

# Conception d'un système d'électroporation

Manuel SORIN Ezobeir TARCHOULI

SOUTENANCE

# Plan

2

- ▶ Cadre du projet
- ▶ Cahier des charges
- ▶ Organisation
- ▶ Fonctionnement du système
  - Condensateurs
  - Carte d'alimentation
  - Partie commande
- ▶ Estimation des ressources
- ▶ Conclusion

Manuel SORIN Ezobeir TARCHOULI

# Cadre du projet

3

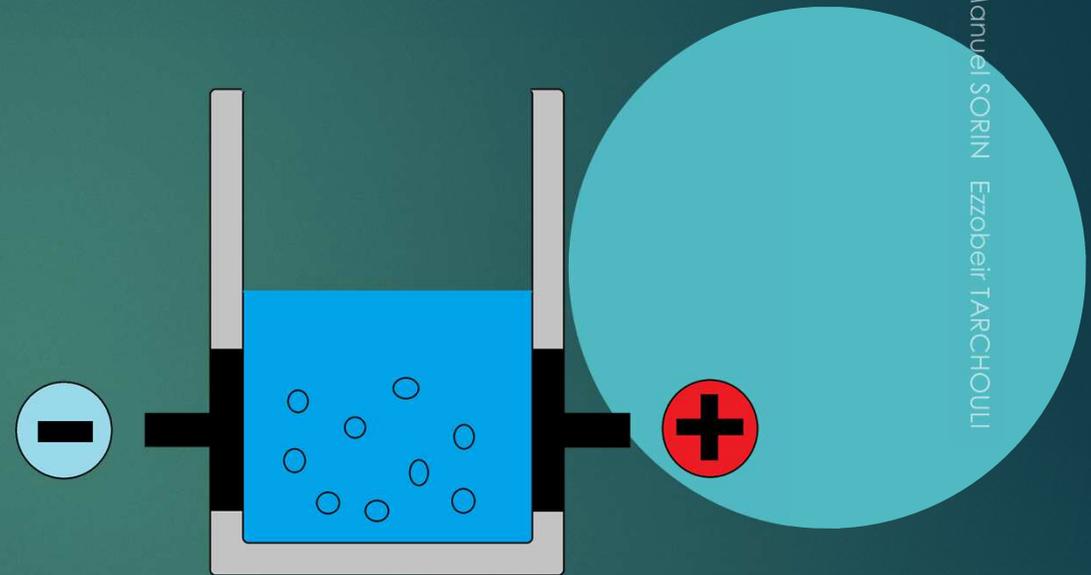
- ▶ Projet proposé par le département Génie Biologique de Polytech Clermont-Ferrand
- ▶ Conception d'un système électronique d'électroporation
- ▶ Client : M. Dubessay
- ▶ Référent technique : M. Pasquier
- ▶ Tuteur industriel : M. Chazelle

Manuel SORIN Ezobeir TARCHOULI

# Cadre du projet

4

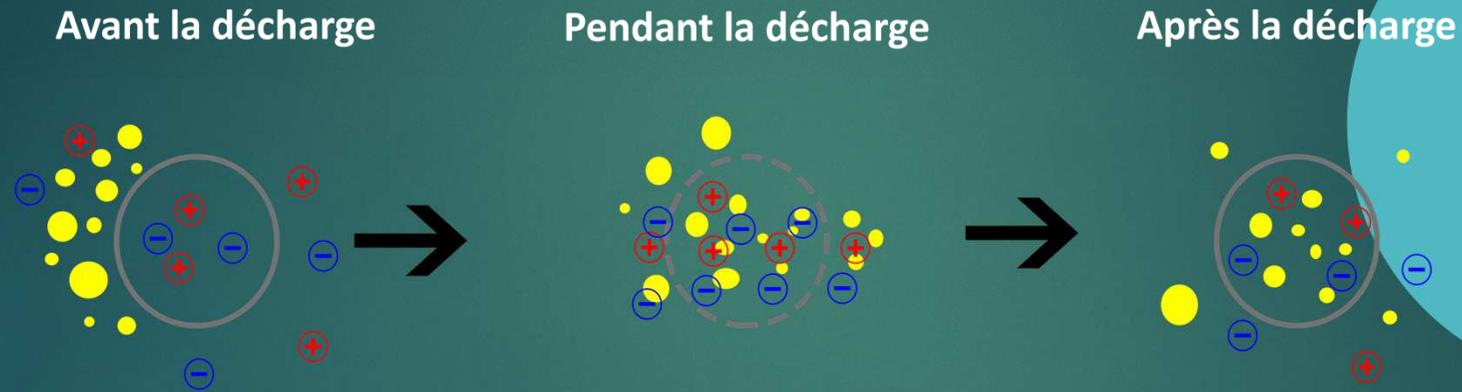
- ▶ L'électroporation : procédé biologique permettant d'insérer des éléments ( comme de l'ADN ) dans des cellules afin de créer des OGM ( Organismes Génétiquement Modifiés )



Milieu liquide contenant des ions , des cellules et des éléments à incorporer dans ces cellules. Le milieu est en contact avec 2 électrodes, aux bornes desquelles on vient décharger un condensateur

# Cadre du projet

## Electroporation



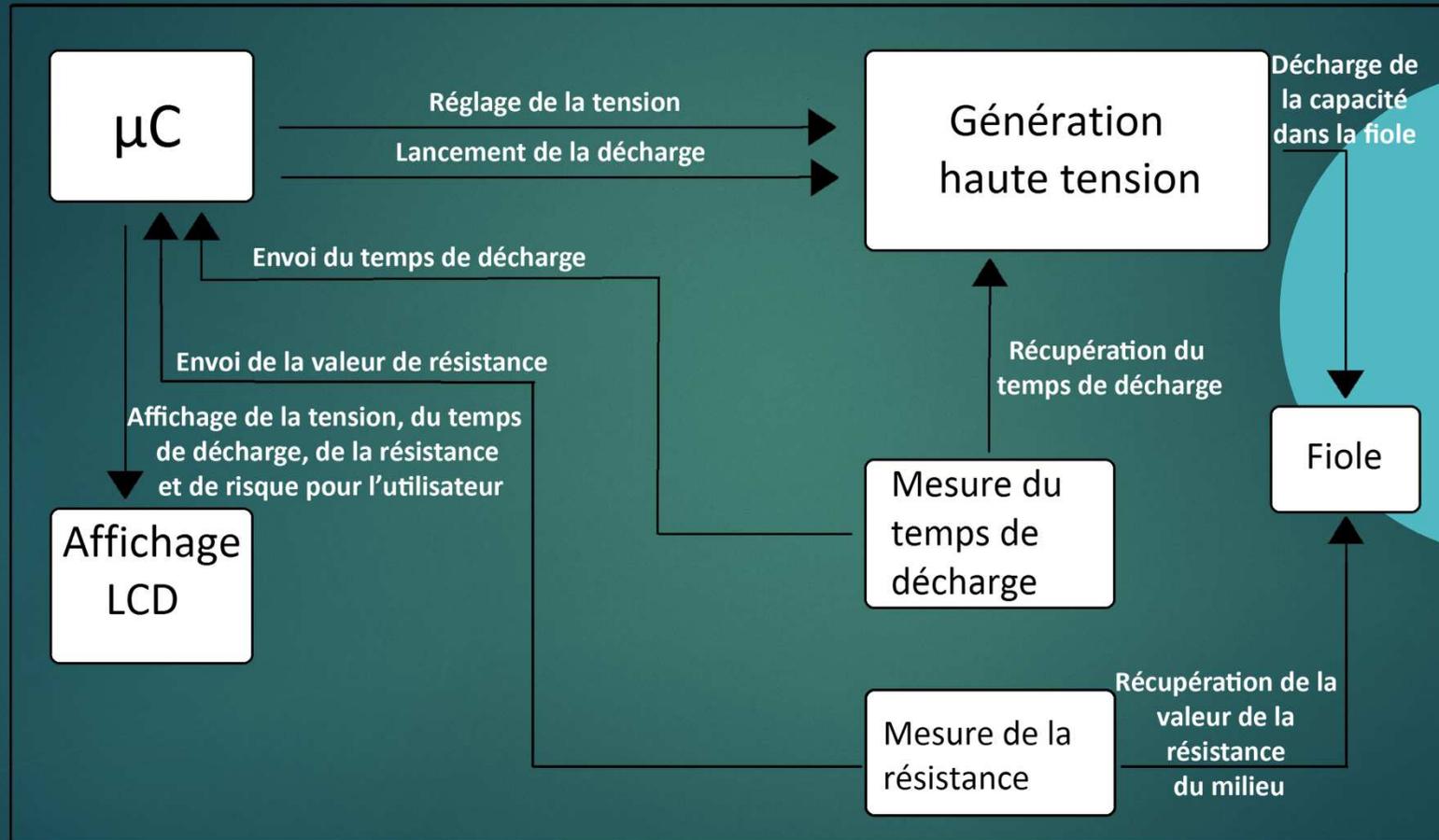
# Cahier des charges

6

Manuel SORIN Ezobeir TARCHOULI

Fonction/ Contrainte	Type	Nature	Critère	Niveau	Flexibilité
F1	Fonction	Générer la haute tension	Commande	[1000 V, 2300 V] par pas de 100V réglage par bouton poussoir	+/- 10 V
F2	Fonction	Choix des capacités	Adaptabilité, commande	1 capacité de 50 µF	+/-5%
F3	Fonction	Pouvoir relancer le process	Contrôle	bouton poussoir	1 seul
F4	Fonction	Afficher le temps de décharge	Mesure	ms	+/- 0,5 ms
F5	Fonction	Afficher un message d'avertissement	Protection	message écran lcd	lisibilité ,fiable
C1	Contrainte	Faire un prototype à moindre coût	Coût	[500 €, 1000 € ]	+/- 100€
C2	Contrainte	Respecter le temps de décharge par rapport au protocole d'électroporateur du marché	Temps	5ms	+/- 1 ms
C3	Contrainte	Ne pas dépasser 3 pulses	Contrôle	blocage au bout de 3 demandes de décharge	non
C4	Contrainte	Protéger l'utilisateur	Protection	électrocution	non

Mesures de protection pour l'utilisateur

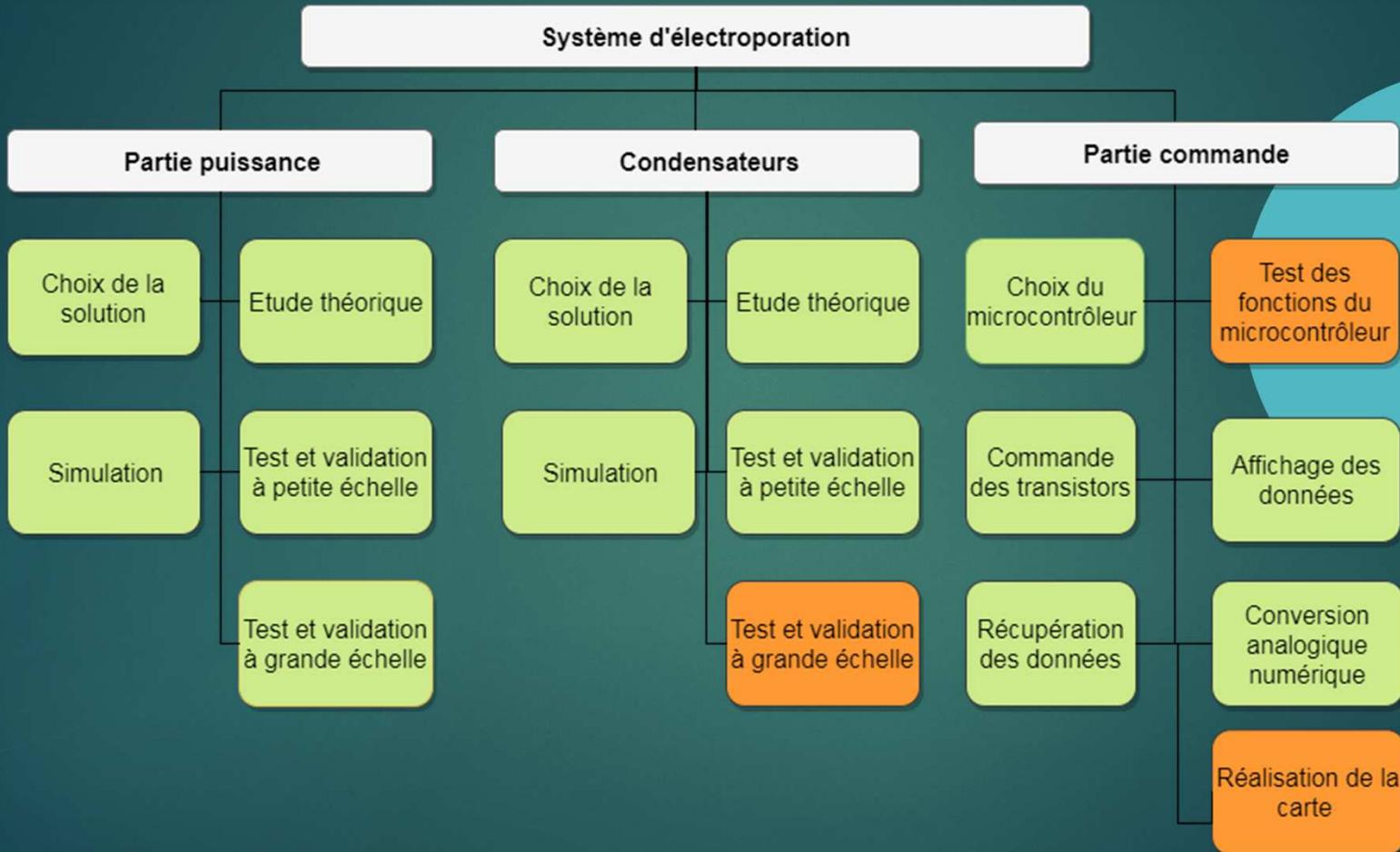


Manuel SORIN Ezobeir TARCHOULLI

# Organisation

WBS

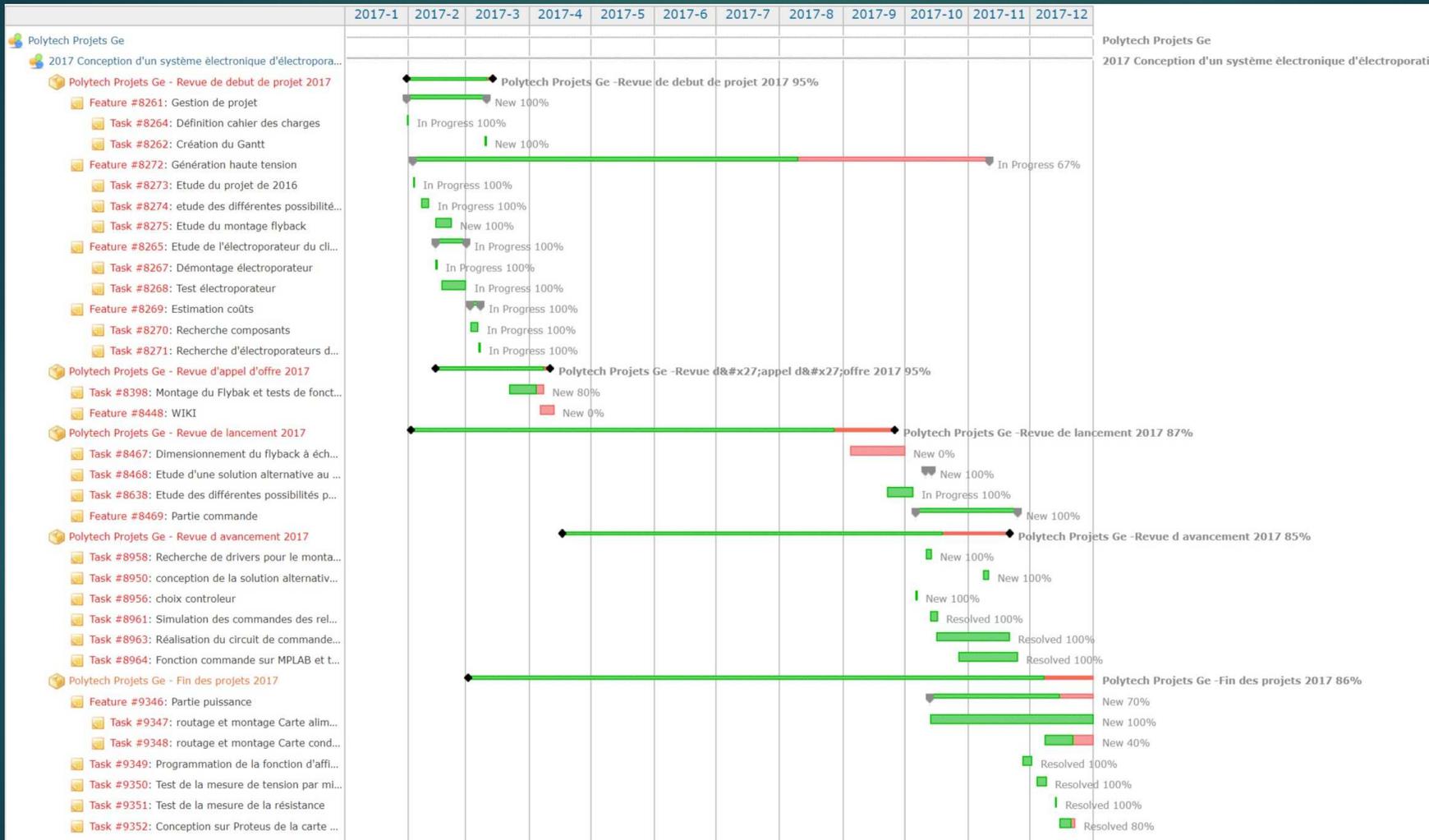
8



Manuel SORIN Ezobeir TARCHOULLI

# GANTT

# Organisation



# Fonctionnement du système

10

## Choix de la solution

### Alimentation à découpage Flyback

#### ► Avantage

Bon rendement 65 à 90 %

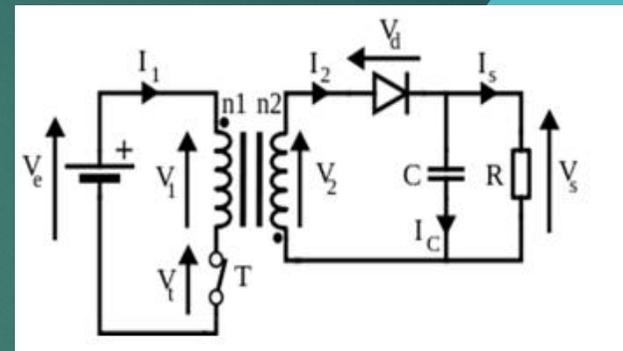
Système moins encombrant

#### ► Inconvénient

Très coûteux : Prix du condensateur de 1000 euros

### Solution alternative : Chargement de plusieurs condensateurs

- Coût minimisé : prix unitaire des condensateurs 10 euros, 10 condensateurs nécessaires

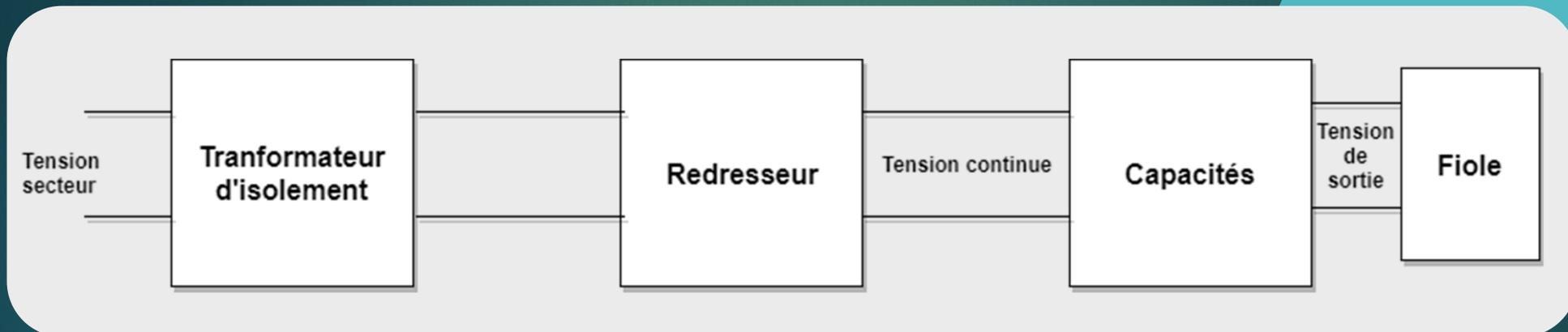


Montage Flyback

# Fonctionnement du système

11

Vue globale de la partie puissance



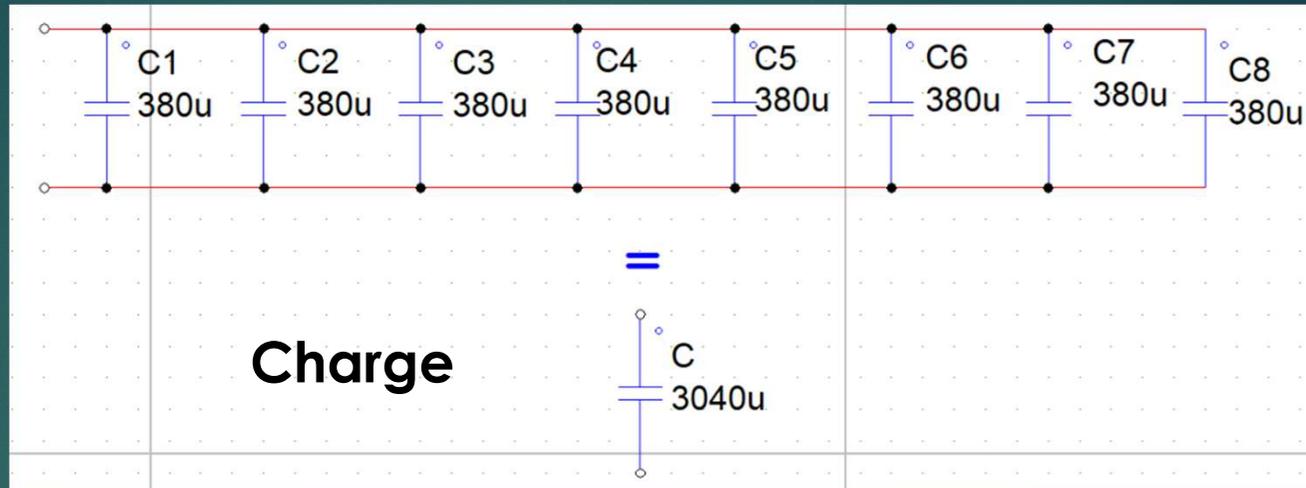
Manuel SORIN Ezobeir TARCHOULLI

# Condensateurs

12

Manuel SORIN Ezobeir TARCHOULLI

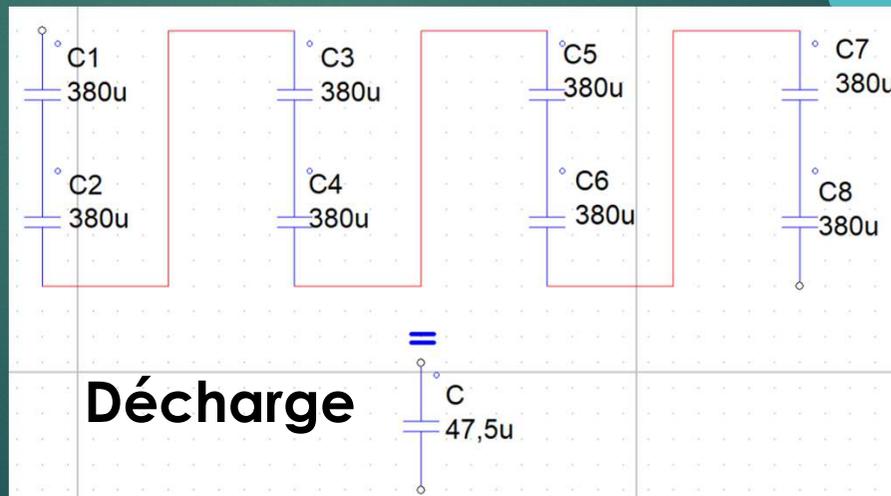
8 condensateurs chimiques de 380  $\mu$ F, en parallèle pendant la charge, puis en série pendant la décharge



Charge :  $C_{tot} = 8 * C$

Décharge :  $C_{tot} = \frac{C}{8}$

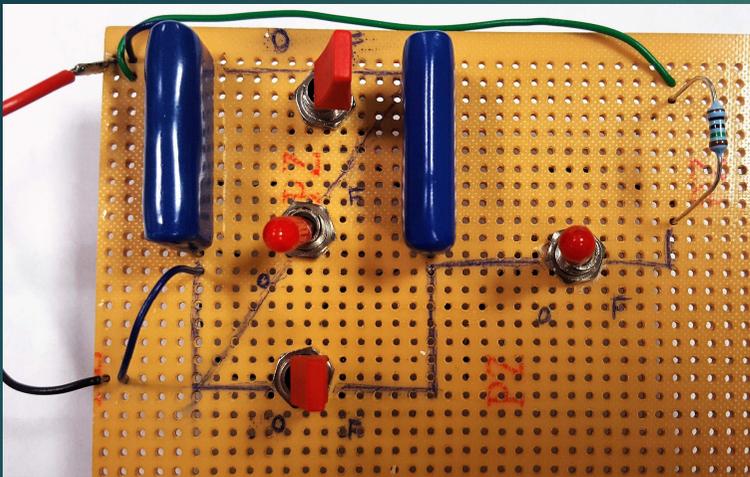
Avec C la capacité d'un condensateur



# Condensateurs

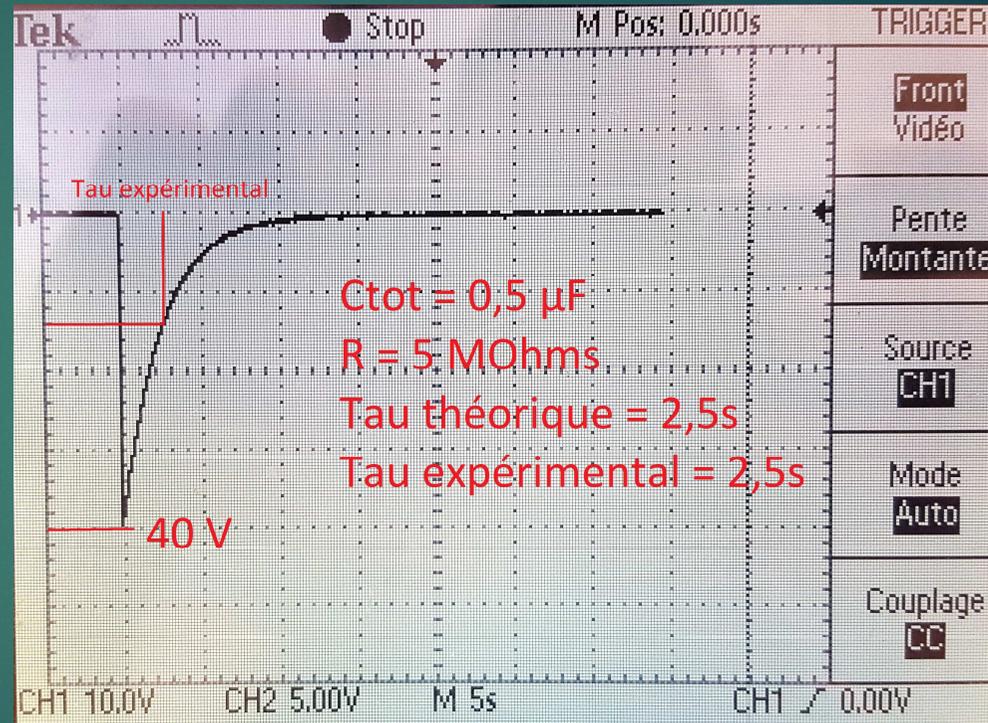
13

## ▶ Test à petite échelle :



Montage reprenant le principe de fonctionnement vu précédemment

- ▶ 2 condensateurs de  $1\mu\text{F}$  chargés en parallèle
- ▶ Mis ensuite en série ( $C_{\text{tot}} = 0,5\mu\text{F}$ )
- ▶ Décharge dans une résistance de  $5\text{ MOhms}$



Décharge dans la résistance modélisant le milieu cellulaire

# Condensateurs

14

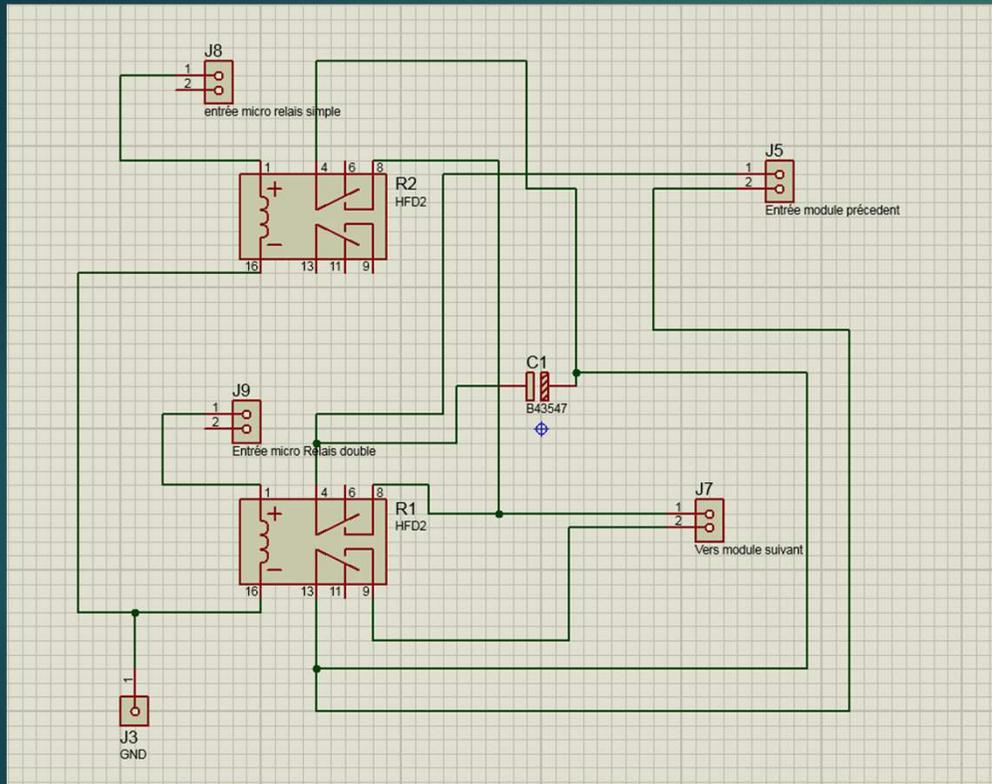


Schéma de la carte fait par les étudiants BTS :

Découpage de la carte en 8 modules connectés entre eux

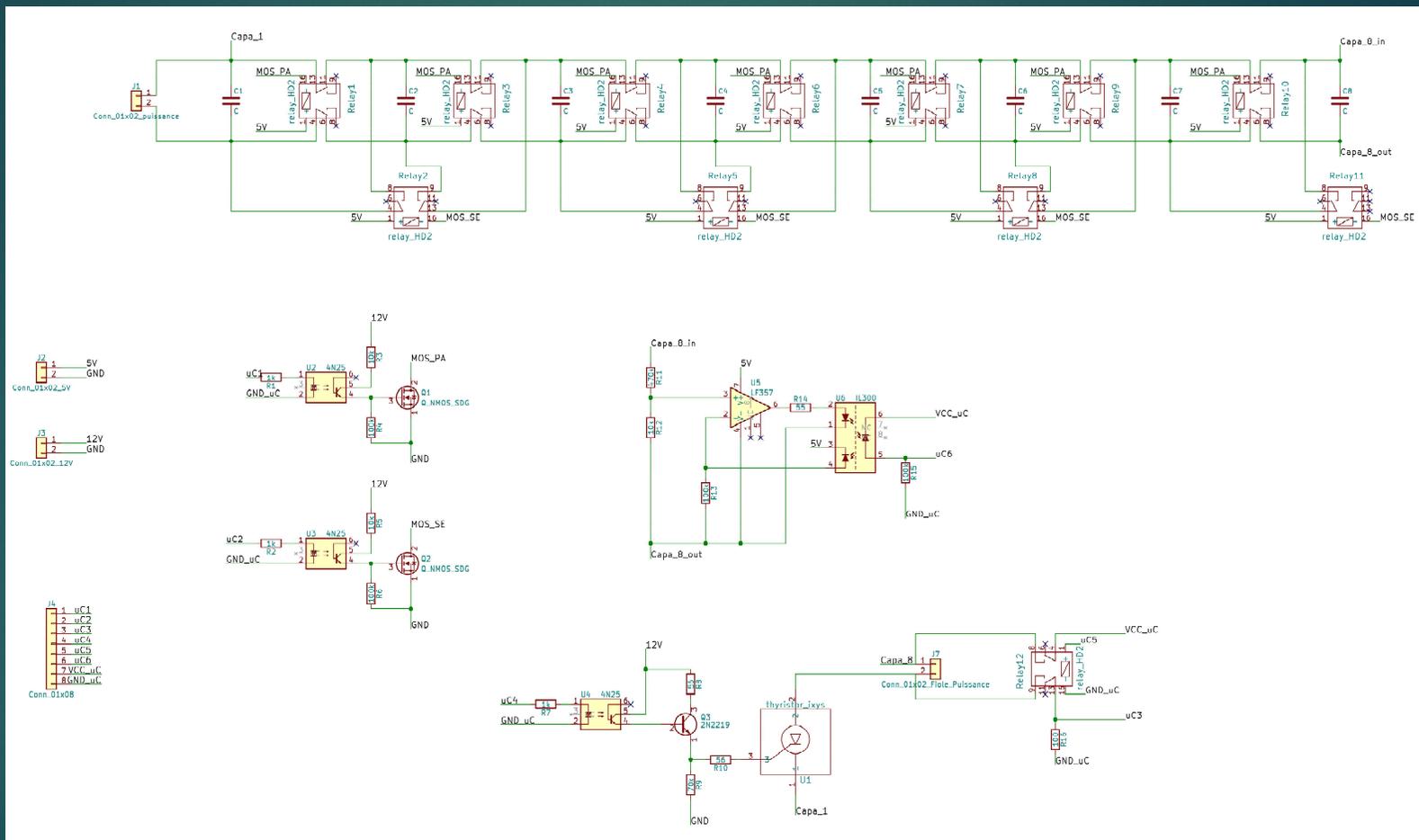
Manuel SORIN Ezobeir TARCHOULI

# Condensateurs

15

Manuel SORIN Ezobeir TARCHOULLI

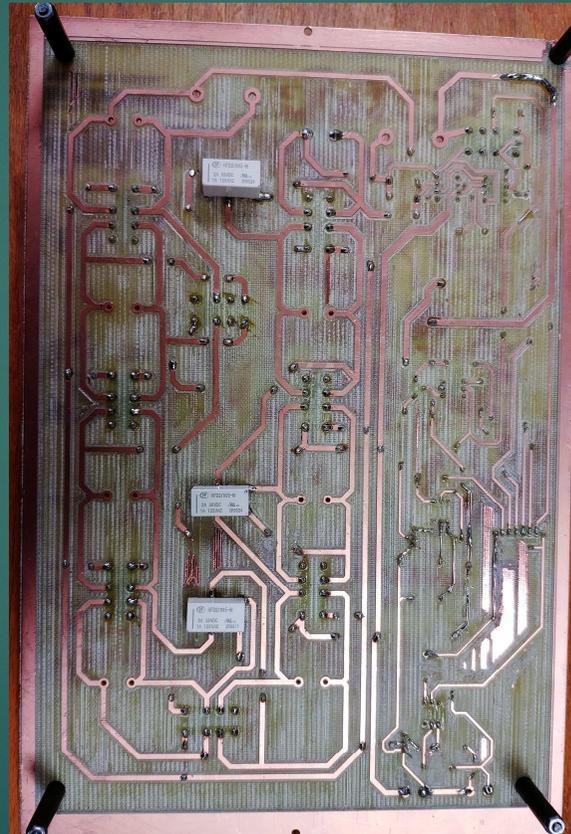
Schéma de la carte



# Condensateurs

16

Test à grande échelle



Charge d'un condensateur

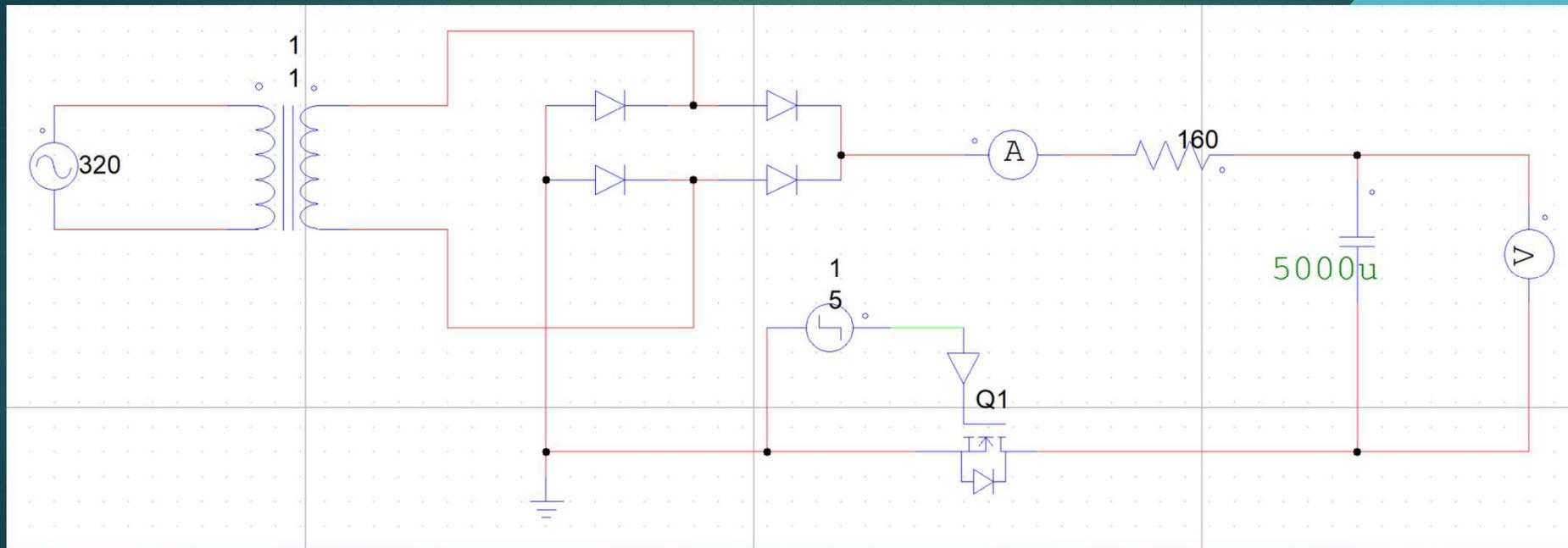
Commande des relais pour la mise en parallèle/série des condensateurs

Manuel SORIN Ezobeir TARCHOULI

# Carte d'alimentation

17

- Le montage redresseur : schéma électrique



Manuel SORIN Ezobeir TARCHOULLI

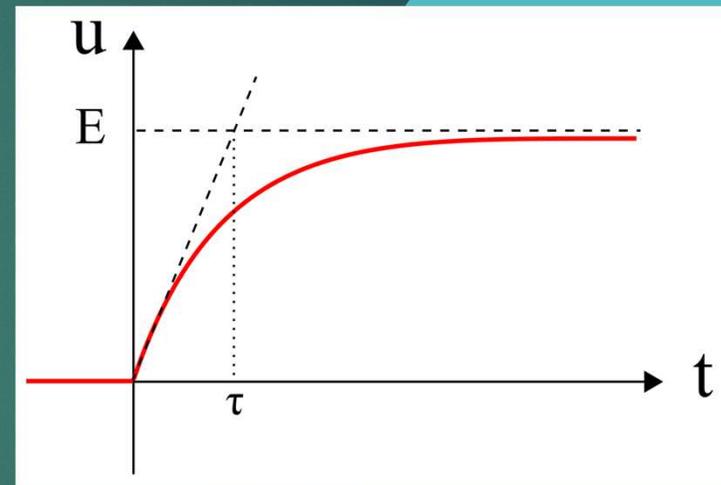
# Carte d'alimentation

18

## ► Commande du redresseur

Charge d'un condensateur :

$$V_{\text{condensateur}}(t) = E \cdot (1 - e^{-t/RC})$$

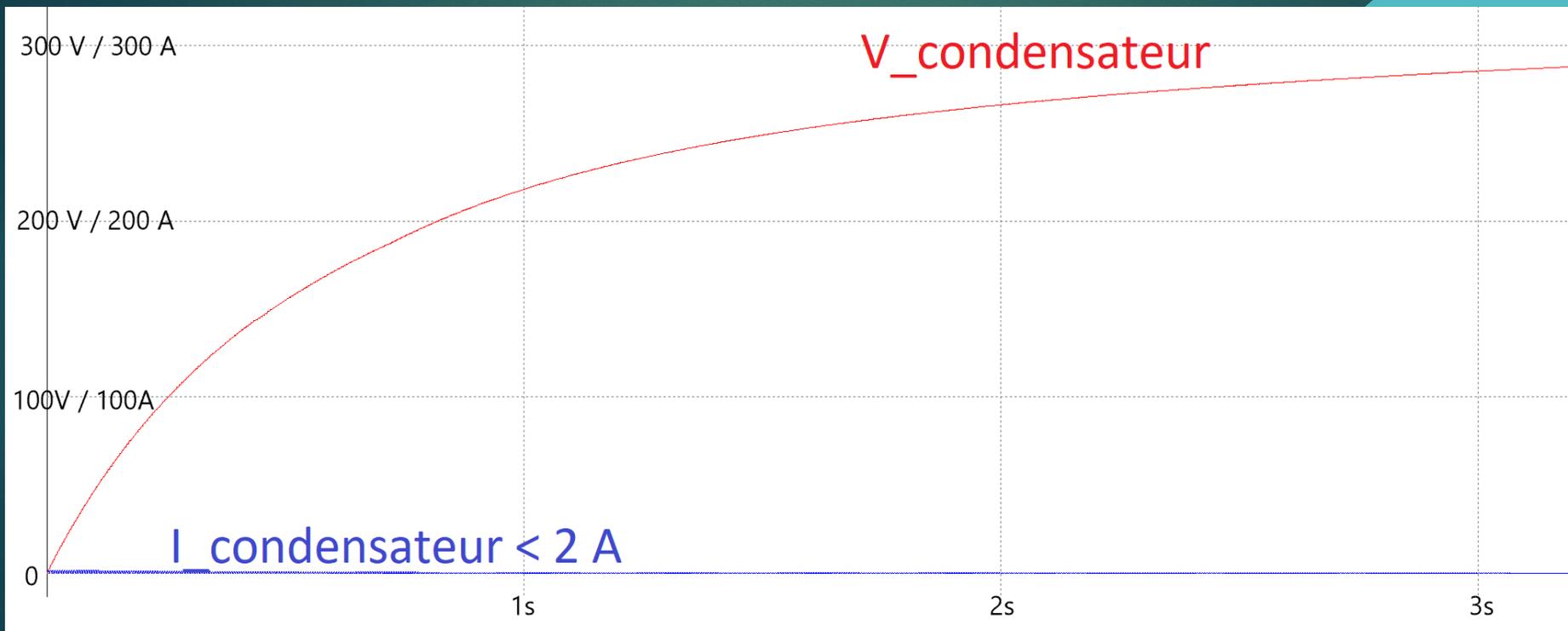


Manuel SORIN Ezobeir TARCHOULI

# Carte d'alimentation

19

- ▶ Le montage redresseur : simulation

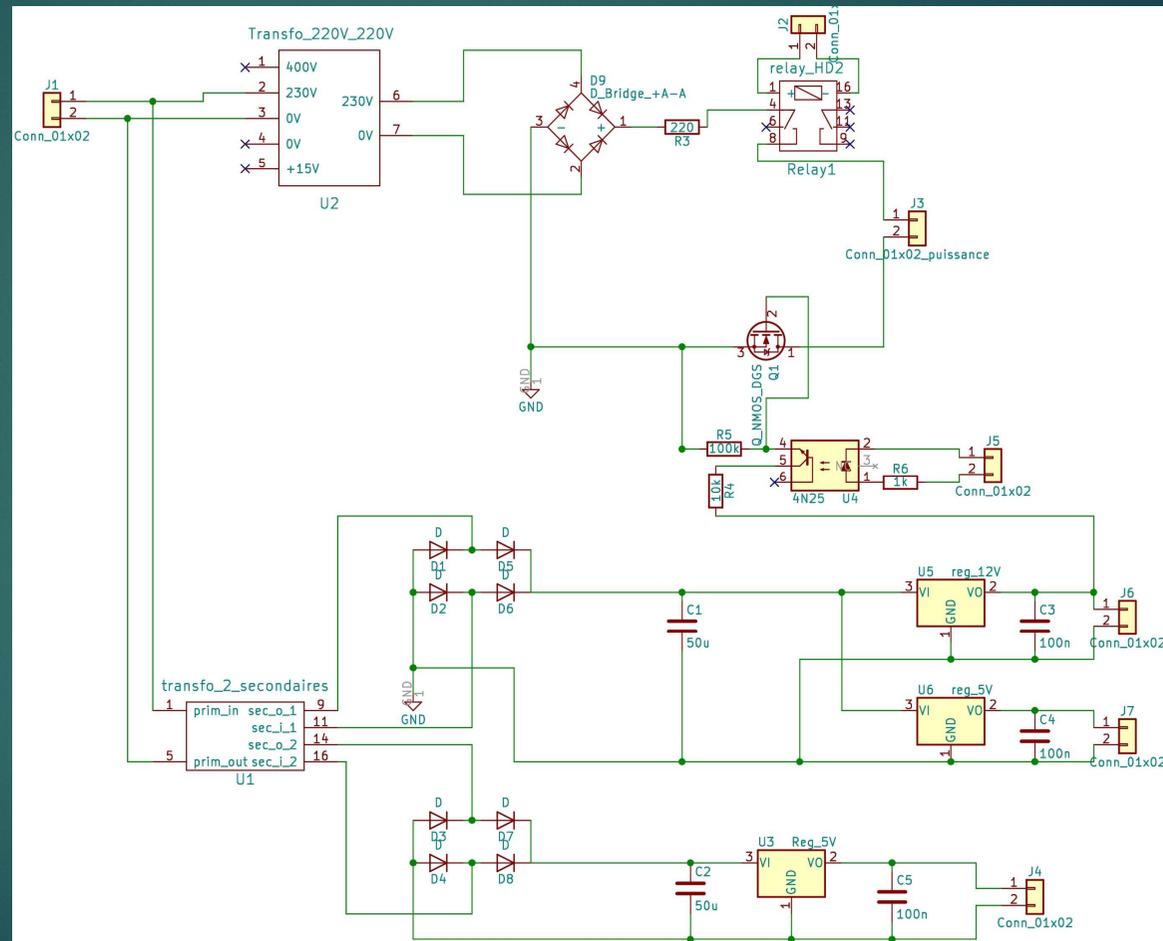


Manuel SORIN Ezobeir TARCHOULI

# Carte d'alimentation

20

► Le montage redresseur : schéma

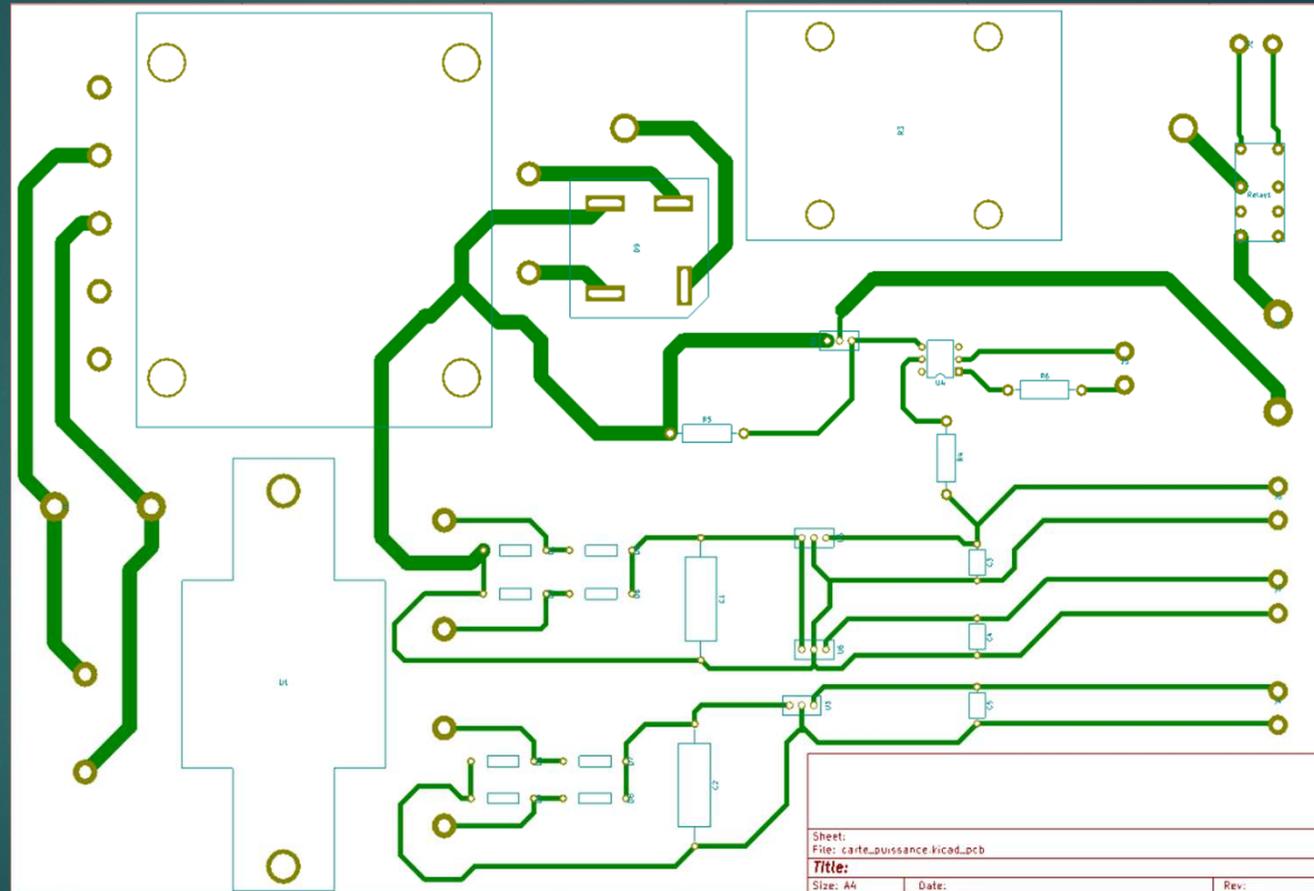


Manuel SORIN Ezobeir TARCHOULLI

# Carte d'alimentation

21

Le montage redresseur :  
carte PCB

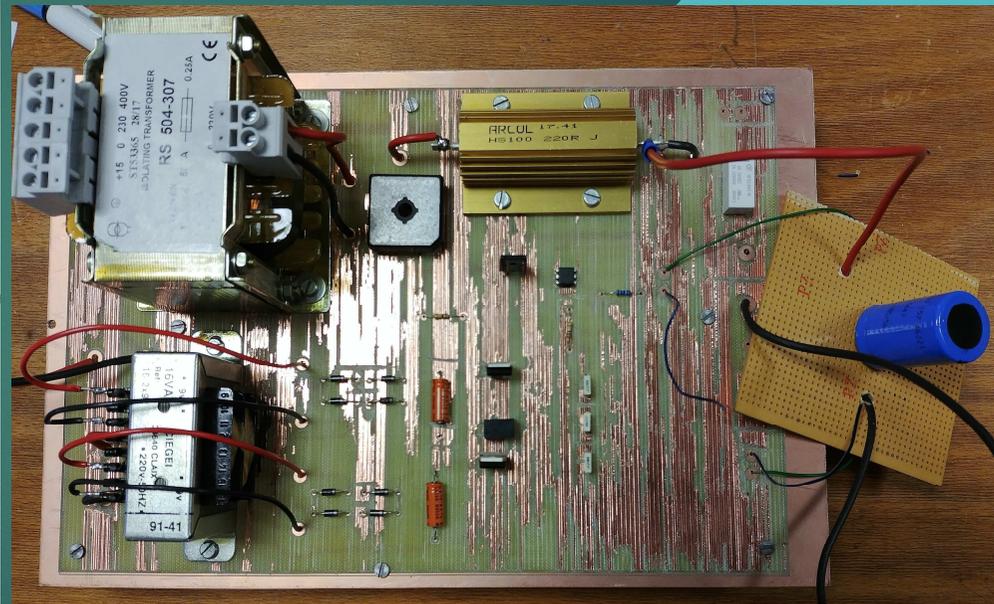
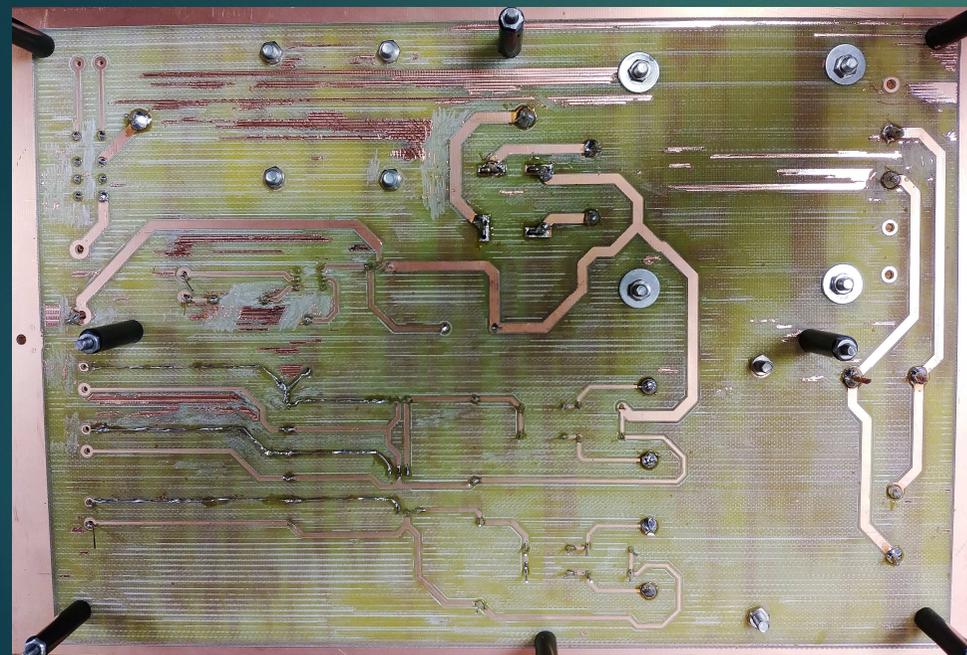


Manuel SORIN Ezobeir TARCHOULLI

# Carte d'alimentation

22

- ▶ Le montage redresseur : carte produite

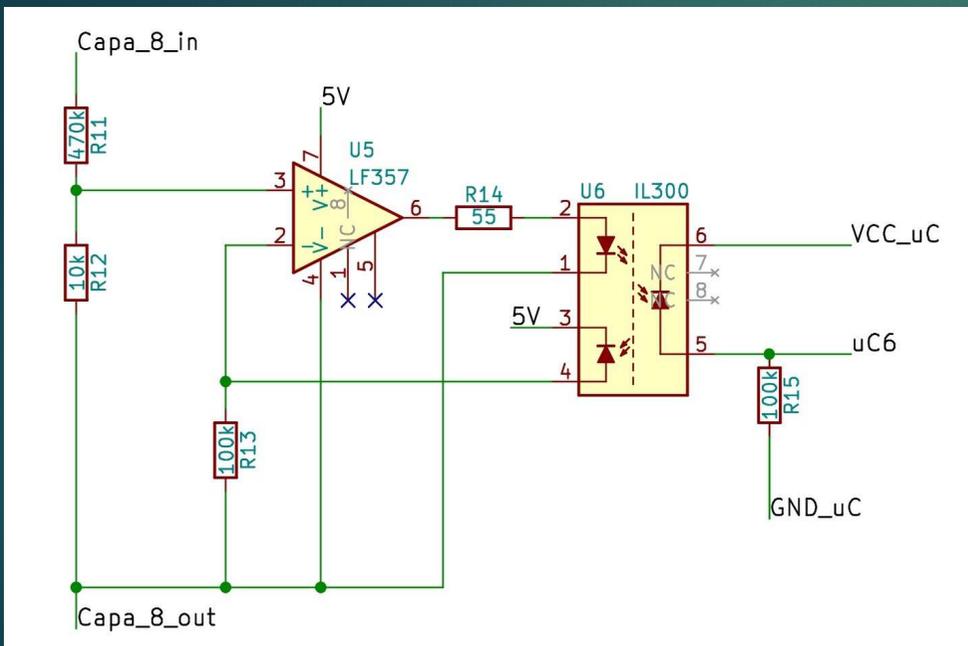


Test réalisé : charger un condensateur à 320V

# Partie commande

23

## ► Mesure de la tension



- CAN : résolution 10 bits
- Isolation galvanique :  
Optocoupleur linéaire IL300
- Pont diviseur :

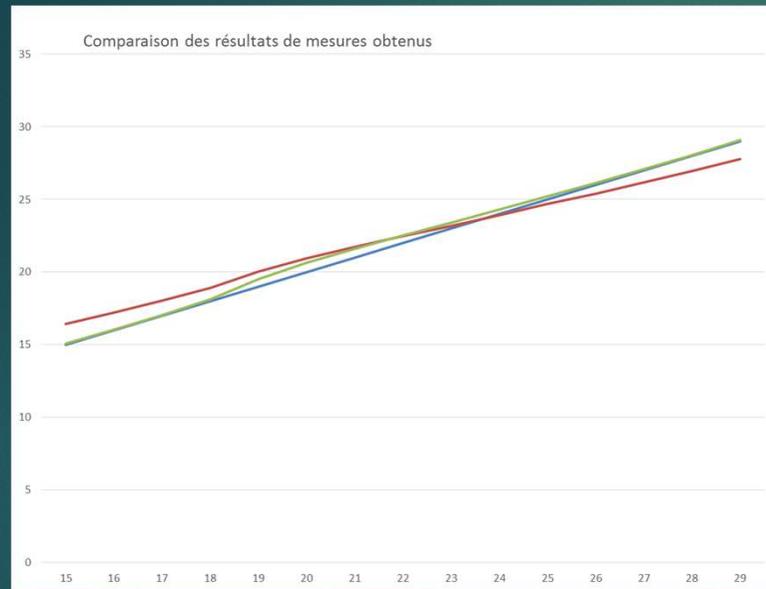
$$V_{in} = \frac{R_2}{R_2 + R_1} * V_e$$
$$V_{mesuree} = V_{in} * K$$
$$V_{CAN} = V_{mesuree} * \left(\frac{1024}{5}\right)$$

Manuel SORIN Ezobeir TARCHOULLI

# Partie commande

24

## ► Mesure de la tension : Précision de mesure



- Comparaison des résultats obtenus pour une plage de mesure : [15 V : 30 V]
- Amélioration du facteur multiplicatif de telle manière à minimiser l'erreur aux moindres carrés

- Courbe bleue : Résultat voulue
- Courbe rouge : Résultat avant amélioration
- Courbe verte : Résultat optimisé

Manuel SORIN Ezobeir TARCHOULI

# Partie commande

25

## ► Mesure de la tension : Résultats

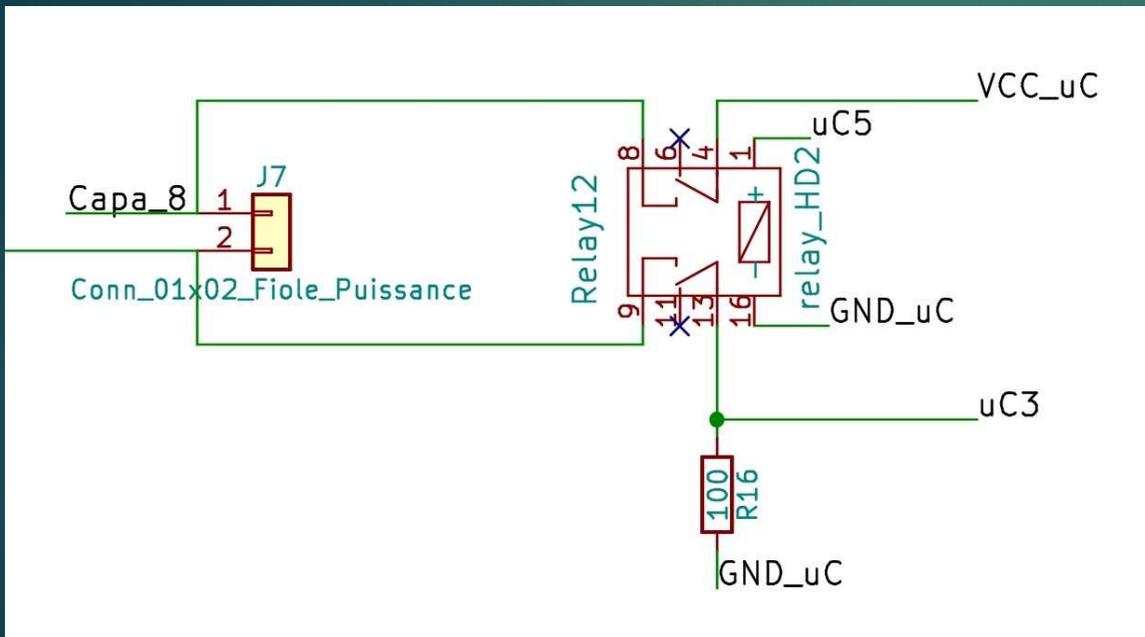


- Erreur inférieure à 0,2 V
- Valeur de test vérifiée à l'oscilloscope

# Partie commande

26

## ► Mesure de la résistance

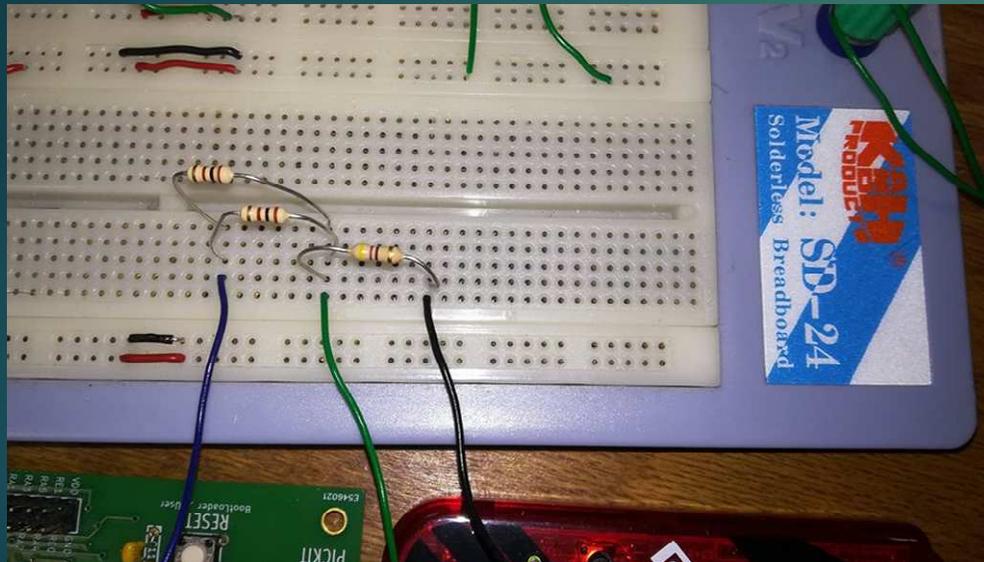


- Mesure de la résistance de la fiole par un pont diviseur et une tension continue de 5 V.
- On mesure la tension aux bornes de la résistance du pont et on en déduit la résistance de la fiole
- $$R_{Fiole} = \left( \frac{5}{V_{mesuree}} \right) * R_{pont}$$

# Partie commande

27

## ► Mesure de la résistance : Test

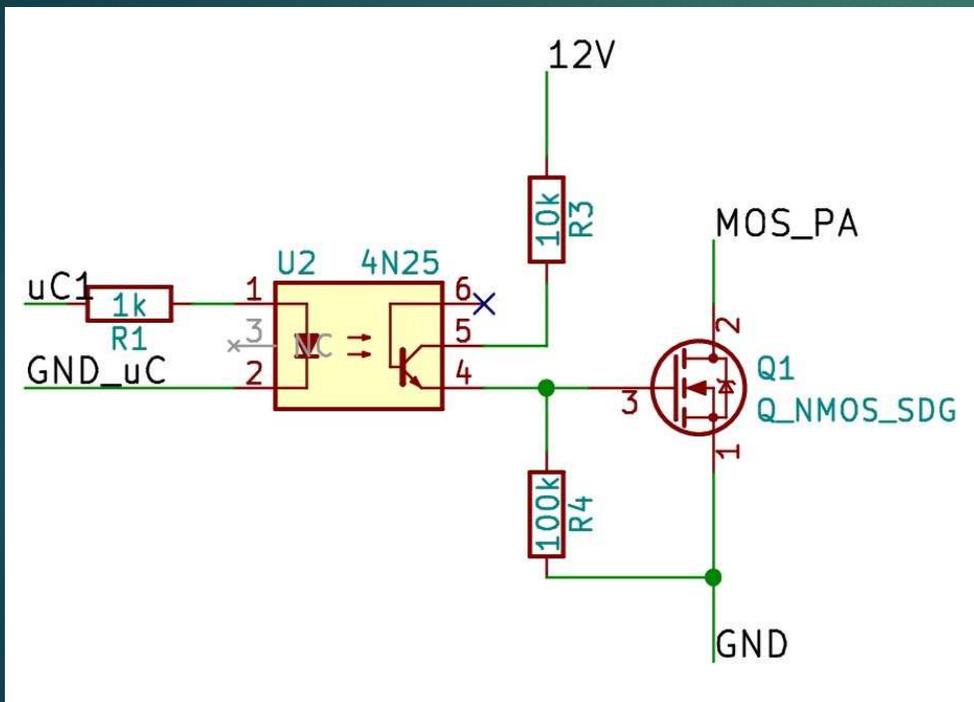


- Mesure d'une résistance de 50 Ohms

# Partie commande

28

## ► Commande des relais



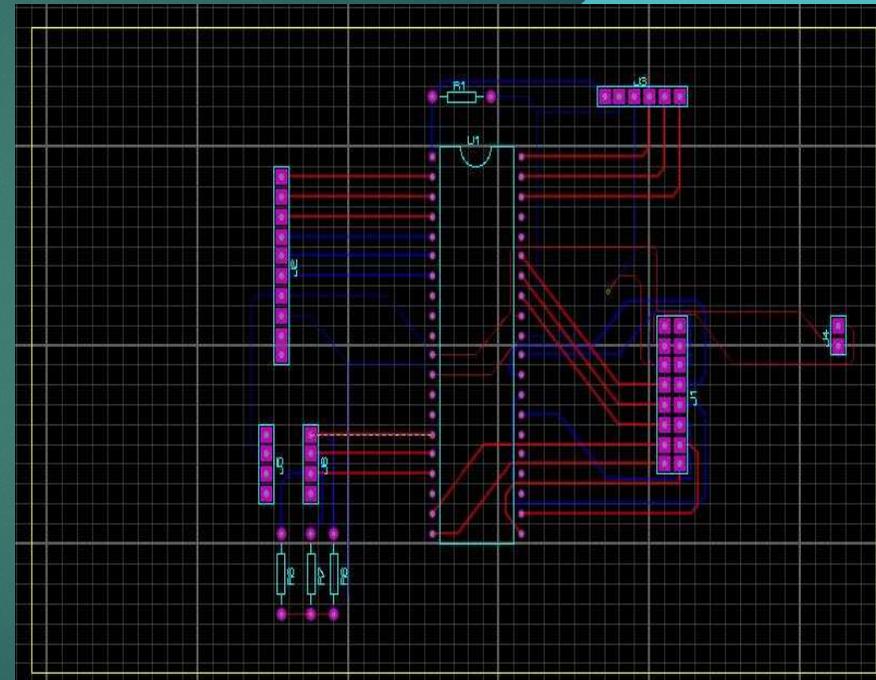
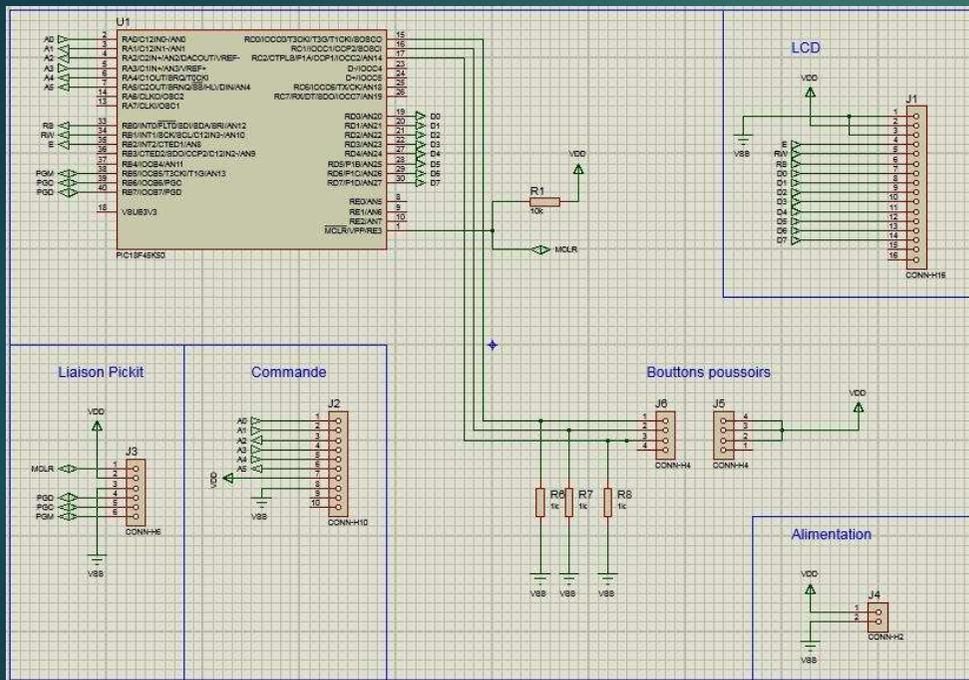
- Utilisation de relais doubles : HFD2/005
- Commande via un mosfet : commandé en tension par un microcontrolleur
- Isolation galvanique par un optocoupleur
- Test de commande de 7 relais vérifié sur la carte

Manuel SORIN Ezobeir TARCHOULI

# Partie commande

29

## ► Conception de la carte de commande



## Réalisation de la CAO de la carte de commande

# Bilan et estimation

30

## Tâches réalisées :

- Génération de la tension (carte prototype validée)
- Mesure de la tension
- Mesure de la résistance
- Commande des relais (condensateurs)
- Affichage des informations
- Schéma de la carte des condensateurs
- Production de la carte des condensateurs

## Tâches restantes :

- Test de la carte des condensateurs
- Production de la carte de commande
- Test du système global
- Protection de l'utilisateur
- Fabrication d'un boîtier et réduction en taille des cartes

Manuel SORIN Ezobeir TARCHOULI

# Bilan et estimation

31

- ▶ Estimation des ressources nécessaires à la finalisation du projet

	Tâches à compléter	Temps estimé
Partie puissance	Compléter la carte des condensateurs	16h
	Tester la charge et la décharge	16h
Partie commande	Imprimer la carte de commande	4h
	Tester le fonctionnement du microcontrôleur dans sa globalité	8h
	Isoler la partie commande de la partie puissance	8h
Partie Sécurité	Etude de possibilité d'arc électrique	16h
	Protection de l'utilisateur	16h
	Protection des composants	16h
		Total : 100h

Manuel SORIN Ezobeir TARCHOULI

# Bilan et estimation

32

## ► Aspect sécurité

Risque d'arc électrique :

- Courant = 100 A
- Résistance de Fiole minimale =  $\frac{2300}{100} = 23 \Omega$

Solution :

- Ne pas lancer la charge

Manuel SORIN Ezobeir TARCHOULI

# Conclusion

33

- ▶ La solution proposée au client est une solution à moindre coût
- ▶ Le fonctionnement a été validé théoriquement et expérimentalement
- ▶ La reprise du projet :
  - Investissement de 100 heures

Manuel SORIN Ezobeir TARCHOULI

Merci de votre attention