

Dossier Technique Trottinette

2022-2023

Ce document contient tous les éléments techniques de la trottinette nécessaires pour réaliser la régulation de couple et de vitesse.

Historique de la trottinette du GEI :

2003 : pas une trottinette dans les rues, rien, le désert...

A cette époque, on trouve en magasin des trottinettes low cost (30 Euros) équipées de :

- un moteur à courant continu,
- deux batteries 12V GEL plomb,
- interrupteur marche arrêt,
- un frein à tambour (les freins, c'est pour les lâches ...)



Fig 1 : la toute première trottinette commercialisée : 30 Euros

2004 : Le GEI achète 15 modèles, on conçoit un variateur de vitesse à développer en BE. La régulation de couple était faite entièrement en analogique, la boucle de vitesse avec un μC PIC18F458, 8 bits 12MHz. Le système permettait la récupération d'énergie au freinage. A cette époque aucune trottinette ne proposait cela.

2012 : Le STM32F103 entre au GEI. Sa puissance permet d'intégrer les deux boucles entièrement en numérique. C'est la version actuellement étudiée.

2022 : Ce modèle est quelques peu « has been » dans le sens où aujourd'hui on ne trouve plus de motorisation à courant continu sur ces engins, ni de courroie d'entraînement : le moteur est dans la roue. Il s'agit de moteur brushless.

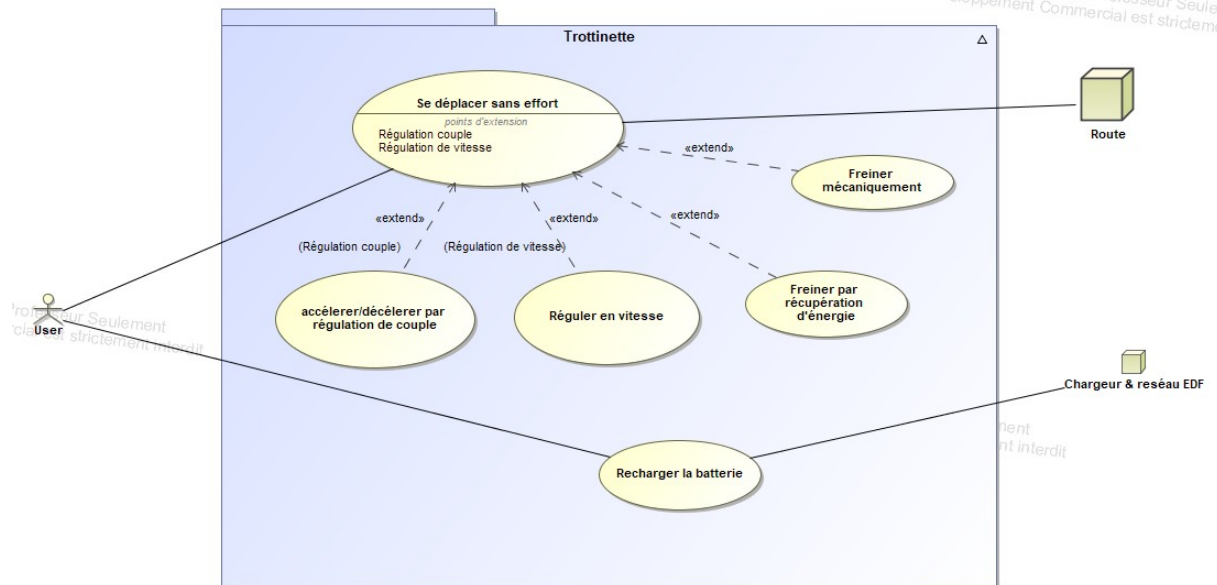


Fig 2 : la première version made in GEI

1. Description SysML du dispositif actuel

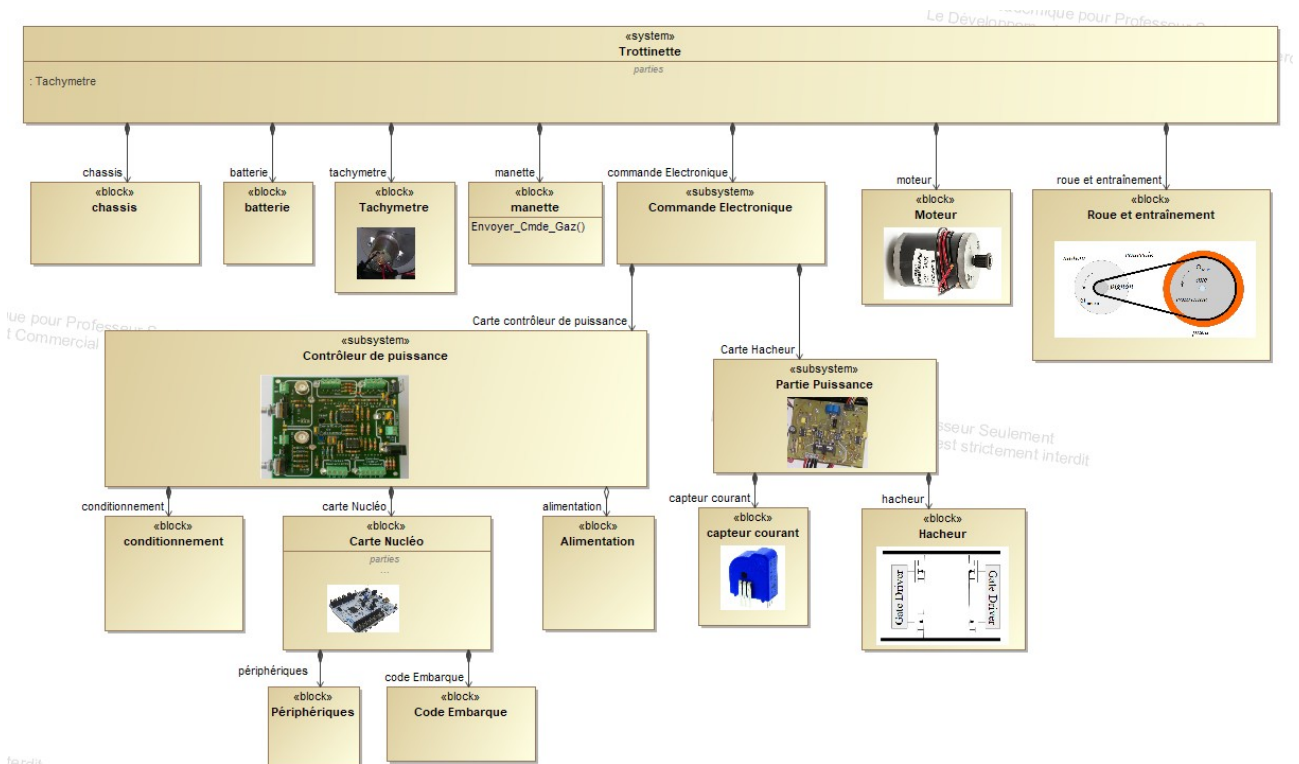
1.1. Use case

Indique les fonctionnalités, les services offerts par le système trottinette.



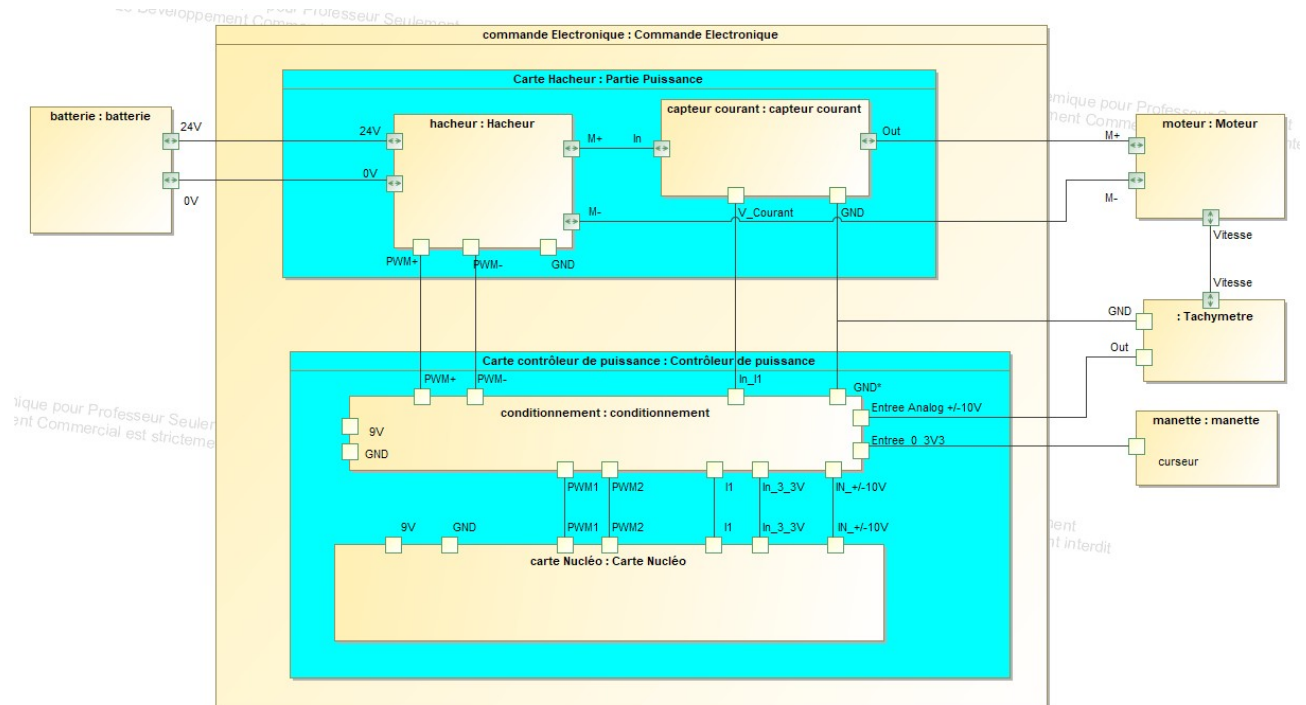
1.2. Block Definition Diagram

Présente la composition du système trottinette.



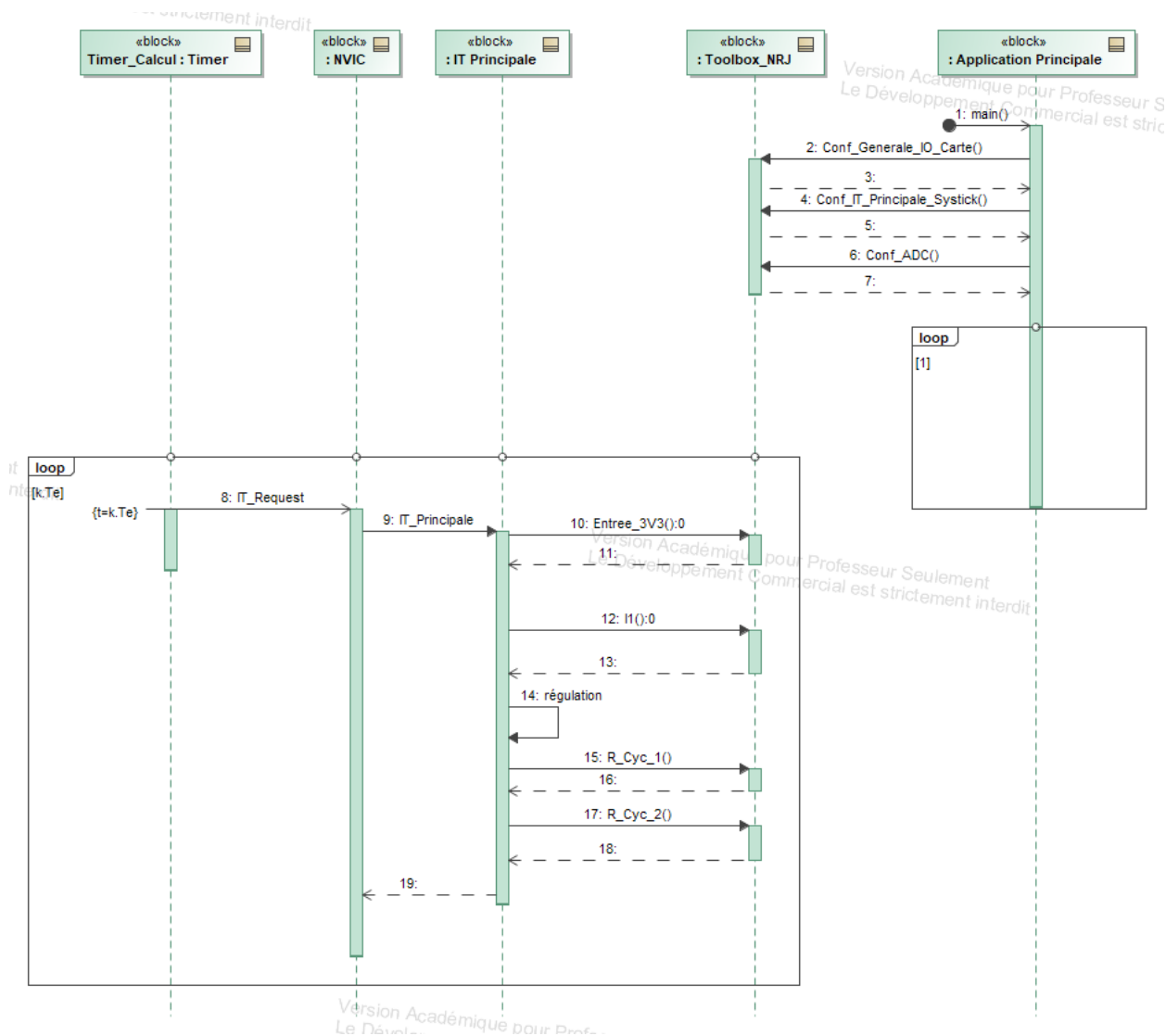
1.3. Internal Block Diagram

Indique comment sont reliés les blocs les uns avec les autres. Ici, on montre le détail du bloc “Commande électronique” sur lequel on va travailler.



1.4. Sequence Diagram

Ce diagramme présente les acteurs (ici logiciels essentiellement, matériel aussi) ainsi que leurs interactions au cours du temps. Ce n'est pas un algorithme, simplement l'illustration du séquençage, des échanges, des diverses parties. Le squelette de l'application logicielle, les services et drivers seront donnés.



2. Spécifications techniques

2.1. Moteur et entraînement

2.1.1. Le moteur

C'est un moteur à courant continu, à excitation séparée (aimants permanents) d'une puissance nominale de 100 Watts environ.

Spécifications électriques :

- R : 1Ω
- L : 2 mH
- Tension nominale : 24V
- Courant maximum : 10A
- Rendement estimé (moteur + courroie) : 65%

spécifications électromécanique et mécanique :

- constante de couple $K\phi$: 73 mN.m/A
- frottement visqueux : $0,233\text{ mN.m.s}$
- Moment d'inertie en charge $M_{\text{tot}}=70\text{kg}$: $J = 0,01\text{ kg.m}^2$
- Moment d'inertie à vide $M_{\text{tot}} = 0\text{ kg}$: $J = 0,0012\text{ kg.m}^2$
(banc d'essais)

2.1.2. La transmission

La partie qui nous intéresse est ici le groupe motopropulseur. Il est composé :

- du moteur $24\text{V} / 10\text{A}$ (cf ci-dessus) et de son pignon : 15 dents,
- de la courroie crantée d'entraînement,
- de la roue ($\varnothing = 13,6\text{cm}$) et de sa couronne dentée : 90 dents.

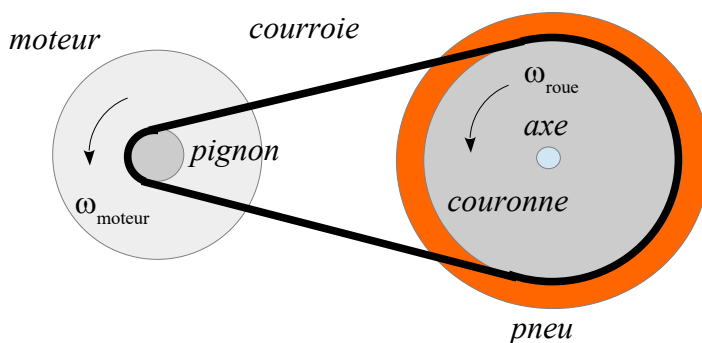


Fig 3 : cinématique du groupe motopropulseur



Fig 4 : le moteur et son pignon

2.2. Actionneurs

2.2.1. Commande de gaz

Il s'agit de la poignée d'accélération de droite. Selon l'asservissement implanté dans le système, la commande pourra servir :

- de consigne de couple,
- de consigne de vitesse.

Elle est reliée à l'entrée 0/3.3V (voir SysML ibd).

NB : Il faudra déterminer expérimentalement son excursion de tension. Pour les essais sur table, la commande sera remplacée par un montage potentiométrique entre 0 et 3,3V.

2.3. Capteurs

2.3.1. Le capteur de courant

Il s'agit d'un capteur fabriqué par LEM. C'est un capteur à effet HALL.

Référence : LTS 6-NP (voir la datasheet et le schéma électronique du hacheur pour identifier sa configuration)



Fig 5 : le capteur de courant LTS 6-NP

Il est inséré entre la sortie du hacheur et l'induit du moteur. Il fournit donc une image du courant circulant dans le moteur.

Il est nécessaire pour l'asservissement de couple.

NB : il présente une tension de repos ($I=0A$) non nulle. Voir datasheet.

2.3.2. Le tachymètre

C'est une petite machine à courant continu qui se trouve reliée mécaniquement à l'arbre du moteur. Ce capteur donne donc l'image de la vitesse angulaire en sortie d'arbre moteur, donc image de celle de la roue, donc l'image de la vitesse en km/h.



Fig 6 : le capteur tachymétrique

La correspondance entrée / sortie est : vitesse +/-10km/h → Tension +/-10V

2.4. La carte de puissance (Hacheur + capteur de courant)

2.4.1. Découpage fonctionnel

Le hacheur est le convertisseur de puissance qui permet la variation de vitesse. Il s'agit d'un hacheur 4 quadrants qui permet un fonctionnement du moteur dans toutes les configurations de courant / tension possible. La machine peut donc accélérer, freiner, en marche avant, en marche arrière.

La carte de puissance intègre le hacheur, le capteur de courant (conformément au bdd) , mais aussi un premier régulateur qui abaisse 24V en 18V, puis un second qui descend à 5V. Ces alimentations nourrissent toute l'électronique de la trottinette :

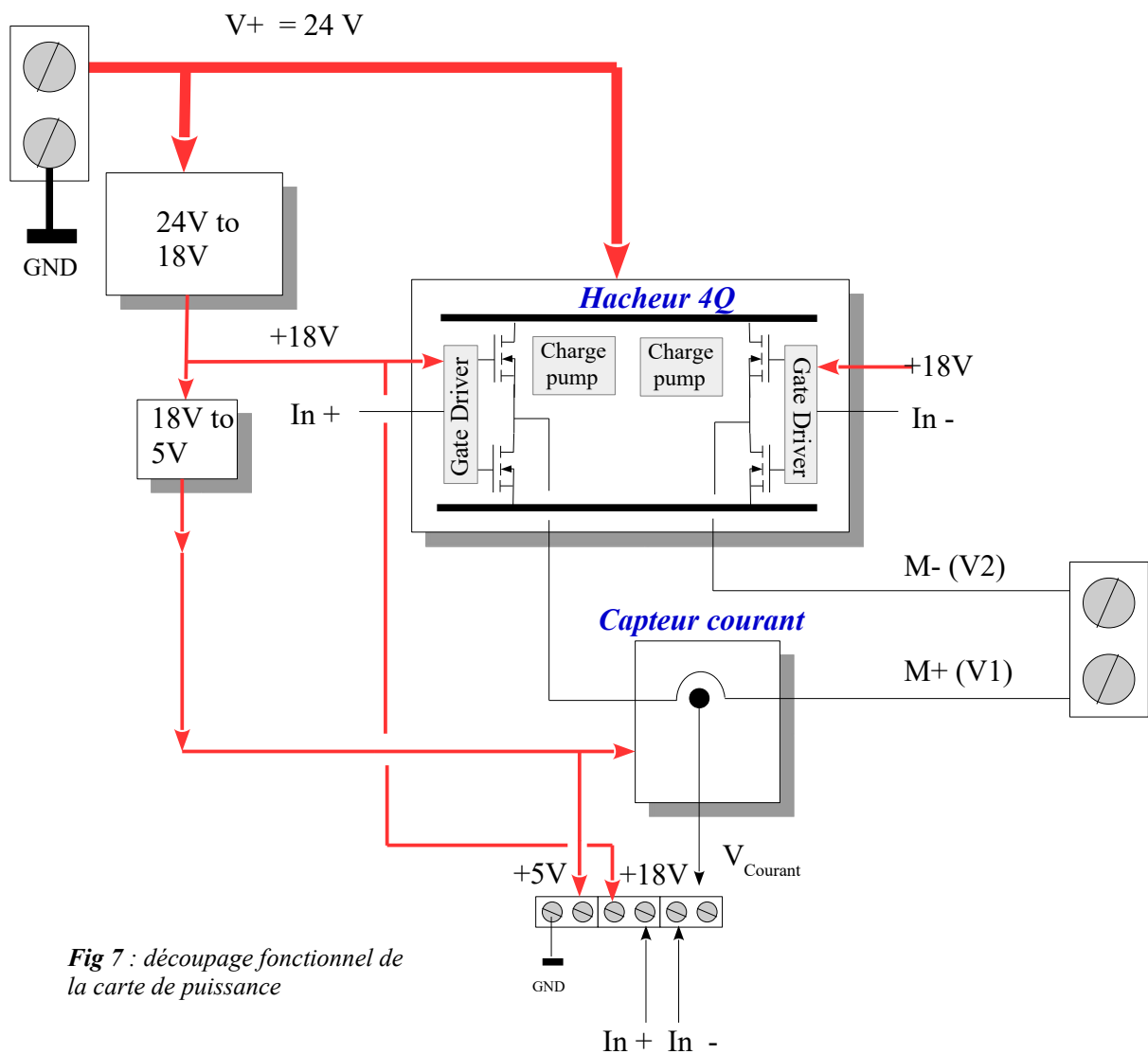


Fig 7 : découpage fonctionnel de la carte de puissance

2.4.2. Les entrées / sorties

Entrée de puissance :

- +24V, 0V : Reliée à la batterie via un fusible 10A.
- M+ M- : connexions moteur.

Alimentations auxiliaires :

- +5V, 0V / 1A : pour alimenter la carte “contrôleur de puissance”,
- +18V, 0V : non utilisée.

Entrées de commande PWM :

- In+, In- : niveaux 0 / 3,3V, PWM 0 à 100%, fréquence PWM 20kHz, commandes complémentaires.
In+ commande M+, In- commande M-.

2.4.3. Schéma électronique

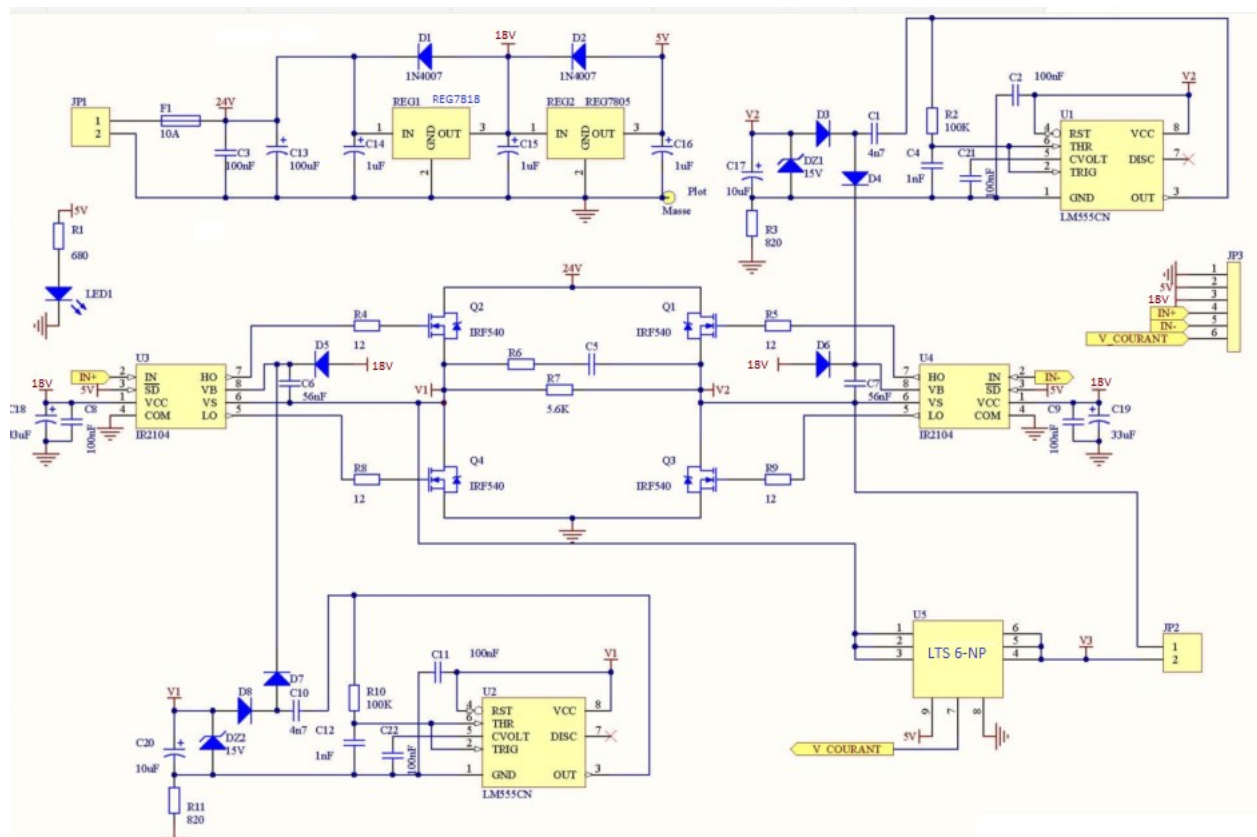


Fig 8 : la carte de puissance

2.5. La carte contrôleur de puissance

Comme le montrent le bdd et l'ibd, la carte contrôleur de puissance embarque :

- une carte Nucléo 103,
- une carte d'interfaçage analogique (conditionnement).

Un pdf complet (Manuel_Toolbox_NRJ.pdf) explique comment utiliser la carte, et détaille les bibliothèques logicielles.

2.5.1. *Rôle*

- exécuter le logiciel de régulation,
- créer une interface analogique pour y appliquer une tension +/-10V, avec possibilité de remplacement par un potentiomètre embarqué,
- créer une interface analogique pour y appliquer une tension 0/3.3V, avec possibilité de remplacement par un potentiomètre embarqué,
- Protéger les lignes PWM,
- Filtrer et adapter les niveaux de tension entre capteur de courant LEM et entrée ADC.

2.5.2. *Entrées sorties*

Sorties analogiques:

- 0/3,3V : entrée de la commande de gaz,
- +/-10V : entrée du capteur tachymétrique,
- In_I1 : entrée de courant n°1, pour capteur LEM LTS -xNP.

Sorties PWM :

- PWM+, PWM- : niveaux 0 / 3,3V, PWM 0 à 100%, fréquence PWM 20kHz, commandes complémentaires. In+ commande M+, In- commande M-.

10/10