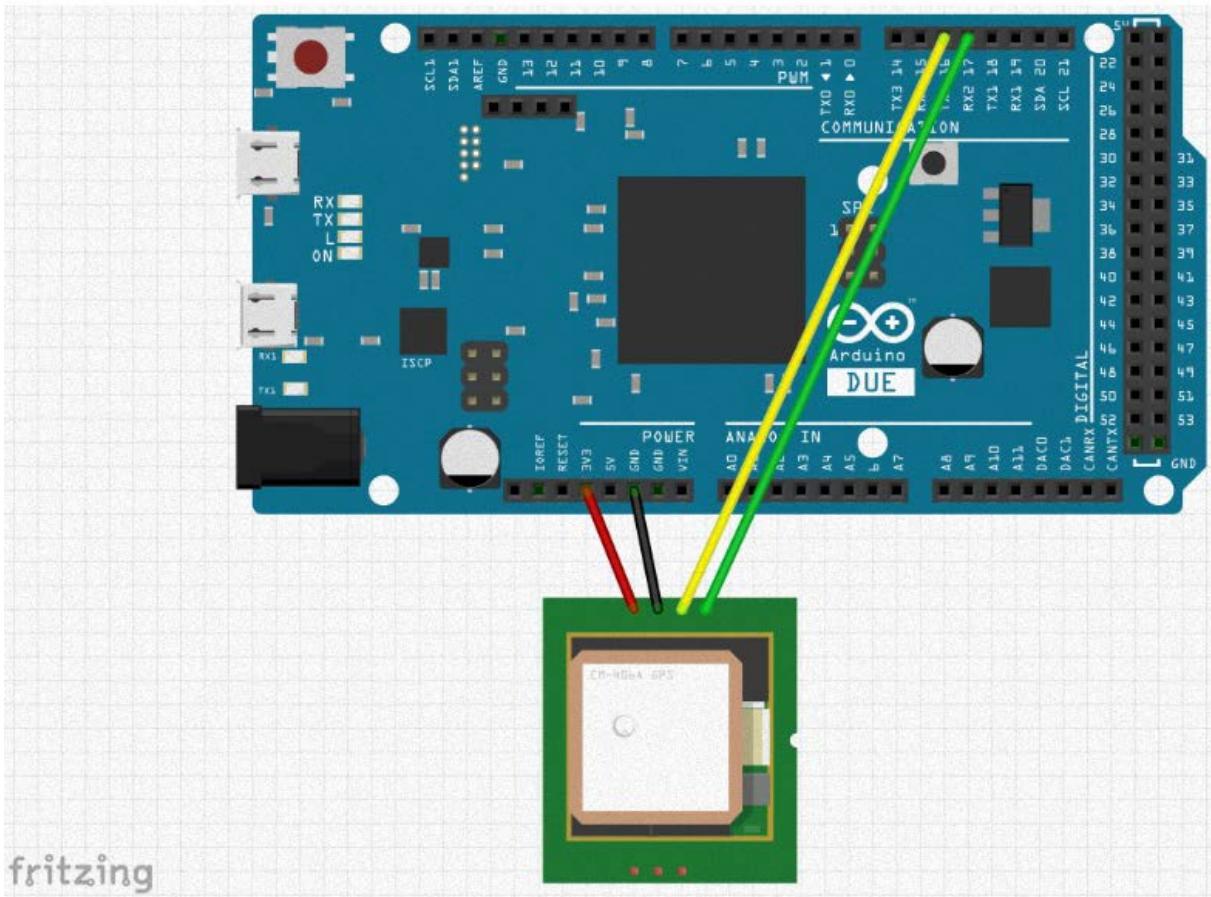


Figure 4-8 : liaison entre l'Arduino et le GPS sur Fritzing

Suivant le fonctionnement et le programme élaboré sur l'arduino (annexe 5) le GPS capte des signaux d'au moins quatre satellites ensuite il est en mesure de calculer sa propre latitude, longitude et altitude ,donc de nous dire notre position à un instant « t », donc suivant ce fonctionnement on a déclaré trois variables qui sont la latitude et longitude et la distance entre l'emplacement de deux positions suivant la formule suivante :

$$\text{Distance} = \sqrt{(\text{latitude}1 - \text{latitude}0)^2 + (\text{longitude}1 - \text{longitude}0)^2}$$

La latitude 1 et longitude 1 concernent la position A et la latitude 0 et longitude 0 concernent la position B, il est à noter que ses positions change à chaque instant t,c'est-à-dire à chaque fois le programme va calculer cette distance.

Si cette distance a été dépassée par rapport à la zone de sécurité élaborée au préalable en d'autres termes si l'enfant dépasse un certain périmètre ou en sort, l'information est directement envoyée au Smartphone du parent à travers le module GSM.

4.2.4.2 La partie GSM et Arduino :

Le GSM est relié à la carte de la même manière que le GPS c'est-à-dire le TX du GSM est relié au RX3 (pin 15) de la carte, le RX du GSM est relié au TX3 (pin14) de la carte et le pin GND de la carte est relié au GND du GSM. Le module GSM que nous avons utilisé

est le SIM800L, c'est un module puissant qui démarre automatiquement et recherche automatiquement le réseau, il inclut le Bluetooth 3.0+EDR et la radio FM (récepteur uniquement), il permet d'échanger des SMS, de passer des appels mais aussi, et c'est nouveau, de récupérer de la data en GPRS 2G+. Ainsi on peut faire transiter des données sur une très longue distance.

Ce module nécessite une alimentation entre 3,4V et 4,4V. L'alimentation 5V de l'Arduino ne lui convient donc pas. Pour contrer ce problème d'alimentation, on ajoute une diode 1N4007 entre le 5V de l'Arduino et le pin VCC du SIM800L ou bien fournir une alimentation électrique supplémentaire qui fournit le niveau de tension demandé par le GSM. La fonction principale du GSM dans notre cas est d'envoyer les coordonnées de géolocalisation de l'enfant au mobile du parent sous forme de message, celui-ci sera sous forme de lien, une fois que l'on clique dessus, il affiche les coordonnées (latitude et longitude de la position actuelle de l'enfant).

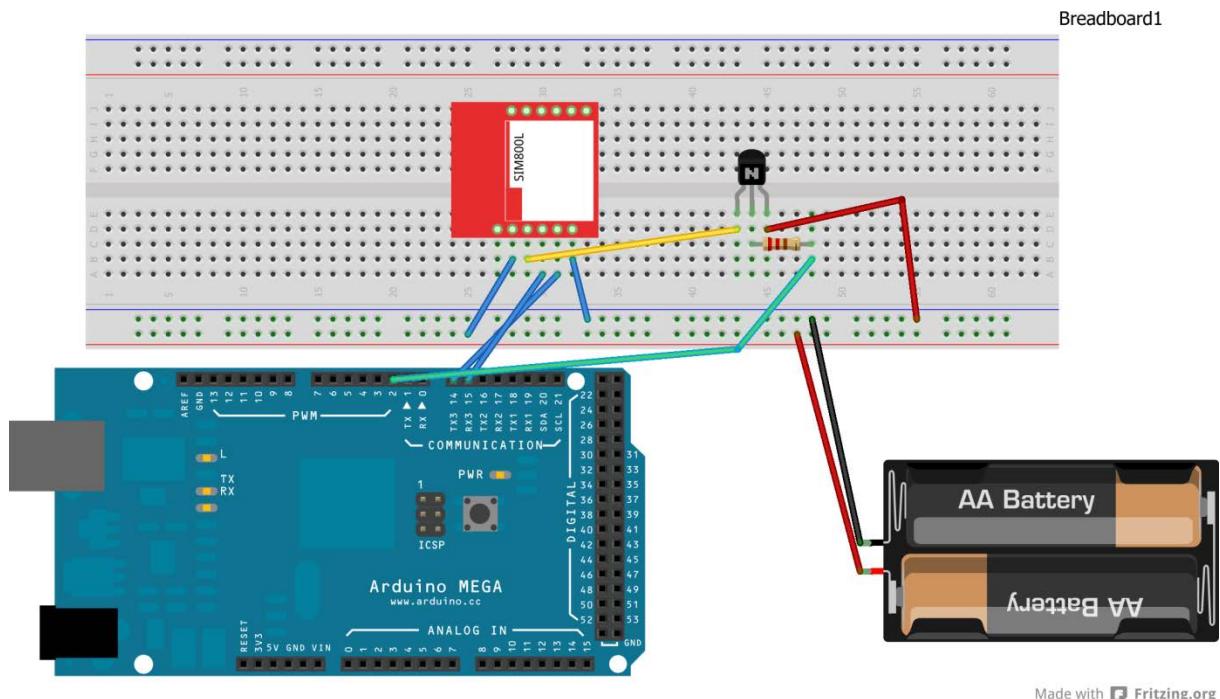


Figure 4-9 : liaison entre le module GSM SIM800L et l'Arduino mega sur Fritzing

NB : il est essentiel d'insérer une puce SIM dans le compartiment prévu à cette effet sur le module afin de bénéficier des avantages qu'elle procure, c'est-à-dire pouvoir lancer des appels/messages ou les recevoir, le sens de l'insertion de la carte SIM a son importance et celle-ci doit être une micro SIM

4.2.4.3 La partie Arduino et l'afficheur LCD :

L'afficheur 16x2 LCD (liquid crystal display) est utilisé dans notre cas seulement pour afficher les coordonnées de localisation qui sont la latitude et longitude, celui-ci est connecté à la carte de la manière suivante mais tous d'abord il faut s'avoir que ce composant possède seize broches décrites dans le tableau suivant :

N°	Nom	Rôle
1	VSS	Masse
2	Vdd	+5V
3	VO	Réglage du contraste
4	RS	Sélection du registre(commande ou donnée)
5	R/W	Lecture ou écriture
6	E	Entrée de validation
7 à 14	D0 à D7	Bits de données
15	A	Anode du rétroéclairage (+5V)
16	K	Cathode du rétroéclairage

Tableau 4 : représentation des broches de l'afficheur LCD 16x2

L'afficheur LCD est relié à la carte de la manière suivante et suivant la figure 7:

- Le pin RS (LCD) est relié au pin digital 12 de la carte Arduino.
- Le pin Enable (LCD) est relié au pin digital 11 de la carte Arduino
- Le pin D4 (LCD) est relié au pin digital 5 de la carte Arduino
- Le pin D5 (LCD) est relié au pin digital 4 de la carte Arduino
- Le pin D6 (LCD) est relié au pin digital 3 de la carte Arduino
- Le pin D7 (LCD) est relié au pin digital 2 de la carte Arduino
- Le pin R/W et le pin VSS (LCD) est relié au Ground (la masse)
- Le pin VCC (LCD) est relié au 5v

Le potentiomètre utilisé dans le schéma de la figure 7 améliore seulement le contraste de l'afficheur LCD

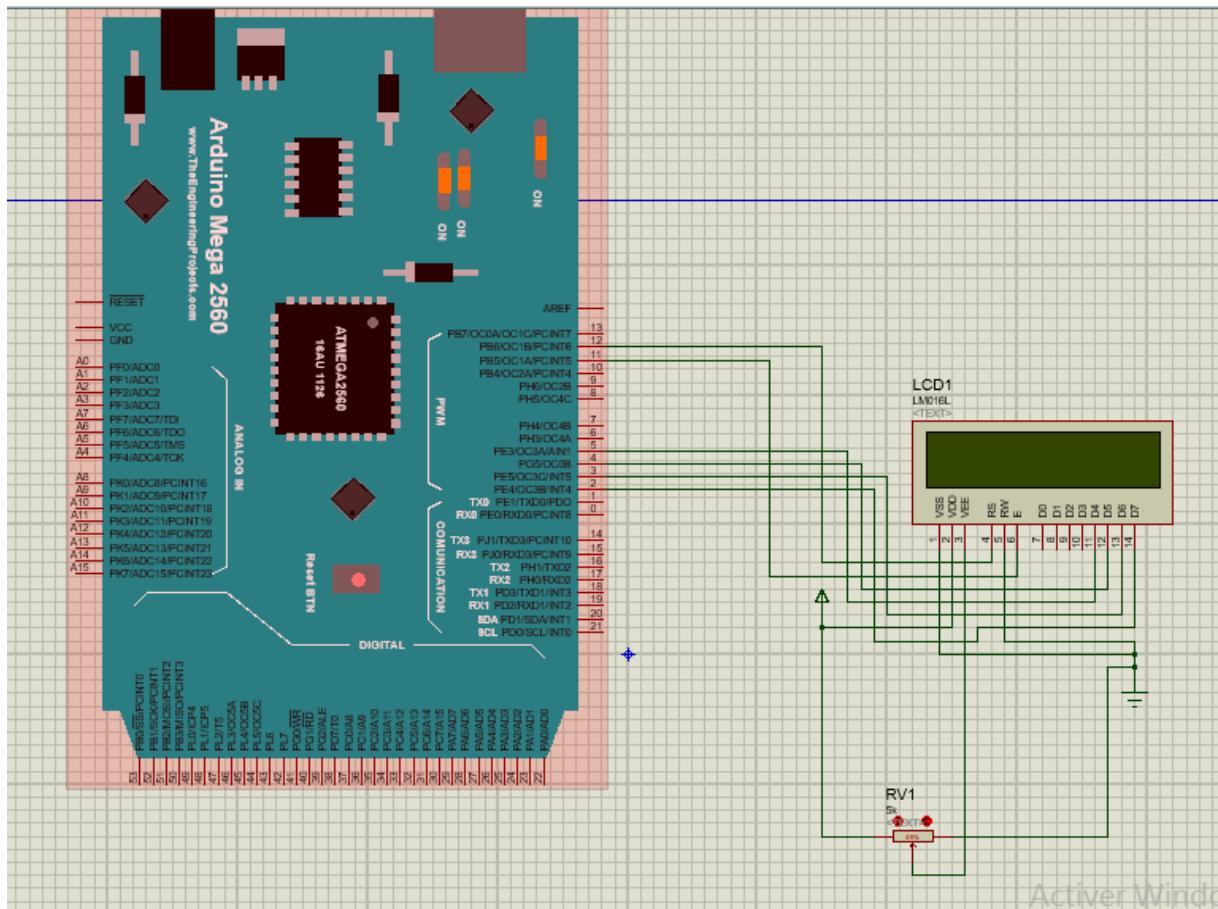
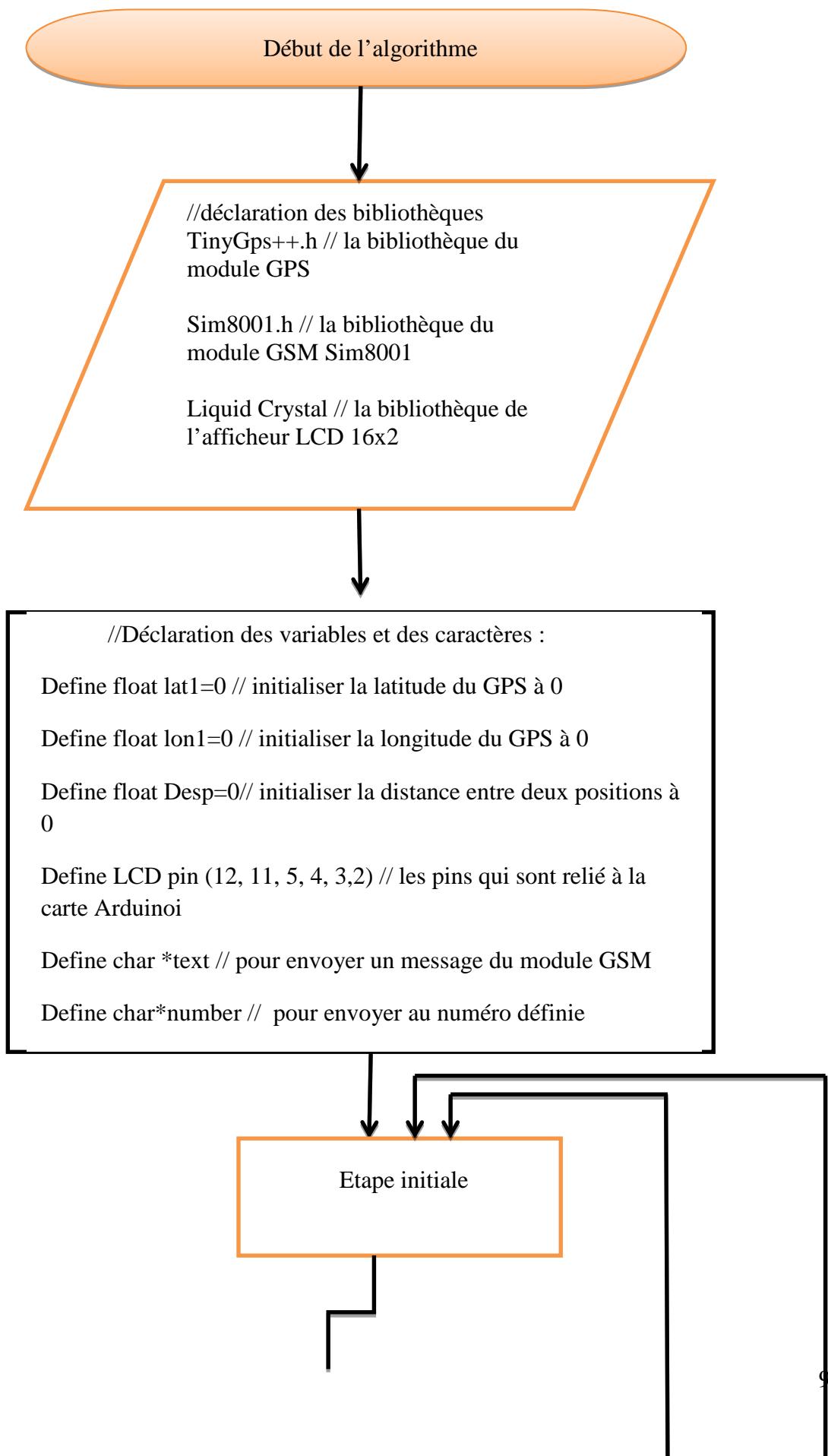
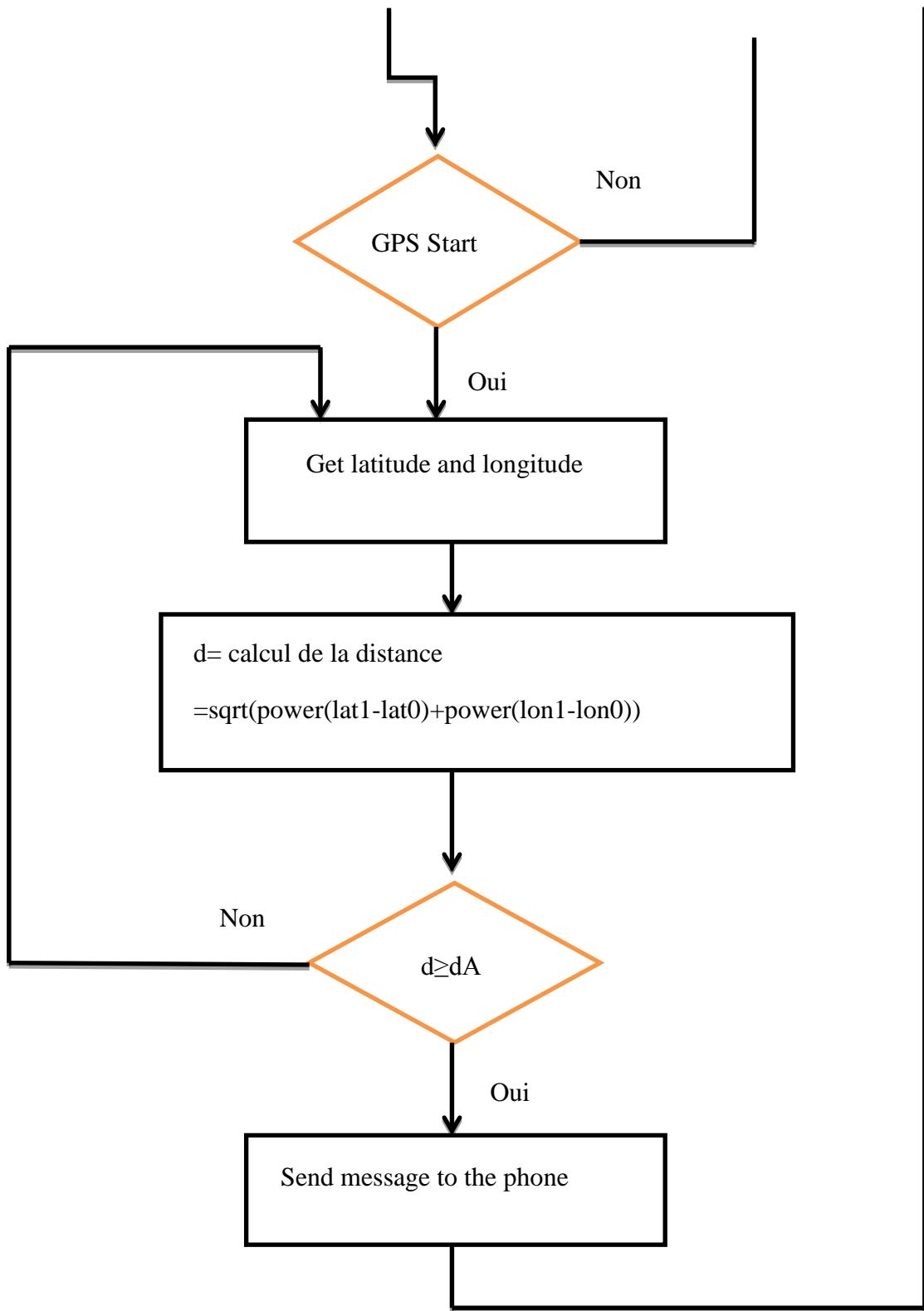


Figure 4-10: raccordement entre l'afficheur LCD 16x2 et la carte Arduino Mega sur Proteus

4.2.5 L'algorithme de fonctionnement :





4.3 Commentaire :

L'objectif de ce dispositif est d'assurer la sécurité de l'enfant et ainsi pouvoir le relier aux parents grâce aux trois composants essentiels qui sont le GPS, la carte Arduino et le module GSM chacun contribuant à garantir le suivi de l'enfant à chacun de ses déplacements et à tous moments et cela est possible en utilisant un GPS qui nous donnera les coordonnées géographiques continuellement qui sont la latitude et longitude, une fois ces données traitées par la carte Arduino, le module GSM interviendra pour envoyer un message sur le Smartphone du parent pour l'avertir que son enfant a dépassé la zone pré-déterminée mais suite à quelques complications qui sont subvenues au cours de la réalisation de la maquette, on a rencontré un problème de dernière minute avec le module GSM qui refuse de fonctionner correctement et suite aux circonstances atténuantes, nous n'avons pas pu commander un autre module de remplacement car sa disponibilité sur le marché est restreinte, pour faire face à ce problème nous est venue l'idée de placer une led indiquant que la zone de sécurité pré-déterminé a été dépassé et donc de confirmer que l'enfant se trouve en danger, perdu ou simplement il a échappé à la vigilance de ses parents ce qui arrive souvent dans les grandes surfaces.

4.4 Conclusion :

Dans ce chapitre d'application, le but était d'associer différentes technologies récemment inventées, au cours des vingt dernières décennies ajouté à sa l'apparition de nouveaux concepts tel que l'internet des objets qui a changé considérablement le quotidien de chacun améliorant ainsi le facteur de sécurité et spécifiquement pour les enfants car c'est à cet âge-là qu'on est le plus vulnérable, ceci a été notre principal objectif mais aussi les systèmes informatisés et l'électronique embarqué nous ont grandement aidé à la réalisation de ce dispositif éliminant ainsi de nombreux problèmes et garantissant plusieurs possibilités d'applications.

Au cours de la réalisation du dispositif, nous avons testé notre programme en changeant les distances d_{min} (qui est la distance minimale à ne pas dépasser), donc nous avons fait plusieurs scénarios ($d_{min}=50$ mètres, $d_{min}=5$ mètres, $d_{min}=3$ mètres), ceci nous a permis de montrer la fiabilité et l'efficacité de notre maquette.

Conclusion générale :

Dans ce mémoire, nous nous sommes intéressés à introduire l'internet des objets dans la traçabilité, tout d'abord dans le domaine de l'agro-alimentaire, puis son évolution progressive vers d'autres secteurs aussi important comme celui de la sécurisation des personnes ce qui est le cas de notre projet de fin d'étude.

Dans la première partie (chapitre1) nous avons présenté un état de l'art sur la traçabilité dans l'agro-alimentaire. Même si la traçabilité n'est devenue un sujet central pour les entreprises de l'agroalimentaire que récemment, de nombreux travaux existent déjà sur les définitions et les applications de la traçabilité, sur les intérêts d'un système de traçabilité performant et sur l'attitude des consommateurs vis à vis des produits alimentaires, nous avons aussi précisé les autres domaines d'application de la traçabilité et les outils utilisés pour la réaliser.

Dans la partie suivante (chapitre 2), nous avons présenté l'internet des objets, la prochaine évolution de l'internet se traduisant par un monde de dispositif connectés pouvant être appliqué dans différents secteurs et à différentes fins.

Le chapitre 3 a été consacré à un état des lieux sur la géolocalisation et plus particulièrement sur un nouveau concept qu'est le geofencing, nous avons cherché à montrer l'impact que peut avoir ce concept en citant des exemples le démontrant.

Pour répondre au besoin identifié dans la première partie et confirmer par l'état de l'art et l'état des lieux, nous avons proposés de développer un dispositif anti vol d'enfant, le chapitre 4 est destiné à la constitution de ce dispositif et à son fonctionnement , le but étant d'utiliser ces nouvelles technologies et ces nouveaux concepts dans des domaines de sécurisation, ainsi en réalisant ce dispositif nous avons essayé de relier le parent à son enfant, de l'informer sur la position de celui-ci en cas de danger éminent, et de ce fait il pourra être rassuré à chaque instant et pouvoir intervenir a tout moment.

Pour enrichir ce travail, plusieurs perspectives peuvent être identifiées suite aux travaux présentés dans ce mémoire :

- ✓ Possibilité de réduction de la taille du dispositif pour que celui-ci soit plus facilement transportable
- ✓ Remplacer les composants utilisés par d'autres plus performants comme par exemple remplacer la carte arduino Uno par une carte arduino Nano
- ✓ Ajouter le GSM shield pour pouvoir transmettre plus facilement les messages aux parents
- ✓ Remplacer le GPS utilisé par un GPS shield qui est meilleure et plus performant que celui utilisé.

Bibliographie et webographie :

- [1] : Gilles Scarset « traçabilité Agro-Alimentaire enjeux et perspectives »2008
- [2] : Jean Luc Viruéga traçabilité méthodes et pratiques 2005
- [3] : Raul Green Sécurité alimentaire et traçabilité Cahier du LORIA n° 2003-01
- [4] : Livre Blanc « Traçabilité » Edition 2012
- [5] : Dr Chi-Dung Ta l'auteure : Traçabilité totaleen agroalimentaire,méthodologie, pratiqueet suivi,Mémento AFNOR, Avril2002
- [6] :Clément Dupuy Analyse et conception d'outil pour la traçabilité 2004
- [7] : Alsace Métrologie document
- [8] : types de traçabilité .Ooreka.fr
- [9] : Guide viticulture durable Charentes
- [10] : Carine Arnault chambres de métiers et de l'artisanat « traçabilité et sécurité alimentaire »
- [11] : introduction à la traçabilité, rapport rédigé par Sophie Jacquement, conseillère en traçabilité septembre 2002
- [12] :MDS l'identification au service de l'industrie
- [13] : terminologie petit historique des codes à barres de Pitoo.com
- [14] : INRS (Institut National de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents de travaux) première édition en mars 2010
- [15] :projet ISN : technologie RFID par Laurent Coutelier & Bruno Le-Roux en 2013
- [16] : livre blanc AKANEA Developpement en 2017
- [17] :PAR JEAN-PIERRE LEAC • PUBLIÉ LE 18 MAI 2015
- [18] :étude sur l'intérêt de la traçabilité en industrie Agro-alimentaire par Pascal Garry,Bull. Liaison CTSCCV Vol. 11, N° 2, 2001
- [19] : livre blanc préparer la révolution de l'internet des objets, Document n° 1 – Une cartographie des enjeux le 7 novembre 2016
- [20] : The Internet of Things How the Next Evolution of the Internet Is Changing EverythingCisco par Dave Evans en avril 2011
- [21] :thèse de doctorat sur les systèmes de gestion de flux pour l'internet des objets intelligent par Benjamin Billet le 19 mars 2015
- [22] :An overview of the Internet of Things for people with disabilities par Mari Carmen Domingo, journal homepage /www.Elsevier.com/ en 2011

[23] :article sur l'Internet of things In Logistics par les auteurs suivants :James Macaulay, Lauren Buckalew, Gina Chung en 2015

[24] : A.T Kearney the internet of things new path to European prosperity en 2016

[25] :article le monde sur l'internet des objets en pleine expansion par Edouard Pflimlin en 2017

[26] :article sur Approche ascendante basée sur Internet des objets pour accomplissement d'ordre (de commande) dans un environnement de stockage collaboratif par Paul J. Reaidy , Angappa Gunasekaran , Alain Spalanzanien 2014

[27] :article sur la construction d'un hôpital intelligent par Patrik Fuhrer en 2006

[28] :Publication « Demain, l'internet des objets » par Mehdi Nemri France Stratégie le 12 janvier 2015

[28] : Livre blanc « objets communicants et internet des objets par l'institut Carnot en 2011

[29] : livre blanc « L'Internet des objets Comment l'évolution actuelle d'Internet transforme-t-elle le monde ? par Dave Evans en 2011

[30] : article publié par Pierre Smith sur « la géolocalisation : définition, usages et limites » le 2 février 2011

[31] : document « La géolocalisation : des utilisations originales » issu de CommentCaMarche (/www.commentcamarche.net/) en juin 2014

[32] : document sur la Géolocalisation par INSA Lyon Département TELECOM SERVICES & USAGES en janvier 2010

[33] :blog Clever Age.com sur les technologies de géolocalisation Indoor en mai 2015

[34] :article sur le Geofencing par Jean François Pilou

[35] :Wafaa AIT-CHEIK-BIHIAccroche orientée modèles pour la vérification et l'évaluation des performances de l'interopérabilité et l'interaction des services

[36] :article « An intelligent model for logistics management based on geofencing algorithmes and RFID technology » par les auteurs suivant :Rodrigo.R Oliveira, Ismael M.G Cardoso, Jorge L.V Barbosa en 2015

[37] :www.mind-microtec.org (électronique embarqué)

[38] :2009-2013, Pierre-Yves Rochat, version du 07-05-2013

[39] :Algorithme pour l'apprenti programmeur sur le site d'openclassrooms mis à jour le 25 février 2016

[40] :Wikipédia

[41] :cours sur les microcontrôleurs par Christophe Durand en 2009-2010

[42] :article sur les condensateurs suopenclassrooms l'électronique du zéro mis à jour le mardi 21 février 2017

[43] : position-libre Apprendre l'électronique.

[44] : article sur le principe du système de localisation GPS sur <http://eduscol.education.fr>

[45] :Christian Dupaty BTS Systèmes Numériques

[46] :planète-domotique

[47] : TX ROBOTIC <http://gdr-miv.fr>

Annexes :

- ❖ Annexe1 :
https://docs.google.com/viewer?url=http://www.tiendaarduino.com/datasheet/arduino_due.pdf
- ❖ Annexe2 :
<https://docs.google.com/viewer?url=https://www.openimpulse.com/blog/wp-content/uploads/wpsc/downloadables/GY-NEO6MV2-GPS-Module-Datasheet.pdf>
- ❖ Annexe3 :
<http://datasheetcafe.databank.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2016/03/SIM800L.pdf>
- ❖ Annexe4 :
<http://eskimon.fr/26-arduino-701-les-ecrans-lcd#463692>

Annexe5 : programme sur arduino IDE

```
#include "TinyGPS++.h"
#include <LiquidCrystal.h>
TinyGPSPlus gps;//This is the GPS object that will pretty much do all the grunt work
with the NMEA data
float lat0=34.910895;
float lan0=-1.290604;
//joun tx
// gr rx

double lat1=0;
double lan1=0;
float desp=0;
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
// dest
int dmin=3;

void setup()
{pinMode(8, OUTPUT);
pinMode(52, OUTPUT);
//lcd.clear();
//
lcd.begin(16, 2);
Serial.begin(9600);//This opens up communications to the Serial monitor in the
Arduino IDE
```

```

Serial2.begin(9600);//This opens up communications to the GPS
lcd.clear();
lcd.setCursor(1, 1);
lcd.print(" GPS Start ");
delay(1000);
}

void loop()
{
delay(900);
digitalWrite(8, HIGH);
while(Serial2.available())//While there are characters to come from the GPS
{
    gps.encode(Serial2.read());//This feeds the serial NMEA data into the library one
    char at a time
}
if(gps.location.isUpdated())//This will pretty much be fired all the time anyway but
will at least reduce it to only after a package of NMEA data comes in
{
    //Get the latest info from the gps object which it derived from the data sent by the
    GPS unit
Serial.println("Satellite Count:");
Serial.println(gps.satellites.value());
Serial.println("Latitude:");
Serial.println(gps.location.lat(), 6);
Serial.println("Longitude:");

Serial.println(gps.location.lng(), 6);
Serial.println("Speed MPH:");
Serial.println(gps.speed.mph());
Serial.println("Altitude Feet:");
Serial.println(gps.altitude.feet());
Serial.println("");
lat1=gps.location.lat(),6;
Serial.println(" hhhh ");
Serial.println(lat1);
lan1=gps.location.lng();

desp=sqrt(pow(lat1-lat0, 2)+pow(lan1-lan0, 2));
Serial.println(desp*100000/15);
Serial.println(" m ");
lcd.clear();
}

```

```

lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("lat:");
lcd.print(gps.location.lat());
lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print("lan:");
lcd.print(gps.location.lng());
delay(1000);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("dest ");
int ddd=desp*100000/10;
lcd.print(ddd);
delay(1000);
if(ddd>dmin) {digitalWrite(52, HIGH);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("send ");
for(int i=0;i<5;i++) {lcd.print(" . ");delay(500);}
}
else digitalWrite(52, LOW);
if(analogRead(A8)==1023)
{
lcd.clear();
lcd.setCursor(2, 0);
lcd.print(" initialiser ");
delay(1000);
lat0=lat1;
lan0=lan1;

}
}

}

```

Résumé

Ces dix dernières années, la traçabilité est devenue une composante essentielle dans la demande des clients des industries de production, en particulier de l'agro-alimentaire. Celles-ci sont aujourd'hui conscientes de la nécessité de mettre en œuvre des systèmes de traçabilité précis, rapides et fiables. Elle a bénéficié du développement des nouvelles technologies de l'information et de la communication mais aussi par l'apparition de l'internet des objets, qui est venue solidifier ce concept en donnant une existence pour tous les objets offrant d'innombrables opportunités en tant qu'utilisateur comme en tant que fournisseur de services.

L'apparition d'un nouveau concept qui est le geofencing a aussi renforcé la traçabilité et lui a procuré un nouvel axe sur lequel elle peut opérer, elle est aujourd'hui utilisée dans plusieurs domaines, dans notre cas nous nous sommes intéressés au domaine de la sécurité des individus et plus particulièrement la sécurisation des enfants car plus de 30000 enlèvements ont lieu à travers le monde, et en Algérie 1000 enfants sont kidnappés par an au vu des statistiques données par les organismes spécialisés et c'est dans cette optique que nous avons eu l'idée de créer un dispositif dédié aux enfants pour les relier aux parents, celui-ci pourra les informer de la position de leurs enfants et les alerter en cas de danger imminent.

Mots clés : traçabilité, internet des objets, geofencing, nouvelles technologies, sécurité.

Abstract

These last ten years, the traceability became an essential component in the request of the customers of the industries of production, in particular the food-processing industry. These are today aware of the necessity of implementing precise, fast and reliable systems of traceability. She benefited from the development of the new information technologies and the communication but also by the appearance of the internet of objects, which came to solidify this concept by giving an existence for all the objects offering uncountable opportunities as user as a service provider.

The appearance of a new concept which is the geofencing also indented the traceability and has her to get a new axis on which she can operate, she is used in several domains, in our case today we were interested in the domain of security of the individuals and more particularly the reassurance of the children because more than 30000 removals take place worldwide, it is the number declared by the removals and in Algeria 1000 children are kidnapped in year in view of the statistics given by the specialized bodies and it is from this perspective that came to us the idea to create a device dedicated to the children to connect them to the parents, this one can inform him about the position of her child and alert him in case of eminent danger.

Keywords : Traceability, internet of things, geofencing, new technologies, security.

ملخص

على مدى العقد الماضي، أصبحت تتبع عنصراً أساسياً في الطلب من العملاء للصناعات الانتاج، ولا سيما الأغذية. وهم يدركون الحاجة إلى تنفيذ أنظمة التتبع محددة وسريعة وموثوقة بها الآن. وقد استفادت من تطوير تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الجديدة ولكن أيضاً من قبل ظهور الإنترنت من الأشياء، التي جاعت ترسیخ مفهوم ذات وجود لكافة الكائنات توفير فرص لا تعد ولا تحصى كما المستخدم مثل مزود الخدمة.

ظهور مفهوم جديد التي وتوفرت أيضاً geofencing التتبع وتقدم محور جديد الذي يمكن أن تعمّل، ويتم استخدامه حالياً في العديد من المجالات، في حالتنا نحن مهتمون في مجال أمن الأفراد وخصوصاً أمن الأطفال أكثر من 30000 الخطف تم في جميع أنحاء العالم، ويتم اختطاف عدد من عمليات الخطف ذكرت في الجزائر و 1.000 طفل سنوياً في ضوء البيانات الإحصائية من قبل الوكالات المتخصصة وفي ضوء ذلك أثنا قد وصلنا إلى فكرة إنشاء جهاز مخصص للأطفال للاتصال الآباء، فإنه سيتم إبلاغ موقع طفلها وحالة تأهّب في حالة خطر وشيك.

كلمات مفتاحية :

التبّع، إنترنت الأشياء، geofencing، التكنولوجيات الجديدة، السلامة.

