

# DELPHI

Spécification et Modélisation d'un Algorithme  
de charge pour les batteries NiMH en utilisant:  
**MATLAB/Simulink/StateFlow**



## Rapport de Projet

Tuteurs

**Mr Gérard GIMENEZ**  
Professeur INSA-LYON

**Mr Nicolas MARTINS**  
Ingénieur système DELPHI Electronics and Safety

**Vanderley MAIA GOMES**  
[vanderleymaia@gmail.com](mailto:vanderleymaia@gmail.com)

## REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier mes tuteurs de stage: *Gérard GIMENEZ* (Professeur INSA-LYON), *Nicolas MARTINS* (Lead System Engineer - DELPHI Electronics and Safety) qui m'ont apporté l'expérience nécessaire pour me guider et me conseiller tout au long du projet, mais tout en me laissant assez indépendant sur la manière de conduire le projet.

Je remercie *Raphaël PEZET* (Modeling and System Control Engineer - DELPHI Electronics and Safety) pour m'avoir fourni plusieurs documents et pour sa disponibilité à répondre mes questions.

Je remercie *Yannis SINOPE* (DELPHI Electronics and Safety) pour son aide précieuse au niveau de l'utilisation des batteries NiMH, et pour son aide pendant les essais avec les batteries dans les laboratoires de Delphi.

Enfin, je remercie *Kamel MAAZIZ* (Responsable de Compétence Systèmes) et l'ensemble de l'équipe du DELPHI-Centre d'Innovation et Services Tremblay, qui m'a permis d'effectuer mon stage dans un cadre particulièrement agréable.

## Sommaire

Sommaire .....	3
Liste de Figures .....	5
1. Introduction .....	6
2. Présentation de la Entreprise .....	6
2.1 Description .....	6
2.2. Historique et Actualité .....	7
2.3 Implantation .....	9
2.4 Organisation .....	11
2.5 Ma place dans l'entreprise.....	12
3. Présentation du Stage .....	12
3.1 Description .....	12
3.2. Objectifs .....	13
3.2.1. Étude détaillé des batteries NiMH .....	13
3.2.2. Spécification d'un nouvel algorithme de charge .....	13
3.2.3. Modélisation des batteries NiMH .....	13
3.2.4. Modélisation des algorithmes de charge .....	14
3.2.5. Génération automatique des codes .....	14
4. Étude détaillé des batteries NiMH .....	15
4.1. Les caractéristiques générales .....	15
4.2. La réaction chimique .....	15
4.3. Caractéristiques de décharge .....	16
4.3.1. Caractéristiques de décharge .....	16
4.3.2. Auto-décharge et Rétention de Charge .....	17
4.4. Caractéristiques de charge .....	17
4.5. Les méthodes de charge .....	20
4.6.1 Contrôle de la Charge vers Mesure du temps de charge .....	21
4.6.2 - Contrôle de Charge vers Mesure de la tension et de la température.....	21
4.6.3. Contrôle de Charge vers $\Delta V/dt$ .....	23
4.6.4. Contrôle de Charge vers $DT/dt$ .....	23
5. Spécification d'un nouvel algorithme de charge .....	25
5.1. Internal Management.....	25
5.2. Charge Types.....	25
5.2.1. Long Charging.....	25
5.2.2. Armed Charging .....	25
5.2.3. Fast Charging .....	25
5.2.4. Slow Charging.....	26
5.2.5. Les contraintes de la temperature de la batterie .....	26
5.2.6. L'algorithme de prédiction de la température de la batterie .....	27
6. Modélisation.....	28
6.1. Modélisation des Batteries NiMH .....	28
6.2. L'acquisition des données.....	30
6.3. Matériel Utilisé.....	30
6.3. Résultats Obtenus .....	31
7. Développement des Algorithmes de Charge .....	32
7.1. StateFlow.....	32
7.2. Les fonctions de l'algorithme de charge .....	32
7.3. La fonction UpdateTemperature .....	33

7.4. Les limites de tension et température .....	34
7.5. Les limites de tension et température .....	36
7.6. Les limites de tension et température .....	36
8. Génération du Code.....	38
8.1. Avantages majeurs .....	38
9. Résultats obtenus et Conclusions personnelles .....	39

## Liste de Figures

Fig. 1 - Implantation de Delphi en Europe.....	9
Fig. 2 - Chiffres clés.....	10
Fig. 3 – Implantation de Delphi en France.....	10
Fig. 4 – Liste de Compétences.....	11
Fig. 5 – Architecture Système d’Alarme.....	12
Fig. 6 – Performance pour la décharge des batteries cylindriques NiMH. ....	16
Fig. 7 – Performance pour la décharge des batteries cylindriques NiMH. ....	16
Fig. 8 – Rétention de charge des batteries NiMH sous quelques températures. ....	17
Fig. 9 – Tension pendant la charge, d’une batterie NiMH (ligne continue) et NiCd. ....	18
Fig. 10 – Température pendant la charge, d’une batterie NiMH (ligne continue) et NiCd. ...	18
Fig. 11 – Courbe Voltage VS Charge Input. ....	19
Fig. 12 – Courbe Voltage VS Charge.....	19
Fig. 13 – Température VS Charge (%). ....	20
Fig. 14 – La trickle charge.....	20
Fig. 15 – Diagramme de blocs, Algorithme de mesure de tension et température.....	22
Fig. 16 – Algorithme de prédiction de la température.....	22
Fig. 17 – Chute de tension pendant le charge.....	23
Fig. 18 – DT/dt pendant le charge.....	24
Fig. 19 - Trickle charge en fonction de la voltage.....	26
Fig. 20 - Algorithme de Prédiction de Température.....	27
Fig. 21 - Batterie Model.....	29
Fig. 22 - Batterie Model Détaillé.....	29
Fig. 23 - Bloc SOC Détaillé.....	30
Fig. 24 - Table2D.....	30
Fig. 25 - Courbes de l'essaye à 0°C.....	31
Fig. 26 - Ensemble de courbes fournis par GP.....	31
Fig. 27 - Schéma StateFlow.....	32
Fig. 28 - Schéma Fonction StateFlow.....	33
Fig. 29 - Tension limite X Température.....	34
Fig. 30 - Exemple StateFlow.....	34
Fig. 31 - Mises en jour des limites de température et tension.....	35
Fig. 32 - Mises en jour de la variable CHARGE_AUTH_VOLT.....	36
Fig. 33 - Mises en jour de la variable CHARGE_TYPE.....	37

## 1. Introduction

La scolarité dans le département génie électrique de l'INSA LYON comprend une période de stage en entreprise de 6 mois. Ce stage doit permettre d'appliquer les connaissances pratiques et théoriques acquises à l'INSA dans le cadre d'une entreprise. Il doit aussi permettre d'avoir une première expérience avec le travail d'ingénieur.

C'est donc dans ce cadre que j'ai effectué une période de 6 mois au sein de la société DELPHI- dans la Division de Système et Sécurité, à Tremblay en France.

## 2. Présentation de la Entreprise

### 2.1 Description

Delphi est l'un des leaders mondiaux dans le domaine des systèmes et de l'électronique automobile. Delphi est l'un des fabricants d'équipements les plus modernes au monde, travaillant essentiellement dans le domaine automobile et l'industrie du transport, et dont la clientèle internationale s'étend de plus en plus vers des secteurs de haute technologie comme les télécommunications, le matériel médical, l'informatique et ses périphériques. L'entreprise est divisée en divisions auxquelles sont associées une ou plusieurs compétences:

**Division Électronique & Sécurité** - Divertissement & Communications, Contrôle & Protection et Systèmes de Sécurité;

**Division Systèmes Thermiques** - Thermique automobile, thermique marchés adjacents;

**Division Powertrain** - Systèmes de gestion moteur essence & produits powertrain électroniques associés, gestion du carburant et canisters, et systèmes de gestion moteur diesel & Produits powertrain électroniques associés;

**Division Architecture Electrique/Electronique** - Systèmes de distribution électrique/électronique (E/EDS), centrales électriques et systèmes de connexion;

**Division Solutions Produits & Services** - Organisée en fonction des réseaux de distribution: Rechange Indépendant, Diesel, Recharge Constructeurs, Électronique Grand Public et Équipement Médical;

**Division Systèmes de Direction** - systèmes de direction et arbres de transmission.

## **2.2. Historique et Actualité**

**1912** - Premier démarreur électrique.

**1929** - Premier chauffage automobile.

**1936** - Premier autoradio au tableau bord.

**1951** - Première direction assistée.

**1963** - Premier régulateur de vitesse.

**1973** - Premier fournisseur d'airbag de série.

**1975** - Premier pot catalytique: l'échappement devient propre.

**1988** - Création de ACG Worldwide Group.

**1993** - Premier système d'alerte anticollision.

**1994** - ACG Worldwide établi en tant que secteur d'activité séparé.

**1995** - ACG Worldwide devient Delphi Automotive Systems.

**1998** - Delphi devient une filiale.

**1999** - Le 5 février. Mise en bourse de Delphi à New York (DPH).

**2002** - Le 28 mai. Delphi devient totalement indépendant de GM.

**2004** - Premières portes coulissantes motorisées sur une petite voiture (Peugeot 1007).

**2005** - Premier régulateur de vitesse adaptatif (Forewarn Smart Cruise) avec fonction Stop and Go.

**2005** - Delphi se place sous la protection du Chapitre 11.

**2008** - Delphi prévoit de conclure sa restructuration au titre du Chapitre 11.

Afin de sortir du chapitre des faillites américain connu aussi sous le nom de chapitre 11, Delphi se sépare d'une partie de ses activités. Les divisions Steering et Powertrain sont en vente malgré, un rapport d'activité positif pour permettre à la société de sortir du chapitre 11 et de se recentrer sur son activité d'électronique automobile. Même sous la protection du chapitre des faillites, Delphi conserve et acquiert de nombreux contrats:

*Annoncés en 2005:*

- Delphi équipe le nouveau Ford Explorer de technologies de sécurité, de divertissement et de confort: Aide au recul, système multimédia pour siège arrière et récepteur radio satellite.
- La Porte Coulissante Électrique Delphi sur les Mercedes Vito et Viano.
- Conduire la nouvelle Ferrari 599 GTB Fiorano: une expérience encore plus intense grâce à la technologie Delphi: Systèmes électroniques, système de chauffage/climatisation, suspension semi-active MagneRide.
- Delphi fournit un système avancé d'alerte de collision sur des nouveaux du groupe Ford en Europe: Nouveaux modèles Galaxy et S-MAX.
- Delphi conforte sa position de leader mondial dans le domaine des systèmes électroniques avec nouveaux contrats signés en 2005 atteignant la barre des 5 milliards de \$.
- Delphi conçoit et fabrique le module d'habitacle et les faisceaux électriques du nouveau SUV Mercedes Classe GL.
- Audi développe en 2006 l'utilisation du système Delphi de déconnexion de sécurité de la batterie (Jan. 2006).

*Annoncés en 2006:*

- *Delphi signe de nouveaux contrats systèmes de direction pour un montant de 3,3 Milliards de \$ en 2006.*
- *Bosal Delphi emporte son premier contrat portant sur les systèmes d'échappement complets.*
- *Confort à la carte à bord du luxueux SUV Audi Q7 grâce à la climatisation quatre zones de Delphi.*
- *La suspension semi-active MagneRide de Delphi améliore le confort et le comportement de la nouvelle Audi TT.*
- *La nouvelle Jaguar XK est équipée d'un Module de Console Centrale Delphi (30 Mai 2006).*

*Annoncés en 2007:*

- *Delphi équipe la nouvelle Mercedes Classe C: Les technologies de Delphi concernant la sécurité, la protection, le divertissement, le commun rail diesel et le système de distribution électrique/électronique sont présents dans le modèles le plus vendu de Mercedes.*



## Spécification et Modélisation d'un algorithme de charge pour les batteries NiMH

- *Le système de réception TV Fuba de Delphi a été choisi par BMW pour ses futurs modèles.*
- *Le système hybride de Delphi est à la fois analogique et numérique.*

*Annoncés en 2008:*

- *Delphi offre Hub pour multiple connection de systèmes de véhicules et interfaces de consommation.*
- *Delphi montre le nouveau "Dual-View Navigation" au CES.*
- *Delphi est reconnu au 2008 Luxembourg American Business Award.*
- *Delphi approvisionnement électronique pour système d'injection de carburant pour les moteurs commerciaux Kohler.*

*Annoncés en 2009:*

- *Delphi gagne le prix de Toyota.*
- *Delphi s'ajoute à Volvo sur les nouveaux systèmes de sécurité active pour la prochaine génération de la SEDAN S60 .*

### **2.3 Implantation**

Delphi est une société internationale ayant pour siège sociale la ville de Troy aux Etats-Unis. Nous nous intéresserons plus particulièrement à la branche européenne et plus particulièrement française de la société.

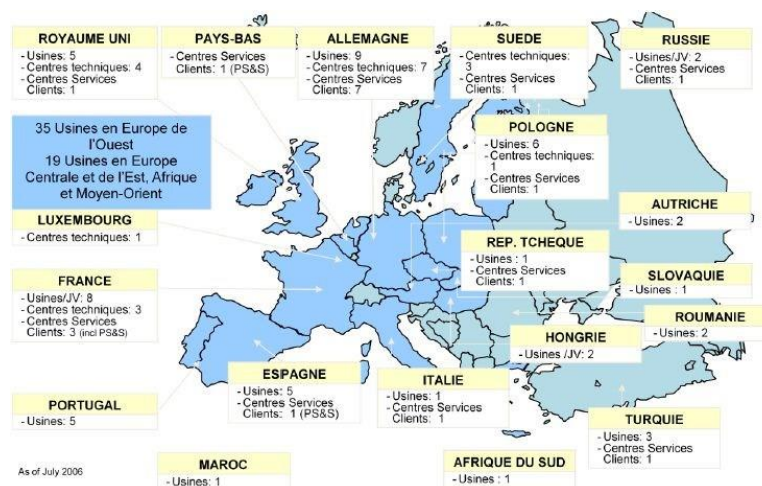


Fig. 1 - Implantation de Delphi en Europe

Comme montre la Fig. 1, Delphi dispose de 54 usines réparties dans toute l'Europe. Plusieurs centres techniques et centres de services sont implantés à proximité des clients. Le siège social de Delphi Europe se situe au Luxembourg et celui de Delphi France à Tremblay en France. Delphi emploie plus de 175000 personnes dans le monde dont environ 50000 en Europe et 5000 en France.

Le tableau ci-dessous montre quelques chiffres clés de la société Delphi.

	Monde	Europe	France
Sièges sociaux	Troy, Michigan (USA)	Luxembourg	Paris (France)
Usines Delphi	161	54	9
Joint ventures	39	8	2
Centres clients et bureaux commerciaux	53	22	2
Centres techniques	32	14	3
Employés	177,000	49,500	4916
Présence pays	38	21	-
Chiffre d'affaires 2005	26.9 milliards \$	5.4 milliards € 6.7 milliards \$	1635 millions €

Fig. 2 - Chiffres clés

Dans la Fig. 3, est montrée l'implantation Delphi en France :

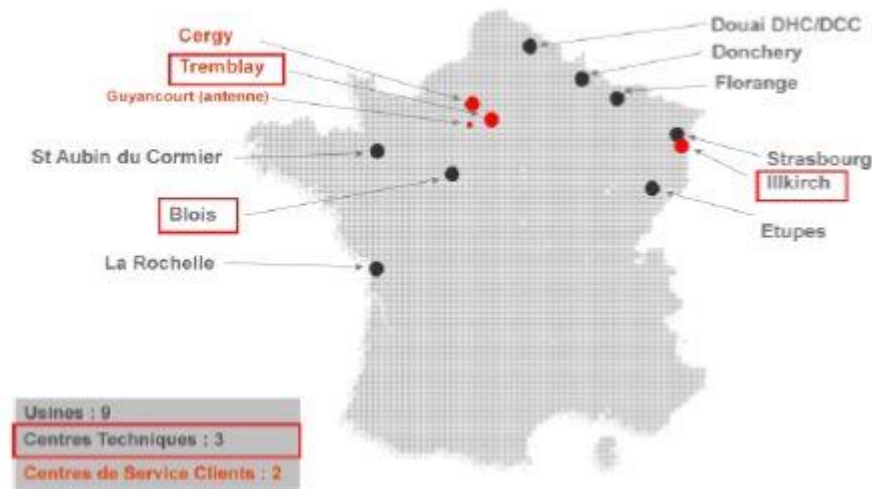


Fig. 3 – Implantation de Delphi en France

Chaque usine est spécialisée dans un type de pièce particulier:

**Blois(41 - Loir-et-Cher):** Pompes d'injection indirecte, injecteurs common rail.

**Donchery(08-Ardennes):** Systèmes de Chauffage, climatiseurs, évaporateurs.

**Douai(59 - Nord):** Compresseurs pour climatisation (2 usines: DHC/DCC).

**Florange (57 - Moselle):** Éléments d'imprégnation pour pots catalytiques.

**La Rochelle (17 - Charente-Maritime):** Injecteurs common rail.

**Saint Aubin du Cormier (35 - Ille-et-Vilaine):** Hauts de colonnes, calculateurs, système anti démarrage, alarmes, sirènes.

**Sochaux (25 - Doubs):** Faisceaux de câbles d'habitacle.

**Strasbourg (67 - Bas-Rhin):** Pompes hydrauliques de direction assistée.

Les grandes divisions de Delphi sont réparties dans 3 centres techniques qui développent des produits pour les clients de Delphi:

**Tremblay(93-Seine-St-Denis):** Energie & Châssis, Systèmes de direction, Électronique & Sécurité, Packard Électrique.

**Blois (41 - Loir-et-Cher):** Diesel.

**Strasbourg (67 - Bas-Rhin):** Mechatronics (Moyeu fixe, levier de boîte de vitesse, lèves vitres, commandes sous volant, bandeau de contrôle pour machine à laver) assistée.

Les 2 centres de service clients français sont proches des constructeurs clients principaux tels que Renault et PSA:

**Trembay(93-Seine-St-Denis):** (et antenne à Guyancourt (78-Yvelines): Delphi Packard Electric).

**Cergy (95 - Val d'Oise):** Après-vente.

## 2.4 Organisation

Delphi a adopté une organisation de type matricielle. En effet, chaque division regroupe plusieurs compétences séparées en ligne de produit. Dans chaque ligne de produit, on retrouve une activité système, une activité logicielle et une activité matérielle.

<b>Division Architecture Electrique/Electronique</b> systèmes de distribution électrique/électronique (E/EDS) Centrales électriques Systèmes de connection
<b>Electronique &amp; Sécurité</b> Divertissement & Communications Contrôle & Protection Systèmes de Sécurité
<b>Powertrain (groupe moto-propulseur)</b> Systèmes de gestion moteur essence & produits powertrain électroniques associés Gestion du carburant et canisters Systèmes de gestion moteur diesel & produits powertrain électroniques associés
<b>Systèmes de Direction</b> Transmissions Systèmes de direction
<b>Systèmes Thermiques</b> Thermique Automobile Thermique Nouveaux Marchés
<b>Solutions Produits &amp; Services</b> Rechange Indépendante Diesel Rechange Rechange Constructeurs Electronique Grand Public Equipement Médical

Fig. 4 – Liste de Compétences

## 2.5 Ma place dans l'entreprise

Dans le cadre de mon stage, j'ai intégré le département Electronics & Safety de Delphi Europe. Je suis basé au centre technique du site Tremblay en France où j'assiste Mr Martins, l'ingénieur système leader de la ligne de produit "Système d'Alarme".

Une de mes missions est de développer la nouvelle spécification de la charge de batteries et de son cycle de vie dans un document qui s'appelle "PDD CDD 10021246 S57", en intégrant notamment des améliorations.

Pour ce faire, j'ai dû dans un premier temps développer un modèle de la batterie du système, pour les différents algorithmes de charge de la batterie. L'environnement de développement, de modélisation et de simulation sera MatLab/Simulink/StateFlow. Nous nous appuyons également sur le retour d'expérience en MBD pour concevoir vers les objectifs.

Dans une seconde étape, nous devons nous intéresser à la génération automatique du code en utilisant TargetLink et en tenant en compte des contraintes temps réel du système physique. L'objectif étant de générer automatiquement le code issu du modèle en vue d'une intégration de l'architecture sw.

## 3. Présentation du Stage

### 3.1 Description

Parmi les divers produits que Delphi propose à ses clients on trouve les systèmes d'alarme, pour ces produits Delphi utilise un module ultrason et un capteur d'inclinaison pour détecter les changements de l'état du véhicule, c'est-à-dire, pour détecter si il y a quelque mouvement intérieur ou si il y a changement d'inclinaison.

Dans la Fig. 5, nous montrons l'architecture type d'un système d'alarme Delphi.

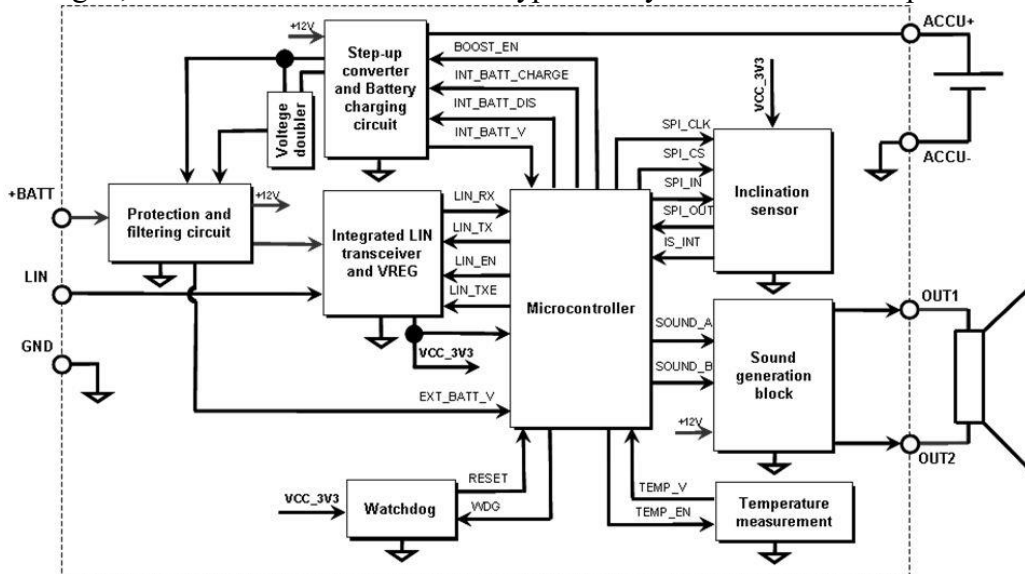


Fig. 5 – Architecture Système d'Alarme

Les alarmes Delphi surveillent aussi la connexion électrique avec la batterie du véhicule, de façon à détecter également toute tentative de déconnection de la batterie, le système d'alarme doit alors sonner en utilisant l'énergie fournie par sa batterie interne.

### **3.2. Objectifs**

#### **3.2.1. Étude détaillée des batteries NiMH**

Dans cette étape une étude sur la technologie NiMH a été réalisée, cette étude a été divisée en:

- Caractéristiques générales;
- Réaction chimique;
- Caractéristiques de décharge;
- Caractéristiques de charge;
- Méthodes de charge ;
- Techniques pour le contrôle de la charge.

#### **3.2.2. Spécification d'un nouvel algorithme de charge**

Une spécification c'est un document qui décrit toutes les caractéristiques d'un système, ses fonctions, ses variables, ses conditions. Une nouvelle spécification pour l'algorithme de charge a été écrite avec des nouvelles caractéristiques qui vont permettre d'améliorer les systèmes d'alarme Delphi.

#### **3.2.3. Modélisation des batteries NiMH**

La modélisation des Batteries NiMH est l'une des plus importantes étapes du projet, parce que toutes les autres étapes vont être dépendantes d'un bon modèle, des algorithmes de charge fonctionneront bien seulement si le modèle de la batterie est proche d'une batterie réelle.

La modélisation a été faite dans deux étapes:

- Étude des modèles existants;
- Utilisation de la méthodologie MBD.

### **3.2.4. Modélisation des algorithmes de charge**

L'algorithme de charge a pour fonction contrôle de la charge et a été modélisé en utilisant le Matlab(ML)/StateFlow(SF), Dans une deuxième étape, l'algorithme a été connecté au Modèle de la batterie pour contrôler sa charge.

### **3.2.5. Génération automatique des codes**

Des que l'algorithme de charge a été créé, c'était possible faire la génération automatique du code, en utilisant le TargetLink.

Une fois que le code est géré, c'est très important faire une lecture du code pour détecter des possibles défauts ou non-conformités, par exemple les plusieurs commentaires, les noms des variables etc.



## 4. Étude détaillé des batteries NiMH

### 4.1. Les caractéristiques générales

La batterie *NiMH* "Nickel-Métal Hydride Battery" est une technologie relativement nouvelle et similaire à Ni-Cd "Nickel-Cadmium".

L'électrode Métal Hydride a une densité d'énergie plus grande que le Métal Cadmium, c'est-à-dire qu'on a besoin d'une électrode plus petite pour avoir la même capacité de stockage d'énergie.

La technologie *NiMH* est libre de Métal Cadmium, donc cette technologie est meilleur pour l'environnement.

La technologie *NiMH* est moins tolérante à la surcharge et cette technologie demande une système de contrôle de charge plus efficace.

Quelques avantages et inconvénients des batteries *NiMH* sont montrés dans le Tab. 1.

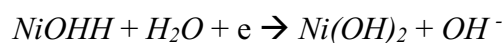
Avantages	Inconvénients
Plus grande capacité que les <i>Ni-Cd</i>	Effet mémoire moyenne
Sans Métal Cadmium	Pas bonne rétention d'énergie
Grande cycle de vie	Les électrodes négatives coûtent cher

Tab. 1 – Avantages et inconvénients des batteries NiMH

### 4.2. La réaction chimique

Le métal active de l'électrode positif des *NiMH* est le Nickel Oxyhydroxide *NiOOH*, au l'électrode négatif on a Métal Hydride *MH*.

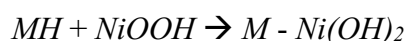
Pendant le décharge, le Nickel Oxyhydroxide est réduit à Nickel Hydroxide *Ni(OH)<sub>2</sub>*:



et le *MH* est oxydé à métal *M*:



la réaction complète:



Pendant la charge la réaction chimique est l'inverse.

Le processus de modélisation en utilisant le comportement chimique est très complexe et en résulte un modèle très compliqué. Pour cette raison la plupart des travaux dans le sujet de modélisation de batteries NiMH n'utilisent pas le comportement chimique.

### 4.3. Caractéristiques de décharge

#### 4.3.1. Caractéristiques de décharge

Les caractéristiques de décharge sont dépendants de la forme de la batterie, c'est-à-dire, si elle est Cylindrique, Bouton ou Prismatique.

On va rester dans les modèles cylindriques qui sont lesquelles utilisés aujourd'hui dans les systèmes d'alarme Delphi.

Sont montrées dans la Fig. 6, les courbes, *Tension aux bornes de la batterie VS Pourcentage de sa capacité Ampères-heures* d'une batterie sous divers courant de décharge sous la température de 20°C, courant courbe a,  $I_a = 0.2C$ , courant courbe b,  $I_b = 1C$ , courant courbe c,  $I_c = 2C$ , courant courbe d,  $I_d = 3C$ .

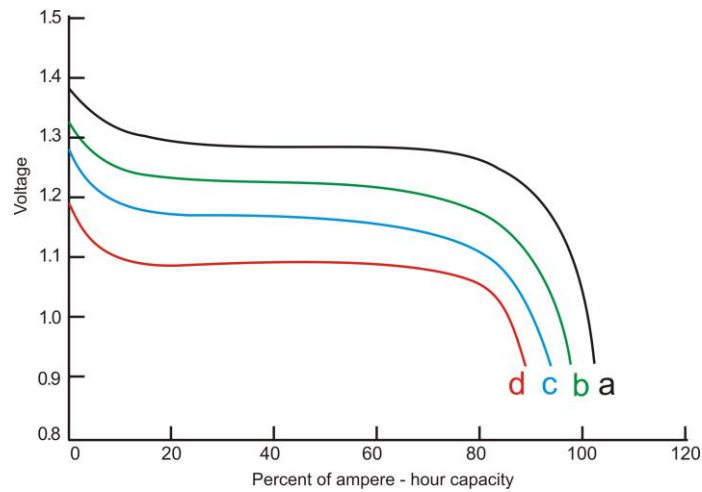


Fig. 6 – Performance pour la décharge des batteries cylindriques NiMH.

Dans la Fig. 7 nous montrons les mêmes courbes avec une température de 45°C.

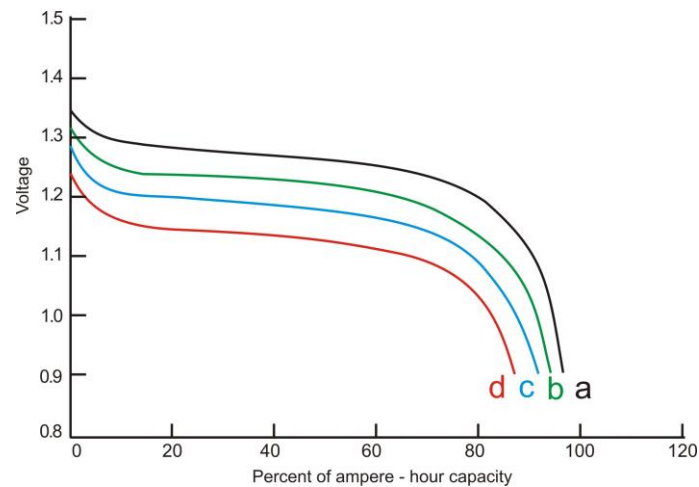


Fig. 7 – Performance pour la décharge des batteries cylindriques NiMH.



**Comme on peut voir dans les courbes montrées la capacité de la batterie est dépendant du courant de décharge et de la température.**

La capacité qui peut être fourni pour la batterie est dépendante aussi de la tension de cutoff, la tension de cutoff c'est un paramètre fourni par le constructeur de la batterie, qui informe le minimum valeur de la tension qui doit rester dans la batterie, donc la batterie ne doit donc pas être déchargée à tensions plus bas que la tension de cutoff, cela pourrait détériorer la batterie. La tension de cutoff d'une batterie NiMH est généralement 0.8V par cellule.

### **4.3.2. Auto-décharge et Rétention de Charge**

Le "state of charge - SOC" de la batterie NiMH diminuent pendant le stockage cela est attribué au courant d'auto décharge.

La tâche d'auto-décharge est dépendante de la température de stockage, l'auto-décharge est plus grande lorsque la batterie est en halte température. Sont montrés dans la Fig. 8 quelques courbes d'auto décharge à différents températures.

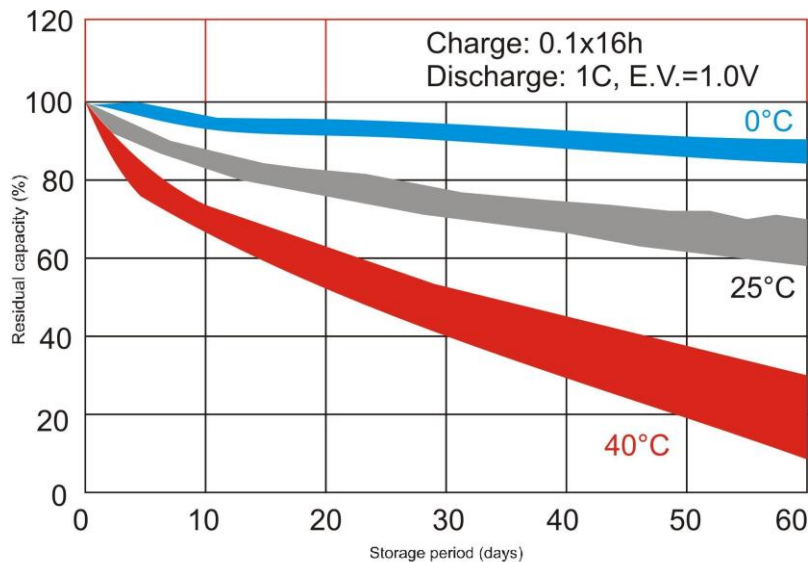


Fig. 8 – Rétention de charge des batteries NiMH sous quelques températures.

### **4.4. Caractéristiques de charge**

Charger une batterie est le processus de replacer l'énergie qui a été perdue ou utilisée, la performance de la batterie et sa vie sont dépendants d'un régime de charges effectifs, l'une charge effective, c'est une charge qui:

- Charge la batterie au totale capacité;
- Évite la surcharge la batterie;
- Évite la charge sur haute températures.

Le méthode plus utilisé pour charger les batteries NiMH est l'utilisation d'un courant de charge constant et petit pour éviter une excessive élévation de température et une haut taux de le réaction d'oxygène recombinaison.

Le voltage et température profil d'une batterie NiMH et une Ni-Cd sont montrées dans les figures 9 et 10, la tension des deux batteries montent.

Pendant la première étape de la charge, la température de la batterie Ni-Cd est pratiquement constant parce que la réaction est endothermique, de l'autre côté, la réaction est exothermique dans la batterie NiMH fait monter la température, quand les batteries arrivent à une charge de 75~80% la tension monte plus fortement pour le motif de la recombinaison de l'oxygène, et la température monte plus rapidement parce que la recombinaison est exothermique.

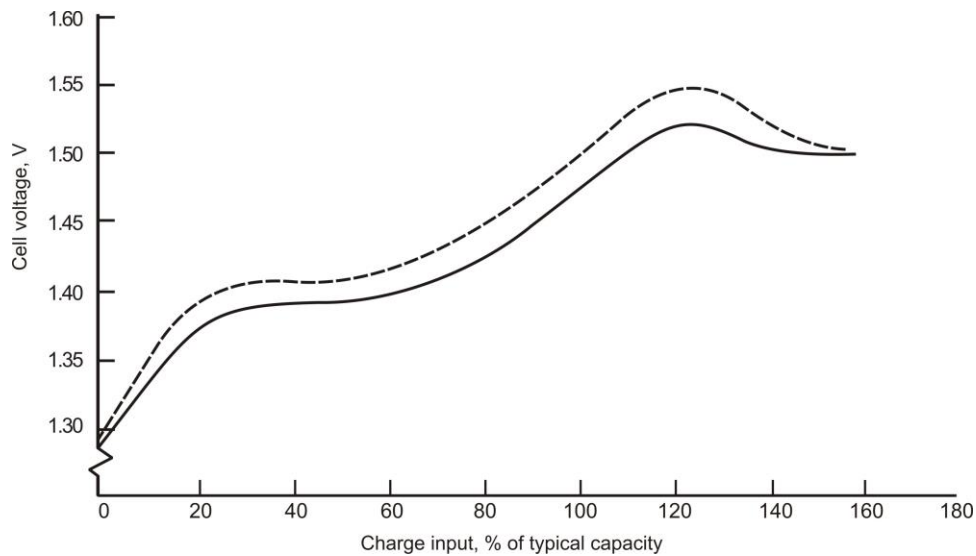


Fig. 9 – Tension pendant la charge, d'une batterie NiMH (ligne continue) et NiCd.

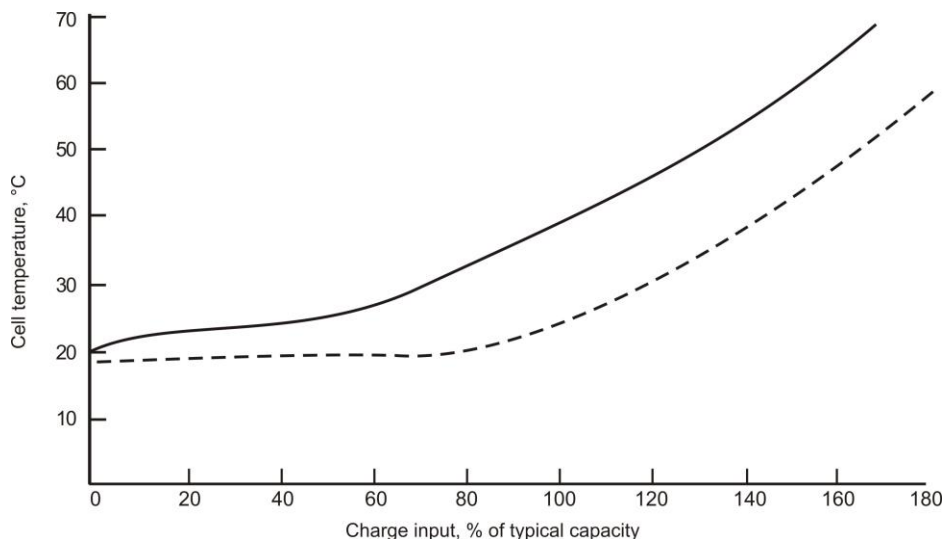


Fig. 10 – Température pendant la charge, d'une batterie NiMH (ligne continue) et NiCd.

Sont montrées dans la figure 11 les courbes "Voltage x Charge Input %" pour un même courant de charge "0.3C" et trois températures, donc on peut voir que le comportement de la charge est directement lié à la température.

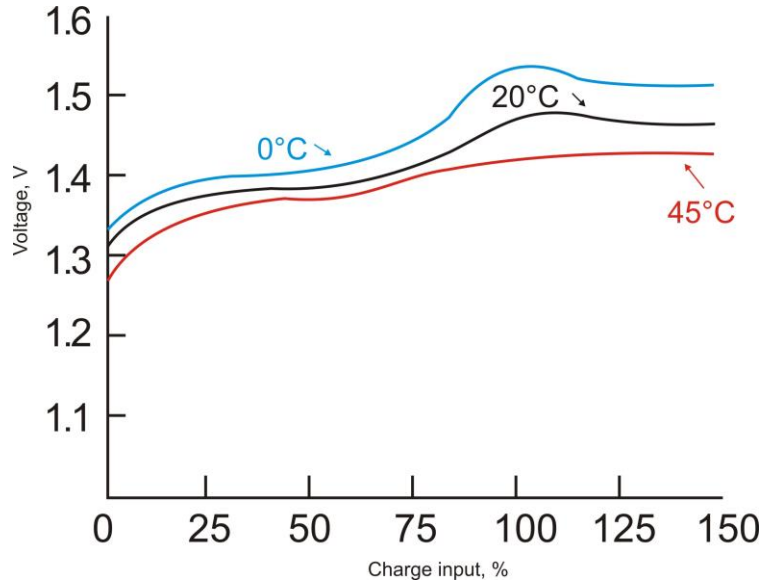


Fig. 11 – Courbe Voltage VS Charge Input.

Sont montrées dans la figure 12 les courbes "Voltage x Charge Input \%" pour une même température "20°C" et trois courants différents "1C, 0.3C, 0.1C". Nous pouvons observer que le comportement de la charge dépendant aussi du courant de charge.

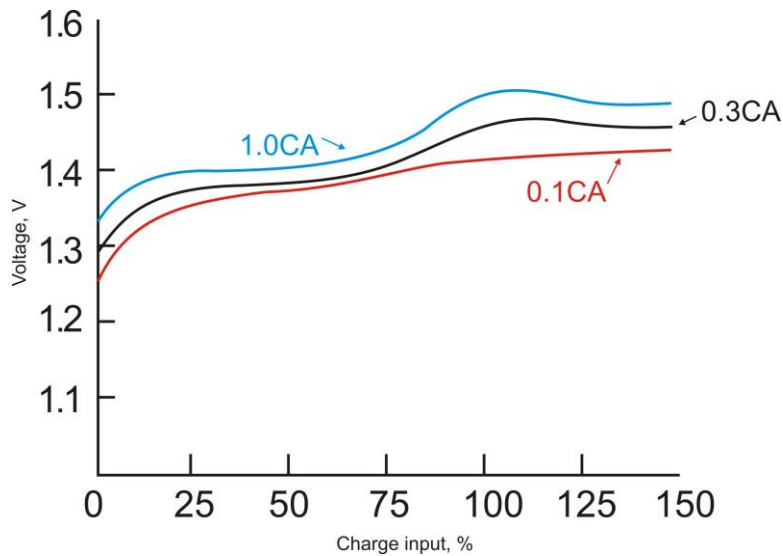


Fig. 12 – Courbe Voltage VS Charge

Dans la figure 13 sont montrées les courbes "Température x Charge Input(%)" pour 3 courants de charge différents. Plus le courant de charge est important, plus l'augmentation de température de la batterie sera importante, parce que la recombinaison d'oxygène sera plus grande aussi.

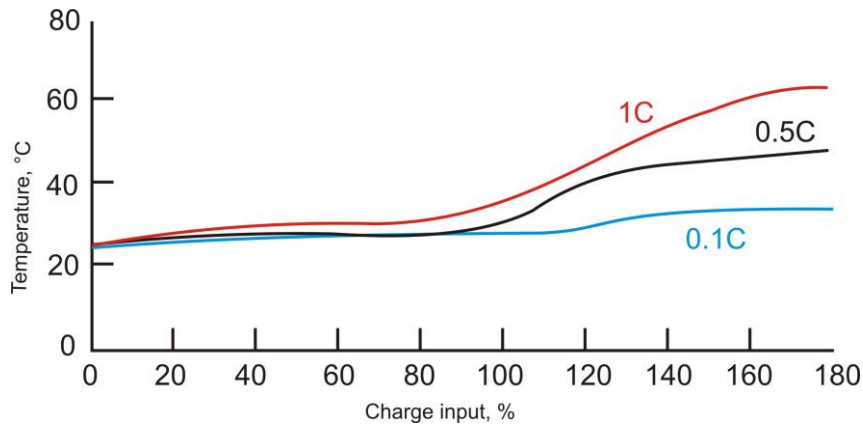


Fig. 13 – Température VS Charge (%)

#### 4.5. Les méthodes de charge

Ce qui concerne le courant utilisé pour faire la charge, on a différents méthodes de charge de la batterie, par exemple:

**Charge Standard:** (Courant de charge  $I_c = C/D$ , avec  $D \geq 5$ ), Dans cet mode de charge, on a besoin de charger la batterie pour 14 heures environ ( $C/10$ ), Les fabricants conseillent d'utiliser cet mode de charge.

**Charge Rapide:** (Courant de charge  $I_c = C/D$ , avec  $D \leq 1$ ), Dans cette mode de charge, on a besoin de charger la batterie pour 2 heures environ ( $C/1$ ), L'utilisation fréquente de cet mode de charge diminue la vie utile de la batterie.

**Trickle Charge:** Doit être utilisé quand la batterie est déjà chargée et on veut compenser le "auto-décharge", si la température monte beaucoup on doit passer pour cet mode de charge afin d'éviter dégrader la batterie.

La valeur du courant pour cette charge est d'environ de 0,03C à 0,05C. Par exemple pour une batterie avec Capacité,  $C = 550\text{mAh}$ , le courant de charge sera  $0.03C = 16.5\text{mA}$ .

Dans la figure 14 sont montrés deux modes de faire la trickle charge avec un courant moyen de 16.5mA.



Fig. 14 – La trickle charge

#### 4.6 – Les Algorithmes pour le Contrôle de la Charge

Pour éviter la surcharge de la batterie, il faut utiliser un algorithme de charge, cet algorithme sera responsable pour arrêter la charge une fois qu'il identifier que la batterie est chargée.

Le contrôle de la charge dépend du mode de la charge, il y a plusieurs façons de réaliser ce contrôle, on peut utiliser:

- La quantité du temps de charge;
- La valeur de la température de la batterie;
- La valeur de la tension de sortie de la batterie;
- La valeur de la variation négatif de tension aux bornes de la batterie;
- La valeur de la variation de température de la batterie avec du temps.

##### 4.6.1 Contrôle de la Charge vers Mesure du temps de charge

Dans cette méthode de contrôle on mesure le temps de charge et après un temps déterminé on coupe le courant, ce temps dépend du courant utilisé X.

On peut utiliser cet algorithme de contrôle pour les modes de charge rapide ou standard.

- Pour la charge standard un temps de charge de **14 heures** environ.
- Pour la charge rapide un temps de charge de **2 heures** environ.

Il existe un problème avec ce type de contrôle de charge qui correspond à, quand la batterie n'est pas complètement déchargé, il est difficile de savoir pendant combien de temps est nécessaire de charger la batterie, une façon de solutionner ce problème est de réaliser un algorithme SOC "state of charge".

L'algorithme SOC doit analyser l'état de la charge de la batterie et l'informer au contrôle de charge la quantité de charge qui reste encore dans la batterie. Avec cette valeur le contrôle de charge doit calculer le temps nécessaire pour charger la batterie.

Le calcul pour savoir le temps nécessaire de charge peut être fonction de quelques paramètres, comme, température, tension, SOC, etc.

##### 4.6.2 - Contrôle de Charge vers Mesure de la tension et de la température

La tension de la batterie dépend de la température, donc on peut contrôler la charge en utilisant les mesures de tension et température. Dans la figure 15 nous montrons le diagramme de blocs pour cet algorithme.

On peut utiliser cet algorithme de contrôle dans les modes de charge standard et charge rapide.

La différence entre la température mesurée et la température de la batterie représente un problème pour cet algorithme de contrôle.

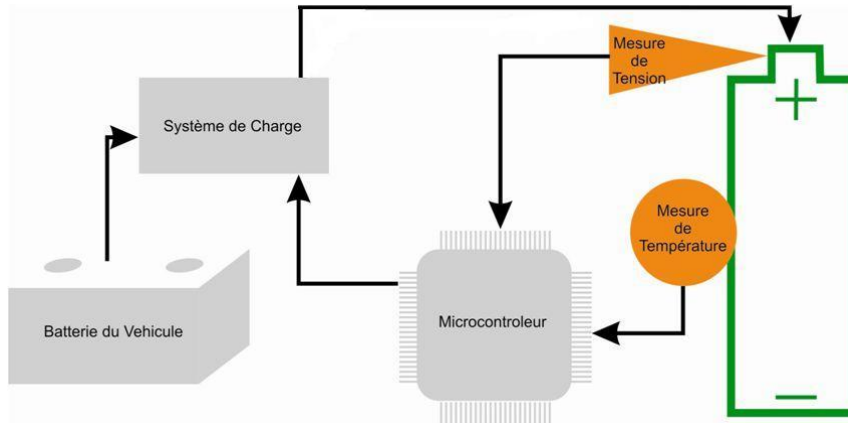


Fig. 15 – Diagramme de blocs, Algorithme de mesure de tension et température

On peut utiliser cet algorithme de contrôle dans les modes de charge standard et charge rapide.

La différence entre la température mesurée et la température de la batterie représente un problème pour cet algorithme de contrôle.

- On peut solutionner ce problème en utilisant un *algorithme pour prévoir la température* actuelle de la batterie.
- Pour diminuer la différence entre la température mesurée et la température de la batterie, on peut utiliser un capteur de température *collé à la batterie*.
- L'algorithme utilise la dernière valeur et la valeur actuelle de la température, qui ont été lus avec le capteur de température.

Dans la figure 16 nous montrons comme l'algorithme de prédiction de température marche.

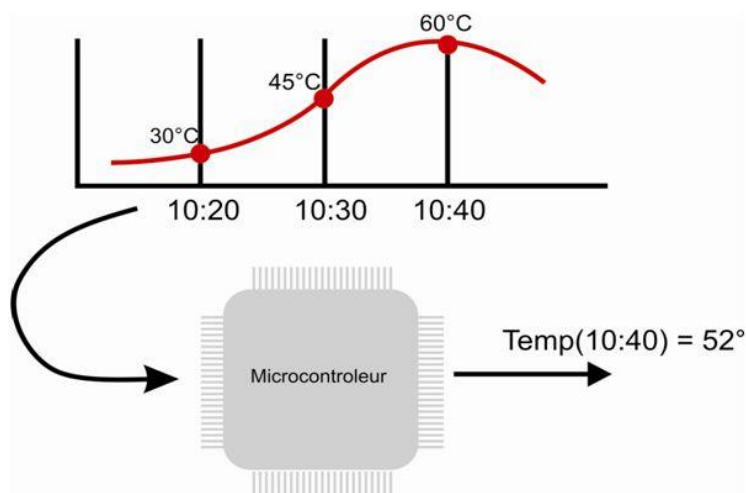


Fig. 16 – Algorithme de prédiction de la température

#### 4.6.3. Contrôle de Charge vers $\Delta V/dt$

La valeur  $\Delta V$  est plus grande quand on charge la batterie en mode de charge rapide, donc il est plus facile d'appliquer ce système de contrôle quand on utilise le mode de charge rapide.

Au début (10 minutes environ) de la charge, on ne doit pas contrôler le  $-\Delta V$  parce que dans ce temps peut avoir quelques flottements de la tension de la batterie.

Si la température monte beaucoup on doit passer par le mode de charge « trickle charge » pour éviter de dégrader la batterie.

Dans la figure 17 sont montrées deux courbes avec le  $-\Delta V$  une pour un courant de 0.5C et autre de 1C.

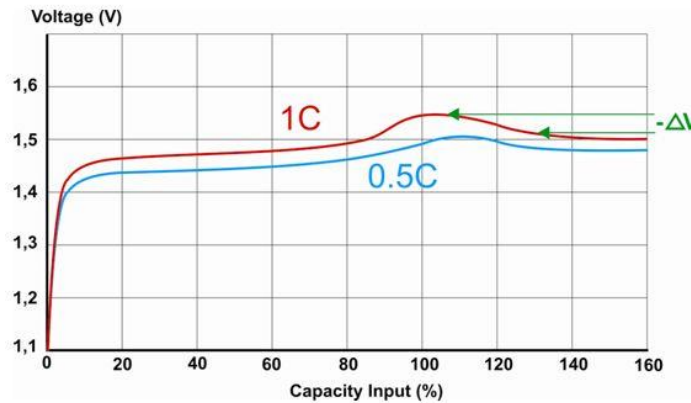


Fig. 17 – Chute de tension pendant le charge

#### 4.6.4. Contrôle de Charge vers $DT/dt$

On peut utiliser le DT "Variation de température" pour dt "variation de temps" pour contrôler la charge.

Pour optimiser l'utilisation de cet algorithme, on doit utiliser l'algorithme de prédiction de la température de la batterie.

Cependant comme xxxxxxxxxxxx nous devons installer un capteur de température qui touche la batterie, parce que la chaleur sera créée dans la batterie.

Cet algorithme de contrôle doit être utilisé en charge rapide, parce que quand la batterie est en charge standard on n'a pas un  $DT/dt$  grand.

Dans la figure 18 sont montrées deux courbes avec le  $DT/dt$ , une pour un courant de \$0.1C\$ et autre de \$1C\$.

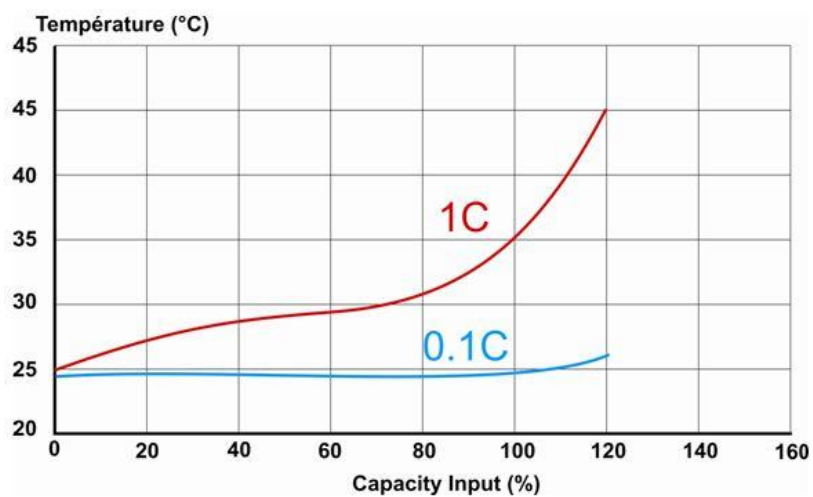


Fig. 18 – DT/dt pendant le charge



## **5. Spécification d'un nouvel algorithme de charge**

La spécification de l'algorithme de charge c'est un document qui décrit toutes les fonctionnalités, comportement et paramètres de l'algorithme de charge.

Une spécification est divisée en exigences, ci-dessous nous montrons les exigences de la nouvelle spécification pour l'algorithme de charge.

### **5.1. Internal Management**

La sirène est alimenté par la batterie du véhicule, mais aussi par une batterie NiMH interne, la batterie interne est active quand la batterie externe est déconnectée ou arrive a une tension très bas.

L'algorithme de charge est responsable pour charger et maintenir la batterie chargée, le contrôle pour les processus de charge utilise la température de la batterie et sa tension, pour éviter sa surcharge.

### **5.2. Charge Types**

La nouvelle spécification de charge PDD-CDD S57 décrit quelques types de charge:

#### **5.2.1. Long Charging**

Ce mode charge doit être utilisé une fois seulement, comme le nome dis, c'est une charge de long duration, environ 14 heures, l'utilisation de cette mode de charge est activé vers un paramètre "LONG\\_CHARGING".

#### **5.2.2. Armed Charging**

Ce mode de charge est utilisé quand la sirène est activé "c'est-a-dire, le propriétaire est sortir de son véhicule et activé l'alarme. L'armed charge évite que la batterie se décharge totalement quand l'alarme reste activé pendant un long temps, par exemple, quand le propriétaire sors en vacances.

#### **5.2.3. Fast Charging**

Cette mode de charge utilise un courant de charge de 'C/10' constant, où 'C' est la capacité de la batterie en mAh, la "Fast Charging" est utilisée seulement quand la batterie est déchargée, c'est-a-dire, sa tension est plus bas que 'UL', où 'UL' est un paramètre dépendant de la température de la batterie.

### 5.2.4. Slow Charging

Ce mode de charge utilise un courant de charge qui s'appelle "Trickle Charge". Dans la figure 14 est montré le comportement de ce courant. la "Slow Charging" doit être activée seulement pendant la tension de la batterie est plus bas que 'UH', où 'UH' est un paramètre dépendant de la température de la batterie.

Le nouveau algorithme de charge décrit les améliorations pour la "Trickle Charge", le temps que le courant est haut peut être maintenant dépendent de la tension, comme est montré dans la figure 19.

La "trickle charge" peut aussi utiliser un temps de haut courant constant, sans être fonction de la tension de la batterie, pour contrôler ça, on a un paramètre que s'appelle *TRICKLE\_T\_V* qui est utilisée pour activer et désactiver la dépendance de la "trickle charge" avec la tension de la batterie.

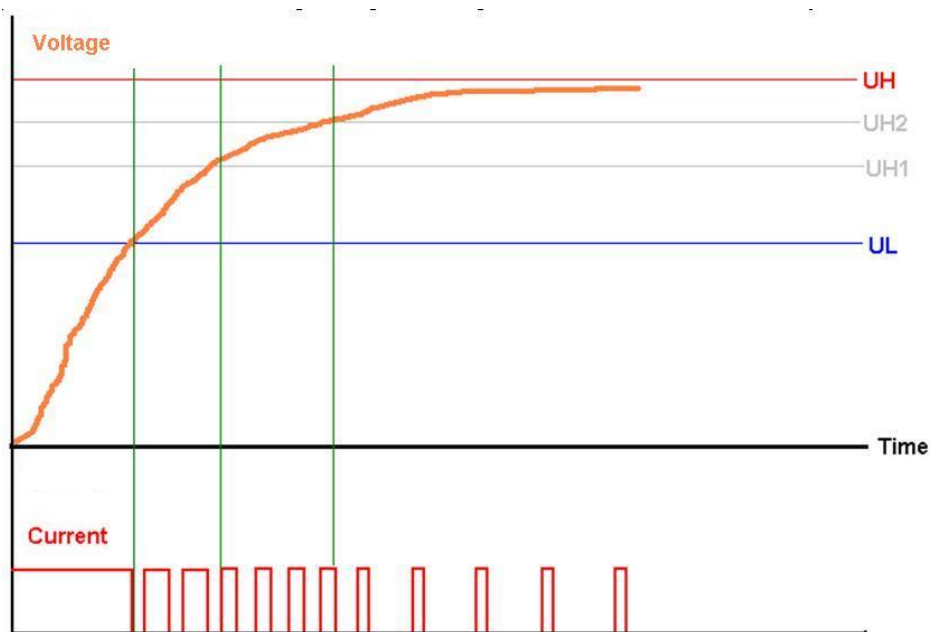


Fig. 19 - Trickle charge en fonction de la voltage

### 5.2.5. Les contraintes de la température de la batterie

La température est une variable très important dans cet algorithme de contrôle de charge, une charge dans les conditions de très haut ou de très bas température peut préjudicier la vie utile de la batterie.

Pour cette raison tous les autorisations de charge sont dépendant de la température de la batterie.

La tension de la batterie change aussi avec la température, pour cette raison les limites de tension 'UH' et 'UL' sont aussi dépendent de la température.

Pour connaître la tension de la batterie, le système réalise une petite décharge tous le fois pendant la lecture de tension, le nouveau algorithme de charge décrit une fonction qui permis désactiver la lecture de tension quand la charge est interdite, ça va éviter que la batterie être déchargée quand la charge n'est pas autorisée pour un long temps.

### 5.2.6. L'algorithme de prédiction de la température de la batterie

Le capteur de température faire la lecture de la température d'environnement proche de la batterie, pour cette raison est décrit dans le nouvelle algorithme de charge une fonction que faire la prédiction de la température de la batterie en prennent compte le valeur actuel de la température d'environnement et le dernier valeur lu.

C'est montré dans la figure 20 comment ce algorithme marche.

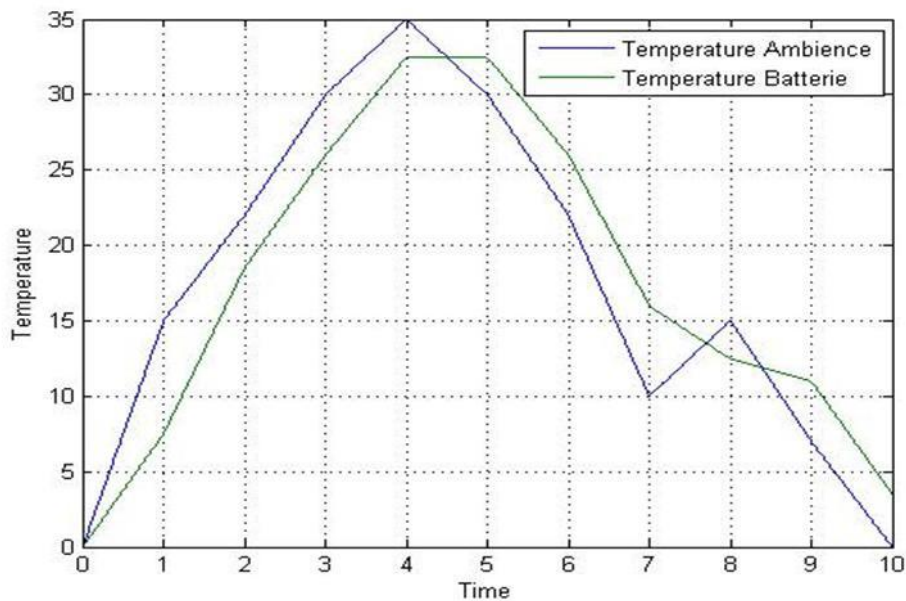


Fig. 20 - Algorithme de Prédiction de Température

## 6. Modélisation

Le MDB est une méthode mathématique et visuel très utilisé dans les domaines de génie de contrôle, applications automobiles, aérospatiale et industrielle, il fournit une approche efficace pour les quatre éléments clés du processus de développement avec le "V Diagramme", c'est-a-dire:

- Modélisation du système;
- Analyse et Synthèse du contrôle pour le système;
- Simulation du système et du contrôle;
- L'implémentation du contrôleur et sa communication avec les plusieurs éléments du système.

Les deux grandes étapes dans la méthode MBD sont:

*Identification du système* c'est un processus interactif dans laquelle le modèle du système est identifié en utilisant un ensemble des signaux d'entrée et sortie du système real, il y a plusieurs méthodes d'identification de systèmes chacun avec ses limitations et avantages. Dans ce projet l'identification du système a été faite en utilisant des courbes de charge de batterie en divers températures.

*Synthétiser le contrôleur* les caractéristiques dynamiques du système sont identifiées en utilisant le modèle mathématique qui a été trouvé dans la dernière étape, et après sont utilisés pour synthétiser le contrôleur.

### 6.1. Modélisation des Batteries NiMH

La modélisation des batteries NiMH est une des étapes les plus importantes de ce projet, parce que le développement de l'algorithme de charge sera possible seulement après la conception, l'analyse et l'utilisation des modèles.

Comme l'algorithme de charge va être développé en utilisant le modèle de la batterie, ce modèle doit être le plus proche possible de la batterie réel.

Il y a quelques modèles de batteries dans littérature mais la plus part d'eux sont destinés à modélisation des grands packs de batteries qui sont utilisés dans véhicules hybrides, donc sont modèles très complexes qui nécessitant de systèmes de contrôle aussi complexes.

Nous allons modéliser la batterie avec un modèle simple, en utilisant courbes de charge pour différents températures en fonction du temps, le modèle aura 3 entrées et 2 sorties.

Le modèle MatLab/Simulink est montré dans la figure 21.

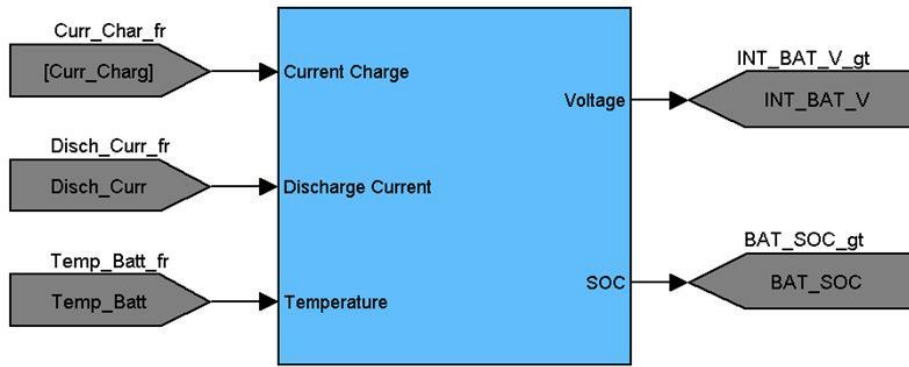


Fig. 21 - Batterie Model

Si on regarde dans la boîte on verra que le modèle est composé de trois parties, comme est montré dans la figure 22.

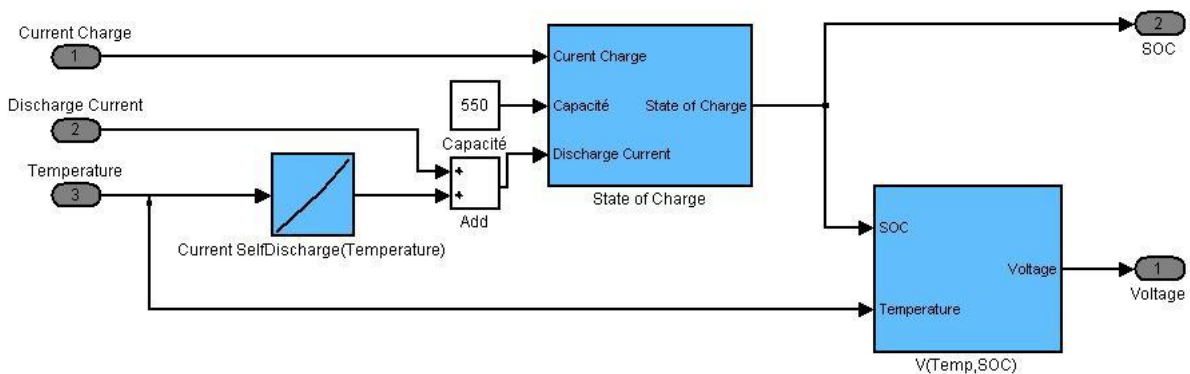


Fig. 22 - Batterie Model Détaillé

Les parties sont décrites suivant:

**Current Self Discharge**, bloc responsable pour simuler la curent d'auto décharge en fonction de la température, ici on a utilisé presque une droite pour modéliser la fonction qui donne le valeur du courant de décharge en fonction de la température, la courant d'auto décharge monte quand la température monte.

**State of Charge**, bloc responsable pour informer la quantité de charge qui a été mis dans la batterie, c'est important d'observer que cet bloc ne donne que la quantité de chargé qui a été envoyé a la batterie, une partie de la charge envoyé va composer les pertes ,c'est-a-dire, chauffage de la batterie, génération d'oxygène et autre partie vais vraiment devenir charge utile dans la batterie, le bloc est montré dans la figure 23.

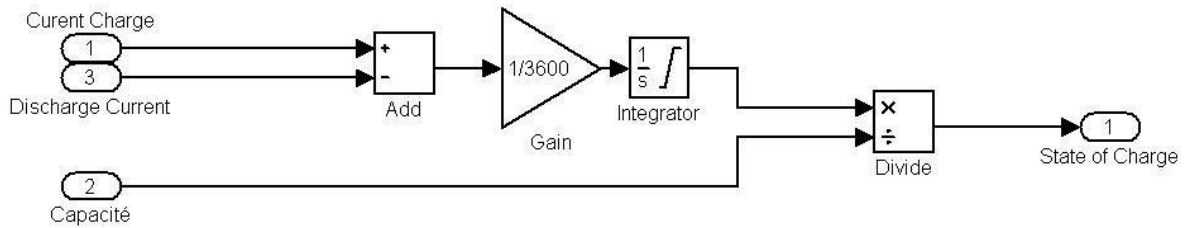


Fig. 23 - Bloc SOC Détaillé

**Tension en fonction du SOC et de la Température**, bloc composé d'une table 2D, où les entrées sont le SOC et la température et le sortie c'est la tension de la batterie, le table 2D a été construit en utilisant les courbes de charge des batteries réels, sûr quelques températures, 0°, 10°, 20°, 30°, 40° et 50°, la table2D utilise l'interpolation des données pour retrouver la sortie pour les autres valeurs de température, la table2D est montrée dans la figure 24.

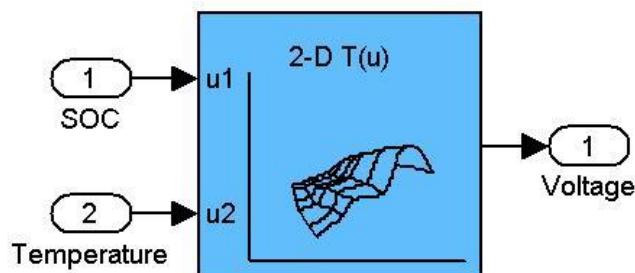


Fig. 24 - Table2D

## 6.2. L'acquisition des données

Pour le modèle devenir le plus proche possible des batteries réels, on a fait des tests avec les batteries réel pour prend ses courbes Tension x SOC sûr quelques conditions de température.

## 6.3. Matériel Utilisé

- WEISS TECHNIK étuve YE2041;
- HP 34970A Data Acquisition/Switch Unit
- AGILIENT 34901A - 20 Channel Multiplexer
- Power Source - AX322 METEIX;
- Batteries NiMH Peacebay;
- Sondes de Température;
- Personal PC + Benchlink Dataloger 3.

### 6.3. Résultats Obtenus

Pendant chaque test on a chargé deux batteries déchargées, on a fait le mesure de tension, courant de charge, température des batteries et température de l'étuve a chaque minute, avec ces données on a tracé les courbes qui sont montrées dans la figure 25.

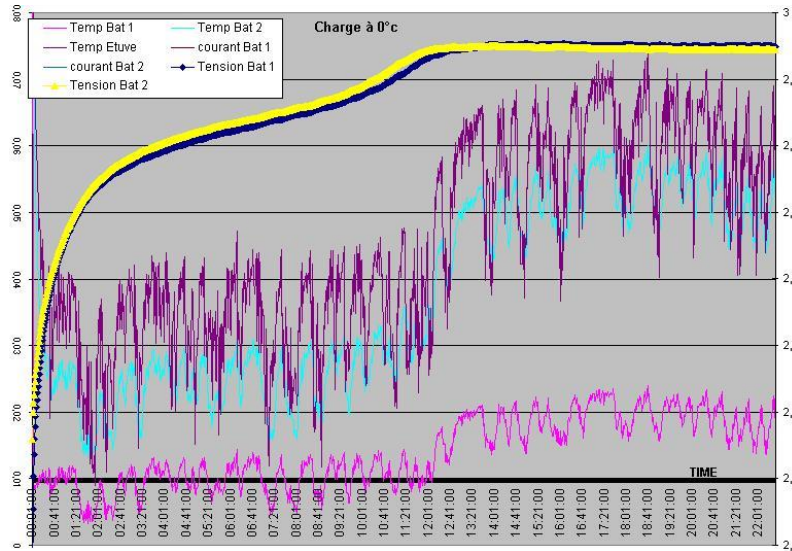


Fig. 25 - Courbes de l'essai à 0°C

Nous avons eu quelques problèmes pendant les tests d'une façon qu'on n'est pas arrivé a obtenir toutes les courbes nécessaire dans laboratoire chez Delphi, pour cette raison on a fait une demande directement au fabricant GP Batteries, qui ont nous fourni les courbes. Les courbes fournis sont montrées dans la figure 26.

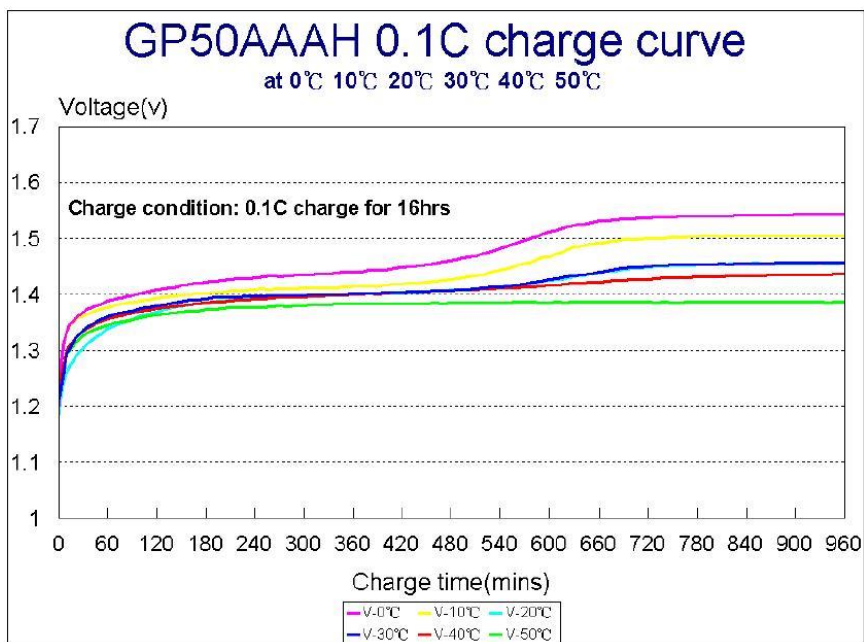


Fig. 26 - Ensemble de courbes fournis par GP



## 7. Développement des Algorithmes de Charge

L'algorithme de charge est responsable pour contrôler la charge des batteries et éviter que la batterie soit surchargée, il sera développé en utilisant: MatLab/Simulink/StateFlow.

### 7.1. StateFlow

StateFlow est un outil interactif de conception de systèmes événementiels. Basé sur la théorie des machines à états finis, il permet de concevoir graphiquement des systèmes de logique de supervision ou de contrôle. Entièrement intégré à Simulink, il complète efficacement cet environnement de simulation.

Est montré dans la figure 27 le schéma de l'algorithme de charge de la nouvelle spécification de charge PDD-CDD S57 qui a été développée n utilisant StateFlow.

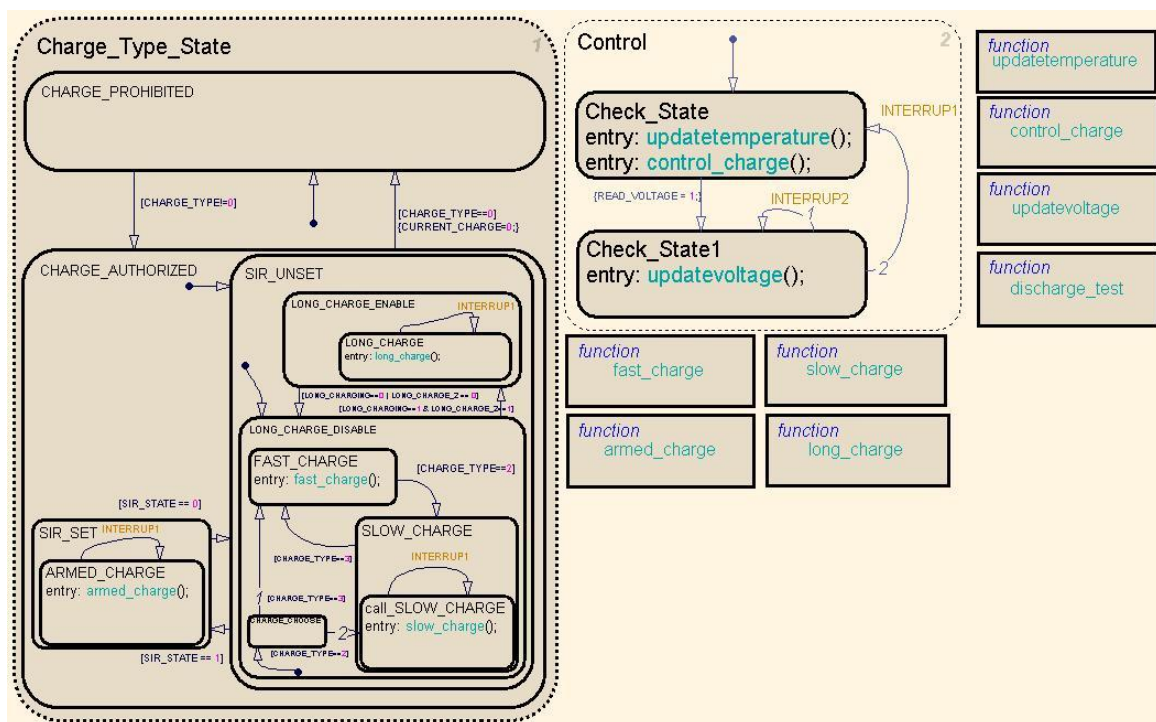


Fig. 27 - Schéma StateFlow

### 7.2. Les fonctions de l'algorithme de charge

Dans l'ambiance du StateFlow c'est possible développer fonctions avec entrées et sorties, les principales fonctions développées sont montrées dans la figure 28.



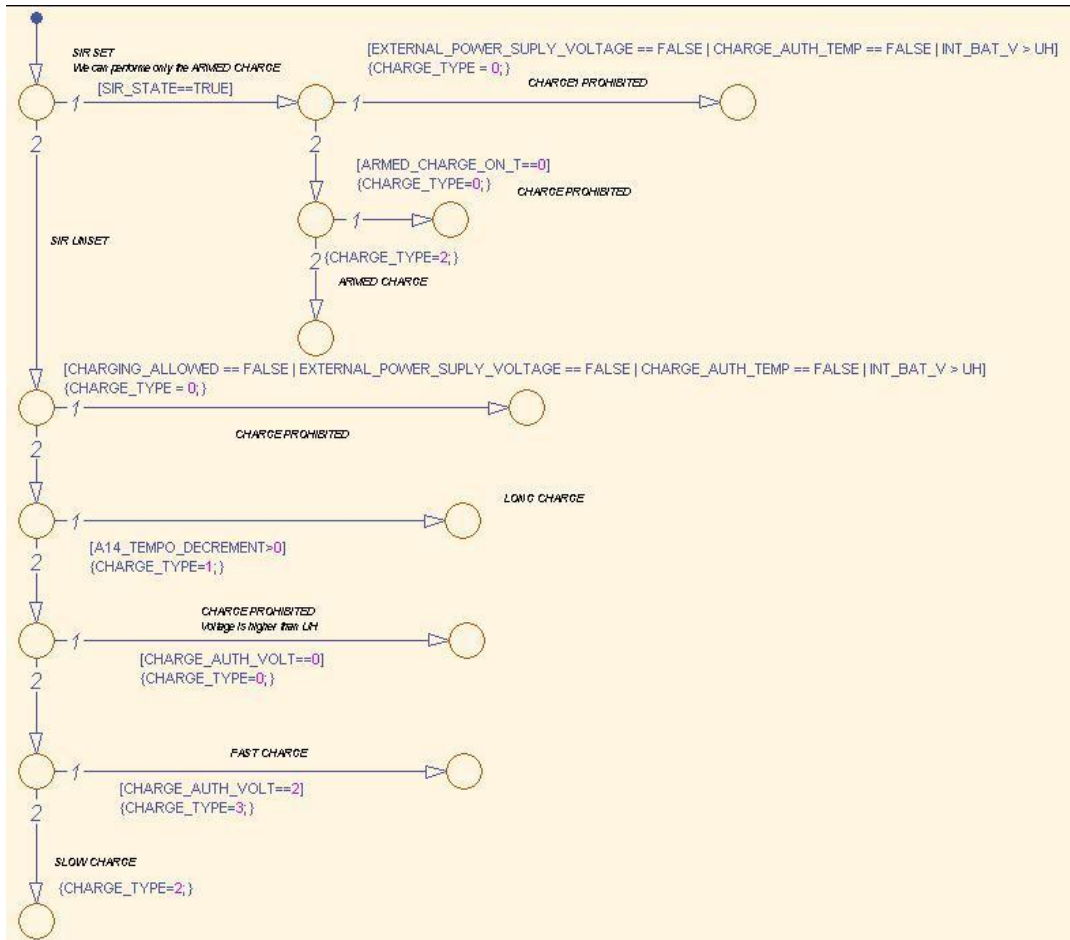


Fig. 28 - Schéma Fonction StateFlow

### 7.3. La fonction UpdateTemperature

Dans cet algorithme de charge la batterie est considérée chargée quand sa tension arrive a un valeur prédéterminé, mais une fois que a tension d'une batterie de NiMH est dépendant de sa température, a batterie vais être considéré comme chargée a différents valeurs e tension selon le valeur de sa température.

Cette fonction est responsable pour mettre à jour les limites de température, les limites de tension et le valeur de la variable \$CHARGE\\_AUTH\\_TEMP\$ qui est utilisée pour la fonction *Charge\_Control*, c'est une variable boolean et quand la température de la batterie est très haute ou en-dessous de zéro degré son valeur sera FALSE et la fonction *Charge\_Control* vais arrêter la charge.

Cette fonction est aussi responsable par mettre à jour le valeur de la variable boolean *VOLT\\_MESUR\\_PROH*, quand la température de la batterie est très haut ou en-dessous de zéro degré, *VOLT\\_MESUR\\_PROH = TRUE* la mesure de tension sera interdit par la fonction *Charge\_Control*.

### 7.4. Les limites de tension et température

Le mis en jour des limites de température est réalisé par le fonction UpdateTemperature, chaque fois que la température de la batterie change, cette température est comparée avec les limites actuelles de température UL limite de tension bas t UH limite de tension haut.

Est montrée dans la figure 29 le comportement des limites de tension n rapport a la température de la batterie.

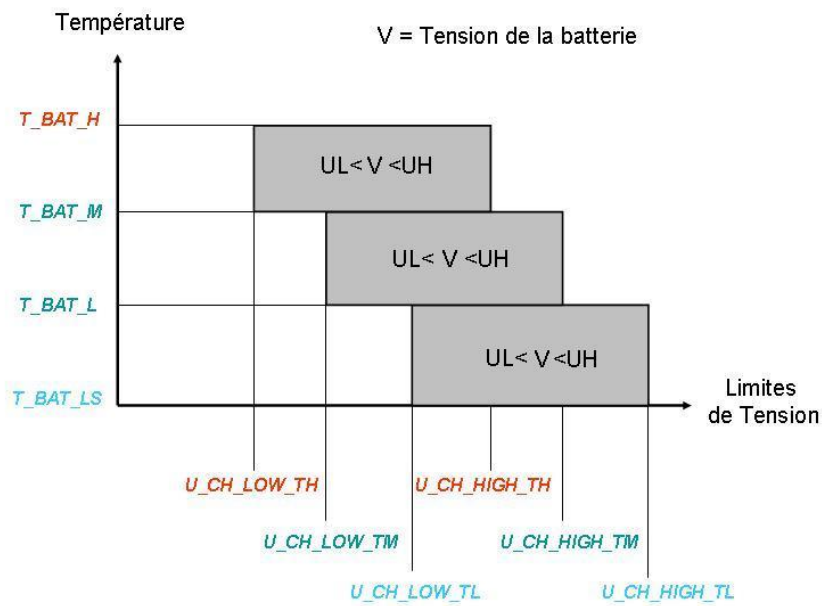


Fig. 29 - Tension limite X Température

Est montré dans la figure 30 comme fonctionne une partie de la fonction UpdateTemperature en StateFlow.

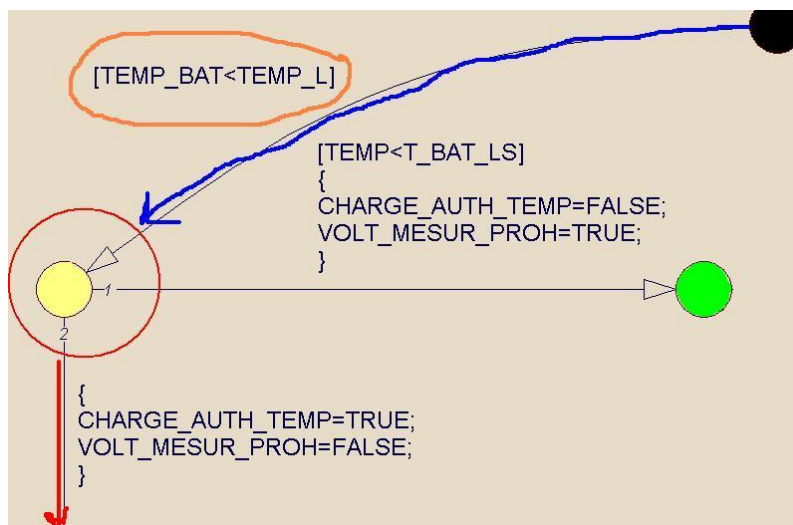


Fig. 30 - Example StateFlow

Une fois que l'exécution de la fonction arrive au circle noir, la condition: [TEMP\_BAT<TEMP\_L] sera vérifiée, si c'est vrai, l'exécution arrive au circle jaune, maintenant on a deux possibilités, elles sont énumérées, la première à être vérifiée c'est le numéro 1 c'est à dire, [TEMP<T\_BAT\_LS], si la condition est vraie, les actions suivantes seront exécutées:

CHARGE\_AUTH\_TEMP = FALSE; *veut dire que la charge est maintenant interdit.*

VOLT\_MESUR\_PROH = TRUE; *veut dire que la mesure de tension est aussi interdit.*

Si la condition est fautive [TEMP<T\_BAT\_LS], l'exécution suivrait l'arc en rouge, et donc exécuterait:

CHARGE\_AUTH\_TEMP = TRUE; *veut dire que la charge est maintenant autorisée.*

VOLT\_MESUR\_PROH = FALSE; *veut dire que la mesure de tension est aussi autorisée.*

Si la charge est toujours autorisée mais la tension de la batterie est en dessous de la limite UL, donc les limites de température et tension doivent être mises à jour, ça est réalisé par une partie de la fonction UpdateTemperature qui est montrée dans la figure 31.

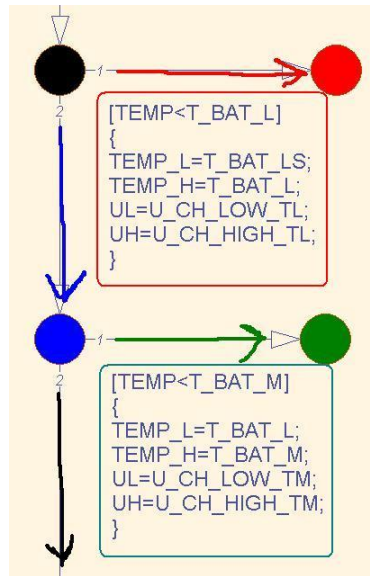


Fig. 31 - Mises en jour des limites de température et tension

Une fois que l'exécution arrive au cercle noir montré dans la figure 31, l'arc rouge va être exécuté en avant "sa priorité est la plus haute, l'arc est énuméré par 1", donc la condition: [TEMP<T\_BAT\_L] va être vérifiée, si c'est vrai on aura les suivantes mises à jour:

- TEMP\_L = T\_BAT\_LS
- TEMP\_H = T\_BAT\_L
- UL = U\_CH\_LOW\_TL
- UH = U\_CH\_HIGH\_TL

Sinon, l'arc bleu sera exécuté, nous arrivons au cercle bleu l'arc vert sera exécuté, et la condition sera vérifiée.

## 7.5. Les limites de tension et température

Cette fonction est responsable pour simuler la déchargé qui est réalisée sur la batterie chaque fois que sa tension est mesurée, mais cette mesure est réalisée seulement quand on a VOLT\_MESUR\_PROH = FALSE.

La fonction UpdateVoltage est aussi responsable pour mètre a jour la variable CHARGE\_AUTH\_VOLT, cette variable peut avoir trois valeurs:

CHARGE\_AUTH\_VOLT=0, stop charge  
CHARGE\_AUTH\_VOLT=1, fast charge  
CHARGE\_AUTH\_VOLT=2, slow charge

La variable CHARGE\_AUTH\_VOLT vais être utilisée pour la fonction Charge\_Control pour décider de quelle façon on doit charger la batterie, soit en utilisant charge rapide "fast charge", soit en utilisant la charge lent "slow charge" la charge peut être aussi interdit quand on a CHARGE\_AUTH\_VOLT=0.

Est montré dans la figure 32 une partie de la fonction

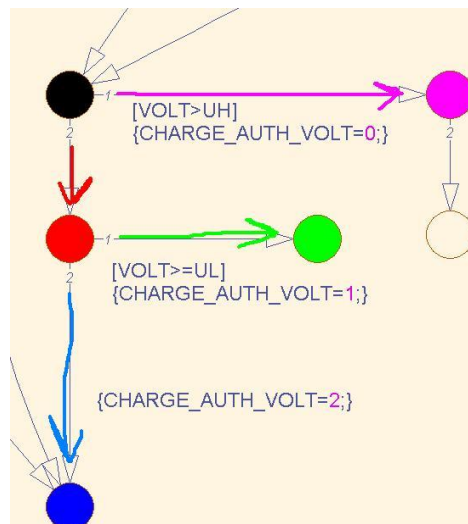


Fig. 32 - Mises en jour de la variable CHARGE\_AUTH\_VOLT

Une fois que l'exécution arrive au cercle noire, la condition `[VOLT>UH]` et si ça c'est vrai la charge sera interdit pour la fonction Charge\_Control en utilisant la variable CHARGE\_AUTH\_VOLT=0, l'exécution continue de façon similaire a les exemples dernières.

## 7.6. Les limites de tension et température

Cette fonction c'est la plus important fonction de l'algorithme de charge, elle utilise les variables, CHARGE\_AUTH\_VOLT et CHARGE\_AUTH\_TEMP pour contrôler la charge, elle utilise aussi les signaux de statuts:

- SIR\_STATE: Quand TRUE signalisé que la sirène est armé.

## Spécification et Modélisation d'un algorithme de charge pour les batteries NiMH

- **EXTERNAL\_POWER\_SUPPLY\_VOLTAGE**: Quand TRUE signalisé que la tension de la batterie externe est plus haute que la valeur minimum acceptée pour que soit possible charger la batterie interne, actuellement cette valeur est de 7.7V.
- **CHARGING\_ALLOWED**: Quand TRUE signalisé que la charge est autorisé pour le body system de la voiture
- **A14\_TEMP\_DECREMENT\$**: Quand son valeur est plus grand que zéro la **LONG\_CHARGE** sera toujours exécuté si la charge est autorisé "au lieu de **FAST\_CHARGE** et **SLOW\_CHARGE**.

Cette fonction est responsable pour mettre à jour le valeur de la variable **CHARGE\_TYPE** cette variable sera utilisé pour le algorithme de charge pour choisir quelle type de charge doit être réalisée

Est montré dans la figure 33 une partie de la fonction **Control\_Charge**.

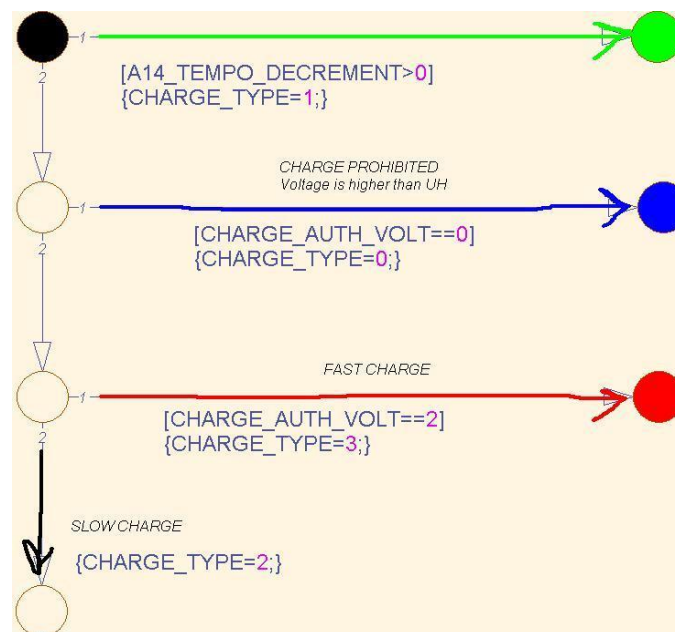


Fig. 33 - Mises en jour de la variable **CHARGE\_TYPE**

Cette partie est responsable pour choisir quelle type de charge on va réaliser, une fois que le système d'alarme est en "unset state" c'est-à-dire, **SIR\_STATE=FALSE**.

Les possibles valeurs de **CHARGE\_TYPE**:

- **CHARGE\_TYPE = 0**: Charge est interdit;
- **CHARGE\_TYPE = 1**: Longe charge autorisée;
- **CHARGE\_TYPE = 2**: Slow Charge autorisée;
- **CHARGE\_TYPE = 3**: Fast Charge autorisée;
- **CHARGE\_TYPE = 4**: Armed Charge autorisée;

## 8. Génération du Code

Dans la dernière étape du stage nous allons utiliser le dSPACE/TargetLink pour gérer automatiquement un code C en utilisant l'algorithme de charge qui était déjà développé en MatLab/StateFlow.

- La génération du code série est l'étape qui permet de passer de modèles à un code série efficace et prêt à l'emploi.
- TargetLink est un système logiciel générant un code série (code C) directement depuis l'environnement de développement graphique MATLAB/Simulink/Stateflow .
- Les options de génération de code vont du code C ANSI au code optimisé à décimale fixe ou flottante pour certains processeurs.
- Les multiples options de configuration du code assurent que le code série s'adapte aux contraintes du processeur.

### 8.1. Avantages majeurs

- La conversion des modèles graphiques directement en code série assure une cohérence parfaite à tout instant entre le modèle et le code.
- Le même modèle générant toujours le même code éprouvé, la génération du code TargetLink est déterministe et garantit ainsi la qualité logicielle la plus élevée.
- Chaque étape peut être testée par rapport aux spécifications à l'aide de fonctionnalités de simulation intégrées.
- Il est ainsi possible d'effectuer très tôt des vérifications se traduisant directement en réductions de coûts, par exemple, en évitant les erreurs logicielles onéreuses du calculateur.

Le code qui a été généré dans cette étape du stage est fourni à l'Annexe 1.

## 9. Conclusion

A la fin du stage tous les objectifs ont été complétés, parmi les résultats obtenus nous pouvons citer :

Le modèle de la batterie en MatLab/Simulink a été réalisée, et après plusieurs simulations le comportement du model a pu être considéré comme proche de la batterie réel.

Le modèle de l'algorithme en MatLab/Simulink/StateFlow a été validé vers quelques simulations, pendant les simulations, le valeur de la température de l'ambiance, les signaux CHARGING\_ALLOWED et SIR\_STATE ont été souvent changées, toujours l'algorithme a été bien contrôlé la charge.

La nouvelle spécification pour la charge de la batterie a été décrite et les nouvelles Alarmes Delphi seront fabriquées avec les fonctionnalités de la nouvelle spécification. (Limites de tensions dépendantes de la température, mesure de tension interdite sur quelques conditions de température).

Les nouveaux outils StateFlow/TargetLink que j'ai appris pendant le stage vont m'aider beaucoup dans les projets futurs.

L'expérience de travailler dans une grande entreprise comme DELPHI a été vraiment satisfaisant.