

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة بلحاج بوشعيبين تموشنت

Université-Ain-Temouchent- Belhadj Bouchaib

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département d'Electrotechnique



Projet de fin d'études
Pour l'obtention du diplôme de Master en :
Domaine : SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
Filière : Electrotechnique
Spécialité : Commandes Electriques
Thème :

Automatisation du processus de Recyclage des batteries de voitures via PIC 16F877A

Présenté par :

- 1) Mr **BOUROUIS Hadj**
- 2) Mr **MESSAOUID Wahid**

Soutenue, le 26 / 06 / 2022

Devant les jurys composés de :

Dr. BENAZZA Baghdadadi	MCB	U.B.B	Président
Dr .YOUNES Mohammed	Prof	U.B.B	Encadrant
Dr. ZEGAI Mohamed Lamine	MCB	U.B.B	Examineur

Promotion : 2021-2022

*Du profond du cœur, avec joie, fierté et respect,
nous dédions ce modeste travail à tous ce qui
nous sont chères...*

♠ Remerciement ♠

*En préambule à ce mémoire nous remercions « **ALLAH** » le Tout-puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience durant toutes ces années d'études.*

*Nos remerciements aussi chaleureux et respectueux, vont à notre encadrant : « Professeur **Younes Mohammed** », pour son aide très précieuse. Sans oublier ses qualités humaines et son professionnalisme dont il a toujours fait preuve, ainsi que pour ses conseils pertinents, et ses orientations judicieuses, qui nous ont facilité ce travail, Nous tenons à lui exprimer notre grand respect et notre admiration, on espère avoir été digne de sa confiance qu'il nous a accordée et que ce travail était finalement à la hauteur de ses espérances.*

*Nous exprimons notre gratitude au corps professoral et administratif du département « **Electrotechnique, Génie Electrique** » de l'université de **Belhadj Bouchaib-Ain Témouchente**, pour la richesse et la qualité de leur enseignement et qui déploient de grands efforts et une grande technique pédagogique pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée.*

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre thème en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions. Nous tenons encore à exprimer nos sincères remerciements à tous les professeurs qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.

Sans oublier nos chers famille bien aimé qui nous ont soutenue durant toute ses années et qui ont fais de nous ce que nous sommes aujourd'hui.

Enfin, nous remercions toute personne qui a participé de près ou de loin pour l'accomplissement de ce modeste travail.

DÉDICACE

Tout d'abord, je tiens à remercier DIEU

De m'avoir donné la force et le courage de mener

à bien ce modeste travail.

*Un grand merci à l'ensemble de ma famille et plus particulièrement à mon père &
ma mère*

Je tiens à dédier cet humble travail à :

A ma tendre mère et mon très cher père.

A ma précieuse sœur .A mes frères :Abd El Karim ,Mnouare.

Spécial dédicace avous: monsieur Younes Mohammed.

A mes meilleurs amis : S. Oussama , ,H.Fayçal , H.Habibe., B.Wediaa.

A Tous mes amis d'enfance et du long parcours scolaire et universitaire.

A Toute ma famille.

Tout ceux qui m'aiment et que j'aime.

(BOUROUIS HADJ)

DÉDICACE

Pour ma mère et mon père

*Quelle que soit la raison de mon succès et de sa réalisation,
j'espère que Dieu les protégera.*

A mon frère Bilal et mes soeurs,

*à tous mes amis que je connais surtout B.Hadj et B.rafike et à Toute
ma famille.*

Spécial dédicace avous: monsieur Younes Mohammed.

(MESSAOUDI WAHID)

SOMMAIRE

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale

Chapitre I : utilité de batterie et impact sur l'environnement et les êtres vivants.

I.1 Introduction.....	2
I.2 Batterie et constituants.....	2
I.3 Les différentes technologies de batteries.....	3
3.1 Batterie au plomb d'acide.....	4
3.2 Batterie Nickel-Métal Hydrures.....	4
3.3 Batterie li-on.....	5
3.4 Les batteries nickel-cadmium.....	5
I.4 les batteries de voitures sont recyclables.....	6
I.5 Le recyclage des batteries.....	8
I.6 L'importance de recyclage des batteries Du côté environnemental humain et économique.....	8
I.6.1 Du côté environnemental et humain.....	8
I.6.2 Du côté économique du pays.....	10
I.7 Conclusion.....	11

Chapitre II : QUELQUES PROCÉDES DE RECYCLAGE DES BATTERIES DES VOITURES.

II.1 Introduction.....	12
II.2 Les étapes du recyclage des batteries de véhicules électriques.....	12
II.2.1 La collecte et la mise en sécurité.....	12
II.2.2 Le démantèlement.....	12
II.2.3 Le recyclage mécanique.....	12

II.2.4 Le recyclage chimique.....	13
II.2.5 La production de précurseurs.....	13
II.3 Généralités sur les procédés de recyclage des batteries.....	13
II.4 Les principales étapes des procédés de recyclage des-batteries.....	13
II.4.1 Séparation des flux.....	13
II.4.2 Préparation ou prétraitement.....	13
II.4.3 Procédé de valorisation directe.....	14
II.4.4 Procédés Pyro-métallurgiques.....	14
II.4.5 Procédés Hydro-métallurgiques.....	14
II.5 les procédés de Recyclage de différents types de batteries.....	15
II.5.1 Les procédés de recyclage des batteries Ni-Cd.....	15
II.5.2 Les procédés de recyclage des batteries Ni-MH.....	15
II.5.3 Les procédés de recyclage des batteries au Li-ion.....	15
II.5.4 Les procédé recyclage des batteries plomb d'acide.....	19
II.7 Conclusion	19

Chapitre III:Automatisations de la neutralisation de l'acide de recyclage issue recyclage de batterie via pic 16f877a

III.1 Introduction.....	31
III.2 Unité de recyclage.....	31
III.3 Des différents éléments composants de l'organisation fonctionnelle d'un système à microcontrôleur.....	32
III.3.1 Micro contrôleur Pic.....	32
III.3.1.1 Définition d'un PIC.....	32
III.3.1.2 Les caractéristiques principales du pic 16f877.....	33
III.3.1.3 Registre.....	33
III.3.1.4 Ports d'entrées/sorties.....	34
III.3.1.5 Interruption.....	34
III.3.1.6 Convertisseur analogique numérique.....	35
III.3.2 Les éléments constituant la carte d'acquisition météorologique.....	35
III.3.2.1Afficheur LCD.....	35

III.3.2.2Capteur de Vitesse et PH dans PROTEUS.....	36
III. 3.2.3Relais.....	36
III.4MOTOR.....	37
III4.1. Types de moteurs utilises :	37
III.5. Le programme dans le microcontrôleur.....	37
III.5.1. Proteus.....	37
III.5.1.2. Définition.....	37
III.5.1.2 Présentation de logiciel ISIS Proteus.....	37
III.5.2 Micro pro.....	38
III.5.2.1. Définition.....	38
III.5.2.2 Compilateur microC PRO pour PIC	38
III.6 Organigramme.....	39
III.7Schema ISIS.....	40
III.8connexion entre le PIC et le procès.....	40
III.9 Conclusion.....	41

CONCLUSION générale

Bibliographie

Résumé

Sommaire

Liste des figures

CHAPITRE I

Figure I.1: les composants d'une batterie de voiture plomb d'acide.....	3
Figure I.2: vue en coupe d'une batterie de voiture avec ses 6 cellules reliées en série et ses plaques de plomb.....	4
Figure I.3: accumulateur nickel-hydrure métallique de varta, museum auto vision, altlußheim, allemagne.....	4
Figure I.4: une batterie d'accumulateurs lithium-ion varta au museum auto vision au bade- wurtemberg (allemagne).....	5
Figure I.5: la batterie nickel-cadmium.....	5
Figure I.6: densité d'énergie et de puissance massique de différentes batteries.....	6
Figure I.7: la snam (société nouvelle d'affinage des métaux).....	7
Figure I.8: 149 batteries de voitures et de poids-lourds jetées en pleine nature dans une petite ravine.....	8
Figure I.9: que faire si vous renversez de l'acide de batterie sur votre peau.....	8
Figure I.10: les projections accidentelles de substances chimiques dans les yeux.....	9
Figure I.11: si de l'acide de batterie arrive accidentellement, à tes yeux.....	9
Figure I.12: les hausses des zinc et du plomb.....	10
Figure I.13: exemple de relation entre la consommation des matières premières.....	11

CHAPITRE II

Figure II.1: les étapes du recyclage des batteries.....	12
Figure II.2: méthodes et réactifs utilisables dans les procédés hydro.....	15
Figure II.3: exemple de procédé de recyclage des batteries au li-ion par hydrométallurgie.....	16
Figure II.4: procédés et systèmes de recyclage la batterie li-ion.....	18

CHAPITRE III

Figure III.1: principe de neutralisation ordinaire acide-base utilisé pour recyclage de batteries	32
Figure III.2: PIC16F877A en boîtier DIP.....	33
Figure III.3: afficheur lcd lm016 16x4.....	35
Figure III.4: POT-HG (Résistances variables)	36
Figure III.5: principe de fonctionnement d'un relais.....	37
Figure III.6: logiciel Proteus isis version 7.....	37
Figure III.7: l'environnement IDE du compilateur MICROC PRO.....	38
Figure III.8: organigramme de commande d'une partie de l'unité de recyclage de batteries.....	39
Figure III.9: circuit de commande d'une partie de l'unité de recyclage de batteries.....	41

Liste des tableaux

CHAPITRE I

Tableau I.1: caractéristiques de différentes technologies de batteries.....	3
Tableau I.2: caractéristiques pratiques des technologies de batteries commercialisées les plus courantes.....	6

CHAPITRE III

Tableau III.1: procédure de neutralisation d'oxyde.....	31
Tableau III.2: registre INTCON.....	33
Tableau III.3: registre ADCON1.....	34
Tableau III.4: le brochage de l'afficheur LCD	36
Tableau III.5 : connexion entre le PIC et le procès.....	40

INTRODUCTION
GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

La prospérité mondiale introduite par l'évolution scientifique sur plusieurs domaines a fait un grand impact sur l'environnement. En effet, tout produit construit finira sa durée de vie pour retrouver en qualité de déchets. Parmi ces déchets, une quantité considérable fait passer dans l'environnement des produits toxiques où elles deviennent toxiques avec le temps. A cet effet, les états réunis ont décidé de faire face à ce danger. Plusieurs réunions, assemblés, séminaires pour but décréter des lois protégeant l'environnement avec des sanctions sévères [1].

Dans ce contexte, nous avons pris un exemple de production industriel qui révèle un dur impact sur l'environnement tel que comme exemple, l'acide sulfurique que contient la batterie de voiture. En effet, étant le nombre important de batteries en fin de vie avec la quantité considérable de cet acide dans chaque batterie, rend le risque plus important sur l'air (SO₂) les eaux souterraines, l'agriculture...

Dans le premier chapitre, nous allons présenter certains types des batteries de voitures constituant de matières dangereuses et polluantes pour l'environnement puis nous allons montrer l'importance de recyclage des batteries écologiquement et économique

Dans le deuxième chapitre nous allons parler en détails sur les différents processus de recyclage de batteries en montrant les difficultés rencontrées.

Dans le troisième chapitre, nous avons pris une partie du processus de recyclage de batterie, comme support à automatiser. En effet, vu le danger que peuvent recevoir les personnels de l'unité à la suite de la perforation des batteries, leurs broyages et neutralisation d'acide, une automatisation doit remplacer le personnel pour leurs sécurités. Nous avons choisi l'étape de la neutralisation d'acide à automatiser. Le support qu'on a pris pour concrétiser cette automatisation est le microcontrôleur. Ce dernier, mis en service il y a plusieurs décennies, il est devenu l'issue de tous les problèmes d'automatisation industriel.

CHAPITRE I

UTILITE DE BATTERIE ET IMPACT SUR L'ENVIRENEMENT ET LES ETRES VIVANTS

CHAPITRE I

UTILITE DE BATTERIE ET IMPACT SUR L'ENVIRENEMENT ET LES ETRES VIVANTS

I.1 Introduction

L'automobile comme déclencheur, le marché automobile connaît aujourd'hui une croissance sans précédent dans de nombreuses régions du monde. Cette croissance a relation avec l'expression des choix de politiques publiques engagés pour la mobilité. En conséquence, les constructeurs automobiles et les producteurs de batteries augmentent la production, qui contient des matériaux qui peuvent être dangereux pour l'environnement et la santé humaine. Par conséquent, le recyclage des batteries est nécessaire pour protéger les ressources nécessaires de manière écologique et stratégique. Dans ce chapitre nous allons montrer de quoi sont constitué certaines batteries et leurs impacts sur la santé publique et environnement.

I.2 Batterie et constituants

Une batterie est un réservoir qui stocke de l'énergie électrique sous une forme chimique qui peut être libérée à tout moment. La batterie de la voiture fournit le courant nécessaire à l'ensemble du système électrique du véhicule. Cependant, il s'agit d'un réservoir d'énergie et non d'un générateur. Les batteries de voiture sont constituées de cellules chimiques qui génèrent de l'électricité sur commande. Indispensable lors du démarrage du véhicule, et alimente également le tableau de bord et d'autres composants électriques. Elle se constitue de [1] :

- **L'électrolyte:**

Est une solution acide constituée de 80% d'eau distillée et de 20% d'acide sulfurique (H_2SO_4). C'est le cœur de la batterie. En effet, c'est l'électrolyte que produit les ions porteur de charges négative et positives [2].

- **Grilles:**

Les électrodes positive et négative sont constituées de matériaux fragiles. Par conséquent, ils nécessitent un support mécanique assuré par des grilles en alliage de plomb [3].

- **Matière active:**

Le matériau actif de la batterie est un mélange d'oxyde de plomb, d'acide sulfurique, d'eau et d'additifs. L'électrode négative contient également une petite quantité d'additifs, donnant à la batterie de bonnes performances de décharge à basse température [2].

- **Séparateur:**

Le séparateur est un isolant placé entre les plaques positive et négative. Pour une fin d'empêcher le court-circuit. Il doit être microporeux, pour permettent aux ions de circuler à travers le séparateur d'une plaque à l'autre [2].

• **Boîtier et couvercle:**

Ils sont fabriqués en polypropylène, un type de plastique léger et résistant qui ne se fragilise au froid et résiste ainsi aux chocs lors des manipulations. Il n'est pas attaqué par les acides et peut également résister aux fluides (essence, liquide de frein et diesel) que l'on trouve habituellement dans un véhicule [2].

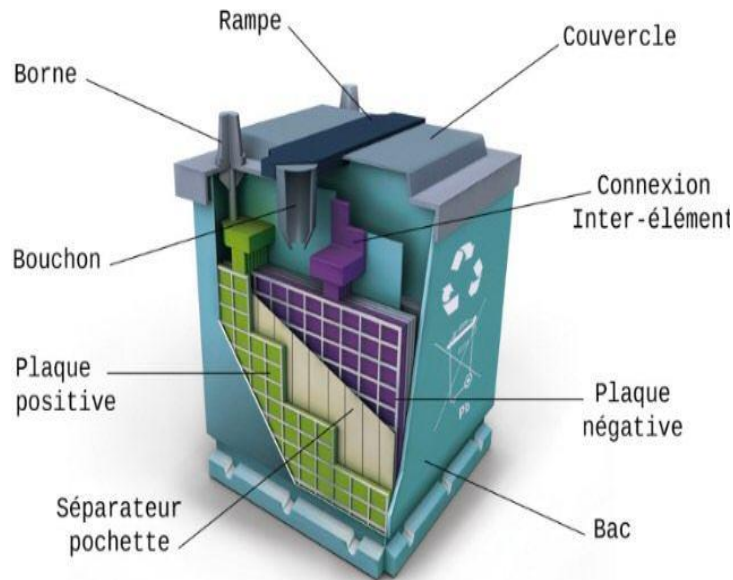


Figure I.1: Les composants d'une batterie de voiture plomb d'acide (source :www.solaris-store.com)

I.3 Les différentes technologies de batteries:

Différentes technologies de batteries, dont les caractéristiques sont données dans le (Tableau I.1).

Tableau I.1: Caractéristiques de différentes technologies de batteries.

Type de batterie	Anode	Cathode	Réaction	F.e.m	Cap théor (Ah/Kg)	Energie Spécif. Théor. (Wh/Kg)
Plomb	Pb	PbO ₂	$Pb + PbO_2 + 2H_2SO_4 \rightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$	2,1	120	252
Ni-MH	Métal hydrure	Oxyde de Ni	$MH + NiOOH \rightarrow Ni(OH)_2$	1,35	178	240
Li-ion	Li _x C ₆	Li _{1-x} CoO ₂	$Li_xC_6 + Li_{1-x}CoO_2 \rightarrow LiCoO_2 + C_6$	4,1	100	410
Ni-Cd	Cd	Oxyde de Ni	$Cd + 2NiOOH + 3H_2O \rightarrow 2Ni(OH)_2 + Cd(OH)_2$	1,35	181	244

I.3.1 Batterie au plomb d'acide:



Figure I.2: Vue en coupe d'une batterie de voiture avec ses 6 cellules reliées en série et ses plaques de plomb (source : Ownwork).

La batterie plomb d'acide ont été inventées en 1854 par Wilhem Josef Sinstedden. En 1859, le Français Gaston Planté a amélioré significativement l'accumulateur au plomb qui ont adopté à partir de XIX siècle cette batteries utilise l'oxyde le plomb (PbO_2) et plomb de sulfate ($PbSO_4$). C'est un ensemble d'accumulateurs au plomb-acide sulfurique raccordés en série, afin d'obtenir la tension désirée. Il se caractérise principalement:

- Chaque élément produit 2,1 V est considéré comme déchargé à 1,8 V.
- Elle délivre un courant de démarrage exprimé en ampères CCA à une température de $-17,78\text{ }^\circ\text{C}$ [4].

I.3.2 Batterie Nickel-Métal Hydrures:



Figure I.3: Accumulateur nickel-hydrure métallique de Varta, Museum Autovision, Altlußheim, Allemagne. (source : www.wikiwand.com).

Les batteries nickel-métal hydrure sont la norme actuelle pour équiper les véhicules hybrides. Chaque cellule est constituée de deux électrodes immergées dans un électrolyte concentré d'hydroxyde de potassium. L'électrode positive, est constituée du couple $NiOOH/Ni(OH)_2$. L'électrode négative est un alliage hydrurable absorbant l'hydrogène lors de la charge. En effet, malgré des performances moindres par rapport aux batteries à base de

lithium, elles conservent l'avantage de supporter de forts courants de charge et de décharge et d'être plus sûres en cas de surchauffe. Avec leurs performances comparables à celles de la technologie Ni-Cd, les accumulateurs Nickel-Métal Hydrures ou « Ni-MH » ont connu un succès plus durable du fait de l'absence de métaux [5].

I.3.3 Batterie li-on:



Figure I.4: Une batterie d'accumulateurs lithium-ion Varta au Museum Autovision au Bade-Wurtemberg (Allemagne)(source :Ownwork).

Commercialisé pour la première fois par Sony en 1991 et depuis il subi des changements majeurs qui en font la technologie la plus puissante aujourd'hui. L'élément essentiel qui est le cobalt, il est couramment remplacé par le manganèse (LiMnO_2), le nickel (LiNiCoO_2), l'aluminium (LiNiAlO_2) ou le phosphate de fer (LiFePO_4)[6].

I.3.4 Les batteries nickel- cadmium :

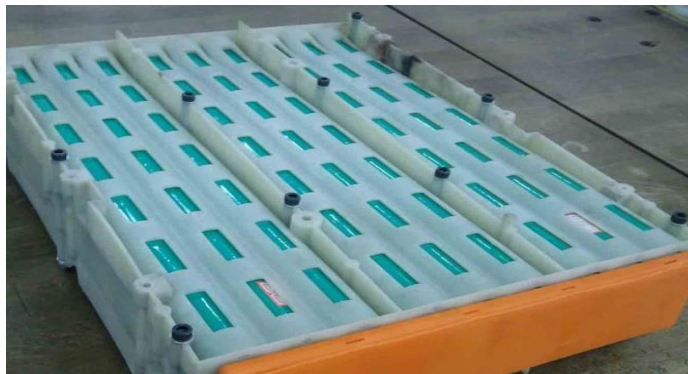


Figure I.5: La batterie Nickel-Cadmium(source :www.lavoitureelectrique.info)

Les batteries nickel-cadmium ou Ni-cd sont des accumulateurs rechargeables qui utilisent de l'hydroxyde de nickel et du cadmium comme électrodes. Ils contiennent entre autres du nickel et du cadmium. L'électrolyte est à base de potassium [7]. En juillet 2006, la directive européenne 2002/95/CE qui interdit les batteries Ni-Cd, du fait de la toxicité du cadmium devient très polluant dès qu'il est mis en contact avec l'air

Il y avait un temps où le recyclage des éléments Ni-Cd n'était pas évolué mais actuellement, elle est maîtrisée uniquement par les professionnels concernés[8].

Les densités pratiques d'énergie et de puissance des technologies de batteries les plus courantes disponibles commercialement sont représentées sur (Figure I.6) et leurs caractéristiques générales sont données dans le Tableau I.2.

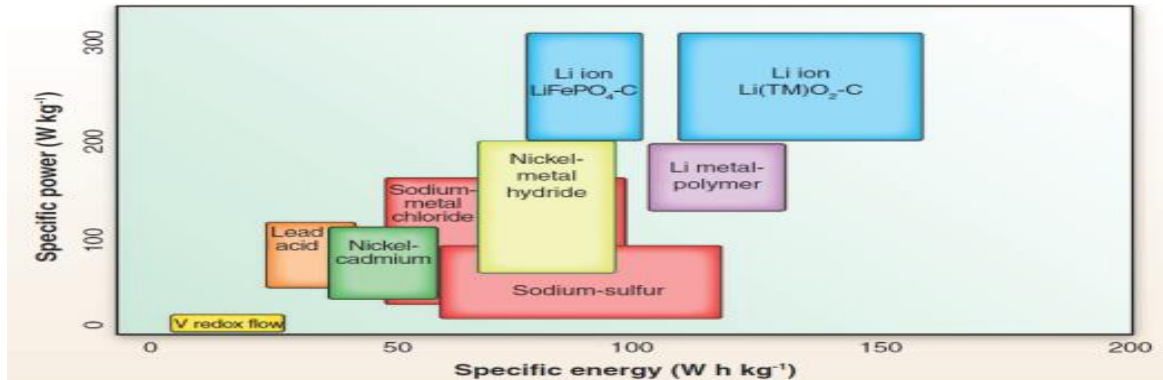


Figure I.6: Densité d'énergie et de puissance massique de différentes batteries (Source : G. Du, J. Li, W.K. Wang, C. Jiang, S.Z. Song, *Détection et caractérisation de la fissuration par corrosion sous contrainte sur les techniques de bruit électrochimique et d'émission acoustique de l'acier inoxydable 304*, *Corrosion Science*, 53, 2918 (2011))

Tableau I.2: Caractéristiques pratiques des technologies de batteries commercialisées les plus courantes (Source: P. Odru, *Le stockage de l'énergie*, Ed. Dunod, Paris (2010))

	Plomb	Ni-MH	Li-ion LFP	Li-ion LMO	Li-ion polymère
Tension nom.(v)	2,1	1,2	3,25	3,6	3,7
Energie spécifique (Wh/Kg)	30-40	60-75	190-220	150-190	150-190
Énergie volumique (Wh/L)	60-100	220-330	190-220	220-330	220-330
Puissance spécifique (W/Kg) en pointe	180 700	250 1000	1000	450 1500	1000
Rendement	70-90%	70%		90%	90%
Auto- décharge (/mois)	5%	20%	50%	5%	5%
Température de fonct.	-20 a 60°C	-20 a 60°C	-20 a 60°C	-20 a 60°C	0 a 60°C
Nombre de cycles	500-1200	1500	>2000	1200	500-1000

I.4 les batteries de voitures sont recyclables :

On peut dire que les batteries utilisées dans les voitures peuvent être recyclées quel que soit le type de batterie, qu'elles soient anciennes (batteries plomb-acide) ou plus récentes (batteries lithium-ion) [9].le recyclage est devenue une moyenne indispensable pour récupérer les composants des batteries des voitures électriques et hybrides ont représenté en 2020 11% des voitures neuves, soit 185 000 véhicules vendus. C'est trois fois plus qu'en 2019 [10].

le recyclage des batteries en fin de vie est obligatoire pour restaurer les composants de la batteries des voitures. Les constructeurs automobiles sont contraints de s'assurer que chaque batterie vendue sera bien collectée par une société de recyclage une fois sa carrière terminée. Un engagement encadré par 2 textes légaux : l'article R543-130 du code de l'environnement en France et la directive 2006/66/CE au niveau européen. Pour la satisfaire, les marques concluent généralement des contrats à long terme avec les recycleurs. Renault en gage ses batteries à Eurodieuze, une société dont l'usine est implantée à Dieuze en Moselle. Le groupe Stellantis, **Toyota**, Kia, Daimler, **Volkswagen** et plusieurs autres constructeurs les expédient à la **SNAM** (Société nouvelle d'affinage des métaux) (Figure I.7) qui les recycle dans ses ateliers de Saint-Quentin-Fallavier (Isère) et Viviez (Aveyron)[11].



Figure I.7: la SNAM- Société nouvelle d'affinage des métaux (source : capture d'écran Google Maps)

I.5 Le recyclage des batteries:

le recyclage des batteries est l'activité visant à permet d'éviter de gaspiller des ressources naturelles rares précieux ou économiquement valorisables présents dans les batteries, ou d'autres composants des batteries (le zinc et le nickel , acides et plastique notamment).Le recyclage des batteries de voiture est une activité polluante et dangereuse pour notre santé et l'environnement dans lequel nous vivons s'il n'est pas réalisé dans le respect des bonnes normes et pratiques de recyclage des métaux ferreux.

I.6 L'importance de recyclage des batteries Du côté environnemental humain et économique :

I.6.1 Du côté environnemental et humain:

La production de batteries de voiture nécessite beaucoup de ressources et d'énergie. Les métaux, les circuits électroniques, sont aussi des matériaux rares. Le lithium, qui compose en partie les batteries, est une ressource difficile à extraire, et sa production a un impact très important sur l'environnement.



Figure I.8: 149 batteries de voitures et de poids-lourds jetées en pleine nature dans une petite ravine (la source: la1ere.francetvinfo.fr/ publié le 27 avril 2021)

Toutes les batteries sont classées à la fin de leur utilisation comme déchets dangereux et le recyclage est toujours la meilleure option. OÙ grâce au recyclage on évite surtout qu'ils finissent dans la nature. Cela peut devenir particulièrement dangereux quand on sait que ces produits sont franchement contaminés.



Figure I.9: *Que faire si vous renversez de l'acide de batterie sur votre peau. (la source :vrcamping.com)*

Ils peuvent polluer les sols et l'eau, ce qui risque d'endommager la faune et la flore locale. Lorsque ces composants entrent par inadvertance en contact avec des organismes vivants ils peuvent affecter les systèmes nerveux et digestifs. Certains éléments sont également hautement cancérigènes nocifs pour le système respiratoire corrosifs pour la peau [12].



Figure I.10: *les projections accidentelles de substances chimique dans les yeux. (la source :www.reflexosteo.com)*



Figure I.11: *Si de l'acide de batterie arrive accidentellement, à tes yeux. (la source: vrcamping.com)*

Les matériaux à l'intérieur des batteries de voiture sont parmi les matériaux les plus dangereux de la nature. Selon Battery University, lorsque les batteries sont jetées dans les déchets, le lithium peut provoquer des catastrophes environnementales qui peuvent durer des années sous terre. Cela libère des produits chimiques toxiques dans l'air, ce qui augmente la probabilité que nous y soyons exposés. Cette matière première, très présente dans les batteries, est hautement inflammable en plus d'être toxique. S'il prend feu, il dégage de la fumée irritante et toxiques pour les organismes, il est très destructeur. Autre élément très dangereux pour la santé, le fluorure d'hydrogène compris en plus petite quantité dans les véhicules électriques, mais tout de même présent. S'il se détériore dans la nature, un contact avec celui-ci peut engendrer des irritations oculaires (conjonctivite, kératite, opacités cornéennes) et respiratoires (pharyngite, laryngite, bronchopathie chronique, à terme sténoses bronchiques, sténoses pulmonaires et œdème pulmonaire) [11].

Avec tous les éléments évoqués, il est clair que le recyclage des batteries de voiture est un enjeu majeur pour l'automobile électrique dans le futur. Tant pour le secteur en lui-même que pour les problématiques écologiques qui l'entourent. Et tout cela, les acteurs du marché l'ont bien compris.

Le recyclage des batteries est un point clé qui va au-delà de la simple initiative écologique.

I.6.2 Du côté économique du pays:



Figure I.12: les hausses des zinc et du plomb (la source www.usinenouvelle.com. "recycles recharge ses batteries". Myttilledelamrche, 2017.)

Le recyclage des déchets industriels que se soit les matériaux existants dans les batteries de voitures se répand l'importance de plus en plus, car il a été reconnu que ces matériaux constituent une ressource qui peut être exploitée plus largement. Si ces dernières années, la production totale de cuivre, de plomb et de zinc a reculé, la proportion de ces métaux provenant de sources secondaires est loin d'être négligeable. On estime à l'heure actuelle qu'au niveau de la production mondiale totale, environ 38 pour cent de cuivre, 50 pour cent de plomb et 23 pour cent de zinc sont, en fait, d'origine secondaire. Il est admis qu'en dehors des considérations financières, les principaux avantages écologiques ainsi obtenus comportent, entre autres [13]:

- Economie de matières premières, donc un besoin moindre de puiser encore dans les ressources naturelles
- Détournement de déchets de l'élimination finale, donc une charge polluante potentielle moindre pour l'environnement.
- Economies d'énergie, qui se situeraient dans bien des cas, d'après diverses évaluations, entre 40 et 85 pour cent de l'énergie utilisée, ce qui réduirait d'autant le dioxyde de carbone émis dans l'environnement. En outre, il est possible de produire en même temps des métaux qui sont conformes aux exigences techniques et en tout point semblables aux mêmes métaux extraits du minerai.

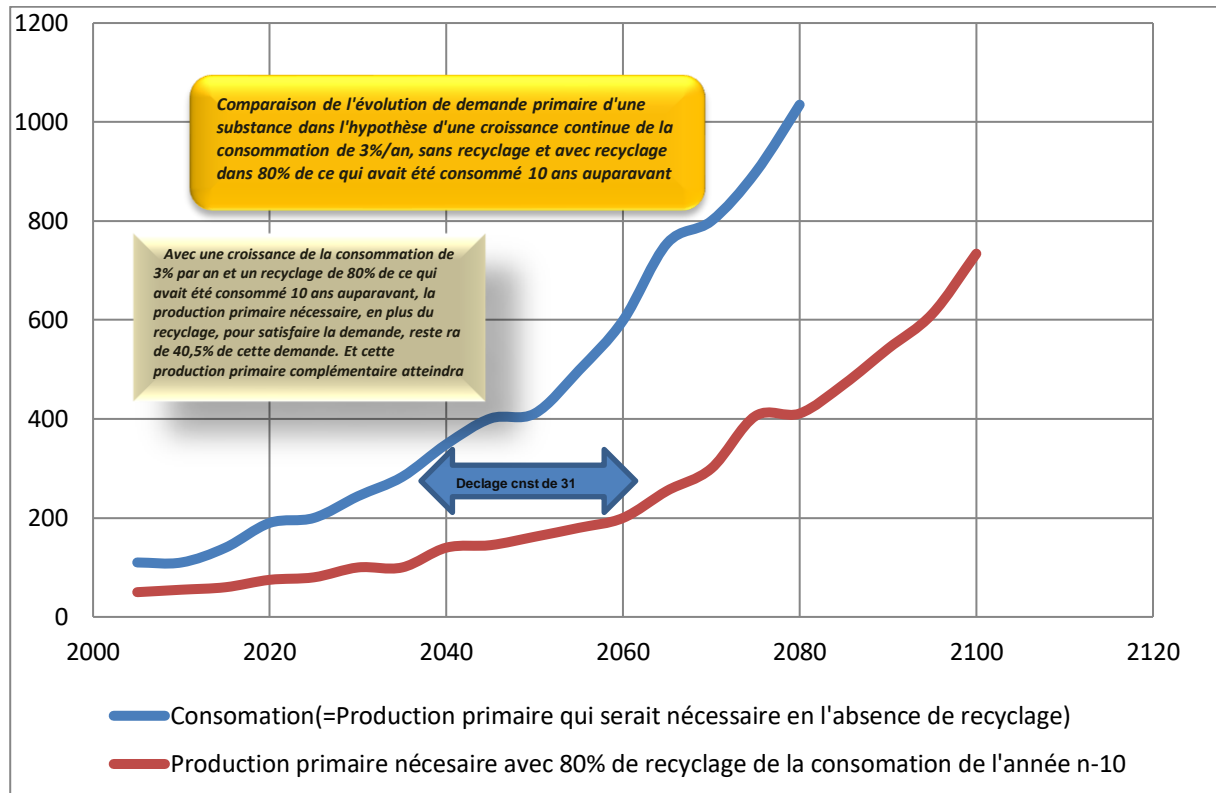


Figure I.13: Exemple de relation entre la consommation des matière première et l'apport (la source: labbé (2016)) .

I.7 Conclusion:

Dans ce chapitre nous avons parlé sur les différents types de batteries de voitures : leurs constituants, leurs utilités, économie et leurs impacts sur l'individu et l'environnement. L'importante quantité de batteries usées avec le produit chimique qu'elle le contient conduit impérativement au recyclage. D'une part récupérer les matériaux premiers et débarrasser l'environnement de risque de pollution. Dans le deuxième chapitre, nous allons décrire quelques procès de recyclage de batteries.

CHAPITRE II
QUELQUES PROCEDES DE
RECYCLAGE
DES BATTERIES DES VOITURES:

CHAPITRE II

QUELQUES PROCÉDES DE RECYCLAGE DES BATTERIES DES VOITURES:

II.1 Introduction:

Le processus de recyclage des batteries visant à collecter des métaux toxiques, rares, précieux avec une autre manche, l'économique. Les composants de batteries et les produits chimiques qui les composent diffèrent d'un type à l'autre, notamment le cadmium, le plomb, le mercure, le nickel et le lithium). Dans ce chapitre nous allons présenter les différentes étapes et procédés de recyclage des batteries puis l'unité recyclage des batteries qu'est support de notre travail.

II.2 Les étapes du recyclage des batteries de véhicules électriques[14]:

II.2.1 La collecte et la mise en sécurité:

Avant le début du recyclage, les batteries doivent être retirées du véhicule qui a été utilisé. Nous le déchargeons électriquement et le sécurisons pour une manipulation en toute sécurité tout au long du processus. Parce que c'est une première étape particulièrement importante, car les batteries peuvent se détériorer et nuire à l'homme et à l'environnement.

II.2.2 Le démantèlement:

Pour démonter une batterie, le manchon de protection en aluminium ou en plastique et les fils sont retirés pour obtenir des unités de batterie indépendantes. Ceci est fait manuellement par des personnes. Ensuite, la protection des modules de batterie en aluminium est retirée [13].

II.2.3 Le recyclage mécanique:

Ensuite, la batterie est broyée pour séparer les éléments inférieurs. Ensuite, fissuration des cellules dans des conditions humides pour éviter ou éclater. Les matériaux broyés passent par un processus de séparation mécanique pour obtenir des matériaux, par exemple du papier/plastique, de l'aluminium, du cuivre ou une poudre contenant principalement un mélange de carbone, de nickel, de lithium et de cobalt [13].

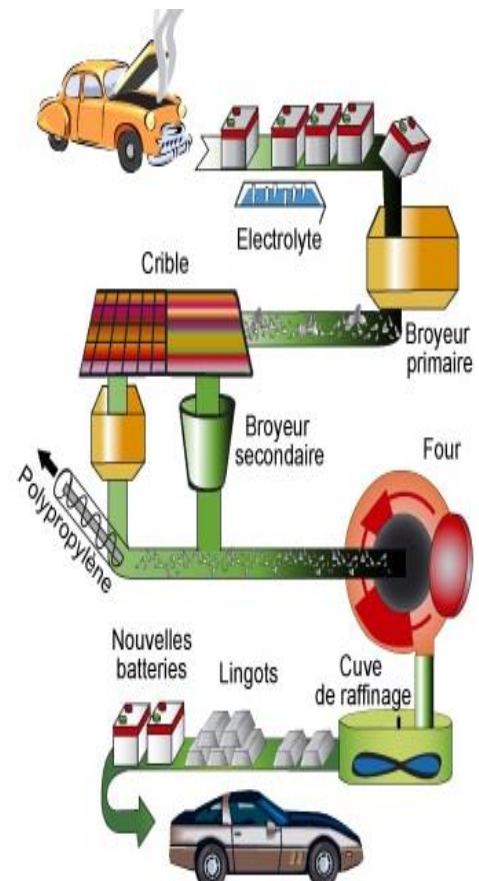


Figure II.1: Les étapes du recyclage des batteries (source :

www.batterievoiturepro.com/recyclage/)

II.2.4 Le recyclage chimique:

-Ensuite, la "masse noire" est traitée chimiquement pour séparer et purifier les matériaux qu'elle contient. Et c'est grâce au traitement de l'eau minérale et à l'extraction thermique. Si le traitement thermique du métal est plus facile, il faudra beaucoup d'énergie. Elle doit donc souvent être suivie d'un procédé métallurgique d'extraction sélective des minéraux.

II.2.5 La production de précurseurs

Si les sous-produits sont en bonne partie purs issus des unités de traitement des eaux minérales, ces produits peuvent être utilisés dans la production de matières premières. Cela ferme le cycle de recyclage en permettant au lithium, au nickel et au cobalt recyclés d'entrer dans la production de nouvelles batteries [13].

II.3 Généralités sur les procédés de recyclage des batteries:

L'objectif des opérations de recyclage des batteries est de séparer et de désassembler tous les composants en pièces pouvant être réintroduites dans le processus de production, en traitant les pièces dangereuses et en réduisant les déchets et la consommation d'énergie. Là où il existe des entreprises qui proposent des procédés de « récupération directe » principalement pour séparer et régénérer les matières actives de la batterie pour les utiliser dans la fabrication de nouvelles batteries. Du point de vue de l'économie circulaire, cette approche offre un potentiel intéressant en raison de son faible impact environnemental, mais ces procédés sont encore au stade expérimental [15].

II.4 Les principales étapes des procédés de recyclage des-batteries[16]:

II.4.1. Séparation des flux:

Surtout, l'étape de séparation des batteries selon leur chimie est nécessaire - mais elle peut aussi être plus susceptible de séparer les batteries destinées à un même traitement, car l'homogénéité et la maîtrise de la composition matière du flux peuvent permettre d'améliorer la production et réduire les coûts de procédé car il est possible d'améliorer la quantité de réactifs et d'énergie utilisée pour le recyclage.

II.4.2. Préparation ou prétraitement:

Ce traitement a pour but de préparer les batteries à un traitement ultérieur, dans des conditions garantissant la sécurité des opérateurs et des installations.

- Ce processus de prétraitement peut inclure :

1. Vérifier la batterie et la vider.
2. Opérations liées à la seconde vie (réutilisation).
3. Procédés de préparation manuels ou mécaniques ou traitement métallurgique.

- les prétraitements seront plus ou moins poussés en vue d'ultimes opérations de recyclage. Aujourd'hui, les batteries sont encore démontées manuellement. [15]

II.4.3. Procédé de valorisation directe:

Au lieu de récupérer les éléments métalliques (par métallisation), la valorisation directe consiste à récupérer les matières actives des électrodes vers une usine pouvant servir directement à fabriquer ces électrodes sous une nouvelle forme énergétique, peu de déchet du procédé.

II.4.4. Procédés Pyro-métallurgiques:

Les procédés pyrométallurgiques, qui peuvent être relativement hétérogènes, car les fractions utilisent des batteries (séparateur plastique) comme principale source de carbone dans le procédé de réduction thermique. Le fait que ces fractions organiques ne soient pas valorisées limite l'efficacité du recyclage pour ces procédés. Les produits obtenus sont des alliages contenant du nickel, du cuivre, du fer, etc., selon la nature du flux entrant de la batterie. Où ces alliages peuvent être utilisés pour fabriquer de l'acier ou subir un traitement supplémentaire par des procédés métallurgiques[17].

II.4.5. Procédés Hydro-métallurgiques:

L'extraction de minéraux à partir de minéraux financiers est le processus de récupération sélective de minéraux. Elle est réalisée sur la partie fine (masse noire) obtenue après tri, désassemblage, broyage et prétraitement pour éliminer les impuretés pouvant affecter le produit et sa sélection. - Elle peut également concerner le traitement des alliages, ou des scories résultant du procédé de traitement thermique des métaux pour extraire les métaux. Elle comprend la dissolution de divers métaux au moyen d'un détecteur sulfurique par lixiviation. Mais on peut aussi utiliser des matières oxydantes (chlore). Séparation des phases (solide/liquide) par clarification/filtration, et en dernier lieu purification et concentration (précipitation du fer et de l'aluminium, fixation du cuivre)[18].

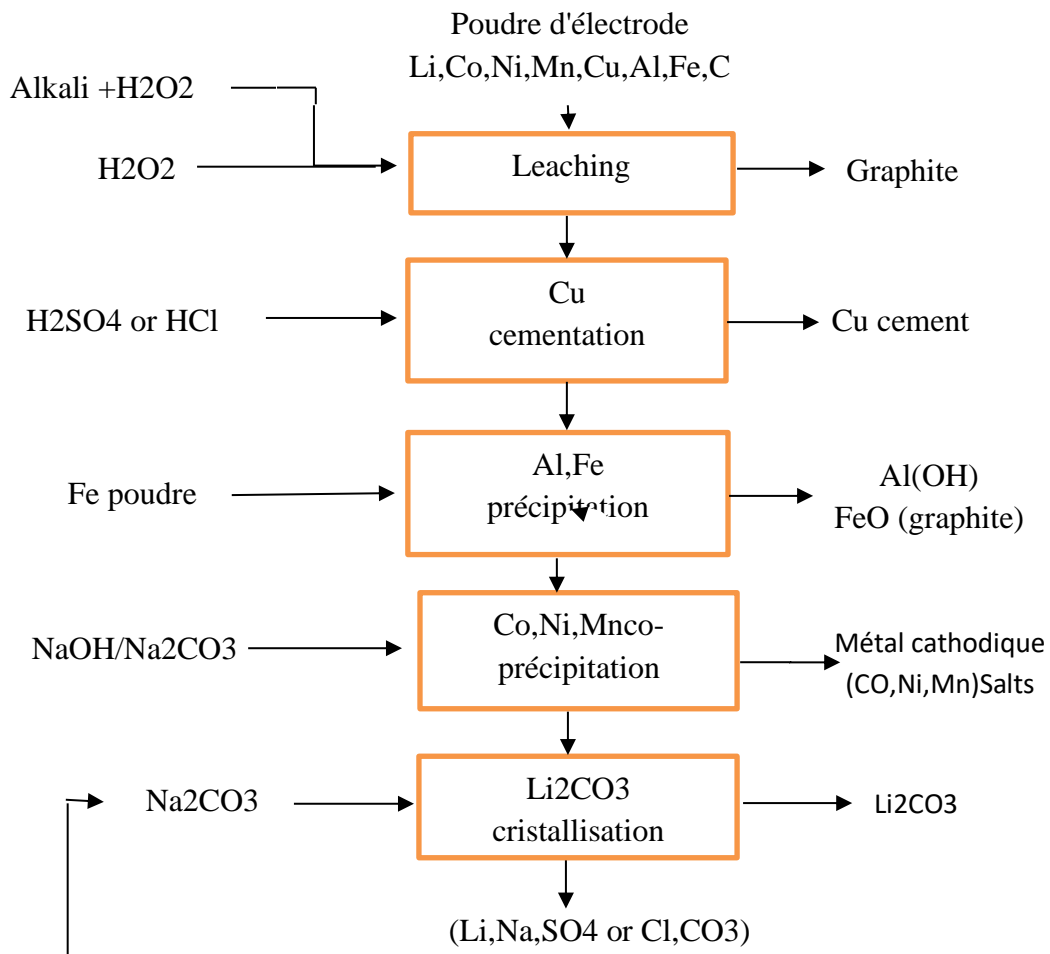


Figure II.2 : Méthodes et réactifs utilisables dans les procédés hydro-métallurgique de recyclage Li-on et N -MH source développement d'un de recyclge hydro- métallurgique hautement efficace pur les batteries li-on-Hanggangwang et brendfridriche-avril 2015).

II.5 les procédés de Recyclage de différents types de batteries :

II.5.1 Les procédés de recyclage des batteries Ni-Cd:

Il existe 2 types de traitement pour les batteries Ni-Cd :

- Par distillation (SNAM, SAFT-NIFE, Accurec, Inmetco, Nippon Recycle Center Corp, KOBAR) .
- Par hydroméallurgie (Eurodieuze)[19].

II.5.2 Les procédés de recyclage des batteries Ni-MH:

Le recyclage des batteries Ni-MH présente un intérêt économique du fait de leur teneur en Nickel, Cobalt et en terres rares. Là encore, leur recyclage peut se faire par voie pyroméallurgique et/ou hydro-méallurgique[20].

II.5.3 Les procédés de recyclage des batteries au Li-ion[21]:

Les procédés de recyclage des batteries lithium-ion sont formés de multiples étapes de transformation, qui peuvent être subdivisées en deux catégories principales :

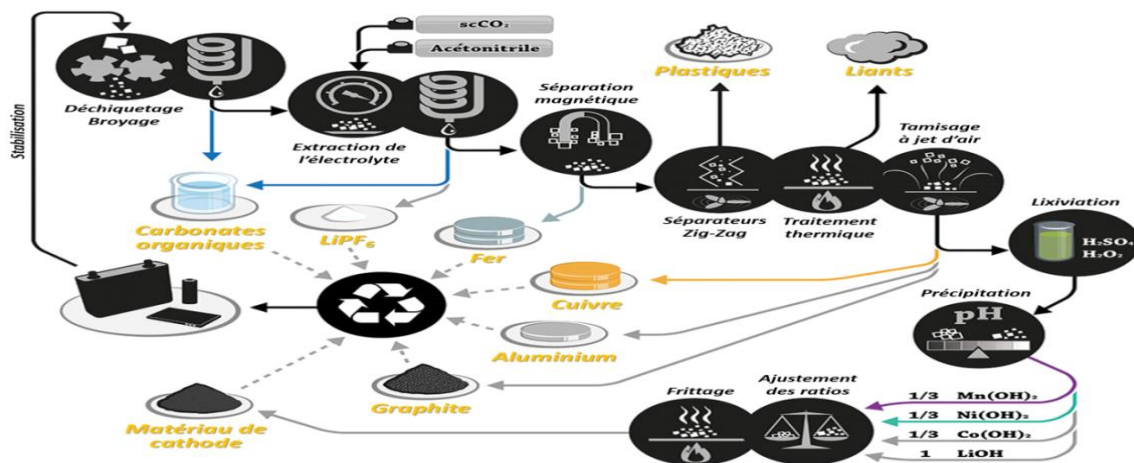


Figure II.3: Exemple de procédé de recyclage des batteries au li-ion par hydroméallurgie. (source : adaptée de chemsus,(2016))

a. Procédés physiques:

Comprennent le démantèlement, la séparation et le broyage des composants des batteries au lithium et l'exploitation des différentes propriétés physiques des matériaux qu'elles contiennent (telles que la densité), ce qui réduit les impuretés présentes et facilite les processus de récupération ultérieurs [20].

a. Procédés chimiques:

Ceux-ci comprennent la précipitation chimique, la dissolution, les extractions au solvant, les électrodépositions et les traitements thermiques. Ces procédés peuvent à leur tour être subdivisés en sous-catégories :

-Procédés pyrométallurgiques.

-Procédés hydrométallurgiques.

L'efficacité du recyclage, tout en obtenant une bonne rentabilité, on peut définir 7 étapes clés[20] :

b.1Pré-sélection : Les batteries sont complètement séparées des différents matériaux chimiques et mécaniques/techniques pour faciliter le processus de recyclage.

b.2Récupération d'énergie : Les batteries de récupération d'énergie de grandes dimensions peuvent subir un processus de décharge afin de récupérer l'énergie contenue dans la batterie et de réduire le risque lors de l'élimination.

b.3 Démontage : produits lors du démontage de pièces métalliques, plastiques et composants électroniques, nous pouvons utiliser ces éléments dans des opérations de recyclage autonomes (recyclage direct).

b.4 Assainissement : Empêche le rejet de substances dangereuses dans l'environnement. Cette étape comprend un traitement cryogénique à une température d'environ 200°C, qui permet d'éviter les réactions thermiques lors des étapes successives du processus de recyclage et de calcination de la batterie afin d'éliminer les composants organiques présents dans celle-ci.

b.5 Libération : dans cette partie, les matériaux d'anode et de cathode sont séparés des collecteurs de courant métalliques. Lorsque des méthodes mécaniques peuvent être utilisées à cette fin pour faciliter.

b.6Séparation : Cette partie sépare les matériaux émis en exploitant les différentes propriétés physiques et chimiques (magnétiques).

b.7 Raffinage métallurgique : celui-ci peut être thermique (procédés pyrométallurgiques), chimique (procédés hydrométallurgiques) ou, encore, biologique (biométallurgique).

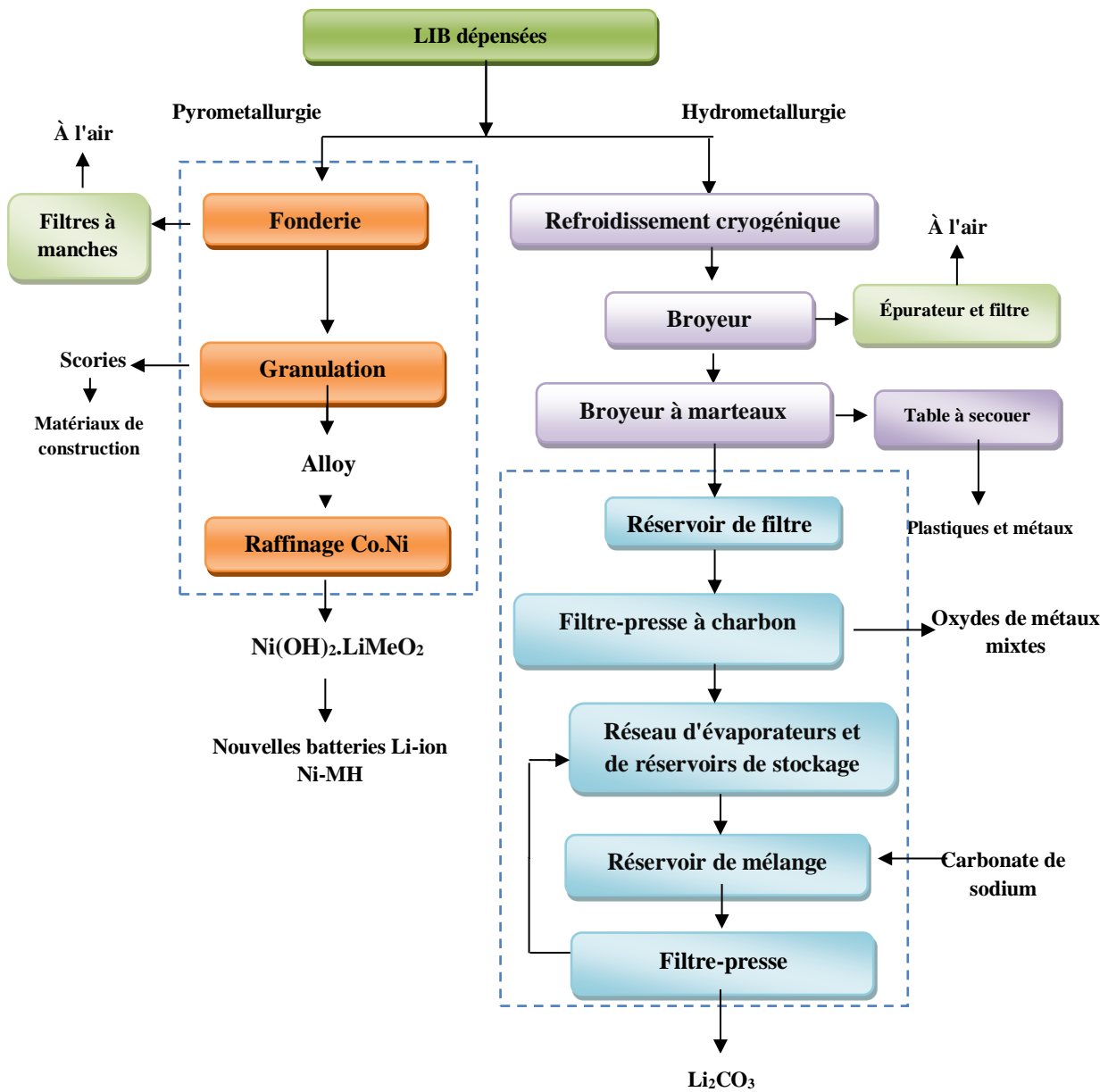


Figure II.4: Procédés et systèmes de recyclage la batterie li-ion.
(Source:pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2018/cs/c8cs00297e/)

II.5.4. Les procédés de recyclage des batteries Plomb d'acide [22]:

a. Collecteur : Les batteries sont collectées dans les points de collecte de déchets et transportées vers l'installation de recyclage.

b. Broyeur: installation destinée à broyer les batteries.

c. Tri : Les morceaux obtenus sont prélevés dans un immense bol d'eau, le plomb et les autres métaux tandis que les pièces de plastique plus légères flottent à la surface et les plus lourds descendent.

d. Tamisage : Les morceaux de polypropylène et les liquides se séparent avec un tamis ne laissant que le plomb et les métaux lourds. Les pièces en polypropylène sont ensuite lavées et transportées vers le site de fabrication pour fabriquer de nouveaux boîtiers de batterie.

e. Opérations minières hydro et thermiques : Ce sont les procédés utilisés pour extraire les métaux précieux et autres minerais. Les processus finaux sont utilisés dans le recyclage des batteries pour extraire le plomb et d'autres métaux lourds des résidus de batterie après la quatrième étape. L'hydrominage est un procédé extractif qui utilise dans ce procédé l'hydrochimie complétée par la pyrométallurgie, qui facilite les transformations chimiques et physiques pour récupérer le plomb et d'autres métaux précieux. Le processus comprend la calcination, la torréfaction, la fusion et l'affinage pour récupérer le produit final principal.

f. Les plastiques (morceaux de polypropylène): sont lavés, séchés et envoyés dans un site de recyclage du plastique où ils sont traités et réutilisés pour fabriquer de nouveaux boîtiers de batterie. Ils peuvent également être vendus à des fabricants de produits et de matières premières en plastique. Les principaux matériaux sont nettoyés et récupérés. Grâce à des processus miniers hydro et thermiques où ils sont calcinés, torréfiés et fondus. Le plomb fondu produit par traitement hydrochimique et nettoyage est ensuite poli pour éliminer les impuretés, et les produits finis sont coulés dans des lingotières et laissés à refroidir. Après refroidissement, il est retiré du moule et transporté vers le site de fabrication de la batterie où il est réutilisé pour fabriquer de nouvelles plaques de plomb et d'autres composants de la batterie.

II.6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons exploré les différents procédés de recyclage des batteries avec leurs diversités de constitution. Ce domaine de recyclage a pourvue de grandes difficultés de neutraliser les produits chimiques. L'évolution de recyclage doit encore chercher les techniques qui préserve l'environnement avec plus de précaution et d'économie. Dans le chapitre suivant, nous nous intéresserons à l'automatisation par un PIC 16F877A la neutralisation d'acide.

CHAPITRE III
AUTOMATISATION
DE LA NEUTRALISATION DE
L'ACIDE ESSU DE RECYCLAGE
DE BATTERIE VIA PIC PIC16F877A

CHAPITRE III

AUTOMATISATION

DE LA NEUTRALISATION DE L'ACIDE ESSU DE

RECYCLAGE

DE BATTERIE VIA PIC PIC16F877A

III.1 Introduction :

Après avoir investigué le sujet de construction de batteries, leurs intérêts et économie globale, et après l'investigation sur leurs impacts sur l'environnement et les êtres vivants. Les états ont conclus vers un recyclage surveillé. Dans ce chapitre nous intéresserons à une partie commune des processus de recyclage tel que la neutralisation d'acide. C'est une partie ordinaire de la chimie générale (neutraliser l'acide par une base avec agitateur et un PH-mètre). Cette partie est liée directement à l'environnement.

III.2 Neutralisation d'acide

C'est dans cette étape où la neutralisation doit se faire selon les recommandations de l'état. En effet, la quantité de produit à largué dans l'environnement est très importante, du fait l'état est intransigeante sur la qualité acide et taux de produit toxiques qu'elle contienne. Cette partie concerne la neutralisation d'oxyde, un bag appelé bag de neutralisation, il s'approvisionne d'un bag d'oxyde en amont une fois se dernier atteint H_{max} , à ce moment là, la pompe d'oxyde (**A**) se met en marche et la bag d'acide commence à se remplisse. Arrivant à la hauteur (H_{min}), le moteur d'agitateur (**B**) se met en marche avec la pompe de la solution basique (**C**). Cette situation continue jusqu'au niveau (H_{max}), où se produit l'arrêt de (**A**) et l'arrêt de (**C**), et commence le protocole de neutralisation : la mesure du PH se fait en permanence, mais les valeurs à considérées sont toujours après une durée T d'homogénéisation sachant T_1 et T_2 respectivement en relief avec la quantité de l'acide ou base ajoutée est prédéterminé par le technicien responsable de la neutralisation. Le tableau suivant résume la régulation pour une consigne de : $PH = 7 \pm 0,2$.

Tableau III.1: procédure de neutralisation d'oxyde

Mesure PH (T) après l'arrêt des 2 pompes	Pompe d'acide (T_1)	Pompe de Solution Basique (T_2)
Acide	0	1
Base	1	0

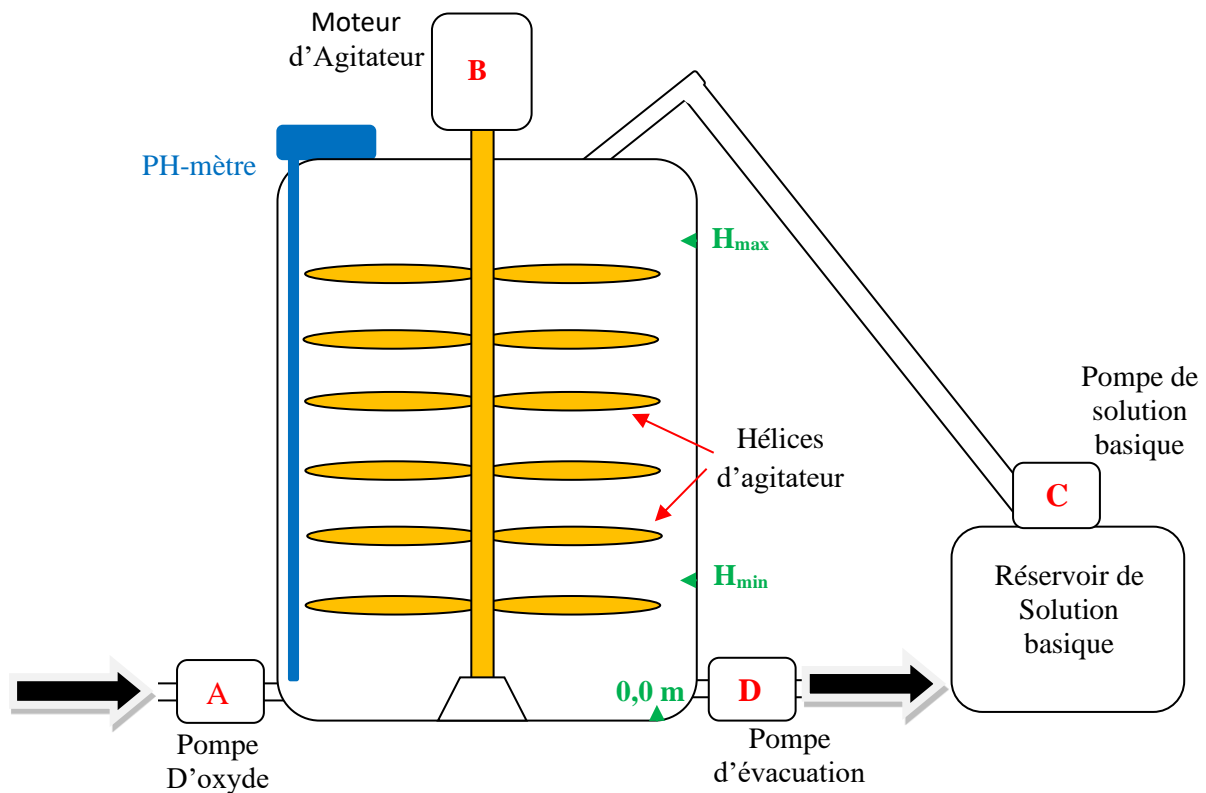


Figure III.1: principe de neutralisation ordinaire acide-base utilisé pour recyclage de batteries

Après avoir donné les détails de l'unité de recyclage de batteries, nous allons prendre une partie de la procédure à automatiser. Nous avons choisie la partie la plus intéressante, la partie de la neutralisation d'oxyde. En effet, c'est dans cette partie qu'on trouve plus de capteurs à la fois de type tout ou rien et d'autre de type analogique-numérique. Pour cette automatisation, nous avons choisi un PIC 16F877A. Ce choix est motivé par le fait :

- 1- Contient un nombre important de pins
- 2- Contient la conversion analogique numérique
- 3- Disponible sur le marché

III.3 Des différents éléments composants de l'organisation fonctionnelle d'un système à microcontrôleur :

III.3.1 Micro contrôleur Pic

III.3.1.1. Définition d'un PIC :

Un PIC est un microcontrôleur qui signifie (Peripheral Interface Controller), c'est une unité de traitement d'information de type microprocesseur à laquelle on a ajouté des périphériques internes permettant de faciliter l'interfaçage avec le monde extérieur sans nécessiter l'ajout de composants externes. Ce composant encore très utilisé à l'heure actuelle, est un compromis entre simplicité d'emploi, rapidité et prix.

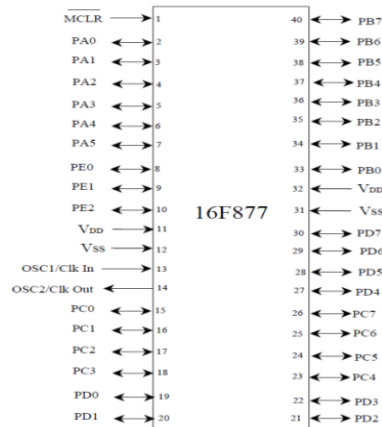


Figure III.2: PIC16F877A en boîtier DIP

III.3.1.2. Les caractéristiques principales du pic 16f877:

- Le PIC 16F877 est caractérisé par :
 - Une Fréquence de fonctionnement élevée, jusqu'à 20 MHz.
 - Une mémoire vive de 368 octets.
 - 33 Entrées et sorties.
 - Chaque sortie peut sortir un courant maximum de 25 mA.
 - 2 entrées de captures et de comparaison avec PWM (Modulation de largeur d'impulsions).
 - Convertisseur analogique numérique 10 bits avec 8 entrées multiplexées Maximum.
 - Une interface de communication série synchrone (SSP/SPI et I2 C).
 - Une tension d'alimentation entre 2 et 5.5 V [23].

III.3.1.3. Registre :

- **Le registre INTCON (interrupt contrôle) :**

-L'interruption au niveau du PIC16F877 est gérée par plusieurs registres: Le plus important est le registre INTCON, qui se situe à l'adresse 0x0B. C'est un registre de 8 bits, Viennent ensuite les registres PIE_x et PIR_x[24].

Tableau III.2: Registre INTCON

Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit1
<u>GIE</u>	<u>PEIE</u>	<u>TOIE</u>	<u>INTE</u>	<u>RBIE</u>	<u>TOIF</u>	<u>INTF</u>	<u>RBIF</u>

- **Le registre ADCON1 :**
 - ADCON est registres utilisés par le module convertisseur A/D.
 - **Bit 7 :** ADFM = A/D Result format.
 - 1 = Justifié à droite.
 - 0 = Justifié à gauche.
 - **Bit 6 bit 5 et bit 4 :** Bits non implémentés.
 - **Bit 3 bit 2 bit 1 et bit 0 :** PCFG3 PCFG2 PCFG1 et PCFG0 ,Bits de contrôle de la configuration des Ports.

Tableau III.3: registre ADCON1

Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
ADFM				PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0

III.3.1.4. Ports d'entrées/sorties :

Les 5 ports sont d'entrées sorties (input/output),

- PORTA : 6 entrées -sorties. 5 entrées du CAN. Entrée CLK du Timer 0. (RA0_RA5)
- PORTB: 8 entrées-sorties. 1 entrée interruption. Programmation in situ RB0. (RB0_RB7)
- PORTC : 8 entrées-sorties. Clk Timer1 et PWM1. USART. I2C. (RC0_RC7)
- PORTD : 8 entrées-sorties. Port interface micro processeur (8 bits data). (RD0_RD7)
- PORTE : 3 entrées-sorties. 3 bits de contrôle interf micro. 3 entrées du CAN. (RE0_RE2)

Notez, comme pour tous les ports, que la mise sous tension du PIC, et tout autre reset, force tous les bits utiles de Tris a 1, ce qui place toutes les pins en entrée. Enplus pour configurer TRISX avec notre compilateur il faut agir sur la valeur [25].

III.3.1.5. Interruptions :

- **Définition :**

-Une interruption est une action, déclenchée par un événement précis, qui va arrêter le programme principal, A chaque interruption sont associés deux bits, un bit de validation et un drapeau. Le premier permet d'autoriser ou non l'interruption, le second permet au programmeur de savoir de quelle interruption il s'agit [22].

- **Les sources d'interruption :**

la source l'interruption que nous avons utilisée :

- Une interruption externe, action sur la broche INT/RB0.

- Changement d'état logique sur une des broches du PORTB (RB4 à RB7).

Il existe des sources l'interruption n'avez pas utilisées :

- Débordement du TIMER0.
- Interruption SPI ou I2C du module MSSP (SSPIE).
- Interruption du registre de capture et/ou de comparaison 1 (CCPI1E).
- Interruption du registre de capture et/ou de comparaison 2 (CCPI2E).ect....[26].

III.1.6. Convertisseur analogique numérique :

- **Définition :**

Le CAN est un périphérique intégré destiné à mesurer une tension et la convertir en nombre binaire qui pourra être utilisé par un programme. Notre 16F877 travaille avec un convertisseur analogique/numérique qui permet un échantillonnage sur 10 bits. Le signal numérique peut donc prendre 1024 valeurs possibles. Il donne une précision en 5V de 5Mv environ, ce qui est une précision tout à fait intéressante [22].

III.3.2. Les éléments constituant la carte d'acquisition météorologique :

III.3.2.1. Afficheur LCD :

- **Définition:**

C'est l'instrument qui affiche les résultats acquis par les capteurs, il est aussi géré par le microcontrôleur. Plusieurs afficheurs sont disponibles sur le marché et diffèrent les uns des autres, On a choisit le modèle à 4 ligne de 16 caractères chacune [27].



Figure III.3: afficheurlcd lm016 16x4

Tableau III.4: Le brochage de l'afficheur LCD

VSS	0 volts de l'alimentation
VDD	+5V

VEE	Tension à appliquer pour gérer le contraste
RS	Registre Selecte (mode instruction ou donnée)
R/W	Read/Write (écriture ou lecture)
E	Enable (sélection de l'afficheur)
DB0-DB7	Data 0 à 7 (données où instructions)

III.3.2.2. Capteur de PH dans PROTEUS

Les capteurs de PH n'existent pas dans la bibliothèque de ISIS, c'est pour cela qu'on était contraint d'utiliser des résistances variables.

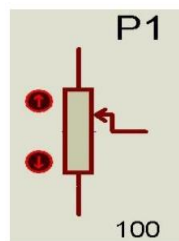


Figure III.4: POT-HG (Résistances variables)

III.3.2.3 Relais :

- **Définition :**

Un relais est un dispositif qui contrôle un courant ou une tension qui active ou désactive la commutation d'un élément mécanique. Il s'agit d'un type d'interrupteur pouvant être actionné à distance, et dont la fonction est de séparer la coupure de la fonction de commande. Et aussi la puissance de commutation dépend de ce relais, et il contient la partie commande, qui est la bobine et la partie puissance [27].

- **Principe de fonctionnement relais:**

Un relais est doté d'un bobinage en guise d'organe de commande. La tension appliquée à ce bobinage va créer un courant, ce courant produisant un champ électromagnétique à l'extrémité de la bobine (il ne s'agit ni plus ni moins que d'un électro-aimant). Ce champ magnétique va être capable de faire déplacer un élément mécanique métallique monté sur un aux mobile, qui déplacera alors des contacts mécaniques, Quand plus aucun courant ne circule dans la bobine, les contacts reprennent leur position de repos grâce à un ressort de rappel. Les connexions extérieures permettent simplement d'avoir accès aux fils de la bobine et aux contacts électriques solidaires des parties mécaniques mobiles [28].

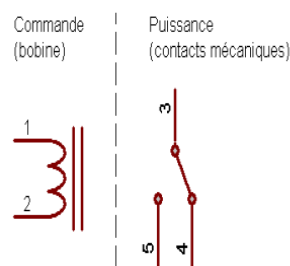


Figure III.5: principe de fonctionnement d'un relais

III.4. MOTOR :

III.4.1. Types de moteurs utilisés :

- Les moteurs nous avons utilisés dans projet sont essentiellement deux types :
 - Le moteur pas à pas : responsable pour convoyeur l et vérin
 - le moteur asynchrone : utilisé pour les pompes et broyeur et agitateur, convoyeur.

III.5. Logiciels utilisés pour servir le microcontrôleur :

III.5.1 Proteus :

III.5.1.1 Définition:

Proteus est une suite logicielle qui permet l'utilisation de la CAO électronique éditée par (Lab Center Electronics) et Proteus se compose d'un programme principal : Isis, qui facilite le processus de création de la chose souhaitée...[29]

III.5.1.2 Présentation de logiciel ISIS Proteus :

-Le programme proteus version 7 se compose de plusieurs modules qui facilitent le processus :

- Un éditeur de diagramme isis,
- Un simulateur lisa
- Un outil de conception circuit imprimé Ares

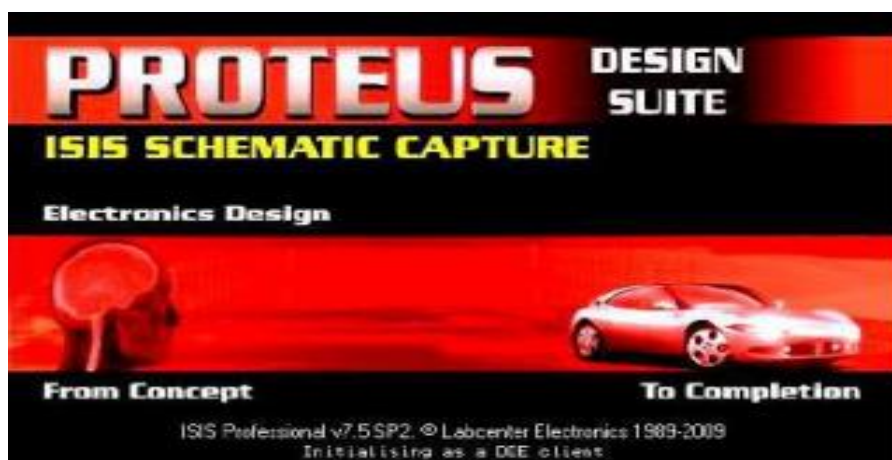


Figure III.6: logiciel proteus isis version 7

III.5.2 MicroC pro:

III.5.2.1 Définition:

MikroC pour PIC est un logiciel qui aide développement de systèmes embarqués sur la base de microcontrôleur. Il assure une combinaison de l'environnement de programmation avancée IDE, une large gamme d'appareils et la documentation, un grand nombre d'exemples complète [30]

III.5.2.2 Compilateur mikroC PRO pour PIC :

Le compilateur mikroC pour PIC a une manipulation très intuitive et un fonctionnement sans faille. Ses très nombreux outils intégrés(mode simulateur, gestionnaire pour afficheurs 7 segments), Il a une capacité à pouvoir gérer la plupart des périphériques rencontrés dans l'industrie(CAN,signaux PWM, afficheurs LCD et 7 segments...), nouveaux PIC supportés, environnement de développement encore plus ergonomique, nouveaux exemples d'applications, ect [31]

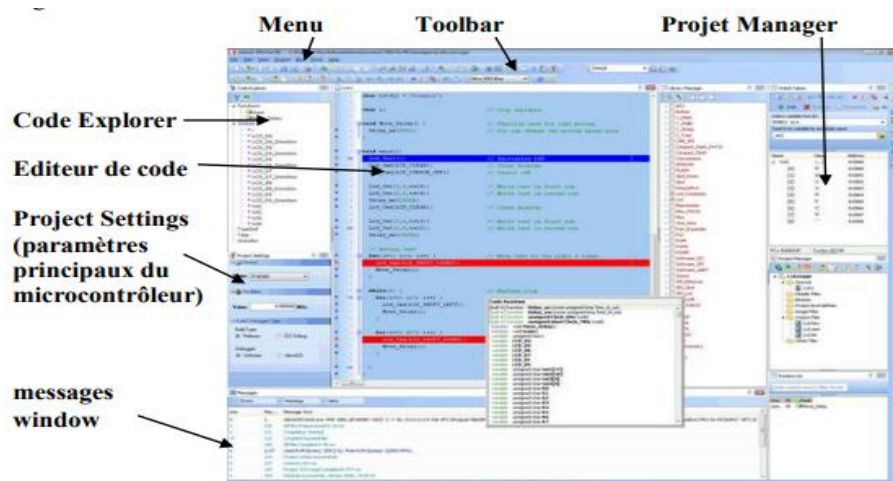


Figure III.7: L'environnement IDE du compilateur MICROC PRO

III.6 Organigramme :

Soit :

KM1 : contacteur de la pompe d'oxyde

KM2 : contacteur de l'agitateur

KM3 : contacteur du convoyeur de Bicarbonate de Soude

KM4 : contacteur de la pompe d'évacuation

C0 : contact de niveau haut de la citerne de l'oxyde (H_{max})

C1 : contact de niveau bas de bag de neutralisation (H_{min})

C2 : contact de niveau haut de bag de neutralisation (H_{max})

C3 : contact de niveau de bag de neutralisation (0 m)

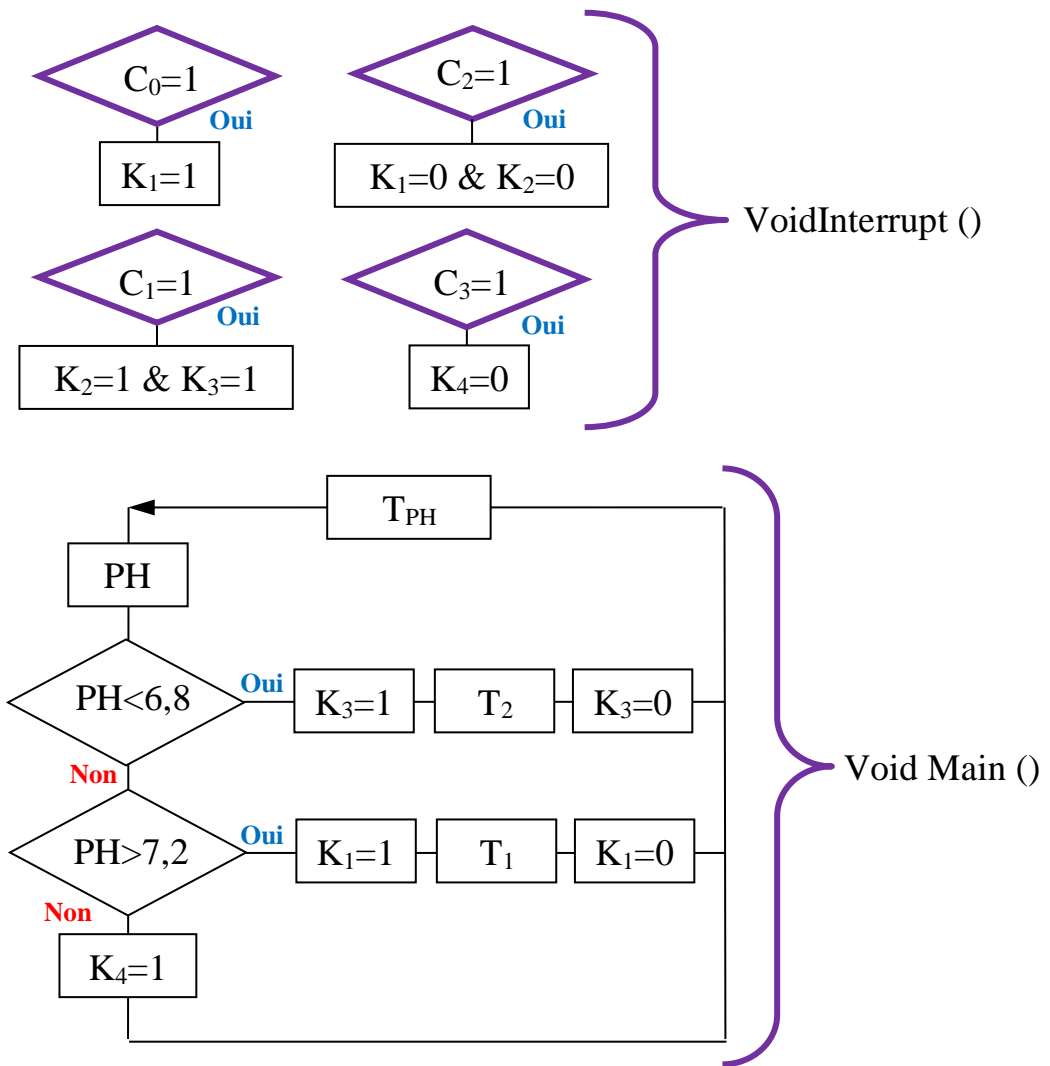
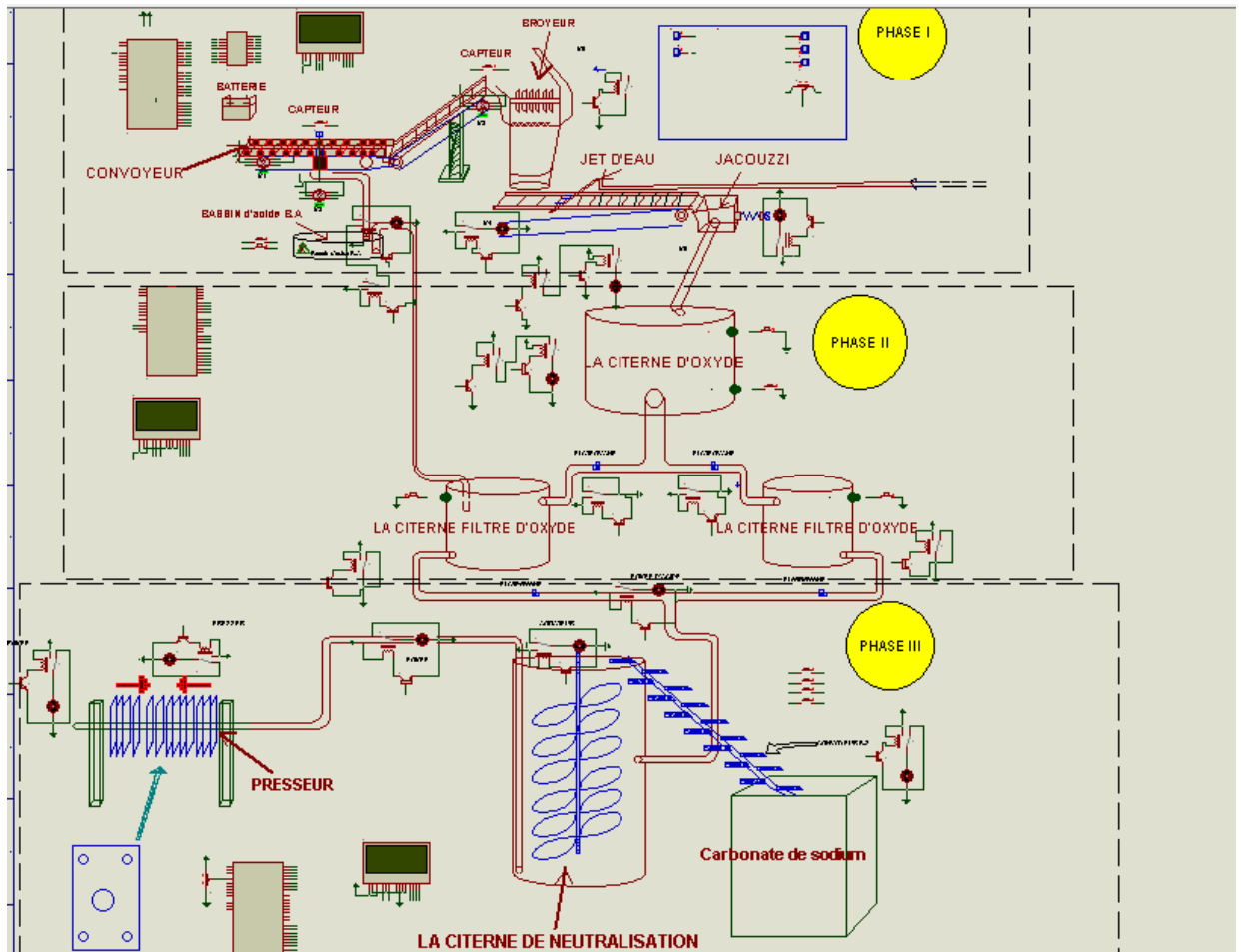


Figure III.8 : Organigramme de commande d'une partie de l'unité de recyclage de batteries
 T_1 : durée d'injection d'oxyde ; T_{PH} : durée d'homogénéisation ;
 T_2 durée d'injection du Bicarbonate de soude ;

III.7 SCHEMA ISIS :



III.8 Connexion entre le PIC et le procès:

Tableau III.5: connexion entre le PIC et le procès

Port	Pin du Port	Fonction remplie par le Processus
PortC configuré en sortie	PortC.b0	Contacteur de la pompe
	PortC.b1	Contacteur de l'agitateur
	PortC.b2	Contacteur de la pompe de base
	PortC.b3	Contacteur de la pompe d'évacuation
PortB configuré en interruption	PortB.b0	Niveau de liquide dans le bag d'oxyde (2m)
	PortB.b4	Niveau (0cm) de liquide dans le bag de neutralisation
	PortB.b5	Niveau (Hmin) de liquide dans le bag de neutralisation
	PortB.b6	Niveau (Hmax) de liquide dans le bag de neutralisation
	PortB.b7	

PortD configuré en sortie	PortD.b2	Connexion du LCD avec les pins du PIC
	PortD.b3	
	PortD.b4	
	PortD.b5	
	PortD.b6	
	PortD.b7	
PortA configuré en entrée	PortA.b0	Entrée de tension débitée par PH-mètre

Connexions sur LCD 16/2

Entrées de LCD	1, 3, 5, 7, 8, 9, 10,16	4, 6, 11, 12, 13, 14	2	15
Fonction	0 V	Information : Port D du PIC (b2, b3 ,b4 ,b5 ,b6 ,b7)	5 V	5V à travers un potentiomètre

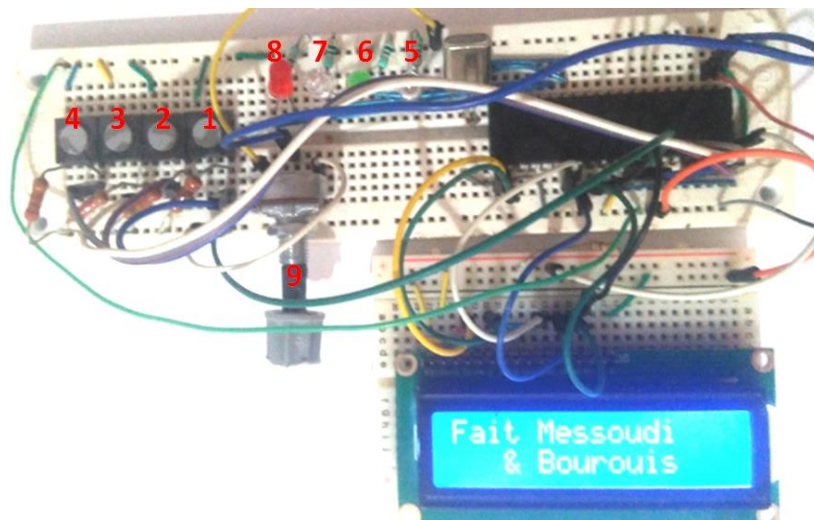


Figure III.9 : Circuit de commande d'une partie de l'unité de recyclage de batteries

- 1- Fin course Bag d'acide 2 m ; 2- Fin course Bag de Neutralisation Niveau 0,7 m ;
- 3- F-C Bag Neutralisation Niveau 2 m ; 4- Fin course Bag Neutralisation Niveau 0 m ;
- 5- LED pompe d'acide ; 6- LED Agitateur ; 7- LED convoyeur à vis Bicarbonate de soude ;
- 8- LED pompe d'évacuation ; 9- Potentiomètre introduction mesure du PH

III.9 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons pris une étape de recyclage de batteries comme sujet de commande par le PIC 16F877A. Nous avons mis en évidence la nécessité des différentes options du PIC tels que : interruption ; conversion analogique-numérique ; moyen d'information en temps réel (LDC). Le programme sous Mikro_pic pro a été vérifié par le logiciel isis proteus et répondant au cahier de charge.

CONCLUSION
GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Ce mémoire avait pour but de mettre en évidence le danger que courir l'environnement sous l'effet des matériaux dangereux inclus dans une batterie en fin de vie. Ainsi dans le premier chapitre nous avons détaillé les constituants de différentes batteries et leurs dangers sur la personne et l'environnement. Dans le deuxième chapitre, nous avons décrit quelques procédures de recyclage de batterie. Dans un troisième chapitre, nous avons automatisé une étape de recyclage : neutralisation d'acide qui met en évidence la sécurité du personnel et l'environnement. Ce choix est justifié par le fait que notre thème vise le recyclage en préservant l'environnement. La commande a atteint son but en qualité de programmation, mais le travail le plus dur c'est de mettre en œuvre les capteurs nécessaires et le réglage des différents paramètres tel que la quantité d'acide et la quantité de base à introduire dans la régulation et la durée nécessaire pour homogénéiser le contenu de la bag afin de réussir la régulation avant que le niveau atteigne le niveau max de la bag.

Dans un travail futur, nous proposons de développer le programme pour atteindre d'autres parties et cela avec l'introduction du système maître-esclave sur les PICs.



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة عينتموشنت - بلحاجبوشعيب
Université Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib -
كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie



**Formulaire de déclaration sur l'honneur
Relatif à l'engagement pour respecter les règles d'authenticité
scientifique dans l'élaboration d'un travail de recherche**

(Annexe de l'arrêté n°933 du 28 juillet 2016 fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat)

Je soussigné,

Etudiant, M. ou M^{lle} *Bou Rouis Hadj*

Détenteur d'une carte d'étudiant N° :, délivrée le : à

Inscrit à la faculté : **Sciences et de Technologie**

Département : *Génie électrique*

Et chargé de préparer un mémoire de fin d'études Master 2 en *Commande électronique*

Intitulé : *Automatisation du processus de recyclage des Batteries de voiture via PIC16F877A*

Déclare sur l'honneur, m'engager à respecter les règles scientifiques, méthodologiques, et les normes de déontologie professionnelle et de l'authenticité académique requise dans l'élaboration du projet de recherche suscité.

À Ain Temouchent, le : *26/05/2022*

Signature

H



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة عينتموشنت- بلحاجبوشعيب-
Université Ain Témouchent- Belhadj Bouchaib -
كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie



**Formulaire de déclaration sur l'honneur
Relatif à l'engagement pour respecter les règles d'authenticité
scientifique dans l'élaboration d'un travail de recherche**

(Annexe de l'arrêté n°933 du 28 juillet 2016 fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat)

Je soussigné,

Etudiant, M. ou M^{elle} *MESSAOUD Wahid*

Détenteur d'une carte d'étudiant N° : *111737073570* délivrée le : *2017-18* à *URBAT*

Inscrit à la faculté : **Sciences et de Technologie**

Département : *Electronique*

Et chargé de préparer un mémoire de fin d'études Master 2 en

Intitulé : *Automatisation de processus de recyclage des Batteries de voiture via 16F877A.*

Déclare sur l'honneur, m'engager à respecter les règles scientifiques, méthodologiques, et les normes de déontologie professionnelle et de l'authenticité académique requise dans l'élaboration du projet de recherche suscité.

À Ain Temouchent, le : *26/05/2022*

Signature

Guil.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] *Michel Prieur* <<les principes généraux du droit de l'environnement>> professeur émérite - agrégé des facultés de droit doyen honoraire de la faculté de droit et des sciences économiques de Limoges
- [2] www.auto-moto.com / publié par Nadia le 12 avril 2018 à 22:23.
- [3] <http://www.batterie-solaire.com/batterie-plomb-historique-description.htm>.
- [4] *Étude de matériaux hydrurables par émission acoustique – application aux batteries Ni-MH présentée devant l'Institut national des sciences appliquées de Lyon par Aurélien Etienne soutenue le 18 octobre 2013 devant la commission d'examen.*
- [5] *Journal officiel de l'Union européenne* <<relative aux piles et accumulateurs ainsi qu'aux déchets de piles et d'accumulateurs et abrogeant la directive 91/157/CEE>> directive 2006/66/CE du Parlement européen et du Conseil 6 septembre 2006 "page 18".
- [6] *Element Energy, Cost and Performance of EV Batteries, Final Report for the Committee on Climate Change (2012).*
- [7] www.ordeco.org "Piles, accumulateurs et batteries". Observatoire régional déchets et de l'économie circulaire en Occitanie
- [8] <https://www.lavoitureelectrique.info/presentation-des-batteries-nickelcadmium.html>. "présentation des batteries nickel-cadmium".
- [9] <https://www.automobile-propre.com/> (publié le 16 juillet 2021 17:08 par Hugo Lara journaliste spécialisé transports et environnement en France)
- [10] *JT 20h Journal de 20 heures | TF1 (émission sur le défi du recyclage des batteries sur la canal de TF1 présentation Gilles Bouleau le présentateur du journal de 20 heures de TF1).*
- [11] <https://www.automobile-propre.com/> (publié le 16 juillet 2021 17:08 par Hugo Lara journaliste spécialisé transports et environnement en France).
- [12] <https://www.beev.co/> (mise à jour : avril 15, 2022 publié par Mahdi Melhem rédacteur web & seo chez Beev).
- [13] *Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), Monographies sur l'environnement n° 109m. Le chef du service des publications, OCDE, 2 rue André-Pascal, 75775 Paris Cedex 16, France.*
- [14] *Recyclage des batteries de véhicules électriques : transformation écologique et préservation des ressources – Pascal Maller : directeur du pôle Hauts de France et Grand Est Roman Dubocs : expert développement activité déchet dangereux, Emeric : responsable du programme recyclage des batteries ve*
- [15] *Record Be'at de l'ant sur le recyclage et le réemploi de batteries, Comité de suivi de l'étude Fabrice Abraham - Record, Raphaël Adam, Lyse Longueville EDF, Clémence Siret. Étude Record 2019. n° 17-0915 / 1a*
- [16] *Recyclage des batteries lithium-ion usagées : un examen critique (Xianlai Zeng, Jinhui Li et Narendra Singh) avril 2014.*

- [17] *article dans les ressources Conservation et recyclage (Kevin M. Winslow, Steven Townsend - Département de Sciences de l'ingénierie de l'environnement, Université de Floride). Février 2018*
- [18] *développement d'un procédé de recyclage hydrométallurgique hautement efficace pour le lithium-ion automobile piles - honggang wang, bernd friedrich // j. sustain. métall. (avril 2015)*
- [19] *description du procédé inmetco pour le recyclage des batteries ni-cd
<https://pdfs.semanticscholar.org/869d/dcc50e422146d67d7978d90cb8b54085257c.pdf>*
- [20] *<https://www.climate-policy-watcher.org/rechargeable-batteries/nimh-batteries-recycling-scheme>.*
- [21] *etude critique sur les procédés de recyclage des batteries rechargeables lithium-ion et faisabilité (j.dubu,y.lesueur,y.petroff , v.poinsot.)-février 2016. .*
- [22] *<https://www.conserve-energy-future.com>.*
- [23] *t.benhaddada, mhamam, r mahjoub. «un robot suiveur de ligne», rapport de projet de fin d'étude, université tunis-el manar, 2009.*
- [24] *zàamta, s. « réalisation d'un régulateur solaire à base de microcontrôleur pour le contrôle de l'état de charge et la protection des accumulateurs » mémoire de magister en électrotechnique, université larbi ben m'hidi oum el bouaghi.2009*
- [25] *christian tavernier,« les microcontrôleurs pic description et mise en œuvre 2eme.l'anne edition,*
- [26] *m. kaddour, n. saidi. «réalisation d'un robot mobile avec évitement d'obstacles»mémoire d'ingénieur d'état en électronique, , université biskra, juin 2011.*
- [27] *briza, t.masoudi, « réalisation d'un système intelligent détecteur de type d'obstacle en base de microcontrôleur pic 16f877 » ,mémoire d'ingénieur d'état en électrotechnique. 2010*
- [28] *mille touala.a« etude et réalisation d'un relais piloté par un son » université aboubakrbelkaïd– tlemcen – le 02 juil 2017).*
- [29] *logiciel isis, labcenter electronics, version (7.4).*
- [30] *logiciel mikro c, micro electronika c compiler for microchip pic microcontrôleur version :(8.2.0)*
- [31] *programmation en mikroc. application pour les microcontrôleurs de la famille pic.*

Résumé

Cette étude avait pour objectif d'étudier l'impact des déchets de batteries des voitures fin de vie, être constitué de matières dangereuses et polluantes (cobalt, cuivre, lithium, nickel, etc.), l'enjeu autour du recyclage de ces batteries est donc d'une importance capitale. l'absence de système de recyclage raisonnable augmenterait les risques d'exposition ces déchets ,pour ce la nous avens faire une étude sur recyclage des batteries qui consiste à sur l'automatisation de recyclage des batteries de voiture

Le but de ce travail développement un type des filières de recyclage, par automatise de ce processus de la Possibilité de récupérer d'importantes quantités des matériaux rares comme le plomb le cobalt le Ni-cl .rapide et plus facile, basée sur une logique programmée.

Pour réaliser cet objectif on a utilisé micro contrôleur PIC 16f877a son logiciel de configuration Micro c et de programmation ISIS.

ملخص

كان الهدف من هذه الدراسة هو دراسة تأثير نفايات بطاريات السيارات المنتهية الصلاحية ، والتي تتكون من مواد خطرة وملوثة (الكوبالت ، والنحاس ، والليثيوم ، والنيكل ، وما إلى ذلك) ، والمسألة المتعلقة بإعادة تدوير هذه البطاريات هي لذلك من الأهمية بمكان. سيؤدي عدم وجود نظام إعادة تدوير معقول إلى زيادة مخاطر التعرض لهذه النفايات ، لذلك قمنا بإجراء دراسة حول إعادة تدوير البطاريات والتي تتكون من أتمتة إعادة تدوير بطاريات السيارات

الغرض من هذا العمل هو تطوير نوع من عمليات إعادة التدوير ، عن طريق أتمتة هذه العملية ، وإمكانية استعادة كميات كبيرة من المواد النادرة مثل الرصاص والكوبالت والنيكل بشكل أسرع وأسهل بناءً على منطق مبرمج لتحقيق هذا الهدف ، استخدمنا المتحكم الصغير

ISIS وبرمجة Micro c برنامج التكوين PIC 16f877a

Abstract

The aim of this study was to study the impact of end-of-life car battery waste, being made up of hazardous and polluting materials (cobalt, copper, lithium, nickel, etc.), the issue around the recycling of these batteries is therefore of paramount importance. the absence of a reasonable recycling system would increase the risk of exposure to this waste, for this we have done a study on battery recycling which consists of automating the recycling of car batteries.

The purpose of this work is to develop a type of recycling process, by automating this process. The possibility of recovering large quantities of rare materials such as lead, cobalt, Ni-cl. faster and easier, based on programmed logic. .

To achieve this objective we used micro controller PIC 16f877a its Micro c configuration software and ISIS programming

Bibliographie
