

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

BADJI MOKHTAR- ANNABA UNIVERSITY

جامعة باجي مختار- عنابة

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR- ANNABA



Année : 2018

Faculté : Sciences de l'Ingénierat

Département : Electronique

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de MASTER

Intitulé

**CHARGEUR DE BATTERIES SANS File
POUR VOITURE ELECTRIQUE GERE PAR PIC 16F877**

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Electronique

Spécialité : Télécommunication avancée

Par : Mr BOUACIDA Abdelatif

DEVANT Le JURY

Président :	Mr K .SAOUCHI	Pr	U.B.M.A
Directeur de Mémoire :	Mr :FRIHI Mohamed	MCA	U.B.M.A
Examineur :	Mr: FEZARI Mohamed	Pr	U.B.M.A

TABLE DE MATIERE

Dédicace.....	I
Remerciement.....	II
Table des Matières.....	III
Abstract	IV
Liste Des Figures.....	V
Chapitre I : Introduction générale	
Historique.....	1
Introduction	3
Chapitre II : Technologie de la TESH	
I-Introduction	4
1-2 Définition	4
I-3 induction électromagnétique	6
II- Techniques employées dans les applications TESH.....	7
II-1 Technique TESH par induction magnétique	7
II-2 Technique TESH par résonance magnétique	7
II-3 Technique TESH par couplage capacitif.....	8
III Les dispositifs utilisant la technique TESH.....	9
III-1 Smartphone et la technologie Qi.....	9
III-2 voiture Electrique	12
Chapitre III : Voiture électrique et la Recharge sans fil	
I -voiture électrique	14
I-1 définition	14
I-2 principe	14

I-3 Avantages et inconvénients de la voiture électrique	15
I-4 voitures électriques spécifiques	16
II BMS et Batterie lithium- ion.....	18
II-1 Batterie lithium- ion.....	18
II-1-2 Caractéristiques de la Batterie lithium- ion.....	19
II-1-3 Avntage de la Batterie lithium- ion.....	20
II-1-4 technologies de charge rapides	22
II-2 système BMS.....	22
III Voiture électrique Sans fil.....	23
III- 1 principe	24
III-2 Pourquoi la voiture sans fil.....	24
III-3 Station de rechargement sans file.....	25
 CHAPITRE IV : Partie Réalisation	
Introduction.....	26
I-PIC 16f877 de Microship.....	26
I-2 caractéristiques du PIC 16f877.....	27
I-3 Conversion Analogique numérique ADC	28
II travail réalisé.....	29
II-1 schéma électronique du chargeur sans file.....	29
II-2 Algorithme de fonctionnement	31
II-3 principe de fonction	33
II-4 Programme réalisé en C avec le compilateur MikroC.....	34
III Simulation.....	35
III-1 schéma électronique	35

III – 2 Résultats et Discussions	36
IV- CONCLUSION	38
CHAPITRE V : Conclusion Générale	
Conclusion générale.....	39
Bibliographie.....	40

باسم الله الرحمن الرحيم
اللهم علمنا ما ينفعنا وانفعنا بما علمتنا وزدنا علما

Dédicace

Je dédie ce travail à :

- tous qui combattent pour le développement de notre pays
- Tous les scientifiques et chercheurs honnêtes en Algérie
- Ceux partagent leur savoir notamment sur le net
- Mes parents et toute ma famille
- Tous mes Amis

Remerciement

Je remercie tout d'abord notre clément Dieu qui m'a donné la puissance pour que je puisse terminer ce travail.

Je remercie beaucoup mon encadreur Mr FRIHI Mohamed pour son aide, sa disponibilité et sa Compréhension.

Je remercie les travailleurs de la bibliothèque centrale de L'UBMA pour leur contribution, leur sérieux.

Je remercie tous les travailleurs de département d'électronique qui m'ont soutenu.

Résumé

Notre projet est un chargeur rapide sans fil destiné pour les voitures électriques et/ou hybrides, Basé sur le microcontrôleur Pic 16F877 qui commande et contrôle la charge des batteries. Un afficheur LCD pour l'indication des valeurs des courants et tensions et signalant tout événement.

Ce système doit être installé en dessous de la voiture comprenant une bobine secondaire la carte de gestion et les batteries,

Sur le sol de la station de recharge on trouve un rack contient la bobine primaire qui est alimentée avec un courant alternatif très puissant

Lorsque la voiture est stationnée au-dessus de la bobine primaire et que les deux plaques sont parfaitement alignées bobine primaire va émettre un champ magnétique alternatif à destination de la deuxième bobine secondaire.

Après le microcontrôleur commande le chargement rapide et affiche les valeurs importantes jusqu'au chargement complet d'où il arrête le chargeur et affiche ça sur l'afficheur

L'application a été réalisée avec le langage C en utilisant le compilateur MikroC.

Abstarct :

Our Project is a Wireless fast charger dedicated for electric and hybrid car, based on microcontroller pic16F877 that operate and control all system of charging, with LCD screen

To indicate all events and values.

At charging station, we have rack on ground that contains primary coil supplied with powerful currant.

When car is parked above primary coil in the way the two coils are perfectly aligned the secondary coil detect the electromagnetic filed, so the microcontroller starts the charging and view all important values until end of charging at this time it stops the charger and view message of end charging.

ملخص :

المشروع المنجز هو عبارة عن شاحن سريع لسيارات الكهربائية والهجينة يعتمد على الميكرو مراقب الذي يقوم بمراقبة والتحكم في شحن البطاريات أيضا لدينا شاشة لعرض كل القيم و التغيرات

هذا الجهاز يكون في السيارة من الأسفل يضم الوشيعية الثانوية بطاقة التحكم و البطاريات

في مستودع الشحن يوجد الوشيعية الأولية مثبتة على الأرض و موصولة بالتغذية الكهربائية ذات التيار العالي

حين ركن السيارة فوف الوشيعية الأولية بحيث تكون الوشيعتان متطابقتان الميكرو مراقب يقوم بتحسس و قياس الضغط الى غاية الحصول على القيمة الكافية لشحن في هذه اللحظة يصدر المراقب امر بالشحن و يقوم بمراقبة و عرض قيم الشحن الى غاية ان يتم الشحن يقوم بإيقاف الشاحن و عرض حالت البطاريات على الشاشة

Liste des figures

Figure 2_1 : tour de tesla.....	6
Figure 2_2 : l'induction magnétique.....	6
FIGURE 2_3 : TESH par induction magnétique.....	7
FIGURE 2_4 : TESH par résonance magnétique.....	8
FIGURE 2_5 : TESH par couplage capacitif.....	9
FIGURE 2_6 : chargeur QI pour smart phone	10
Figure 2_7 : module récepteur QI pour smart phone.....	11
FIGURE 2_8 : Exemple de système TESH pour les véhicules électriques	13
FIGURE 3_1 voiture électrique.....	15
FIGURE 3_2 : Les prises de recharge dédiées	15
FIGURE 3_3 : voiture hybride.....	18
FIGURE 3_4 : Batterie lithium-Ion	18
figure 3_5 phases de charge de la batterie LI-ion.....	20
FIGURE 3_6 : cycles de charge de la batterie Li -ion	20
Figure 3_7 : schéma simplifié d'un BMS	23
Figure 3_8 : model de voiture sans file	24
Figure 3_9 : Exemple d'une station de chargement sans file.....	25
Figure 4_1 : pin diagram Pic16F877	26
FIGURE 4_2 : Block diagram PIC 16F877	27
Figure 4_3 : schéma du chargeur sans file	29
Figure 4_4:algorithme de fonctionnement.....	31
Figure 4_5: phases de chargement.....	33
Figure 4_6 : schéma de simulation.....	34
Figure 4_7 :LCD (lancement de chargeur)	36
Figure 4_8 : LCD (voiture mal stationnée)	37
Figure 4_9 : LCD (charge en cours).....	37

Chapitre I

Introduction générale

I-1 Historique :

En 1825, William Sturgeon invente l'électroaimant, un fil conducteur enroulé autour d'un noyau de fer. Le principe de l'induction électromagnétique – un champ magnétique fluctuant induit un courant électrique dans un fil électrique – est découvert par Michael Faraday en 1831. Combinant ces deux découvertes, Nicholas Joseph Callan (en) est le premier en 1836 à faire la démonstration d'une transmission d'une énergie électrique sans fil. L'appareil à bobine d'induction de Callan est constitué de 2 bobines isolées – appelées bobinages primaire et secondaire – placées autour d'un noyau de fer. Une batterie connectée par intermittence au primaire 'induit' une tension dans le secondaire, provoquant une étincelle.

Dans une bobine d'induction ou un transformateur électrique, qui peut avoir un cœur ferreux ou de l'air, la transmission d'énergie se fait par simple couplage électromagnétique aussi connu par le terme induction mutuelle. Avec cette méthode, il est possible de transmettre de l'énergie sur de grandes distances. Cependant, pour diriger l'énergie dans la bonne direction, les deux bobines doivent être placées suffisamment proches.

Dans le cas de couplage résonant, où les bobines sont réglées sur la même fréquence, une puissance significative peut être transmise sur plusieurs mètres.

En 1864, James Clerk Maxwell réalise une modélisation mathématique du comportement des radiations électromagnétiques. En 1888, Heinrich Rudolf Hertz réalise une transmission sans fil d'ondes radio, validant les modèles mathématiques de Maxwell. L'appareil de Hertz est considéré comme le premier transmetteur radio. Quelques années plus tard, Guglielmo Marconi améliore le transmetteur, en y ajoutant un conducteur élevé et une connexion à la terre. Ces deux éléments peuvent être retrouvés dans les travaux de Benjamin Franklin en 1749 et de Mahlon Loomas en 1864 .

Nikola Tesla s'intéresse aussi à la transmission radio mais contrairement à Marconi, Tesla conçoit son propre transmetteur, d'une puissance instantanée cinq fois supérieure à celui de ses prédécesseurs. Tous ces systèmes utilisent au minimum 4 circuits de résonance, 2 pour l'émetteur et 2 pour le récepteur.

Alors que les techniques sans fil se développent au début du XX^e siècle, des recherches sont effectuées sur des méthodes de transmission alternatives. Le but était de générer un effet localement et de le détecter à distance. Des tests sont effectués sur des charges plus conséquentes, remplaçant les récepteurs faiblement résistifs utilisés jusqu' alors pour détecter un signal reçu. Au St. Louis World's Fair (1904), un prix est offert pour l'alimentation à une distance de 30 mètres d'un moteur de 0.1 cheval (75 W).

I-2 Introduction :

Le nombre d'appareils portables présents dans nos vies est en augmentation continue depuis la fin du 20ème siècle, bien que ceux-ci soit limité par l'éphémère durée de charge des batteries/piles. La conséquence directe est l'intrusion des chargeurs et câbles d'alimentation dans notre quotidien, ce qui tend de plus en plus à limiter la mobilité offerte par les appareils sans fils. Dans certains domaines d'application, les batteries ne peuvent tout simplement pas être utilisées en raison de leur taille (micro-implants biomédicaux) ou de leur inaccessibilité (capteur de déformation implanté pendant 40 ans dans des structures de béton). Beaucoup d'effort de recherche a été consacré pour solutionner ces problèmes, et le transfert de puissance sans fil (Wireless power transmission, WPT) à des appareils portables est devenu un moyen évident et réalisable pour résoudre ce problème. En réalité, il y a plus de cent ans, Tesla avait déjà proposé plusieurs systèmes de WPT utilisant des champs électromagnétiques de forte intensité, variant dans le temps. Mais à cette époque, il n'y avait que peu de nécessité pour le WPT, parce que les systèmes de distribution électrique par câble étaient généralement d'une plus grande efficacité et moins coûteux pour les appareils électriques, comme les ampoules, utilisées à l'époque. Aujourd'hui, les dispositifs de transfert de puissance à courte distance sans fil en utilisant l'induction électromagnétique sont utilisés de plus en plus dans les produits de l'industrie pour la recharge sans contact. Cependant en raison de la limitation de la distance de transfert, cette technologie ne peut pas charger les appareils portables sur des distances de plus de 1/5ème de la dimension de l'émetteur de puissance. Le couplage résonant est une méthode efficace qui permet de prolonger la distance de transfert jusqu'à une distance moyenne (plus de 2 ou 3 fois la dimension de l'émetteur ou récepteur).

Chapitre II :

Technologie de transmission

D'énergie sans fil

I- Introduction :

La mise au point de la première technique de transmission d'énergie sans fil (TESF) – la technique d'induction – remonte au XIXe siècle. Depuis 2006 et l'innovation du Massachusetts Institute of Technology relative à une technique de transmission d'énergie sans fil n'utilisant pas de faisceau, de nombreuses techniques de transmission d'énergie sans fil (TESF) sont étudiées, par exemple la transmission par faisceau radiofréquence, par induction d'un champ magnétique, par résonance, etc. Les applications de la TESH vont des dispositifs mobiles et portables aux véhicules électriques en passant par les appareils domestiques et les équipements de bureau. De nouvelles caractéristiques sont définies, offrant par exemple une certaine latitude pour le positionnement des chargeurs. Certaines techniques permettent de recharger simultanément plusieurs dispositifs. Aujourd'hui, les techniques TESH par induction sont largement disponibles sur le marché, tandis que les techniques TESH par résonance font leur apparition sur le marché grand public. L'industrie automobile envisage d'utiliser la TESH pour les véhicules électriques dans un avenir proche.

I-2 Définition :

La transmission d'énergie sans fil TESH ou Wireless Power Transmission WPT, est une technique permettant la distribution de l'énergie électrique sans utiliser de support matériel. Cette technique est destinée à être utilisée pour alimenter des lieux difficiles d'accès.

Contrairement à la transmission de données, le rendement est le critère à maximiser pour la transmission d'énergie, il détermine le choix entre les différentes technologies.

La transmission d'énergie sans fils n'est pas une idée nouvelle. Au début du 20ème siècle, Nikola Tesla avait déjà effectué une transmission d'électricité sans fil. Il utilisait alors l'induction électromagnétique. Il avait découvert que l'électricité pouvait être transmise à travers l'air mais aussi la terre. Au cours de ses recherches, il avait réussi à allumer des lampes à une distance moyenne.



Figure 2_1 : tour de tesla

I-3 l'induction électromagnétique :

un conducteur parcouru par un courant électrique génère un champ magnétique (loi de Biot et Savart). La loi de Lenz-Faraday décrit le phénomène suivant : lorsque le flux du champ magnétique qui traverse un circuit conducteur varie au cours du temps, il apparaît dans ce circuit une tension appelée force électromotrice. La f.e.m. ainsi créée est orientée de façon à générer des courants s'opposant à la variation du flux :

$$e = -d\phi/dt$$

Toute variation du courant produit une variation de ce champ induit, ce qui a pour effet de produire une tension qui s'oppose à la variation du champ donc qui s'oppose à la variation du courant :

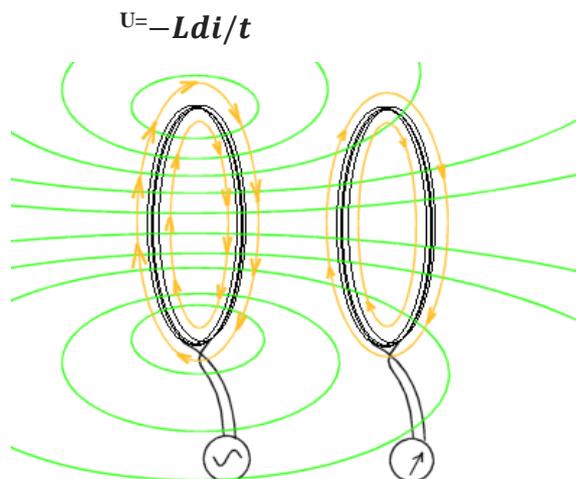


Figure 2_2 : l'induction magnétique

II Techniques employées dans les applications TESF :

II-2 Technique TESF par induction magnétique :

La TESF par induction magnétique est une technique bien connue, qui est utilisée depuis longtemps dans les transformateurs, dans lesquelles une bobine primaire et une bobine secondaire sont couplées par induction, par exemple grâce à l'utilisation d'un noyau magnétique perméable commun. La transmission d'énergie par induction dans l'air, dans laquelle la bobine primaire et la bobine secondaire sont séparées physiquement, est également une technique connue depuis plus d'un siècle. Egalement appelée TESF à couplage étroit, cette technique est caractérisée par le fait que le rendement de la transmission d'énergie chute si la distance dans l'air est supérieure au diamètre de la bobine et si les bobines ne sont pas alignées en deçà de la distance de décalage. Le rendement de la transmission d'énergie dépend du facteur de couplage (k) entre les inducteurs et de leur qualité (Q). Cette technique permet d'obtenir un rendement plus élevé que la méthode de résonance magnétique. Elle est commercialisée pour la recharge des smartphones. Avec un réseau de bobines, cette technique offre par ailleurs une certaine souplesse concernant l'emplacement de la bobine du récepteur par rapport à l'émetteur.

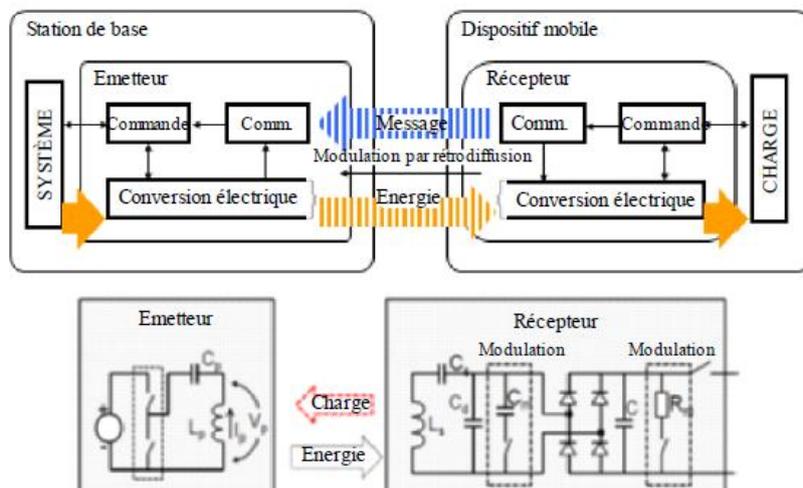


FIGURE 2_3 :

Exemple de schéma de système TESF par induction magnétique

II- 2 Technique TESF par résonance magnétique :

La TESF par résonance magnétique est également appelée TESF à faible couplage. Le principe théorique de cette méthode de résonance magnétique a commencé à être élaboré en 2005 par le Massachusetts Institute of Technology, et il a été validé expérimentalement en 2007. La méthode utilise une bobine et un condensateur en tant que résonateur, l'énergie électrique étant transmise par résonance électromagnétique entre la bobine de l'émetteur et celle du récepteur (couplage par résonance magnétique). En faisant correspondre la fréquence de résonance des deux bobines avec un facteur Q élevé, l'énergie électrique peut être transmise sur une grande distance sur laquelle le couplage magnétique entre les deux bobines est faible. La TESF par résonance magnétique permet de transmettre l'énergie électrique sur une distance pouvant aller jusqu'à plusieurs mètres. Cette technique offre également une certaine souplesse concernant l'emplacement de la bobine du récepteur par rapport à la bobine d'émission. On trouvera des détails techniques pratiques dans un grand nombre d'articles techniques

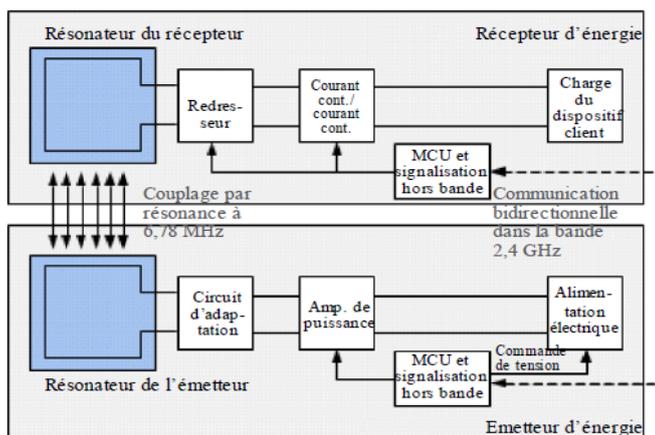


FIGURE 2_4

Exemple de schéma de système TESF par résonance magnétique

II -3 Technique TESF par couplage capacitif

Le système TESF par couplage capacitif possède deux ensembles d'électrodes et n'utilise pas de bobines comme dans le cas des systèmes TESF de type magnétique. L'énergie est transmise via un champ d'induction généré par le couplage des deux ensembles d'électrodes. Le système à couplage capacitif présente les avantages suivants :

- 1) Le système à couplage capacitif offre une certaine latitude pour le positionnement horizontal avec un système de recharge facile à utiliser pour les utilisateurs finals.
- 2) Une électrode très mince (moins de 0,2 mm) peut être utilisée entre l'émetteur et le récepteur du système, ce qui permet de l'intégrer dans les dispositifs mobiles de faible épaisseur.
- 3) Pas de génération de chaleur dans la zone de transmission d'énergie sans fil. Autrement dit, la température ne s'élève pas dans cette zone, de sorte que la batterie est protégée contre la chaleur y compris lorsqu'elle est placée à proximité.
- 4) Le niveau d'émission du champ électrique est faible en raison de la structure du système de couplage. Le champ électrique émane des électrodes destinées à la transmission d'énergie.

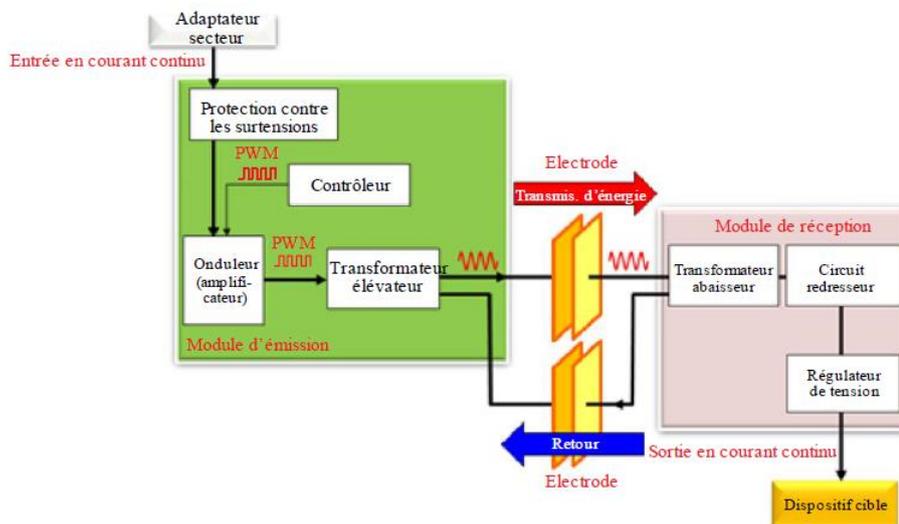


FIGURE 2_5 :

Schéma du système TESF par couplage capacitif

III Les Dispositifs utilisant la technique TESF :

III-1 Smart phone et la technologie Qi :

Créé en 2008 par le *Wireless Power Consortium*, Qi est une technologie basée sur la transmission d'énergie sans fil sur une distance maximale de 40 mm. Pour fonctionner, le système Qi a besoin d'un support de transmission et d'un récepteur compatible dans un appareil mobile, tel qu'un smartphone, une tablette ou un autre appareil compatible.

Le fonctionnement est un jeu d'enfant : il vous suffit de placer le périphérique mobile compatible sur le support de transmission pour que la recharge se mette en route grâce à l'induction électromagnétique entre les deux appareils.

Pour faire simple, **l'induction magnétique** est un phénomène électrique qui se produit grâce à une différence de potentiel électrique aux bornes d'un conducteur électrique. Ce phénomène a de nombreux usages, comme les transformateurs électriques, les bobines, et bien sûr les plaques à induction avec une poêle appropriée qui sert à faire cuire des aliments. C'est aussi de cette manière que les puces RFID sont alimentées par le lecteur.

À terme, son objectif est que la technologie Qi devienne un standard au niveau mondial dans le domaine de la transmission d'énergie sans-fil.



FIGURE 2_6 : chargeur Qi pour smart phone

Actuellement, la norme Qi est conçue pour les appareils utilisant 5 watts de puissance ou moins, tels que les smartphones, les appareils photo ou les télécommandes.

Le **Wireless Power Consortium** travaille actuellement à l'expansion de Qi pour une utilisation dans des appareils plus imposants comme les **tablettes**, les ordinateurs portables ou la plupart des appareils électroménagers, les véhicules électriques et d'autres solutions.

Pour les téléphone ou tablette qui sont pas dotés de cette technologie on peut même ajouté un petit module récepteur qu'on branche dans le port microUSB , ce module contient une bobine et un circuit BQ51015 tu Texas Instrument



Figure 2_7 : Module récepteur Qi pour smart phone

III-2 Voiture Electrique :

Pour les véhicules électriques et les véhicules électriques hybrides rechargeables. La TESH pour les véhicules électriques et les véhicules électriques hybrides rechargeables utilise à la fois l'induction et la résonance magnétique. L'énergie électrique est transmise de la bobine primaire à la bobine secondaire efficacement par un champ magnétique en utilisant la résonance entre la bobine et le condensateur.

Les applications prévues pour les véhicules de tourisme reposent sur les aspects suivants:

- 1) Application de la TESH: transmission d'énergie électrique depuis une prise de courant d'une résidence ou d'un service public d'électricité vers les véhicules électriques et les véhicules électriques hybrides rechargeables.
- 2) Cadre d'utilisation de la TESH: résidence, appartement, parking public, etc.
- 3) Utilisation de l'électricité dans les véhicules: tous les systèmes électriques, par exemple les batteries rechargeables, ordinateurs, climatiseurs, etc.
- 4) Exemples de cadre d'utilisation de la TESH: un exemple concernant les véhicules de tourisme est illustré sur la figure qui suit.
- 5) Méthode TESH: un système TESH pour les véhicules électriques et les véhicules électriques hybrides rechargeables a au moins deux bobines, l'une étant le dispositif primaire et l'autre le dispositif secondaire. L'énergie électrique est transmise du dispositif primaire au dispositif secondaire par un flux/champ magnétique.
- 6) Emplacement des dispositifs (emplacement des bobines):
 - a) Dispositif primaire: sur ou dans le sol.
 - b) Dispositif secondaire: sous le véhicule.
- 7) Entrefer entre les bobines primaire et secondaire: moins de 30 cm.
- 8) Exemple de classe de puissance d'émission: 3 kW, 6 kW ou 20 kW.

- 9) Sécurité : le dispositif primaire ne peut commencer à transmettre de l'énergie que si le dispositif secondaire est situé au bon endroit pour la TESF. Le dispositif primaire doit cesser la transmission en cas de difficulté à maintenir une transmission en toute sécurité.

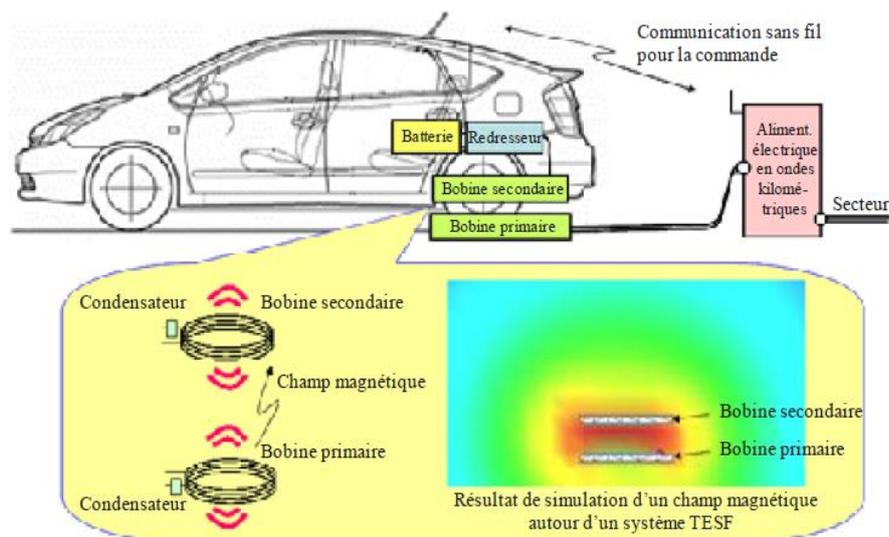


FIGURE 2_8 : Exemple de système TESF pour les véhicules électriques et les véhicules électriques hybrides rechargeables

Chapitre III :

Voiture Electrique Et le rechargement sans fil

I- voiture électrique :

I-1 : définition

Une voiture électrique est une automobile mue par la force électromotrice d'un ou plusieurs moteurs électriques, alimentés par une batterie d'accumulateurs, une pile à combustible ou un moteur thermique couplé à un générateur électrique.

On distingue ainsi les voitures électriques à batterie comme la Tesla Model S, la Tesla Model X et la Renault ZOE (appelées BEV en anglais pour « *Battery Electric Vehicle* »), les voitures électriques à pile à combustible comme la Toyota Mirai ou les voitures hybrides électriques. Il existe également des automobiles électriques équipées de batteries et d'un prolongateur d'autonomie comme la Chevrolet Volt (appelée EREV en anglais, pour « *Extended Range Electric Vehicle* »).

I-2 : Principe :

La voiture est généralement équipée d'un ou plusieurs moteurs électriques dont la puissance totale peut aller de 15 kW à plus de 400 kW, selon la taille du véhicule, l'usage et les performances recherchées. Par exemple : 49 kW (67 ch) pour une petite berline quatre-places.

Une batterie d'accumulateurs fournit l'énergie provenant de la recharge par câble depuis une source électrique extérieure et, selon les modèles, de la récupération d'énergie par freinage régénératif, le moteur fonctionnant alors en générateur d'électricité.

La capacité des batteries varie de 15 à 200 kWh, leur tension totale étant de 300 à 500 V. L'autonomie du véhicule dépend directement de la capacité de la batterie, du type de trajet (plat, varié, urbain, etc.), du mode de conduite et des accessoires utilisés (phares, chauffage, climatisation, essuie-glaces, etc.).

Les constructeurs annonçaient une autonomie moyenne de 150 km jusqu'en 2016 où la plupart ont annoncé, au Mondial de Paris, le passage de cette autonomie à 300 km, en particulier pour la Renault ZOE, l'Opel Ampera-e et la Golf de Volkswagen ; ils prévoient pour 2020 une autonomie allant de 450 km pour PSA à 600 km pour VW et Mercedes ; Tesla annonce 600 km pour sa Model S dès 2017.

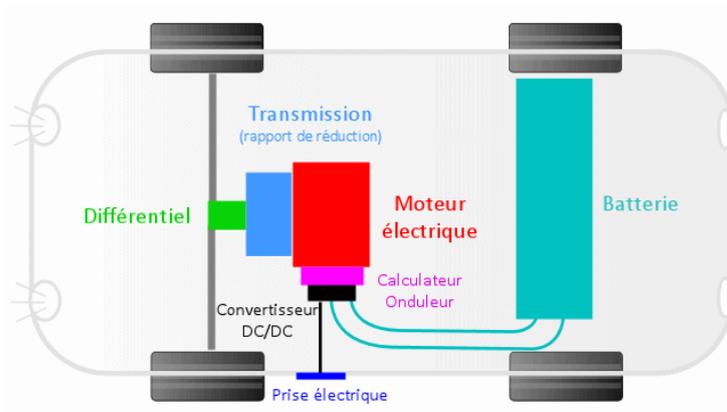


FIGURE 3 _1 voiture électrique

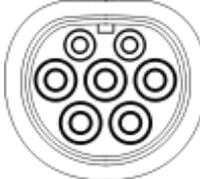
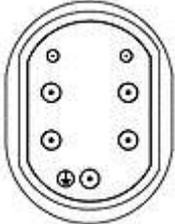
caractéristiques	type1	type2	type2
phase	monophasé	monophasé/triphasé	monophasé/triphasé
courant	32A	70A(Monophasé) 63A	32A
tension	250v	500v	500v
NB de broches	5	7	5 ou 7
schéma			

FIGURE 3_2 : Les prises de recharge dédiées

I-3 : Avantages et inconvénients de la voiture électrique :

a) **Avantage :** La voiture électrique présente un certain nombre d'avantages par rapport à une voiture à moteur thermique parmi ces avantages :

- Les émissions de CO₂ sont réduites en moyenne de 90 % par rapport à celles des voitures thermiques.
- Elle est très simple à conduire, pas de levier de vitesses à actionner manuellement.
- Elle est plus silencieuse qu'une voiture thermique ;
- Le moteur est à l'arrêt lorsque le véhicule est à l'arrêt
- Elle nécessite beaucoup moins d'entretien (pas de vidange, etc.)
- Le rendement d'un véhicule électrique s'élève à 50 %, contre un rendement de 20 % pour un moteur thermique

B) Inconvénients :

- **L'autonomie :** Elle est rarement de plus de 200 km pour un véhicule électrique alors qu'elle dépasse fréquemment 500 km pour les véhicules à essence, voire 1 000 km pour une voiture Diesel.
- **Le coût élevé des batteries :** Les batteries constituent 30 à 40 % du prix des voitures électriques.
- **La rapidité de recharge :** Une voiture à essence se recharge en quelques minutes alors qu'actuellement, une voiture électrique nécessite un temps de recharge de plusieurs dizaines de minutes, ils restent toutefois discrets sur la question de savoir si des recharges rapides peuvent nuire à la longévité des batteries.
- **Les infrastructures :** Sans infrastructure de rechargement, le consommateur n'est pas incité à acheter un véhicule électrique ; et sans véhicule électrique, il n'y a pas de raison de bâtir des infrastructures.

I-4 voiture électriques spécifiques :

Il existe des voitures électriques qui sortent de l'ordinaire parmi ces voitures qui sont déjà commercialisées d'autres sont en cours d'essai on peut citer quelques types de ces voitures :

a) Voitures électriques intelligentes :

Les voitures électriques « intelligentes », interagissant elles-mêmes avec un réseau électrique intelligent, et alimentées par des énergies renouvelables, sont une des solutions qui pourraient permettre en 2050 qu'il n'y ait plus de véhicules fonctionnant avec des carburants fossiles en ville. Le « *vehicle to grid* » est un concept qui permet d'utiliser l'énergie stockée dans les véhicules électriques afin de soutenir le réseau électrique en période de pic de consommation ou en cas d'urgence (orage, coupure de câble...). L'énergie stockée dans la batterie du véhicule pourrait également suppléer aux exigences électriques de l'habitation. Cette technologie ne nécessite que le chargeur embarqué dans le véhicule ainsi que l'interface entre le véhicule et le réseau électrique soient bidirectionnels (l'énergie circule dans les deux sens).

Les premières applications de ces concepts sont en cours de commercialisation : la startup néerlandaise Jedlix a développé l'application de chargement intelligent « ZE Smart Charge » qu'elle commercialisera aux Pays-Bas fin octobre 2017 et plus largement en Europe en 2018 ; Renault annonce le lancement de ZE Smart Charge en France en 2018 ; ce logiciel repose sur un algorithme permettant à la voiture de dialoguer avec le fournisseur d'énergie pour déclencher la charge au moment le plus opportun pour les gestionnaires de réseaux (en évitant les pics de consommation) tout en tenant compte des besoins exprimés par l'utilisateur (heure de fin de la charge, autonomie souhaitée), qui sera rémunéré chaque mois par un versement pouvant aller jusqu'à l'équivalent d'une recharge complète. Jedlix a conclu des partenariats avec Tesla et BMW au début 2017.

b) Véhicules solaires partiellement auto-rechargeables :

C'est des voitures électriques dont la carrosserie sera partiellement photovoltaïque, avec de premiers modèles partiellement « auto-rechargeable » annoncés pour 2019. Sono Motors dont le 1er prototype semi-solaire a été financé par crowdfunding annonce en 2017 un gain de 30 kilomètres d'autonomie par jour pour son prototype (en complément de la batterie de 50 kWh permettant 250 km d'autonomie)

c) Voiture hybride :

Le principe des véhicules hybrides repose essentiellement sur l'utilisation de deux moteurs différents. Dans la majorité des cas, il s'agit d'un moteur thermique (essence ou Diesel), couplé à un moteur électrique. Cela permet donc de cumuler les avantages des deux dispositifs ; économie d'un moteur électrique, mais autonomie d'un moteur à essence. Par ailleurs, l'utilisation de batteries permet de stocker de l'énergie, qui peut l'être via une prise électrique, ou en la récupérant lors du freinage.

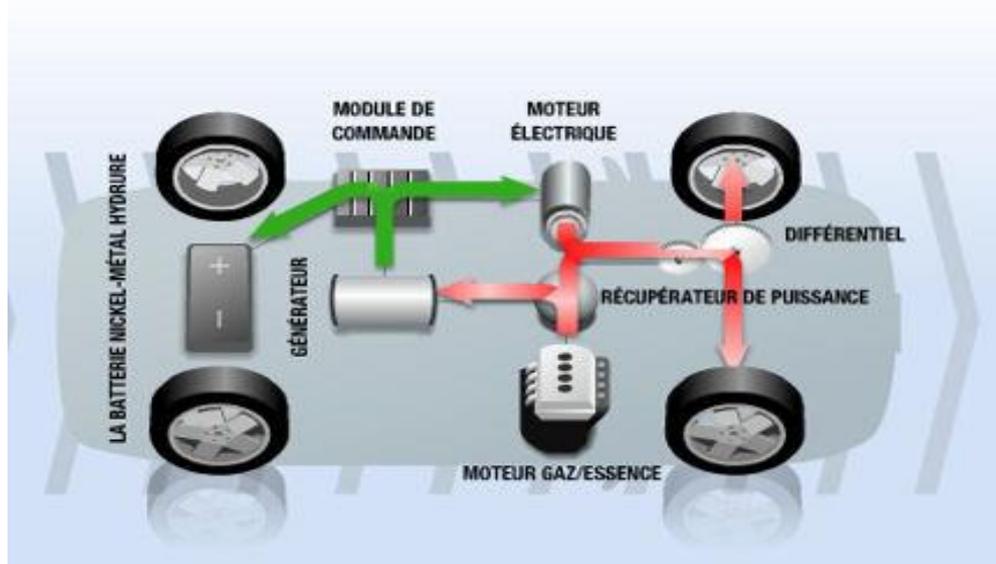


FIGURE 3_3 : voiture hybride

-**La/les batterie(s) :** c'est ici qu'est stockée l'énergie électrique. Ce sont les modèles les plus légers qui ont la côte (Lithium par exemple).

-**Le générateur :** c'est un alternateur ; à partir d'une énergie mécanique, il délivre un flux électrique, qui est envoyé vers la batterie. Le recours à la co-génération (production de chaleur et d'électricité) permet d'améliorer le rendement d'un moteur thermique.

-**Le module de commande :** c'est le cerveau du véhicule ; il gère et répartit l'énergie. En fonction de l'utilisation, il va actionner soit le moteur thermique, soit le moteur électrique, ou encore les deux lors des accélérations. C'est également lui qui gère la charge de la batterie.

-**Le moteur thermique (gaz ou essence) :** c'est un moteur de voiture classique. Il transforme de l'essence, ou du gaz, en énergie mécanique, qui est envoyée vers les roues et/ou vers le générateur.

-**Récupérateur de puissance** : au freinage, il récupère une partie de l'énergie cinétique du véhicule, et l'envoi vers les batteries.

-**Le différentiel** : son rôle n'est pas lié au fonctionnement des véhicules hybrides. Il y en a sur tous les véhicules à 4 roues, il permet simplement aux roues d'un même essieu de tourner à des vitesses différentes, dans les virages.

II : BMS et batteries lithium-ion :

II-1 Batterie lithium-ion :

Commercialisée pour la première fois par Sony Energitech en 1991, la batterie lithium-ion occupe aujourd'hui une place prédominante sur le marché de l'électronique portable. Ses principaux avantages sont une densité d'énergie spécifique et volumique élevée (4 à 5 fois plus que le Ni-MH par exemple). Enfin, l'auto-décharge est relativement faible par rapport à d'autres accumulateurs. Cependant le coût reste important.

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 Ni-MH 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.

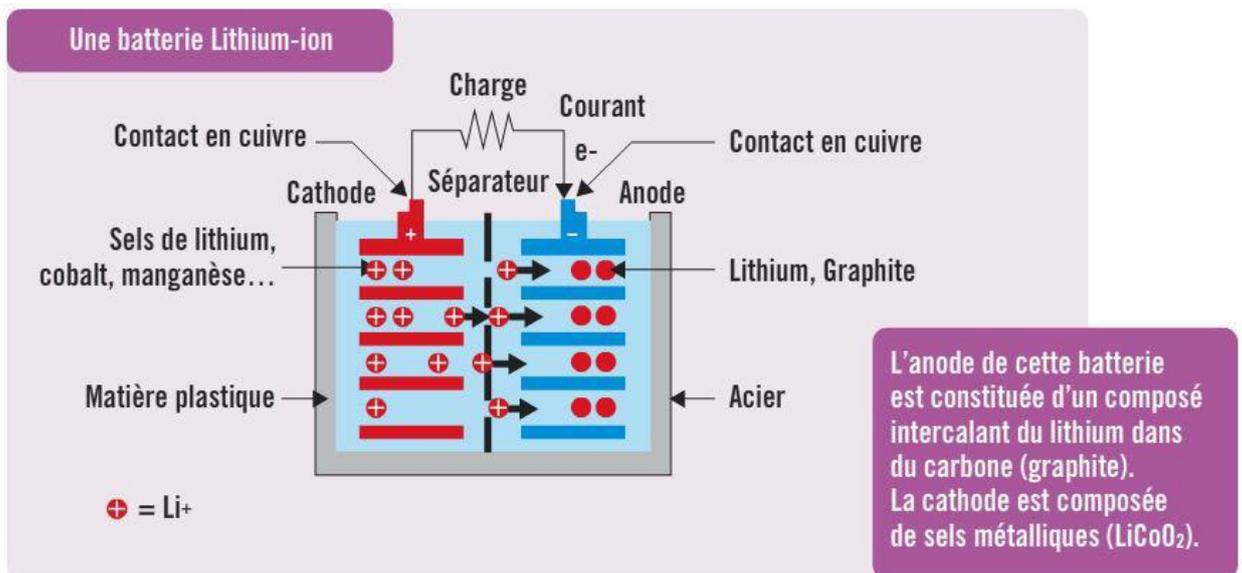


FIGURE 3_4 : Batterie lithium-Ion

II- 1-2 Caractéristiques de la batterie lithium ion :

Les batteries lithium-ion polymère disposent d'une haute densité de puissance qui vous offre une grande autonomie dans un boîtier léger. Et vous pouvez recharger une batterie lithium-ion polymère quand bon vous semble, sans qu'il soit nécessaire d'effectuer un cycle de charge ou de décharge complet.

a) Charge standard

La plupart des batteries lithium-ion polymère utilisent une charge rapide pour recharger votre appareil à 80 % de sa capacité, puis passent en charge lente. Cela représente environ deux heures pour recharger un PC à 80 % de sa capacité, puis deux heures de plus pour atteindre sa pleine charge si vous ne l'utilisez pas en cours de charge. Les batteries lithium-ion peuvent être rechargées un grand nombre de fois, mais un nombre limité, défini en fonction du "cycle de charge".

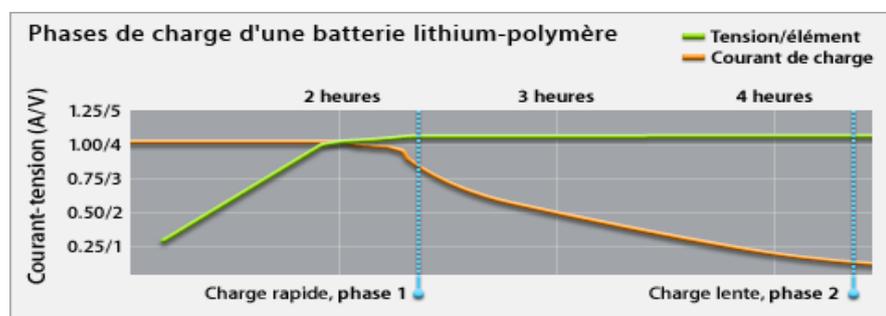


figure 3_5 phases de charge de la batterie LI-ion

b) Les cycles de la batterie :

Les batteries li-ion possèdent un nombre maximum de cycles avant lequel leur autonomie s'effondrera. Un cycle représente une décharge complète suivie d'une recharge complète de la batterie. L'avantage du li-ion est sa flexibilité : si vous déchargez votre batterie à 50 % puis la rechargez à 100 %, cela équivaudra à ½ cycle. Les accumulateurs li-ion actuels possèdent une durée de vie comprise entre 500 et 1000 cycles de recharge.

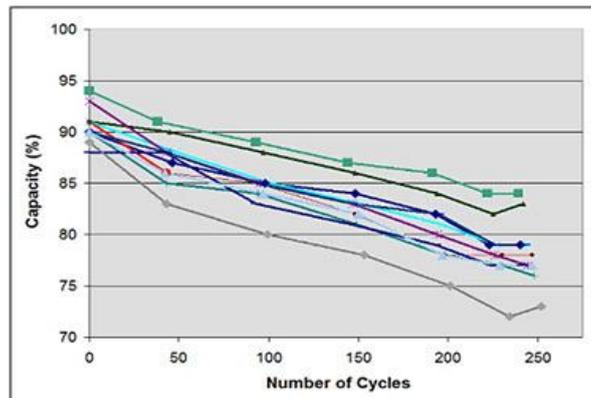


FIGURE 3 _6 : cycles de charge de la batterie Li –ion

II – 1- 3 Avantage de la batterie Li-ion :

Les batteries lithium ion ont beaucoup d'avantages par rapport à la batterie standard au plomb parmi ces avantages on peut citer :

- Possède une haute densité d'énergie pour un poids très faible, grâce aux propriétés physiques du lithium (très bon rapport poids/potentiel électrique). Ces accumulateurs sont donc très utilisés dans le domaine des systèmes embarqués.
- Ne présente aucun Effet mémoire contrairement aux accumulateurs à base de nickel
- Ne nécessite pas de maintenance.
- Présente une faible autodécharge (5 à 10% par mois)
- Ces caractéristiques font de cette batterie l'une des meilleures solutions actuelles pour alimenter en électricité les appareils nomades (appareil photo, téléphone mobile, tablettes, PC) ou les véhicules (**voiture hybride, voiture électrique**).

II- 1-4 Les technologies de charge rapide :

Il existe des chargeurs ultra rapides, qui proposent de charger la batterie en quelques dizaines de minutes. En effet, depuis quelques années, on assiste une flopée de nouvelles technologies. Qu'il s'agisse de Quick Charge, VOOC, Dash Charge, elles suivent toutes le même principe.

La charge rapide consiste donc à envoyer une très grande puissance sur la première moitié de la charge, puis à réguler finement cette puissance sur la seconde moitié. Ce dernier exercice est le plus délicat, afin de ne pas endommager la batterie. Afin de découvrir plus en détail les différentes technologies de charge rapide.

II-2 Système BMS :

De l'anglais « Battery Management System », le BMS est un système électronique contrôlant la charge et parfois également la décharge des accumulateurs composant une batterie. C'est un élément indispensable qui assure à la fois une sécurité optimale ainsi qu'une bonne longévité de la batterie. Afin d'optimiser les capacités de la batterie et d'empêcher les sous-tensions ou surtensions, le BMS veille à l'équilibrage des cellules entre elles. On peut considérer qu'il existe deux types de BMS, actif (non dissipatif) et passif (dissipatif).

Le système BMS peut assurer les fonctionnalités suivantes :

- Tension max de fin de charge
- Cut off de fin de décharge
- Surintensité
- Surchauffe.
- SOH (état de santé de la batterie)
- SOC (niveau de charge de la batterie)
- DOD (profondeur de décharge de la batterie)
- Nombre de cycles effectués
- Energie totale depuis la première mise en service
- Protocoles de communications externes (bus).

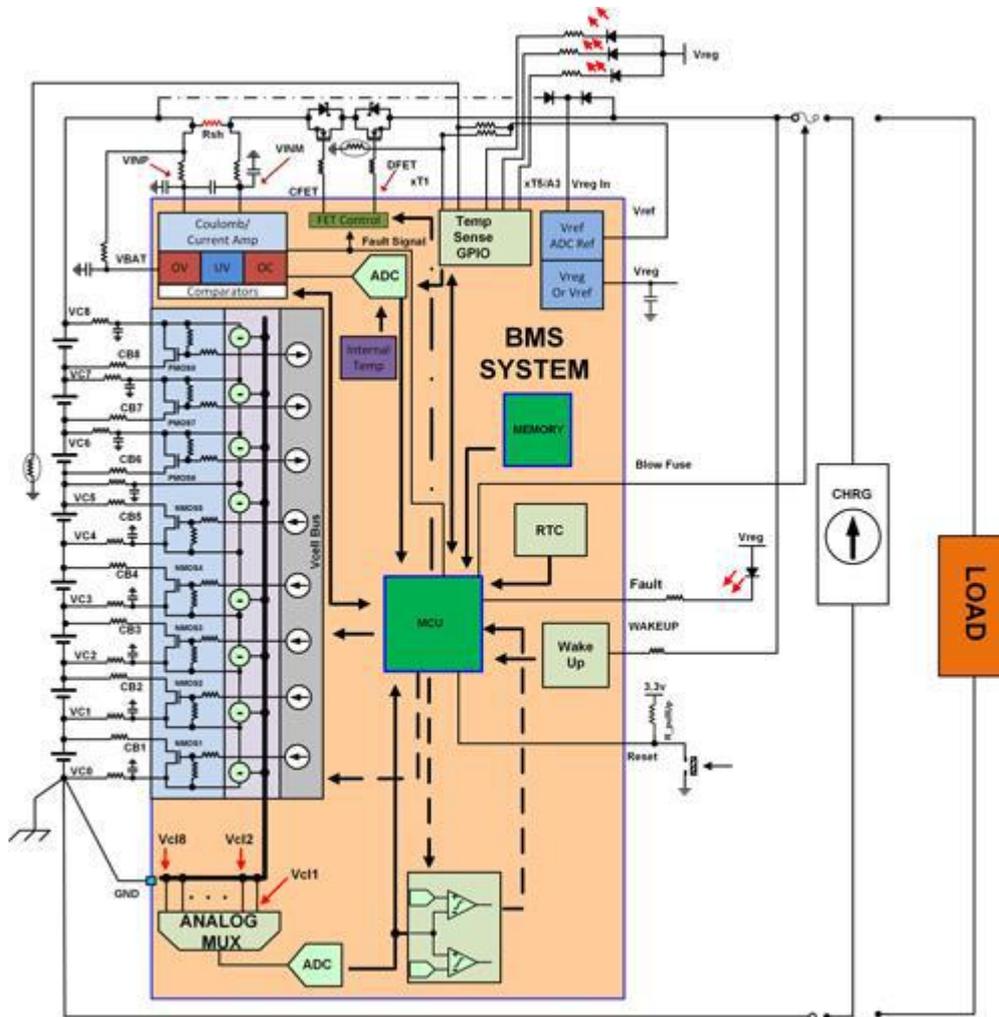


Figure 3_7 : schéma simplifié d'un BMS

III VOITURE ELECTRIQUE SANS FILE :

III-1 principe :

En utilisant la technologie de recharge par induction, une technologie qui existe aussi pour les téléphones cellulaires, les constructeurs des voitures électriques compte à simplifier la tâche aux futurs propriétaires de ces véhicules. Le système est basé sur Une première plaque posée au sol intègre une **bobine primaire** qui va émettre un champ magnétique alternatif à destination d'une deuxième plaque dotée d'une **bobine secondaire** installée sous le véhicule électrique ou hybride rechargeable. Ce système ne fonctionne que lorsque la voiture est stationnée au-dessus de la bobine primaire et que les deux plaques sont **parfaitement alignées**, la charge sans fil permet de faire le plein d'une batterie en toute sécurité, qu'il pleuve ou qu'il neige.

Ce type de recharge atteint une efficacité de 80% à 90% par rapport à la recharge traditionnelle par câble. La recharge prend donc plus de temps que si la voiture était branchée.

La charge d'un pack batterie de la puissance de celui qui équipe la Volvo C30 Electrique devrait prendre environ 1h20 dans le cas d'une batterie entièrement déchargée. Le dispositif de charge qui sera soumis à l'évaluation est dimensionné pour 20 kW

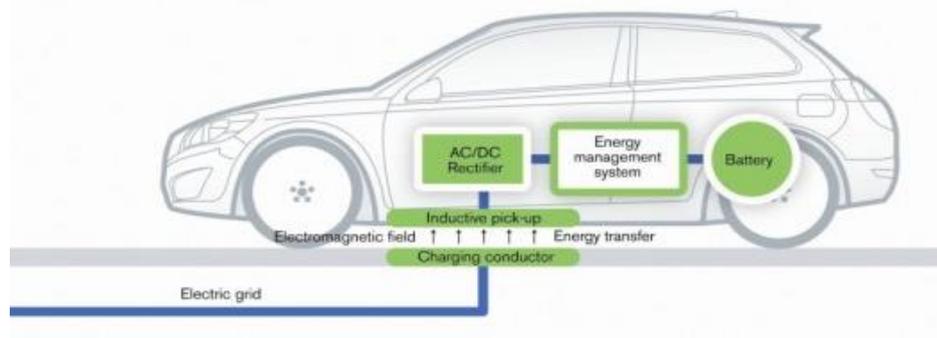


Figure 3_8 : model de voiture sans file

III – 2 POURQUOI LA VOITURE SANS FIL :

Le développement de la technologie de recharge par induction ne se fait pas que pour se débarrasser des gros câbles uniquement, mais les constructeurs Pense à l'avenir où les voitures se conduiront d'elles-mêmes, un véhicule électrique pourra aller se stationner par lui-même et entamer sa recharge sans la moindre intervention humaine.

III – 2 Station de recharge pour voiture électrique sans fil

Avec les stationnements à recharge par induction, la seule trace visible qu'il s'agit bien d'une station de recharge est une plaque incrustée à même le sol.

Ce dispositif permet de transférer de l'énergie via un champ électromagnétique. Une première plaque posée au sol intègre une **bobine primaire** qui va émettre un champ magnétique alternatif à destination d'une deuxième plaque dotée d'une **bobine secondaire** installée sous le véhicule électrique ou hybride rechargeable. Ce système ne fonctionne que lorsque la voiture est stationnée au-dessus de la bobine primaire et que les deux plaques sont **parfaitement alignées**.

La généralisation du rechargement sans fil pourrait également constituer une solution durable au manque de moyens pour recharger les voitures électriques. Simple et discret, il pourrait aisément se banaliser sur les places de parking. C'est pourquoi les constructeurs automobiles sont de plus en plus nombreux à vouloir équiper leurs voitures du dispositif de recharge à induction.

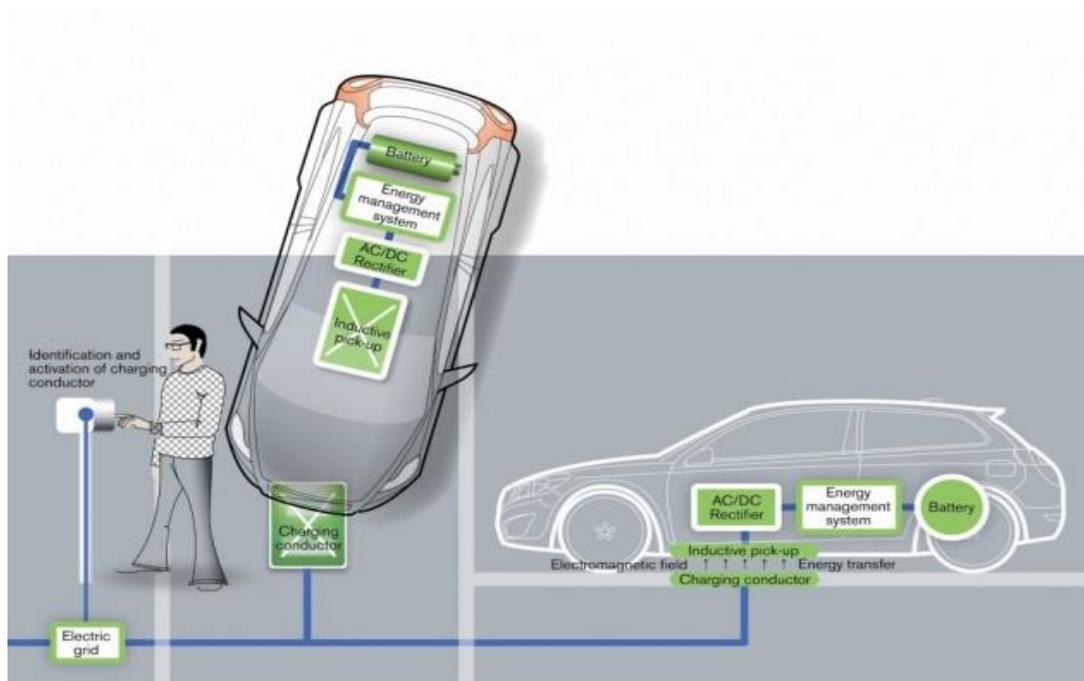


Figure 3_9 : Exemple d'une station de chargement sans fil

CHAPITRE IV :

RELAISATION

INTRODUCTION :

Le projet réalisé est un chargeur rapide sans file destiné pour les voitures électriques et/ou hybrides, Basé sur le fameux microcontrôleur Pic 16F877 qui commande et contrôle la charge des batteries lors du chargement. Un afficheur LCD pour l'indication des valeurs des courants et tensions et signalant tout événement.

L'application a été réalisée avec le langage C en utilisant le compilateur MikroC

I - le pic 16f877 de Microchip :

L'avantage de microcontrôleur pic c'est un composant bon marché de plus on peut trouver des compilateurs free download qui fonctionnent parfaitement. pour le 16 f877 est un microcontrôleur 8 bits CMOS en boîtier DIP 40 broches. Il dispose de deux Timers/compteur 8 bits avec pré-scaler 8 bits, un Timer / compteur 16 bits avec pré-scaler, un Timer Watchdog (WDT) avec son propre oscillateur RC sur puce pour un fonctionnement fiable et deux Modules capture / compare PWM

I-2 Caractéristiques de pic 16F877 :

- 35 instructions
- Mémoire programme de 14 Ko
- Fréquence d'utilisation de DC à 20MHz
- Mémoire EEPROM donnée de 256 octets et RAM 368 octets
- 14 interruptions et 3 Timers
- Interfaces MSSP, USART, PSP, SPI et I2C
- Circuit de détection de baisse de Brownout, pour Reset (BOR)
- 33 broches d'E/S
- Large plage de tension d'utilisation de 4V à 5.5V
- convertisseur analogique-numérique 10 bits multicanal
- Gamme de température d'utilisation de -40°C à 85°C

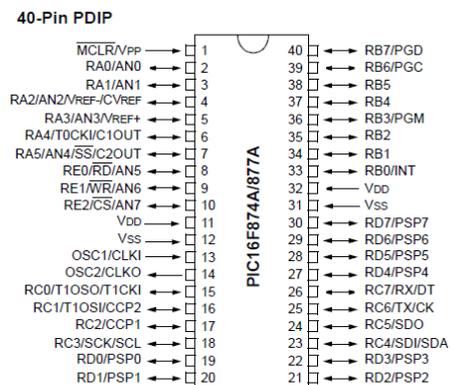


Figure 4_1 : pin diagram Pic16F877

PIC16F87XA

FIGURE 1-2: PIC16F874A/877A BLOCK DIAGRAM

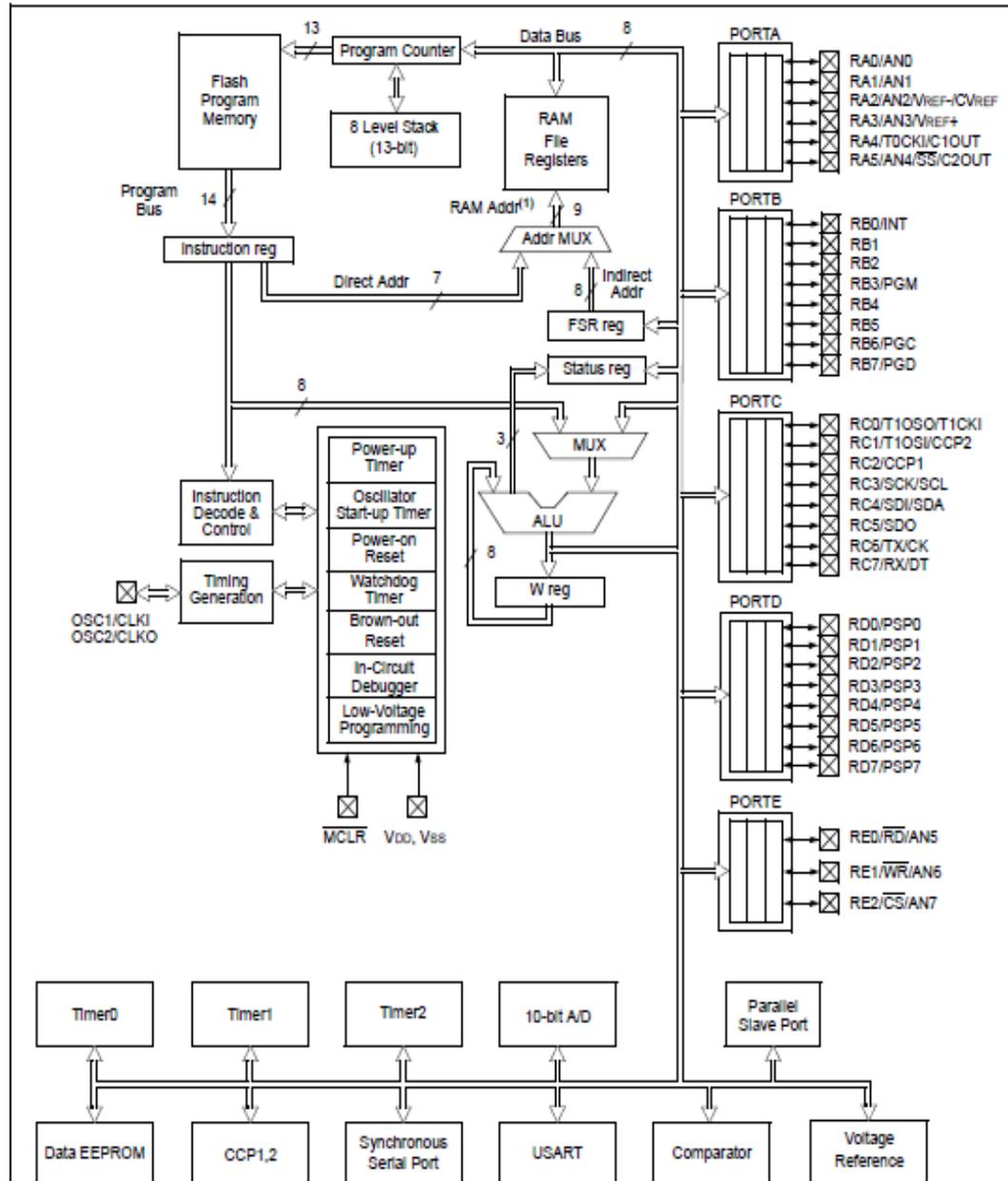


FIGURE 4_2 : Block diagram PIC 16F877

I-3 Conversion Analogique numérique ADC :

Ce processus est réalisé avec un convertisseur interne du microcontrôleur. Ce module est intégré dans la plupart des microcontrôleurs de moyenne et haute gamme. La conversion implémentée sur les PIC a une résolution de 10 bits, ce qui permet un nombre allant de 0 à 1023, proportionnel aux valeurs de référence, qui sont par défaut 0 volts et 5 volts. Cela signifie que si une entrée analogique a une tension de 0 volt, le résultat est à 0, et si la tension est de 5 volts, le résultat de la conversion est de 1023, de la même façon si la tension est de 2,5 volts, le résultat est de 512. En fonction de la complexité d'un microcontrôleur, le PIC peut avoir jusqu'à huit entrées du signal analogique. Cependant, il est à noter que le microcontrôleur a un seul module interne de conversion.

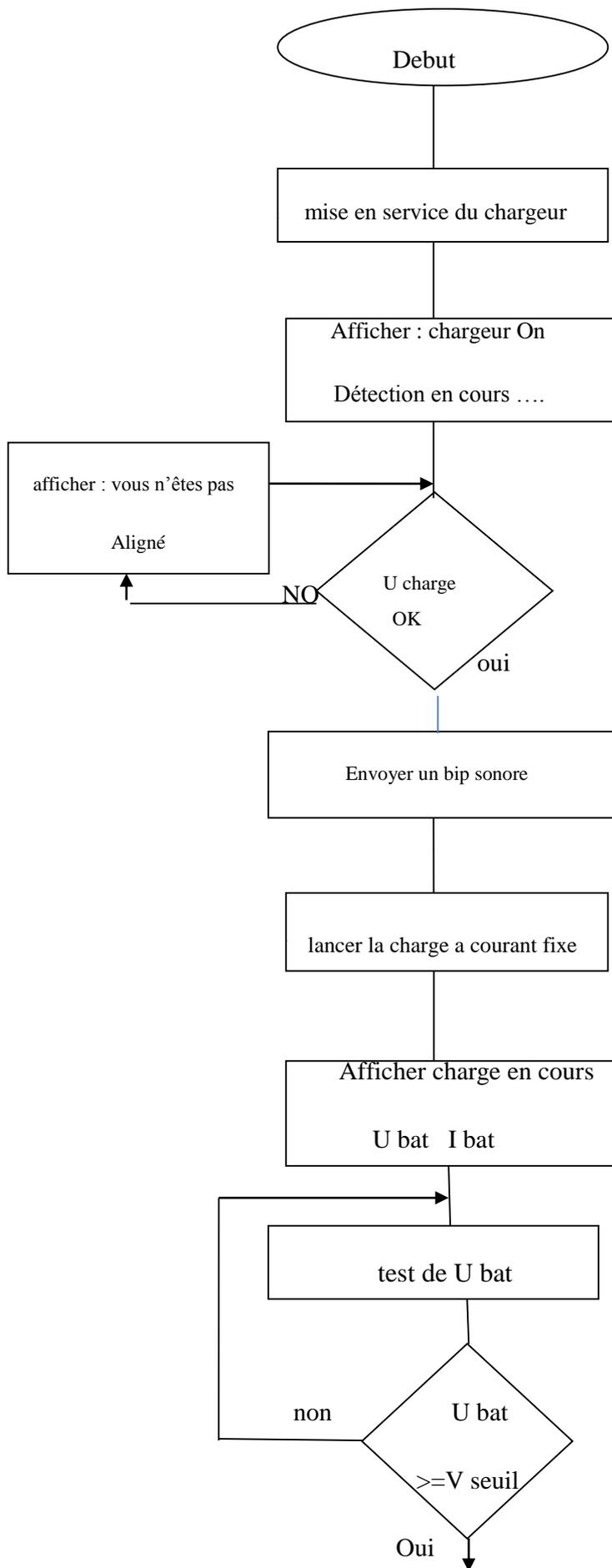
Les 4 registres utilisés par le module convertisseur A/D sont :

- ADRESH en h'1E' page 0 : MSB des 10 bits du résultat.
- ADRESL en h'9E' page 1 : LSB des 10 bits du résultat.
- ADCON0 en h'1F' page 0 : registre de contrôle n°0 du convertisseur.
- ADCON1 en h'9F' page 1 : registre de contrôle n°1 du convertisseur.

Voir data sheet pic 16f877 (p127-P133)

Le schéma 4_3 illustre notre chargeur sans fil qui est basé sur le pic 16f877, L1 C3 c'est un circuit résonateur de même dans le primaire avec une fréquence de 200 kHz ($2\pi f = \frac{1}{\sqrt{LC}}$), en général pour les voitures électriques ce champs a une puissance de 20kw dans notre cas après redressement et filtrage par BR1 C4 le PIC surveille la tension sur la broche RA5 si cette tension atteint 12V le pic commande le chargeur via la sortie RA5 (START) le transistor Q1 est un Darlington sert comme un interrupteur pour alimenter le chargeur . Le LM723 est régulateur de tension mais on l'a utilisé comme régulateur de courant aussi pour le chargement rapide, le ACS712/05 c'est un capteur à effet de hall sa sortie est une tension qui est l'image de courant sert à mesurer le courant, le transistor Q3 est un amplificateur de courant puisque le LM 723 débitant au max 150 mA. Le CD4052 et un MUX sert à basculer entre le régulateur de courant et tension commander par le Pic via les entrer AB, RV2 est un ajustable pour régler le la référence tension RV2 pour référence courant. En fin un afficher LCD 16X4 sert à afficher les valeurs de courant et tension de batterie et tout événement.

II-2 L'Algorithme de fonctionnement



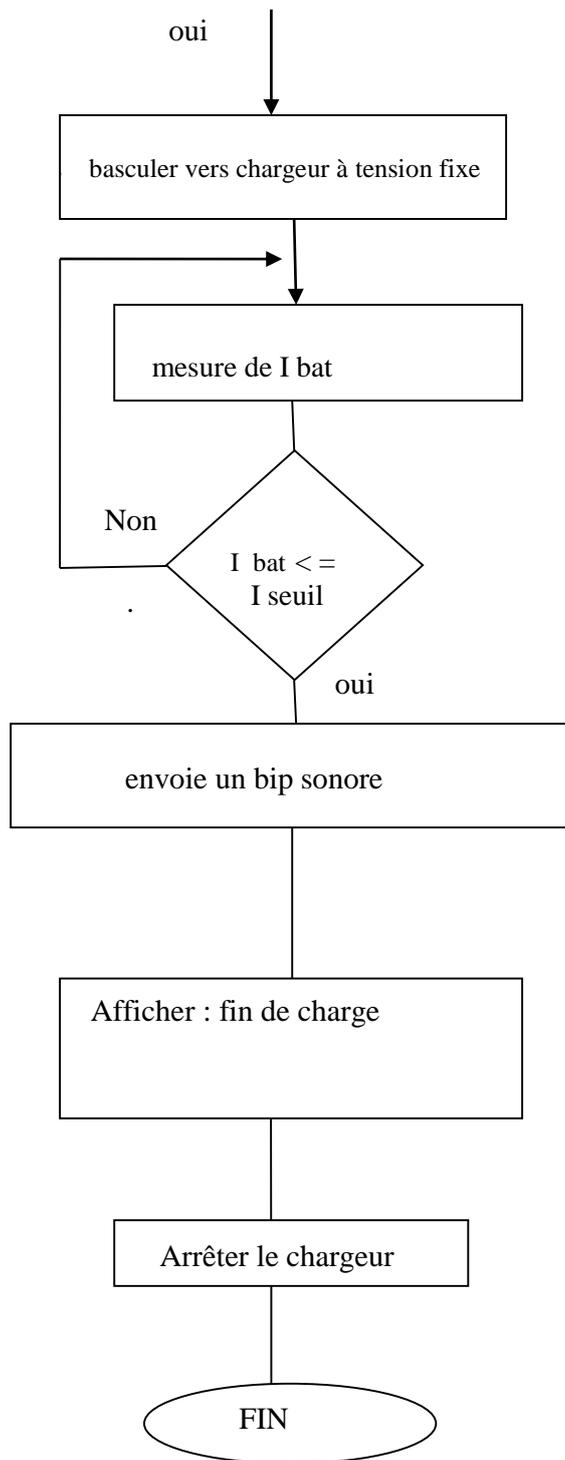


Figure 4_4: algorithme de fonctionnement

II-3 Principe de fonctionnement

Après la mise en service du chargeur le pic affiche un message de cette mise en service puis surveille la tension de charge si cette tension est suffisante on lance le chargement avec un courant fixe sino on affiche vous n’êtes pas aligné ou la voiture est mal stationnée

Un fois le chargement est lancée on envoie un bip sonore et on affiche que le chargement est en cours en plus les valeurs de courant et tension, dans cette phase le courant est fixe et la tension augmente arrivant a un tension ou un chargement a 80% on bascule vers régulateur de tension dans cette phase la tension est fixe mais le courant décroît jusqu’ a un seuil minimum généralement de 0.03 CA (capacité nominal de l’accumulateur) ce seuil s’appelle aussi courant floating , après on envoie un bip sonore signalant la fin de charge et en affiche batterie chargé et on arrête la charge via le transistor Q1.

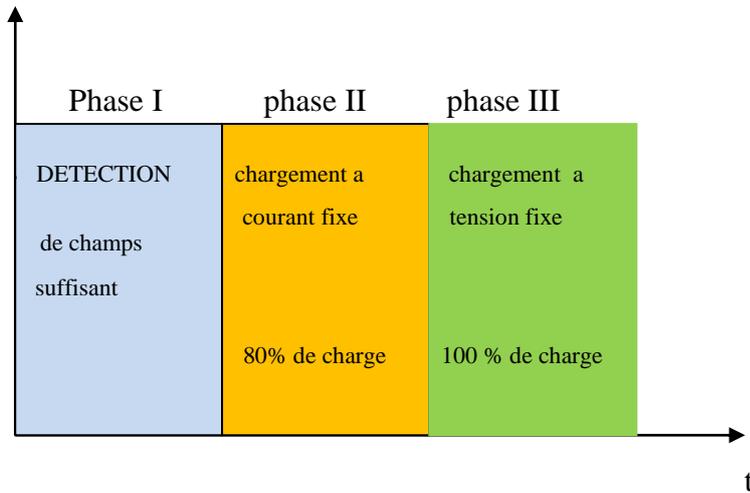


Figure 4_5: phases de chargement

II-4 Programme réalisé en C avec le compilateur MikroC:

Le programme a été réalisé sous langage C en utilisant le compilateur très performant MikroC pour PIC bénéficie d'une prise en main très intuitive et d'une ergonomie Sans faille. Ses très nombreux outils intégrés (mode simulateur, terminal de communication Ethernet, terminal de communication USB, gestionnaire pour afficheurs 7 segments, analyseur statistique, correcteur d'erreur, explorateur de code, mode Débug ICD...) associé à sa capacité à pouvoir gérer la plupart des périphériques rencontrés dans l'industrie (Bus I2C, 1Wire, SPI, RS485, Bus CAN, USB, gestion de cartes compact Flash et SD/MMC, génération de signaux PWM, afficheurs LCD alphanumériques et graphiques, afficheurs LEDs à 7 segments, etc...) en font un outil de développement incontournable pour les systèmes embarqués.

On a utilisé la conversion analogique numérique pour les 3 valeurs Ucharge , U bat, Ibat Avec les entré An4, An1, AN0 respectivement.

Pour effectuer ces conversions le compilateur MikroC PRO offre une bibliothèque prédéfinie ADC pour faire la conversion. Cette bibliothèque contient une fonction appelée *ADC_Read (unsigned short channel)*. Cette fonction retourne le résultat de la conversion de la chaîne spécifiée par le paramètre *channel*.

III - SIMULATION :

III-1 schéma électronique

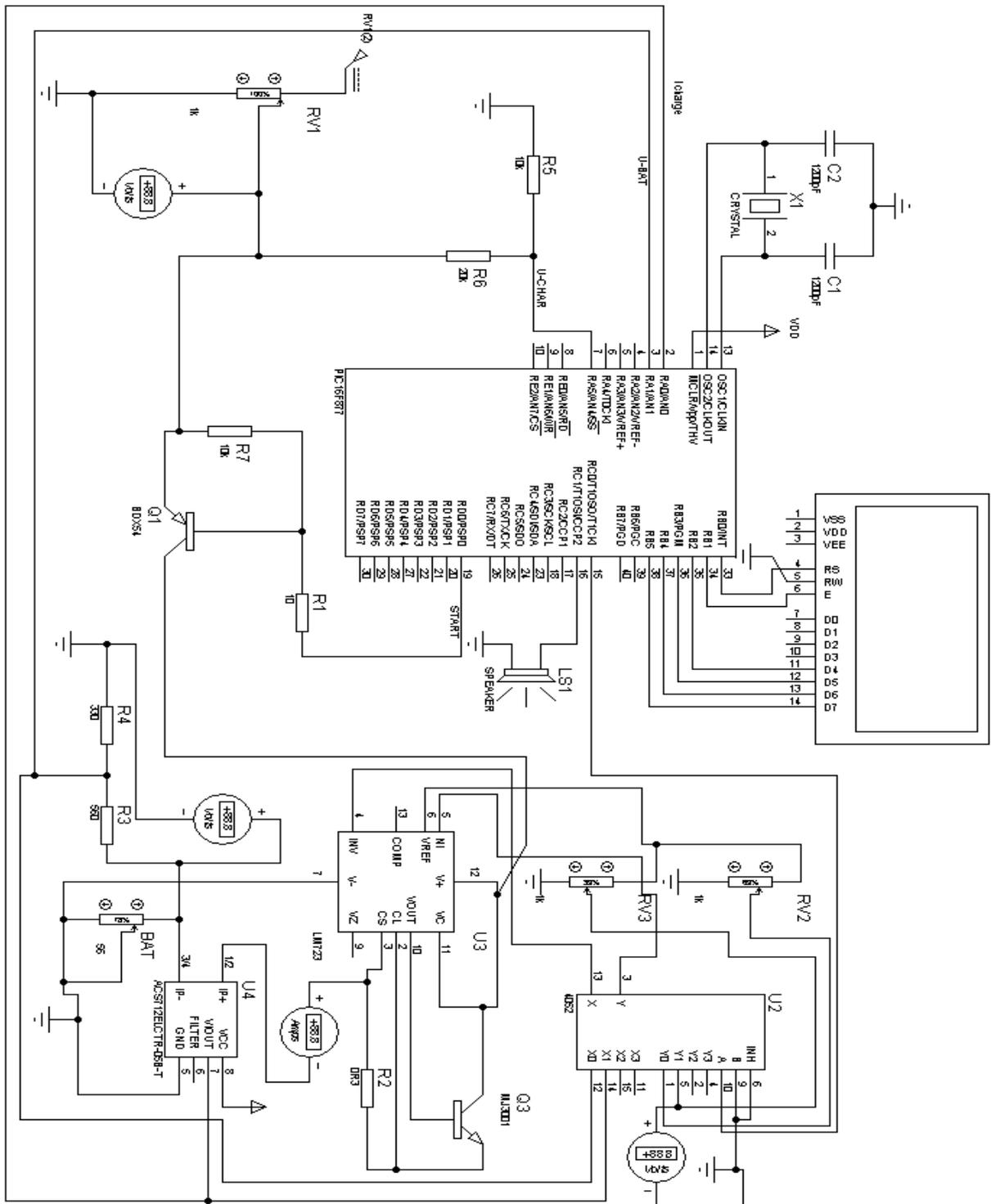


Figure 4_6 : schéma de simulation

Pour la simulation on a utilisé le logiciel Proteus pro le schéma est le même que celui de réelle sauf on a changé le circuit résonateur par un potentiomètre avec une tension de 15 v Dc et la batterie aussi par un potentiomètre

RV1 simule le bon stationnement de la voiture si la voiture et loin ou mal positionné on à un RV1 avec une grande valeur

Pour la batterie si elle est déchargée c'est l'équivalent d'une résistance faible valeur.

III – 2 Résultats et Discussions

Après le chargement de fichier hexadécimal dans le pic et le lancement de simulation l'affichage devient comme le montre la figure 4_7 , lorsque on agit sur RV 1(mouvement de la voiture) jusqu'à l'obtention d'une tension de charge suffisante le Pic affiche les informations comme la figure 4_9 le montre, après on agit sur le potentiomètre BAT pour simuler le chargement en augmentant la valeur jusqu'à l'obtention un seuil min de courant de charge le Pic arrête le chargement et l'affiche batterie entièrement chargée

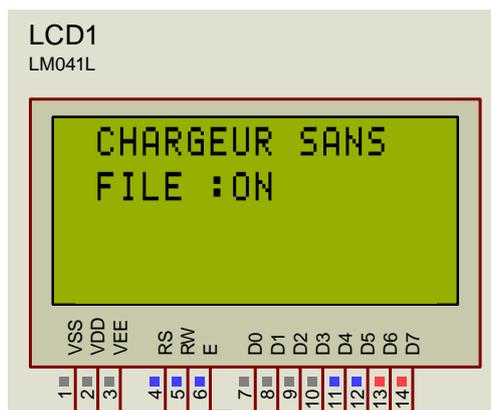


FIGURE 4_7 : LCD (lancement de chargeur)

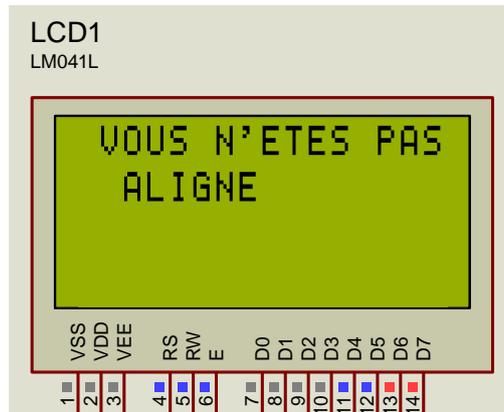


Figure 4_8 : LCD (voiture mal stationnée)

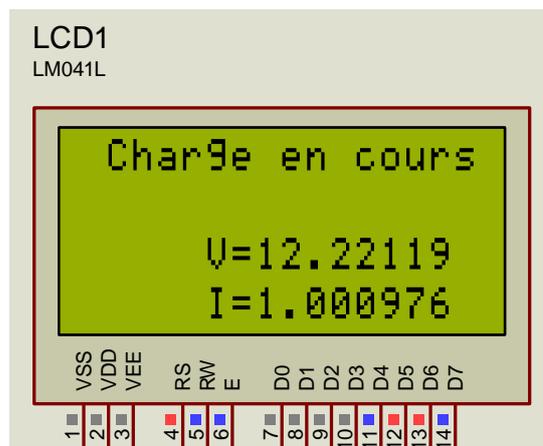


Figure 4_9 : LCD (charge en cours)

IV- CONCLUSION :

Notre projet est un chargeur sans file avec l'option du chargement rapide en utilisant un microcontrôleur connu et performant. Ce projet nous a permis d'approfondir dans la programmation des pic en langage C et se familiarisé avec les chargeurs sans file pour auto qui est un sujet d'actualité et en cours d'amélioration surtout avec la technologie mobile tel que les smart phones

Notre projet peut être amélioré par les futures générations en ajoutant un contrôle de température ou une commande par radio fréquence du primaire pour signaler un éventuel défaut du primaire ou commander la puissance de ce dernier.

CHAPITRE V :

CONCLUSION GENERALE

Conclusion Générale :

L'industrie de la voiture électrique est un domaine en cours de développement notamment pour régler le problème d'autonomie et les bornes de charge mais la recherche dans ce domaine est nécessaire puisque le pétrole c'est une énergie en voie de disparitions dans 20 à 30 ans d'après les chercheurs. Concernant notre sujet sur les voitures à rechargement sans file c'est un sujet trop récent pour cela la documentation est presque indisponible malgré ça on a essayé de faire ce Modeste projet.

Cette technologie nous offre beaucoup d'avantages en plus d'élimination du gros câble de recharge dans le future on pense à des voitures qui se chargent toutes seules

Les chercheurs travaillent aussi sur des chargeurs on line c'est-à-dire aimantée la route pour permettre de charger les batteries en roulant.

Mais y a toujours des inconvénients puisque dans la station de recharges la bobine primaire génère un champ électromagnétique très puissant qui est néfaste pour la santé des travailleurs dans cette station.

BIBLIOGRAPHIE

1- LIVRE :

- Apprendre la programmation des PIC (auteur : PASCAL MAYEUX)
- Programmation en C des PIC (Auteur Christian Tavernier)

2- MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

- BATTERY MANAGEMENT SYSTEM 2014/2015 (réalisé par FRIHI Billel)

3 – SUPPORT NUMERIQUE

- 30292D.pdf (datasheet PIC16F87X de Microship)
- Programmation_MikroC.PDF (université de Boumerdes)
- R-REP-SM.2303-1-2015-PDF-F .PDF : Transmission d'énergie sans fil au moyen de techniques autres que la transmission par faisceau radiofréquence
- 2014_WeiWang .PDF : ÉTUDE DE LA TRANSMISSION D'ÉNERGIE SANS FIL (WPT) BASÉE SUR LA RÉSONANCE COUPLÉE MAGNÉTIQUE

4- site web

- www.breezcar.com
- www.autonews.com

