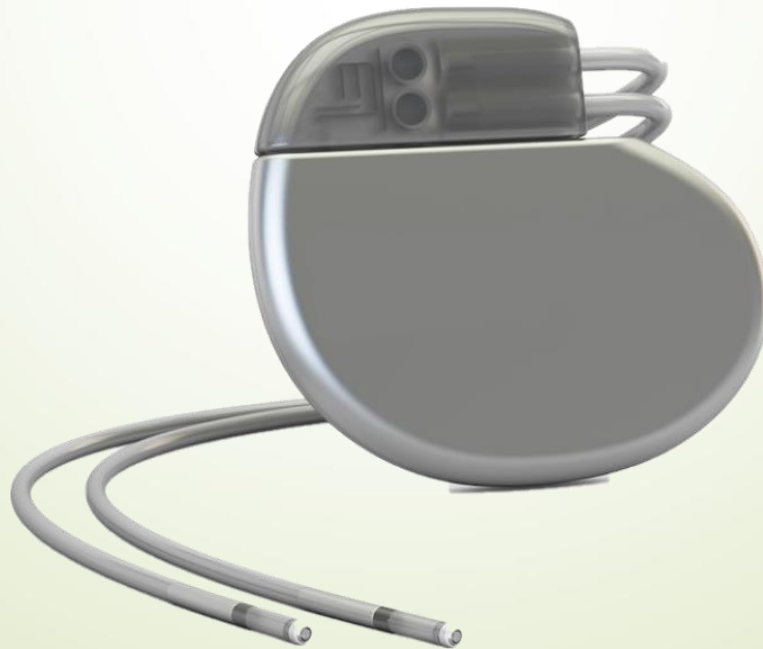


# Stimulateur cardiaque interne à accumulateur Li-ion

Candidat 44134

Thomas Schneider



# Enjeux et problématique

- 4 millions de patients;
- Appareil nécessitant d'être remplacé régulièrement (tous les 2 à 15 ans);
- Opération chirurgicale lourde demandant une surveillance prolongée.

*Comment permettre la recharge d'un stimulateur cardiaque interne et en suivre l'évolution dans le temps ?*

# I - Recharge par induction

I.a – Choix de la batterie

I.b – Transmission par induction

I.c – Redressement du signal

## Quelle batterie utiliser ?

Pile Lithium-ion RS Pro,  
LIR2450



### Choix de la pile Lithium-ion:

- Haute densité massique d'énergie : de 100 à 265 Wh/kg
- Poids : 7,5 g
- Diamètre : 24mm / Hauteur : 5 mm
- Durabilité : 500 recharges
- Capacité : 120 mAh

## Cahier des charges

Pile Lithium-ion RS Pro,  
LIR2450



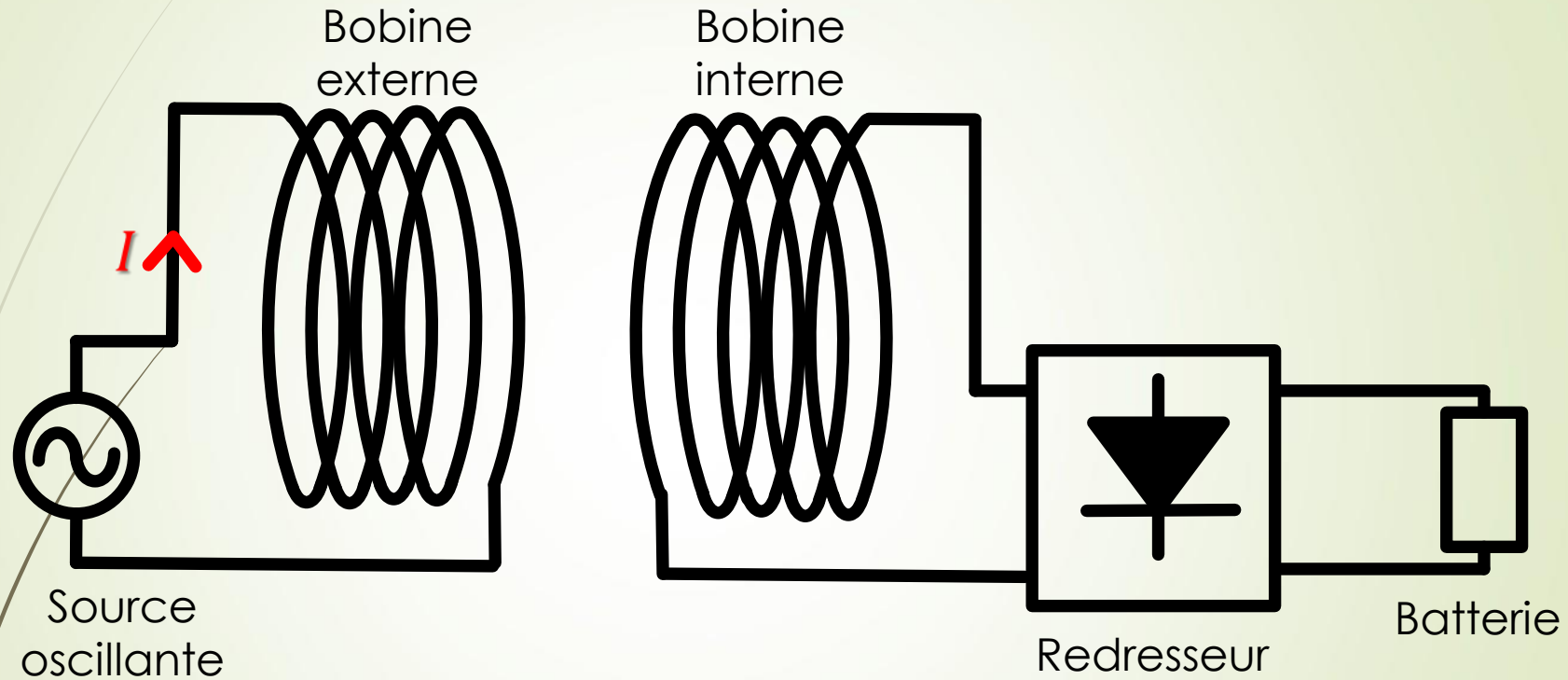
### Concernant la pile :

- Recharge en Courant Continu : 40 mA
- Tension de charge continue : 4,2 V

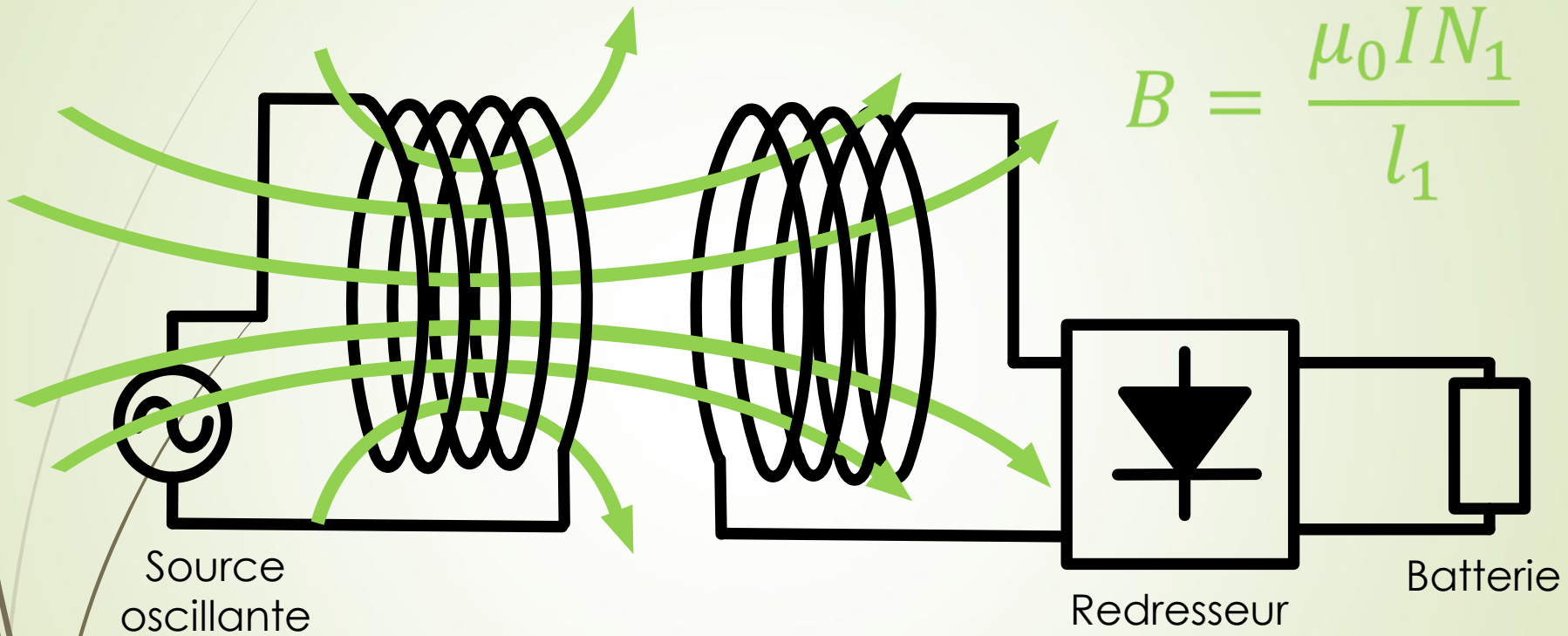
### Contexte global d'utilisation:

- Fréquence de recharge différente des fréquences médicales : 400 MHz

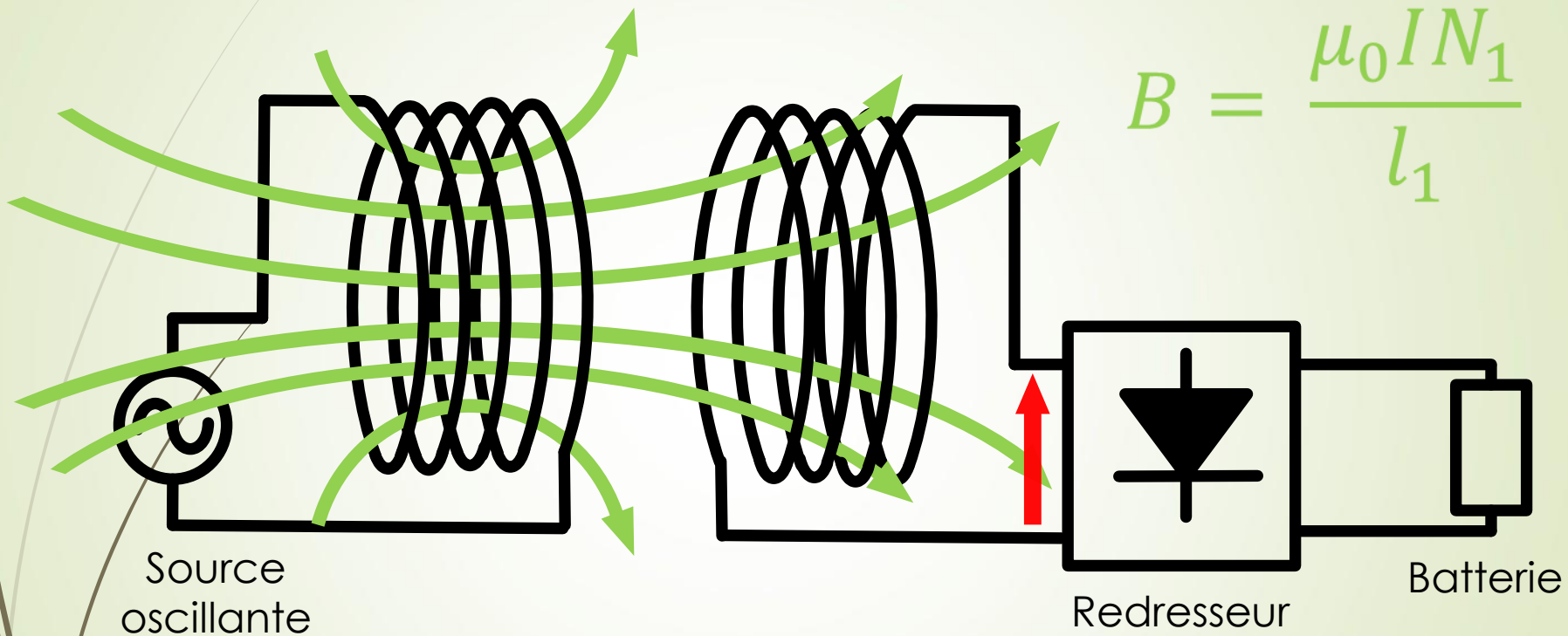
## Modélisation



## Modélisation



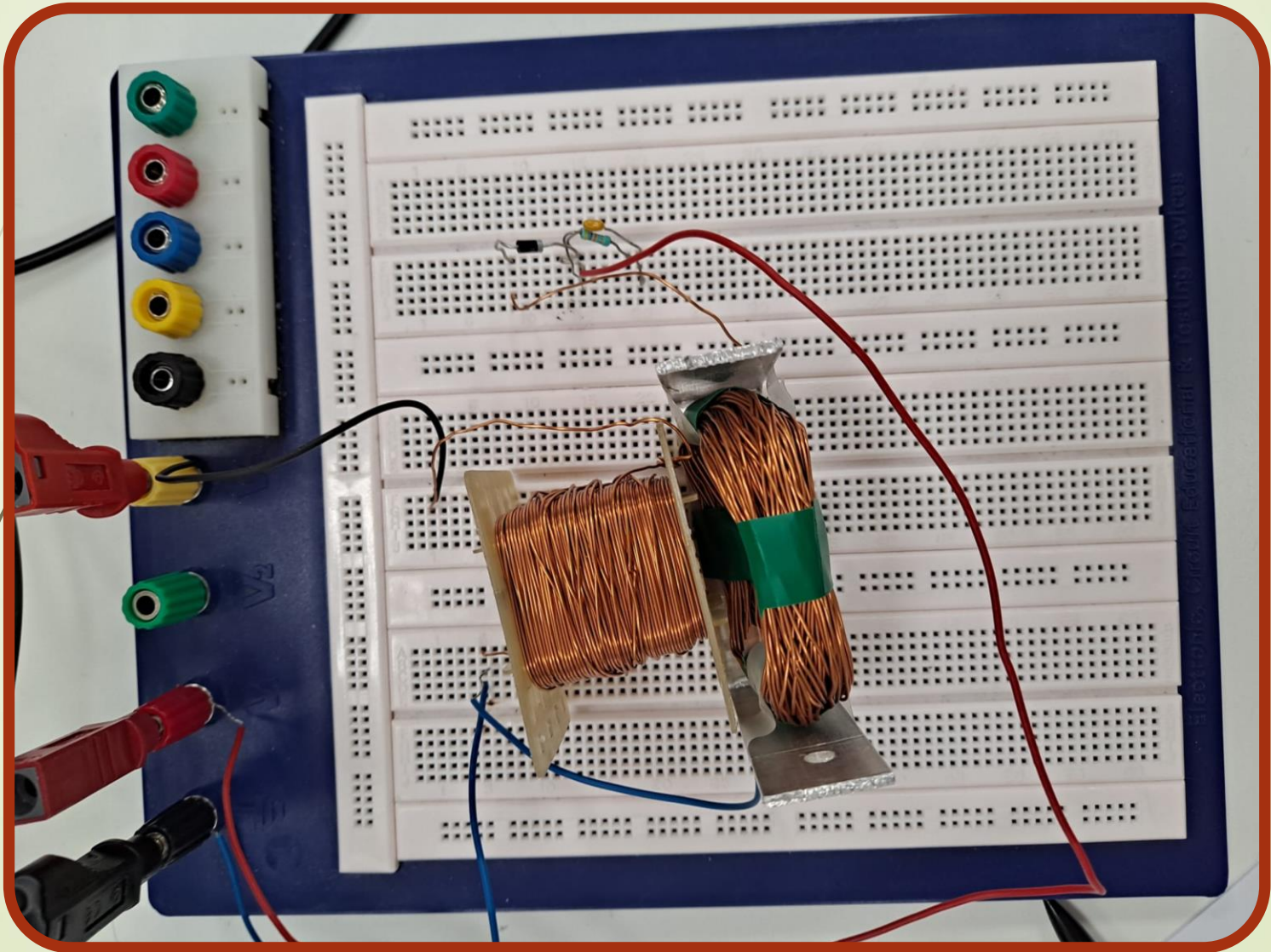
## Modélisation



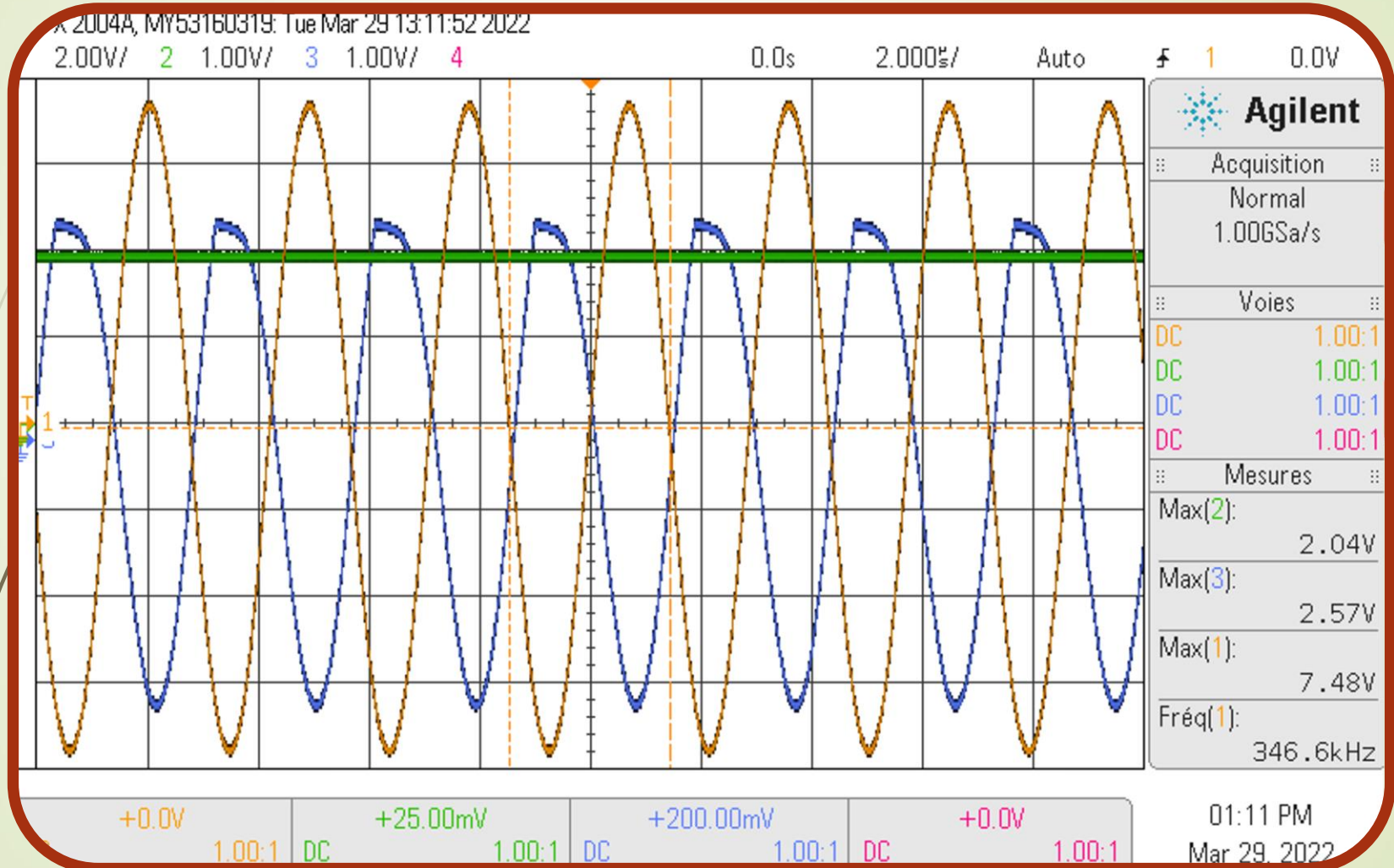
$$e_{induit} = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -\frac{N_1 N_2}{l_1} \pi R_2^2 \mu_0 \frac{dI}{dt}$$



## Dispositif expérimental



## Résultats expérimentaux

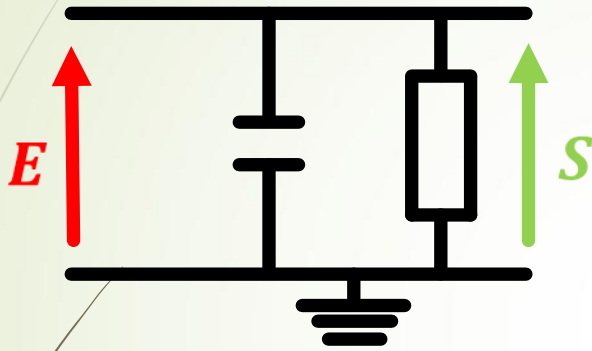


➡ Signal orange : Entrée

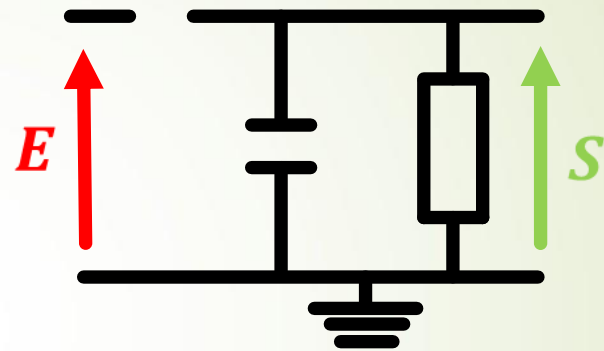
➡ Signal bleu : Sortie

## Redressement du signal

➔ Utilisation d'un détecteur de crêtes

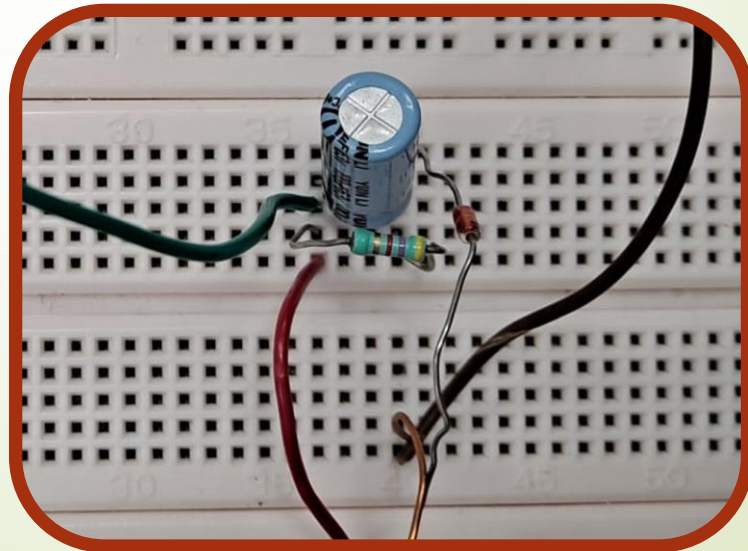


Diode passante :  $S = E$

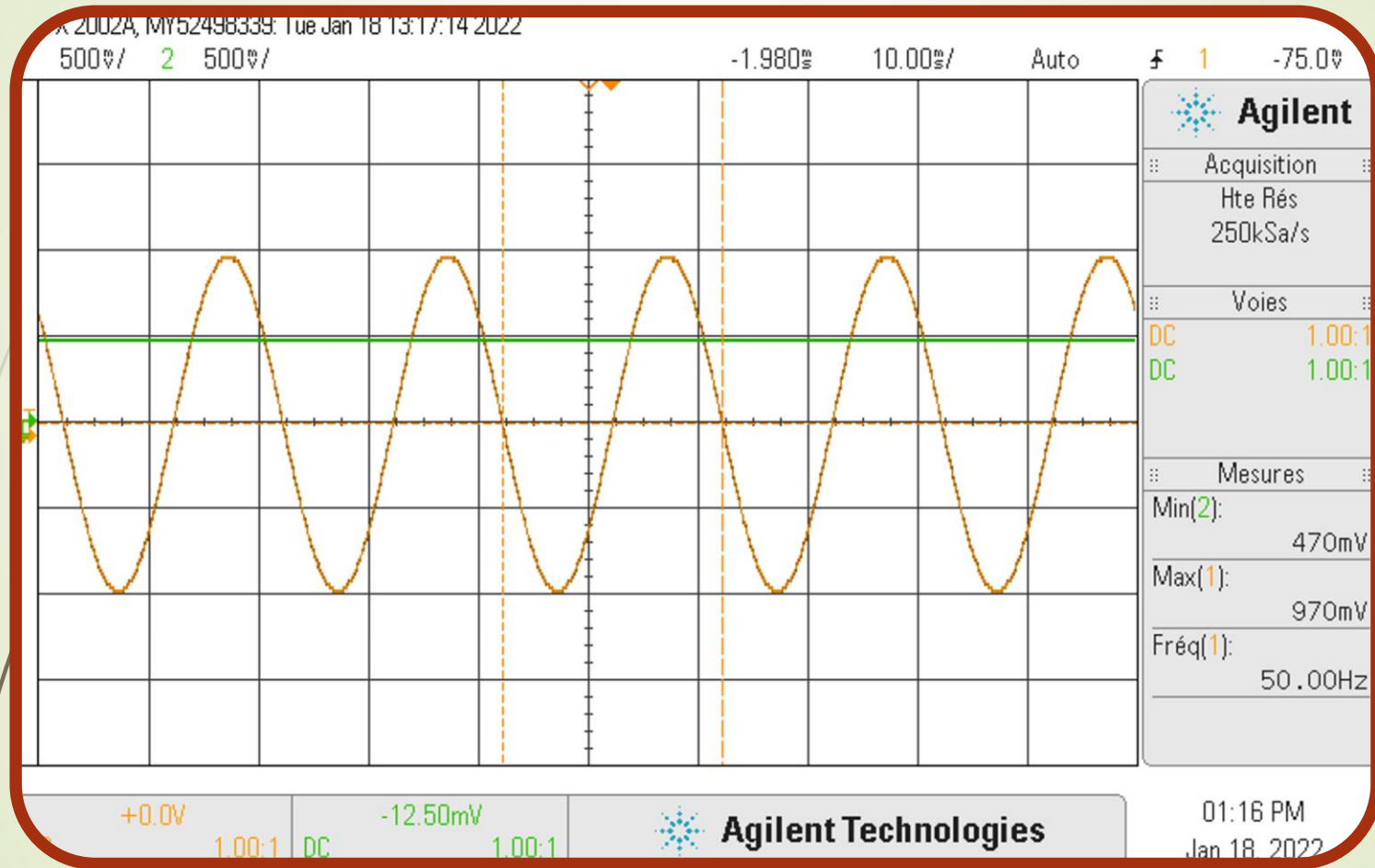


Diode bloquante :  $S(t) = E e^{-\frac{t}{RC}}$

➔ Montage expérimental



## Résultats expérimentaux

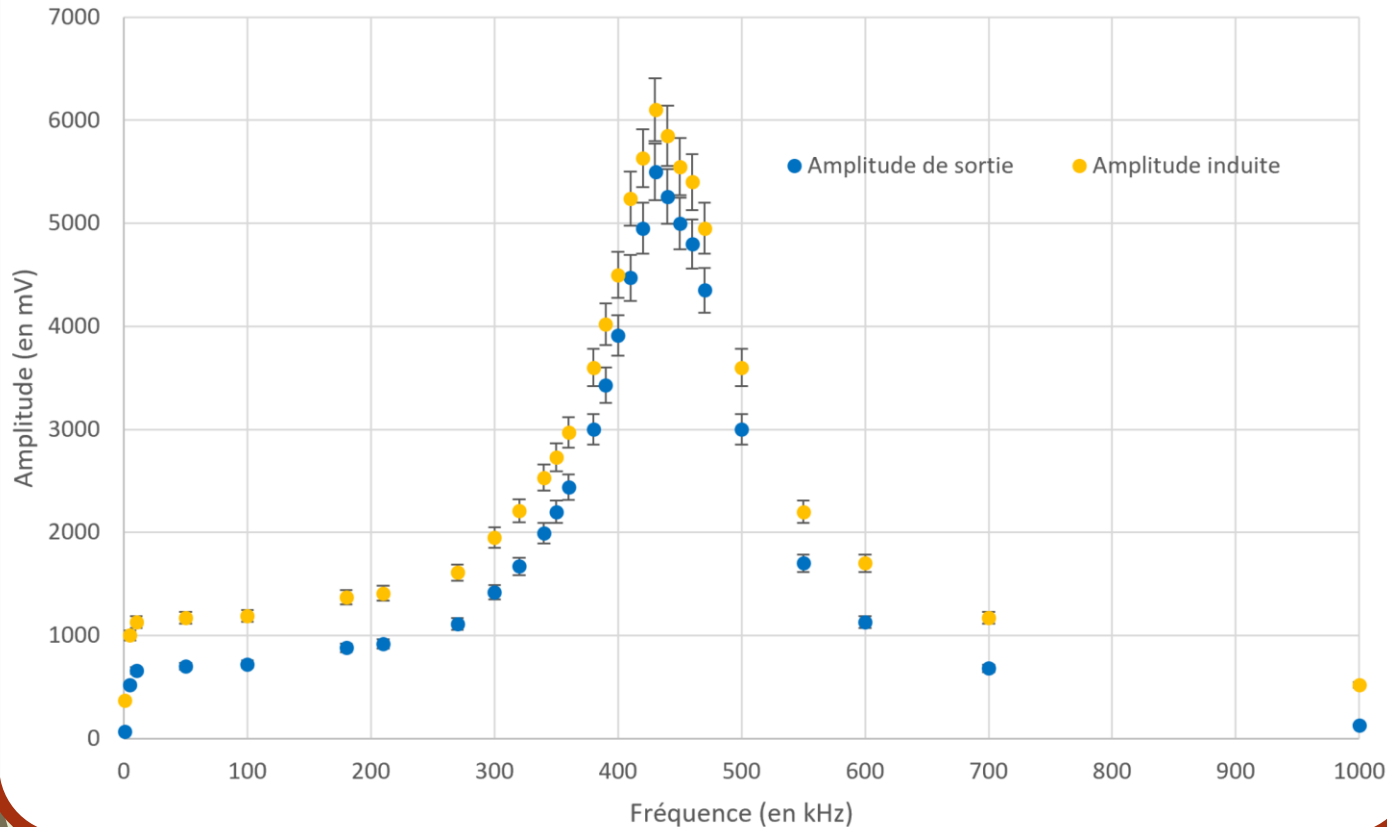


➡ Obtention d'un signal continu



## Effet de la fréquence sur la recharge

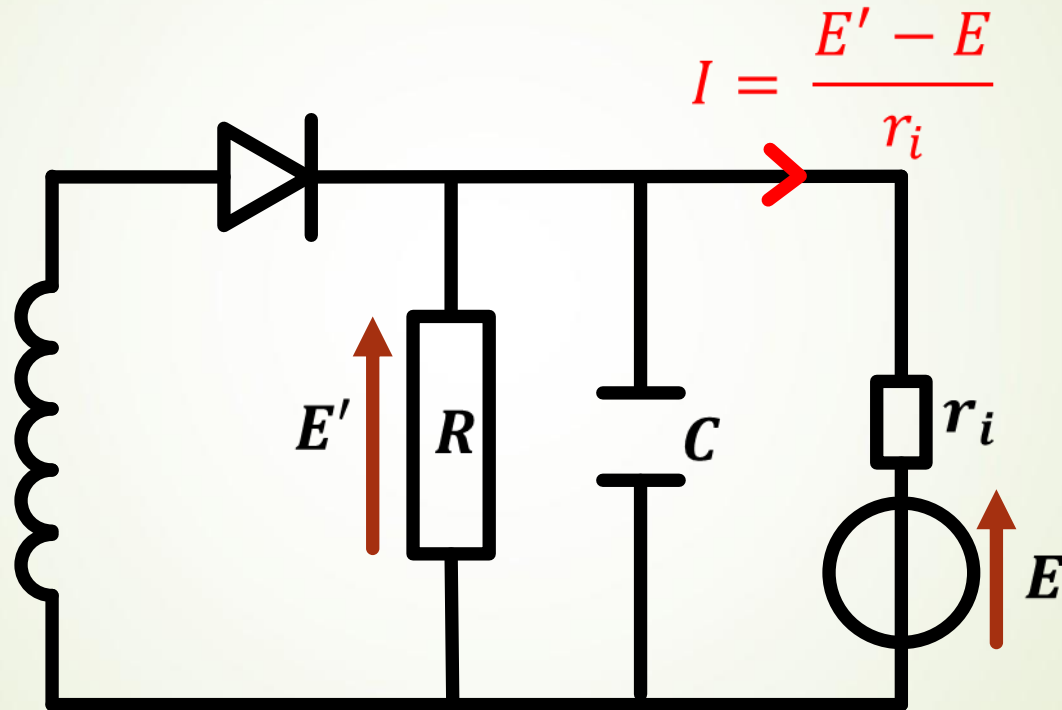
Evolution en tension en fonction de la fréquence



- Amplitude maximale pour 430 kHz, pour une alimentation à 7,5 V

## Courant de recharge

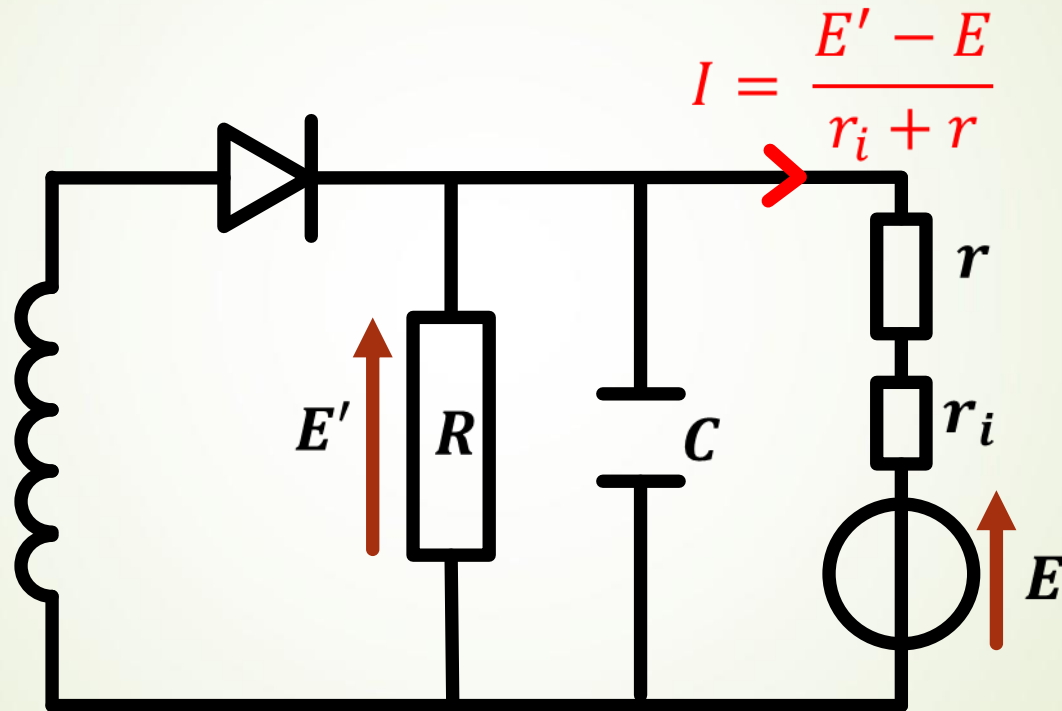
- Circuit électrique du dispositif



- Résistance interne de la batterie :  $r_i = 400 \text{ m}\Omega$

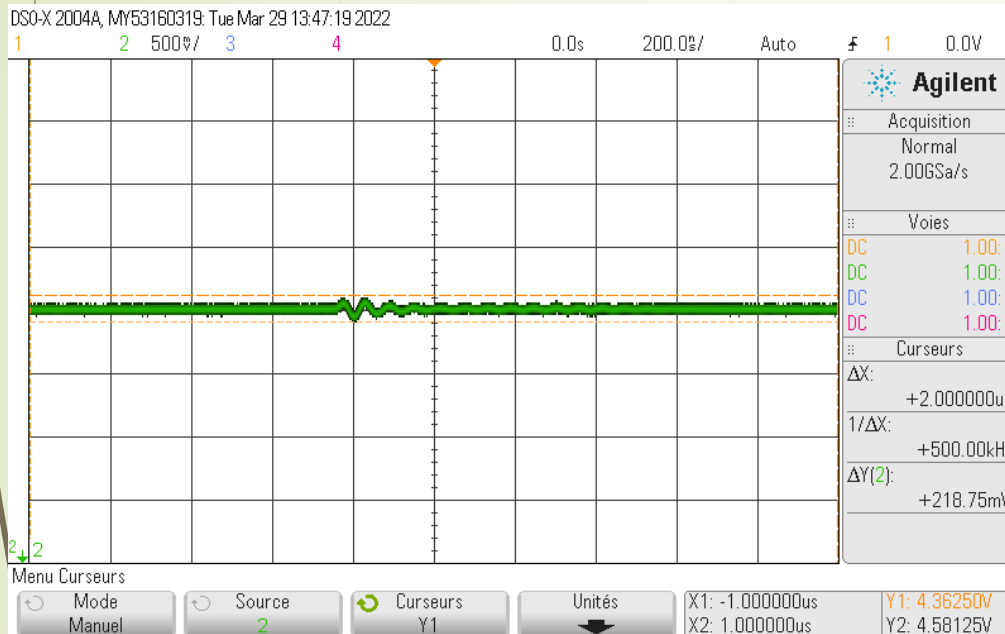
## Courant de recharge

- Circuit électrique du dispositif



- Résistance interne de la batterie :  $r_i = 400 \text{ m}\Omega$
- Ajout d'une résistance en série :  $r = 14,4 \text{ }\Omega$

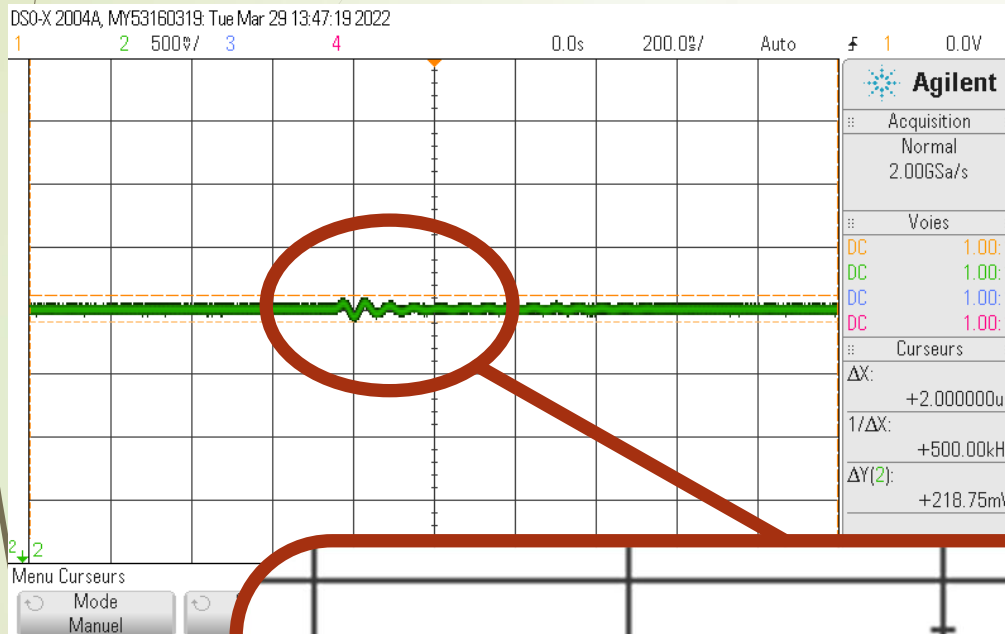
## Tension aux bornes de la pile



➡ Variation de tension en sortie du redresseur



## Tension aux bornes de la pile



- Variation de 109 mV;
- Durée de perturbation: 200 ns.

## II - Traitement de l'information: Emission par Bluetooth

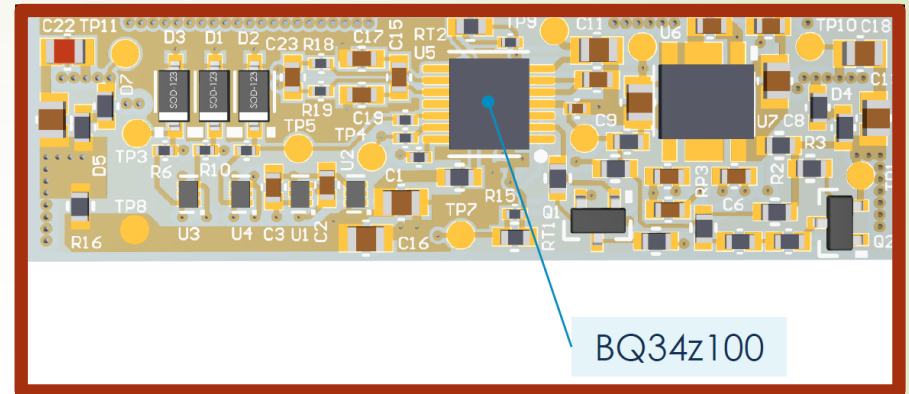
**II.a** – Suivi de la batterie

**II.b** – Transmission par Bluetooth

**II.c** – Complexité de l'algorithme

## Suivi de l'état de la batterie

- Suivi par carte intégrée Texas Instrument

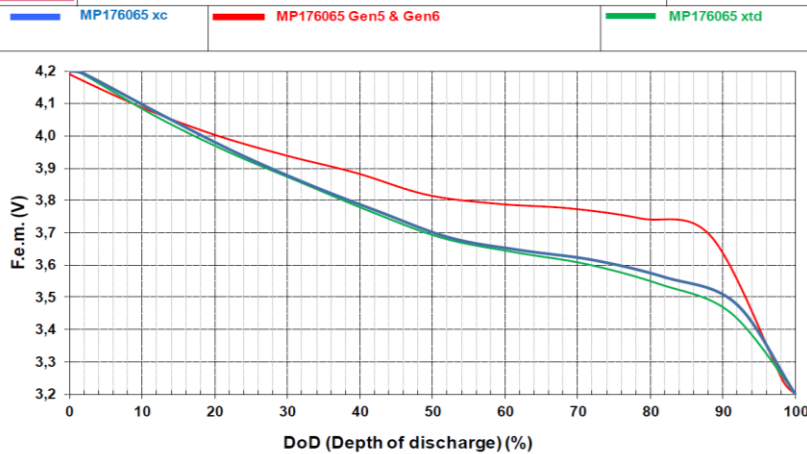


FEM= f (DoD) @ +20°C



f.e.m=F(DOD) @ 20°C

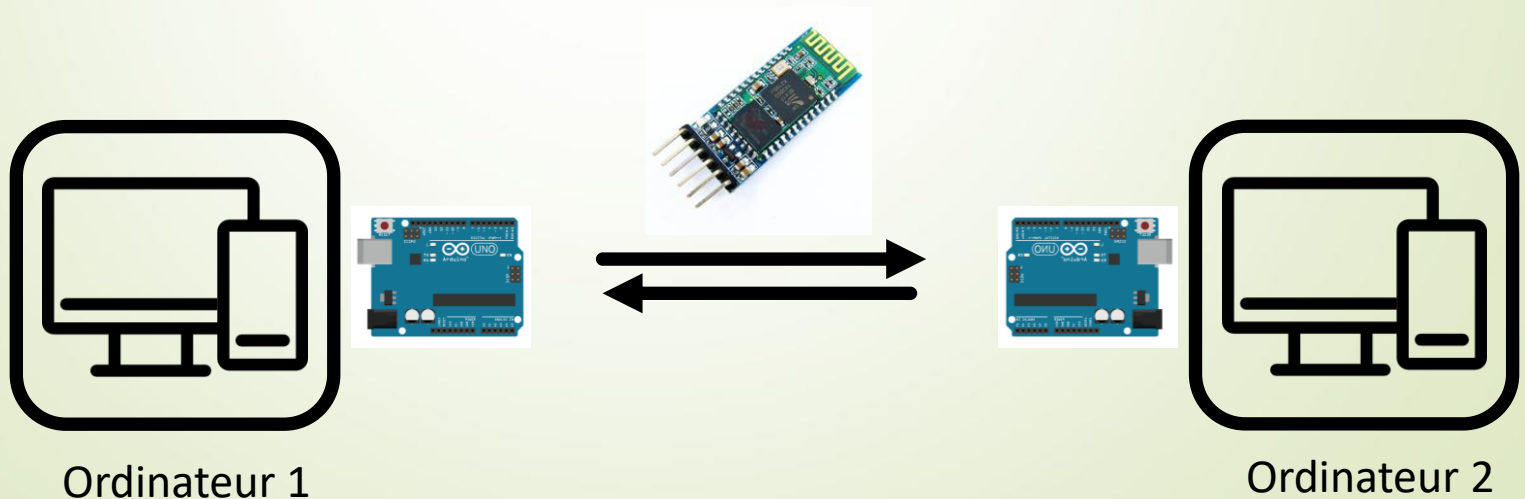
Li-ion



- Evolution de la tension de sortie en fonction de l'état de charge

## Transfert de données par Bluetooth

- Nécessité d'un échange de données sans fil
- Choix du Bluetooth:
  - Massivement répandu
  - Faible consommation énergétique
- Arduino et module HC-05



# Code Arduino

- Code de réception et d'émission du signal

### Simple\_Communication\_9600

```
5
6
7 // Définition des variables
8 SoftwareSerial Port_Bluetooth(10,11); // On crée un port virtuel //Entrée // Sortie
9
10
11 // Fonction de démarrage, s'exécute une seule fois:
12 void setup() {
13   Serial.begin(9600);
14   Port_Bluetooth.begin(9600);
15   Serial.println("Commencer la discussion :");
16 }
17
18
19 // Fonction principale du programme, s'exécute en boucle:
20 void loop() {
21   if (Serial.available() > 0) { // Envoi des données
22     while (Serial.available() > 0) {
23       Donnees_a_envoyer = Serial.read();
24       Port_Bluetooth.write(Donnees_a_envoyer); // Envoi sous forme de char
25
26       Donnees_recues += Donnees_a_envoyer; // On recompose les données envoyées
27       delay(100);
28     }
29     Serial.print("> Ordinateur_1 : ");
30     Serial.println(Donnees_recues); // retour de ce qui a été tapé
31   }
32   if (Port_Bluetooth.available() > 0) { // Réception des données
33     Donnees_recues = Port_Bluetooth.readString();
34     Serial.print("> Ordinateur_2 : ");
35     Serial.println(Donnees_recues);
36   }
37
38   if (Donnees_recues != "") {
39     Donnees_recues = "";
40   }
41 }
```

COM3

Fine

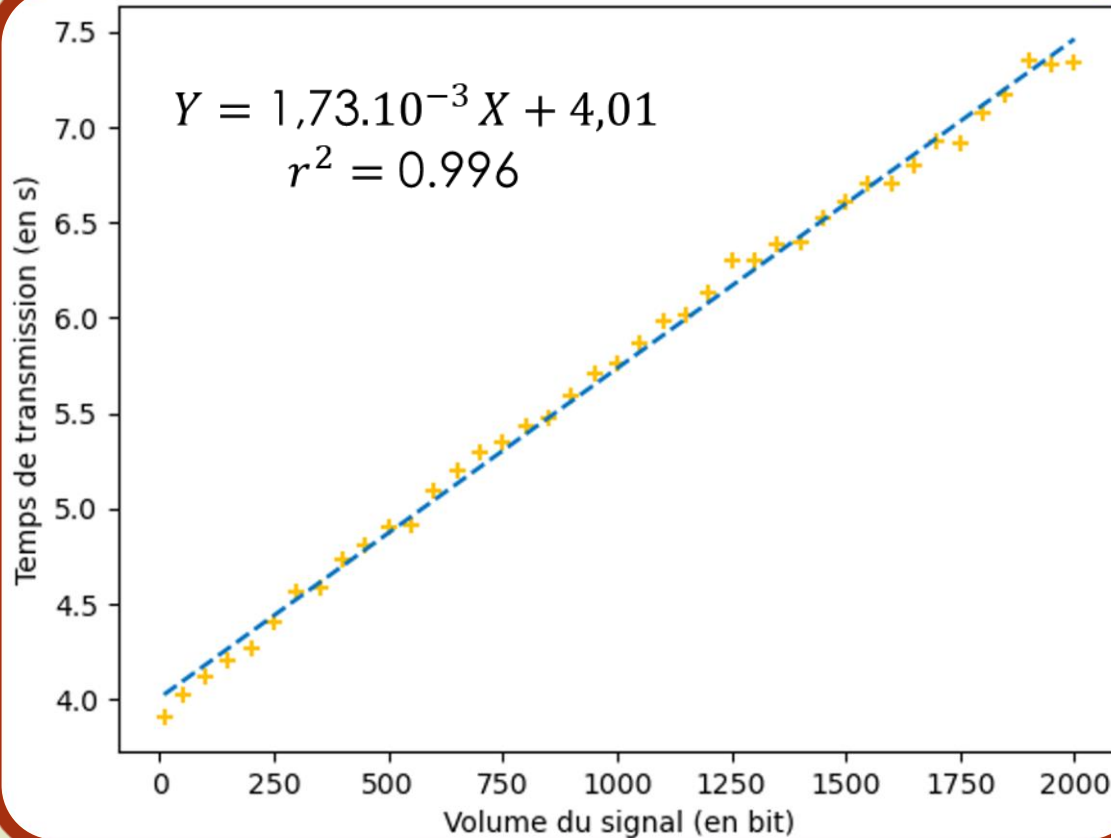
Envoyer

```
Commencer la discussion :
> Ordinateur_1 : Hello World

> Ordinateur_2 : Hello

> Ordinateur_2 : How are you ?
```

# Complexité de l'algorithme



- Passage sous Python
- Complexité en  $O(n)$
- Répond à un enjeu énergétique

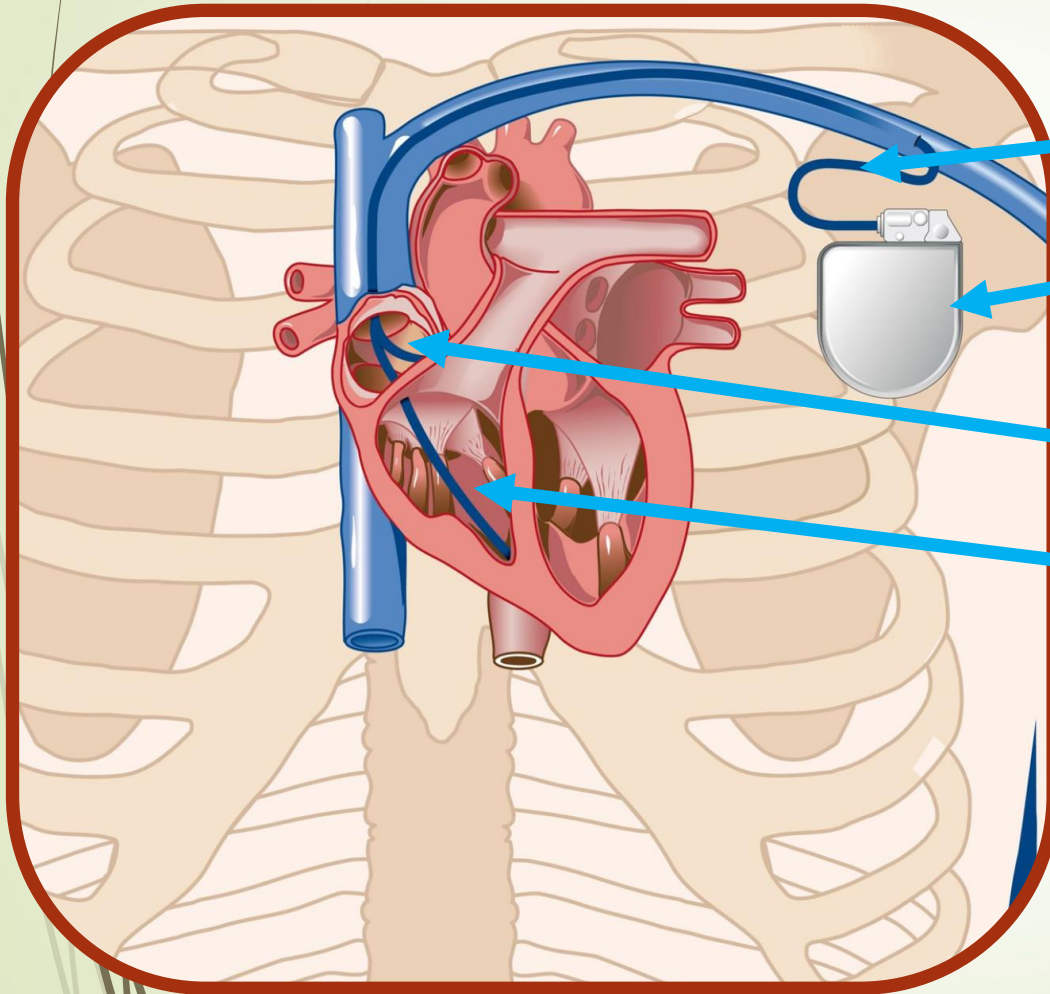
# Conclusions

- Stimulateur cardiaque rechargeable par induction
- Suivi de la batterie et transmission d'information fiable

## Limites

- Sécurité :
  - Port d'une batterie Li-ion sous la peau
  - Danger de l'exposition à un champs magnétique proche
- Coût : Nécessité d'une miniaturisation poussée

## Fonctionnement d'un pacemaker



Sonde

Boîtier sous la  
clavicule

Oreillette droite

Ventricule droit

- Suivi du rythme cardiaque du patient
- En cas d'anomalie: stimulation électrique



## Autre type de stimulateur cardiaque

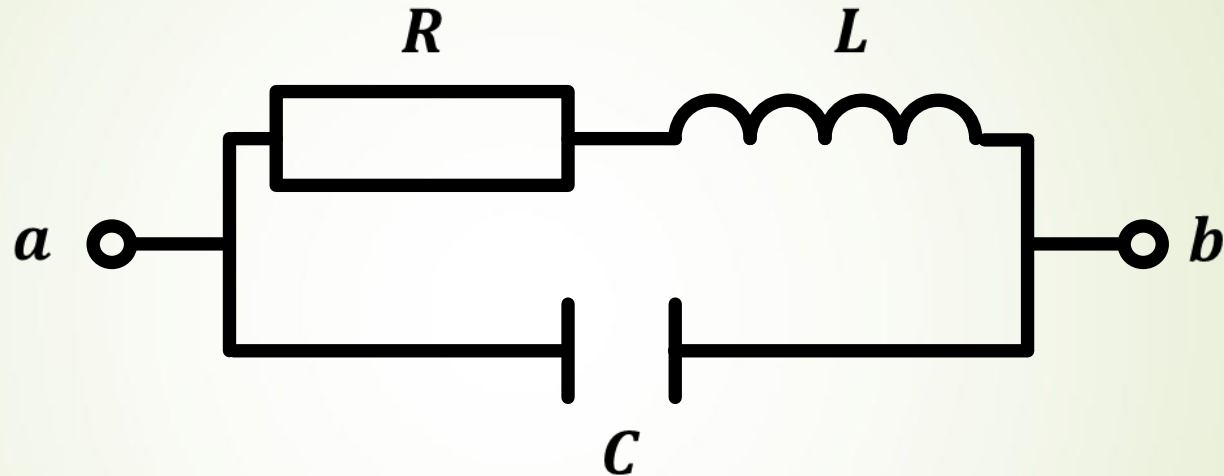
- Modèle Micra : directement dans le cœur



- Directement au niveau du cœur
- Sans sonde

## Modèle d'une inductance

➔ Caractère : Filtre passe-bande



➔ Impédance équivalente :  $Z_{eq} = \frac{R + jL\omega}{1 + jRC\omega + (j\omega)^2 LC}$