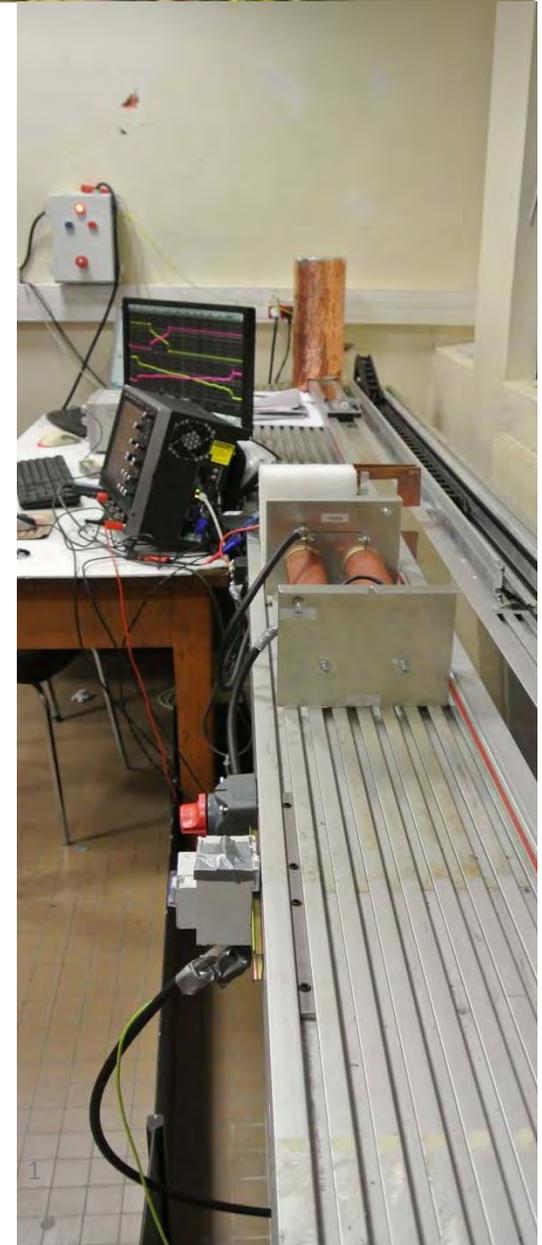


# Etude expérimentale de l'apparition des taches cathodiques et anodiques lors de la création d'un arc électrique

ABBAOUI M'hammed  
PERISSE Frédéric  
LEFORT André



## Sommaire

1. Objectifs et intérêt scientifique
2. Le montage expérimental
3. Mesures sur des matériaux purs (Ag – Cu)
4. Mesures sur des matériaux purs et alliages
5. Mesures préliminaires sur les oxydes à base d'argent
6. Ce qu'il reste à faire
7. Conclusion

# 1. Objectifs et intérêt scientifique

1. Déterminer, lors de la création de l'arc :

- l'évolution de la tension  $v_{\text{arc}}$  ;
- l'évolution du courant  $i_{\text{arc}}$  ;
- le déplacement des contacts.

2. En déduire les valeurs des chutes  $V_a$ ,  $V_c$ .

3. Paramètres :

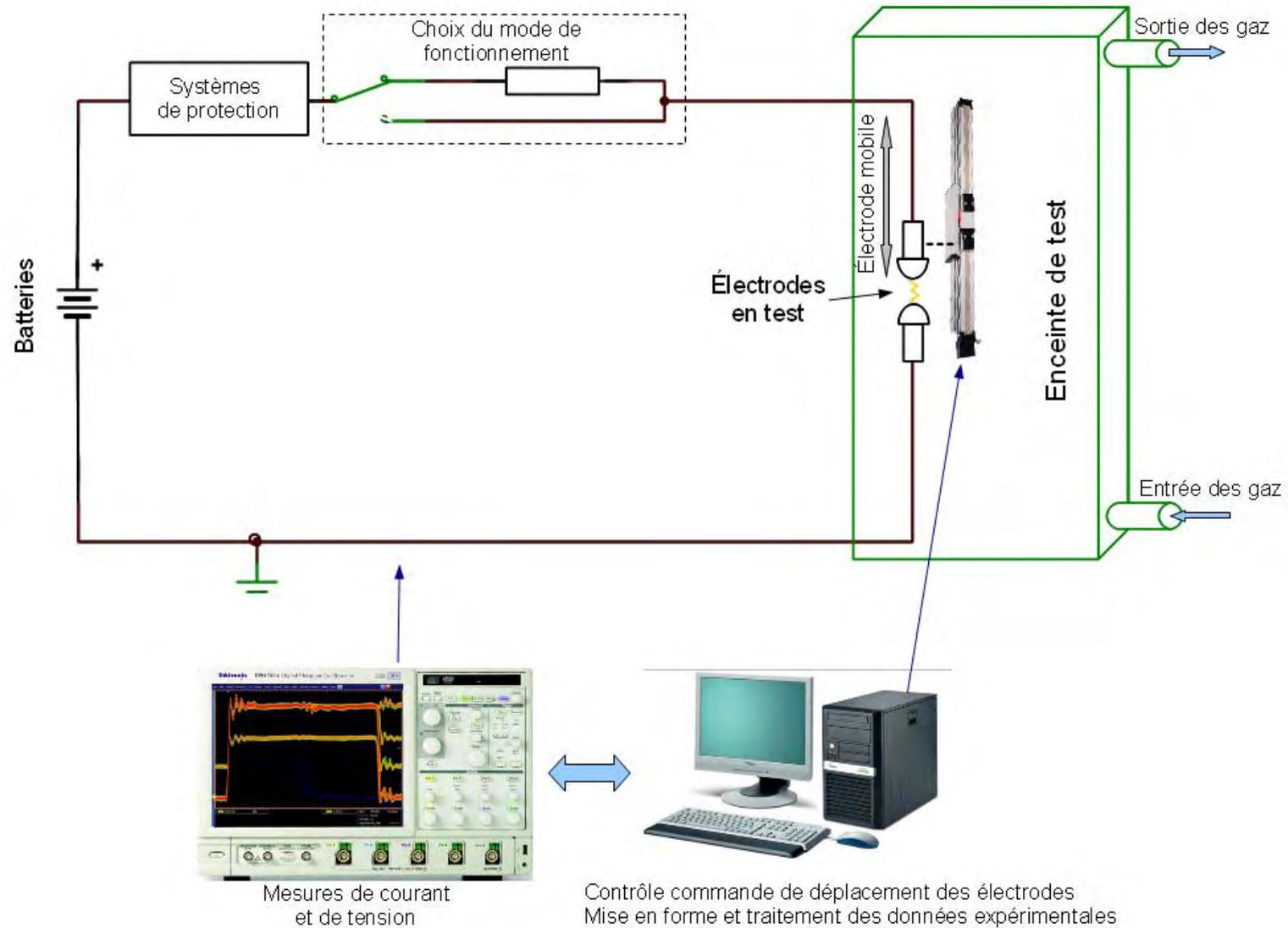
- vitesse de déplacement (0 - 10 m/s) ;
- courant (0 – 20 A) ;
- nature du matériau (Cu, Ag, Ag-oxyde, autres alliages) ;
- nature du milieu (gaz)

## 1. Objectifs et intérêt scientifique

1. Mise en évidence des différentes phases d'initiation de la création des pieds d'arc et de l'arc.
2. Analyse de la stabilité des chutes  $V_a$  et  $V_c$  en fonction des paramètres.
3. Confronter les valeurs des tensions obtenues avec les caractéristiques intrinsèques du métal : potentiel d'ionisation, travail de sortie...
4. Création d'une banque de données accessible.

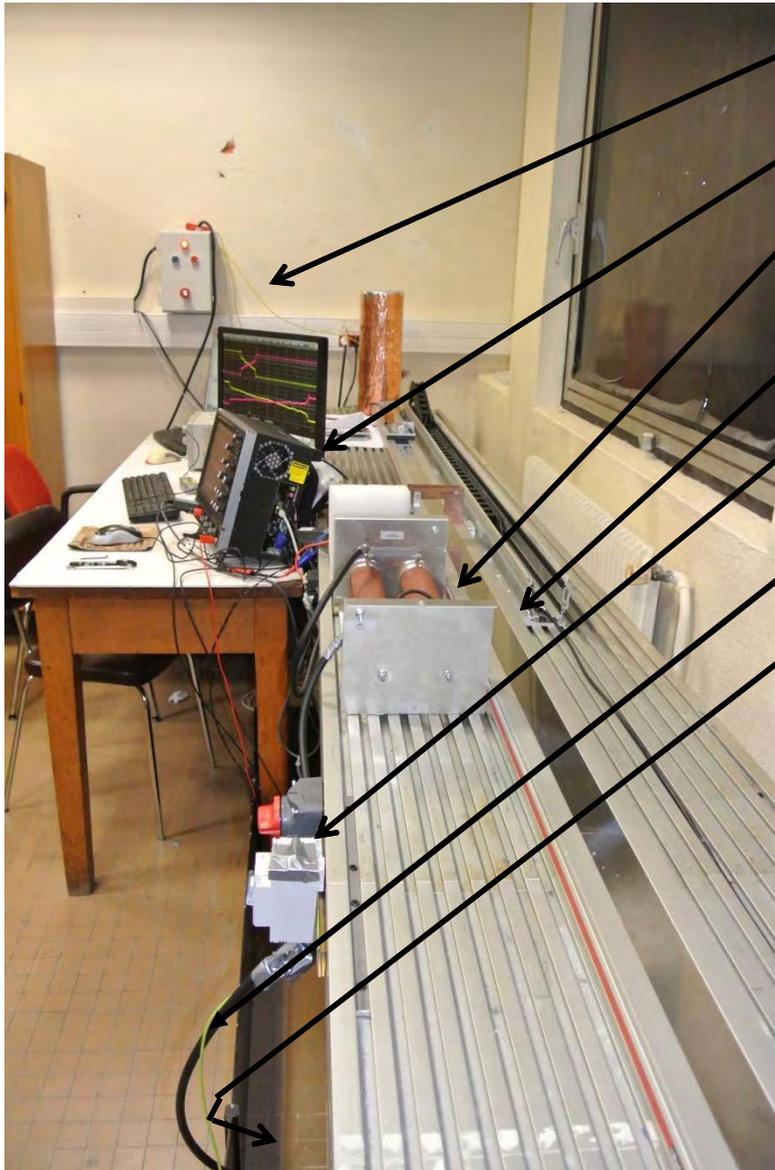
## 2. Le montage expérimental

### Proposition



## 2. Le montage expérimental

### Réalisation



Ensemble variateur et commande

Oscilloscope

Résistance à faible inductance  
(réglage du courant)

Axe linéaire

Système de protection (fusible,  
disjoncteur, coupe circuit)

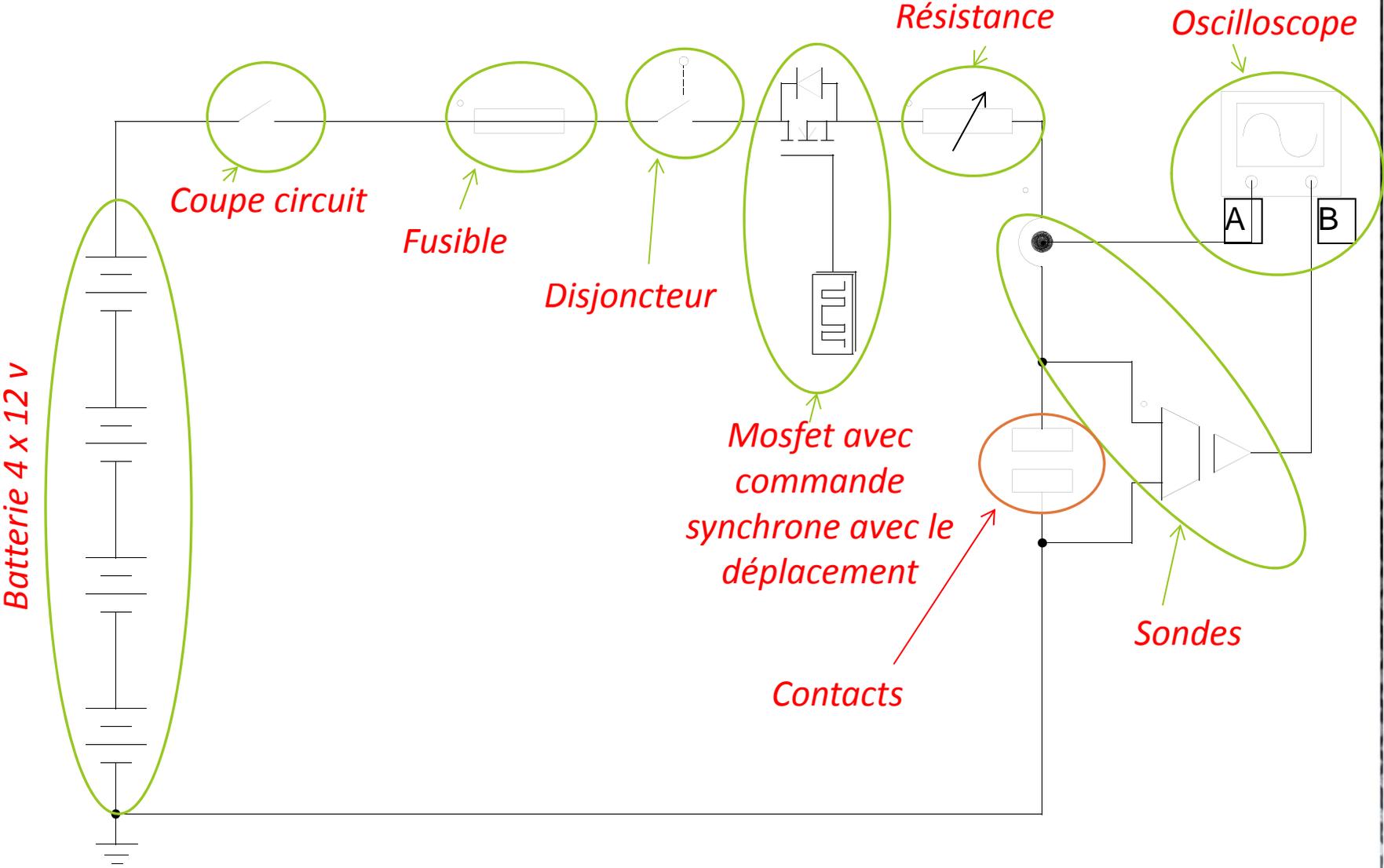
Câbles blindés

Ensemble batteries 4x12V

- **Axe linéaire (parker origa) + Moteur/  
Variateur Eurodrive : SEW**
  - *Axe linéaire (courroie crantée) : 180  
mm/tour*
  - *Vitesse maxi : 10 m/s*
  - *Accélération maxi : 40 m/s<sup>2</sup>*
  - *Résolution : 4096 pas/tour*
  - *Précision linéaire : 180/4096 = 44 μm*

# 2. Le montage expérimental

Schéma électrique



## 2. Le montage expérimental

### Commande et mesure

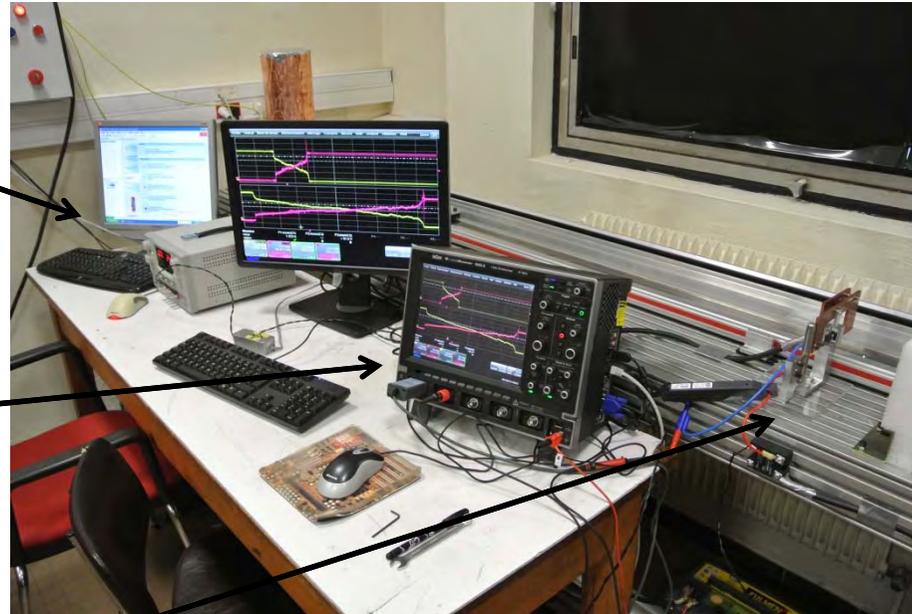
Commande du variateur de vitesse:

- Positionnement
- Vitesse
- Accélération

Mesure des paramètres de l'arc

- Tension
- Courant

Système d'ouverture



## 2. Le montage expérimental

### Outils de mesure

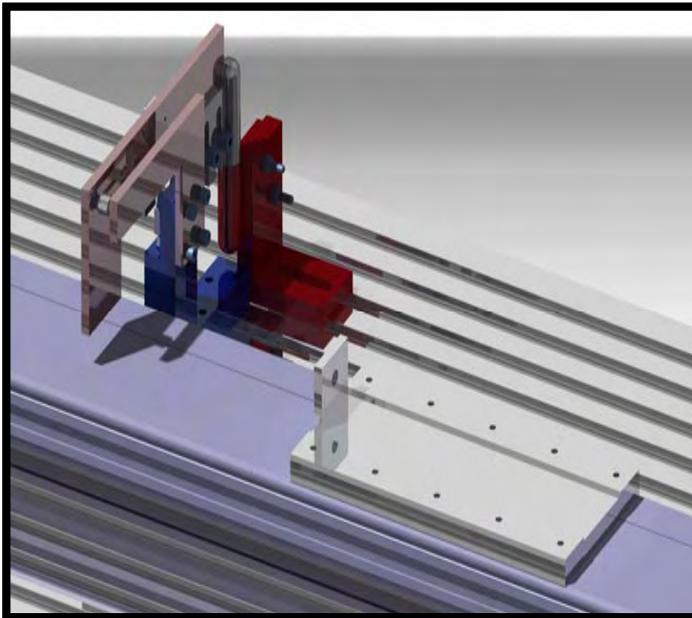
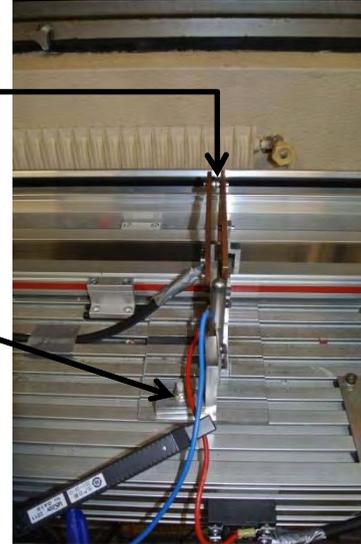
- **Oscilloscope 4 voies : Lecroy 104Xi-A**
  - *Acquisition : 12.5 Mpts*
  - *Bande passante : 1 GHz*
  - *Temps de montée : 300 ps*
  - *Sensibilité mini : 2 mV/div*
  - *Résolution 0.2 mV*
- **Sonde de courant : CPO31**
  - *Bande passante : 100 MHz*
  - *30 A<sub>rms</sub>, 50 A<sub>max</sub>*
- **Sonde de tension : PPE4kV**
  - *4 kV (AC + DC) jusqu'à 2 MHz*
  - *6 kV (en impulsionnel) jusqu'à 5 MHz*
  - *300 V (en impulsionnel) à 1 GHz*

## 2. Le montage expérimental

### Systeme d'ouverture des contacts

Matériaux de contacts

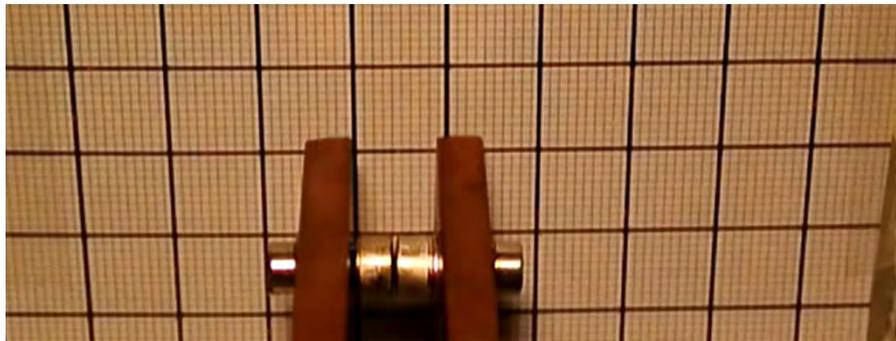
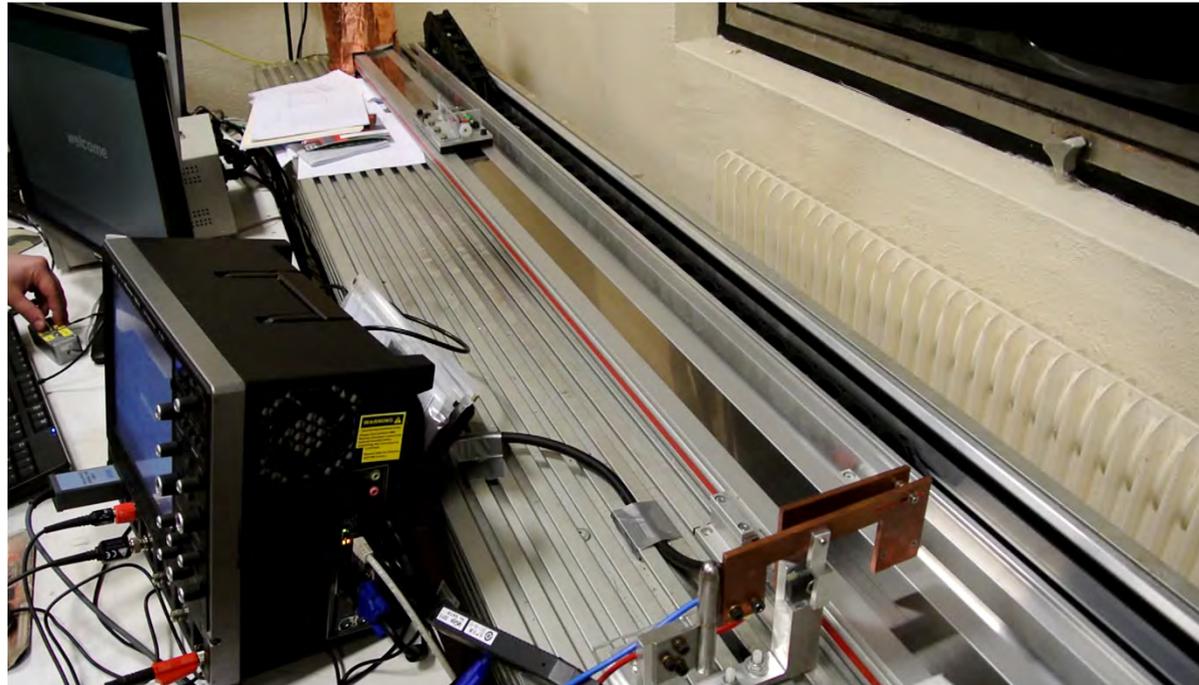
Sondes de mesure U, I



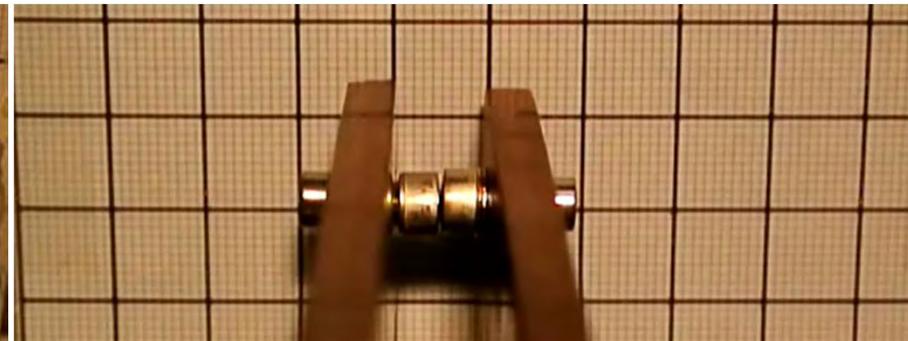
## 2. Le montage expérimental

### Systeme d'ouverture des contacts

Vitesse  
réelle



Ralenti sans arc 1200 images/s

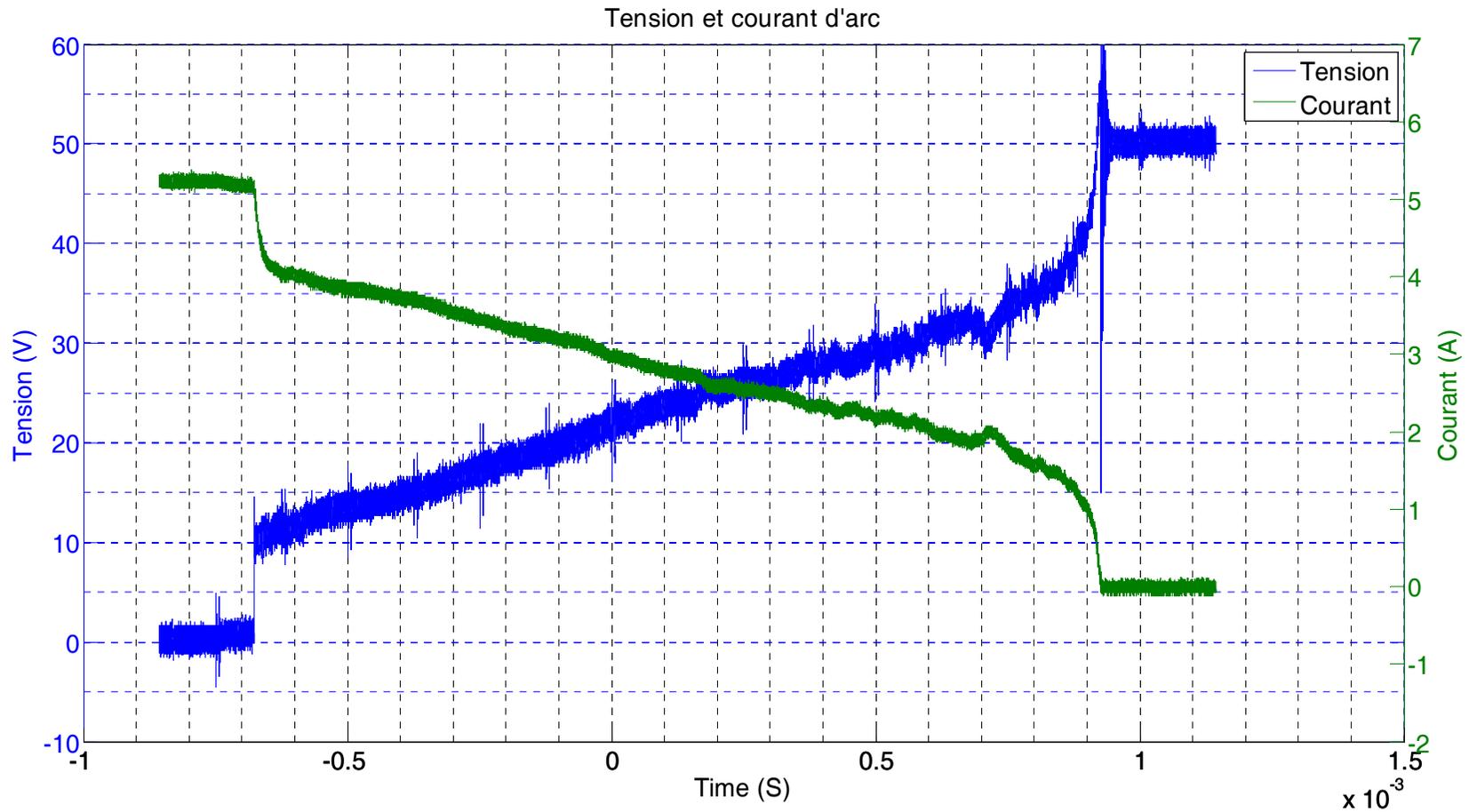


Ralenti avec arc 1200 images/s

### 3. Mesures sur des matériaux purs (Ag – Cu)

Exemple de mesures effectuées à 1 m/s

- Argent
- $I_{\max} = 5 \text{ A}$



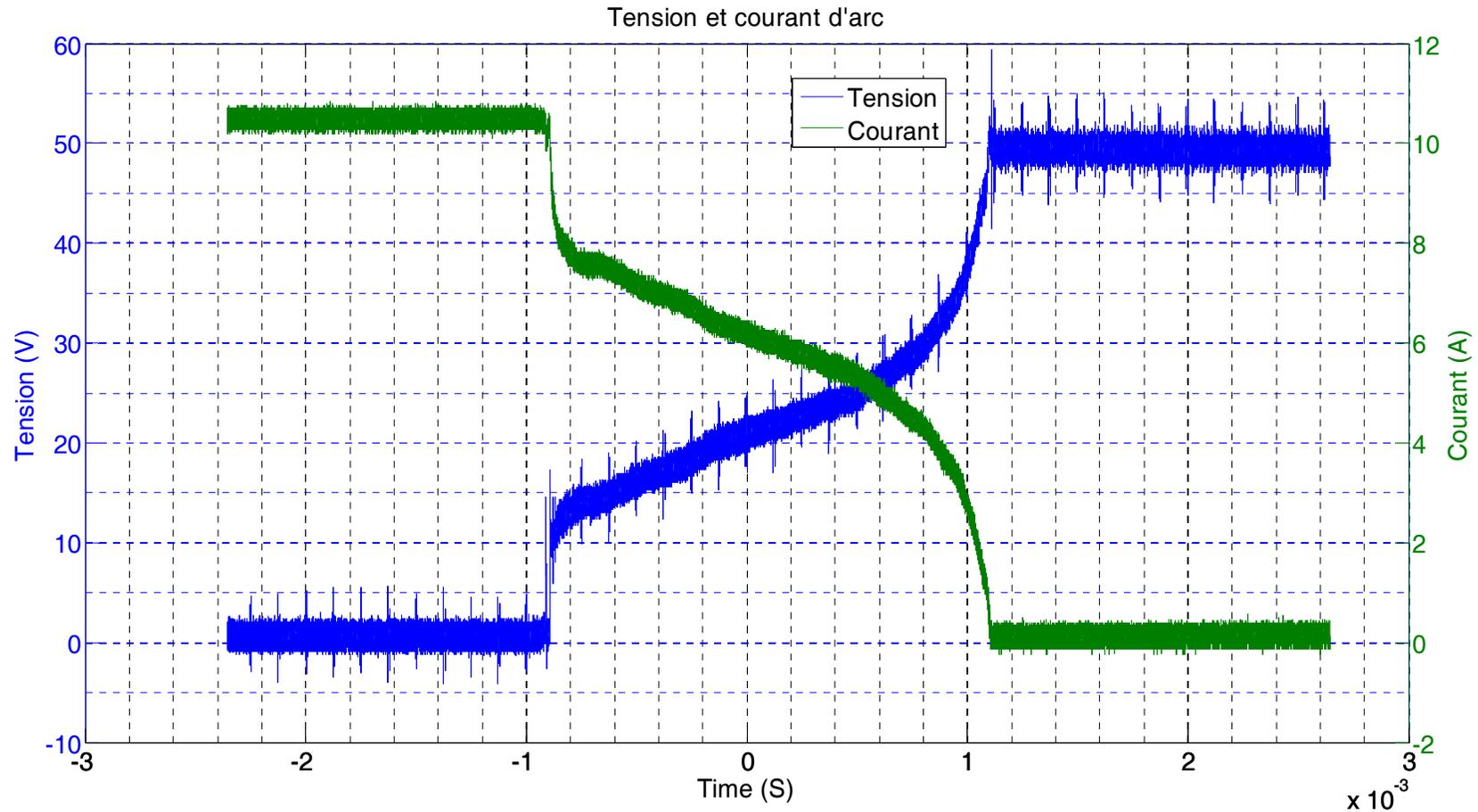
Durée d'arc :

- 1,604 ms

### 3. Mesures sur des matériaux purs (Ag – Cu)

Exemple de mesures effectuées à 1 m/s

- Argent
- $I_{\max} = 10 \text{ A}$



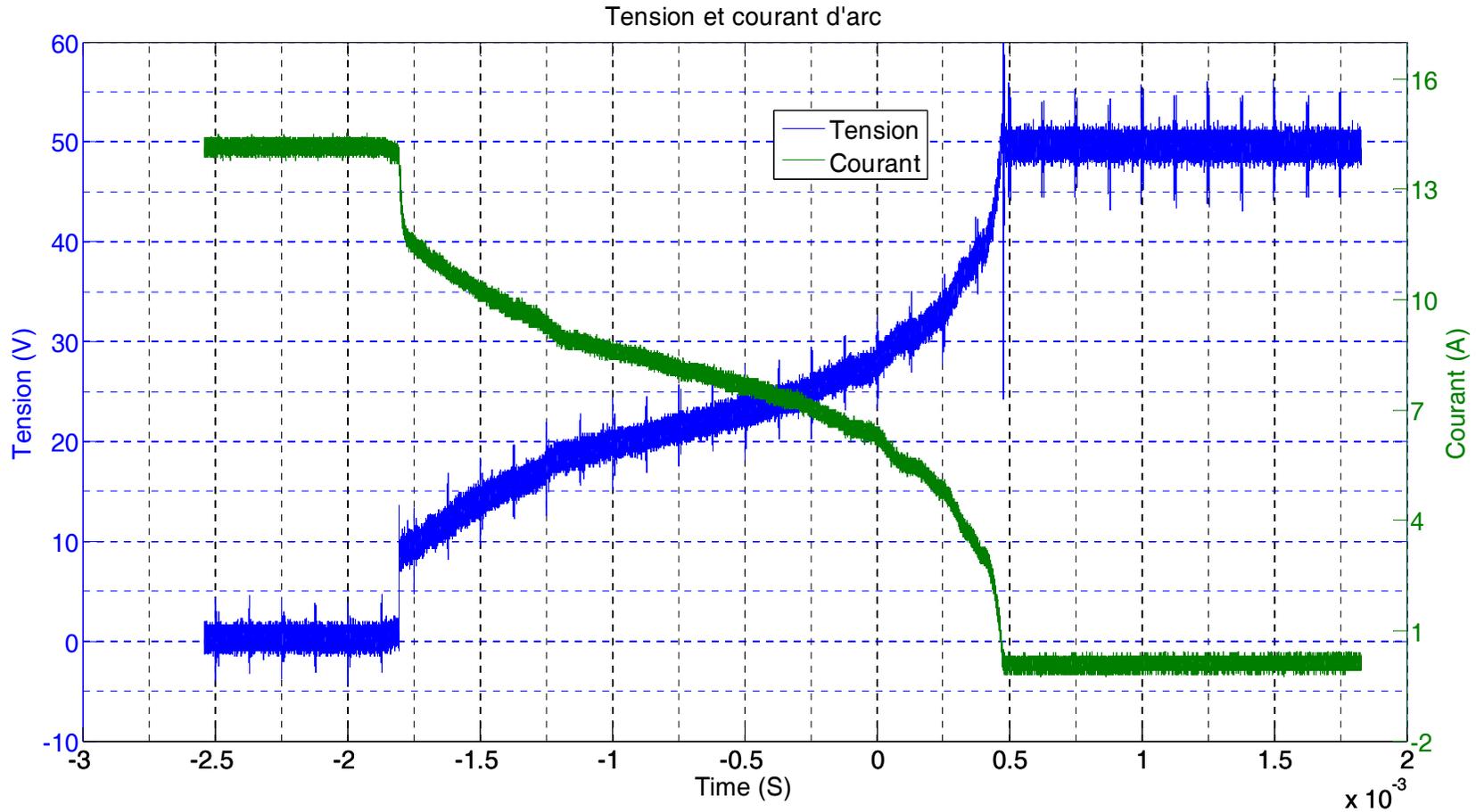
Durée d'arc :

- 1,994 ms

### 3. Mesures sur des matériaux purs (Ag – Cu)

Exemple de mesures effectuées à 1 m/s

- Argent
- $I_{\max} = 14 \text{ A}$



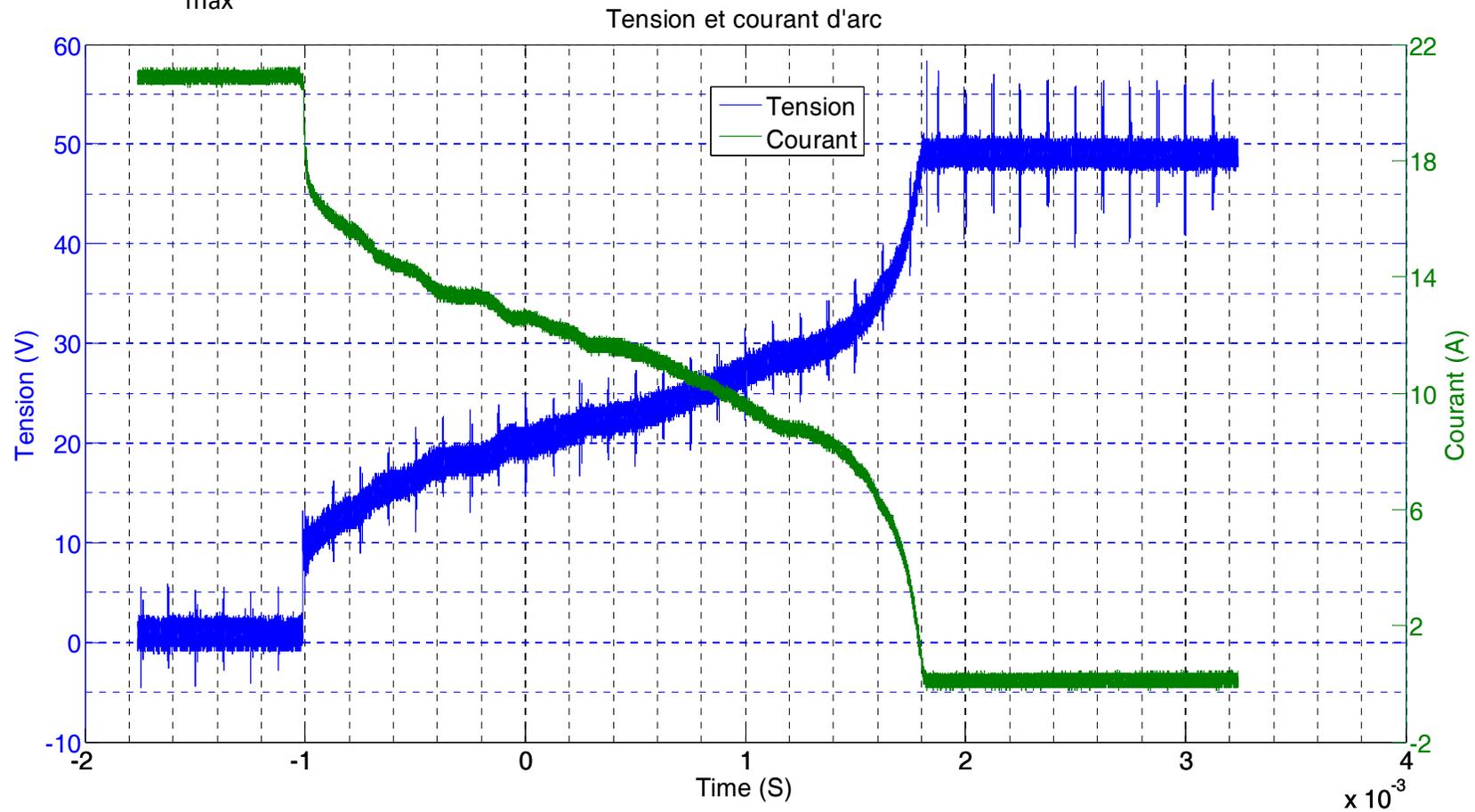
Durée d'arc :

- 2,276 ms

### 3. Mesures sur des matériaux purs (Ag – Cu)

Exemple de mesures effectuées à 1 m/s

- Argent
- $I_{\max} = 20 \text{ A}$



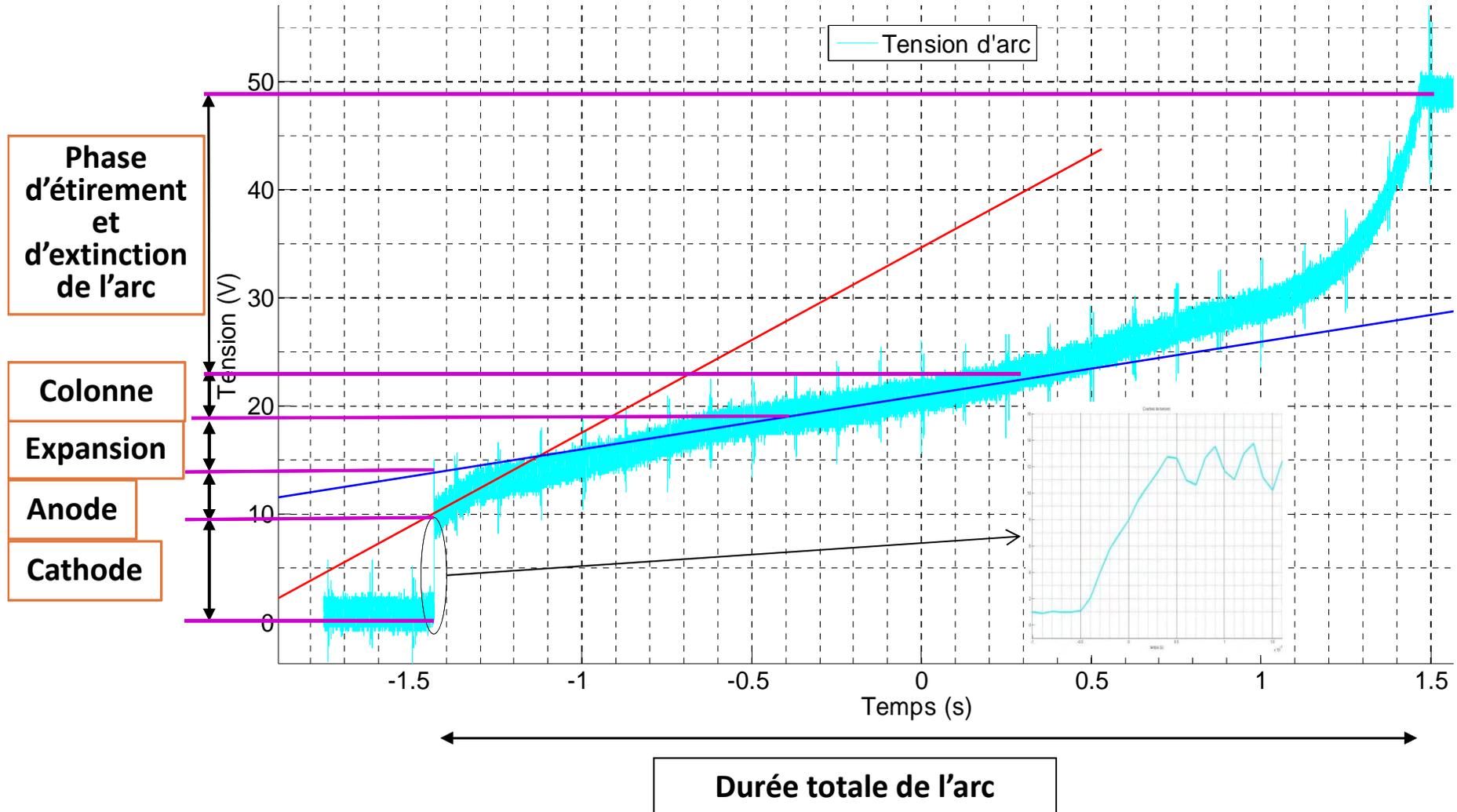
Durée d'arc :

- 2,917 ms

### 3. Mesures sur des matériaux purs (Ag – Cu)

#### Exploitation

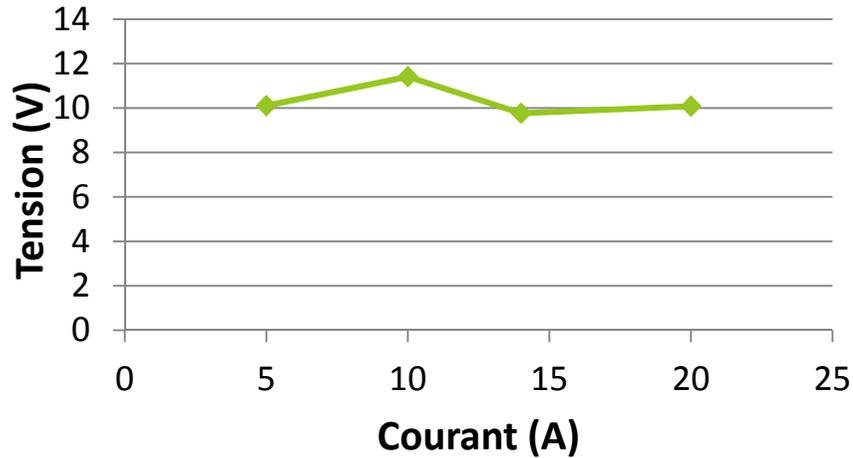
- Détermination des chutes de tensions anodique et cathodique



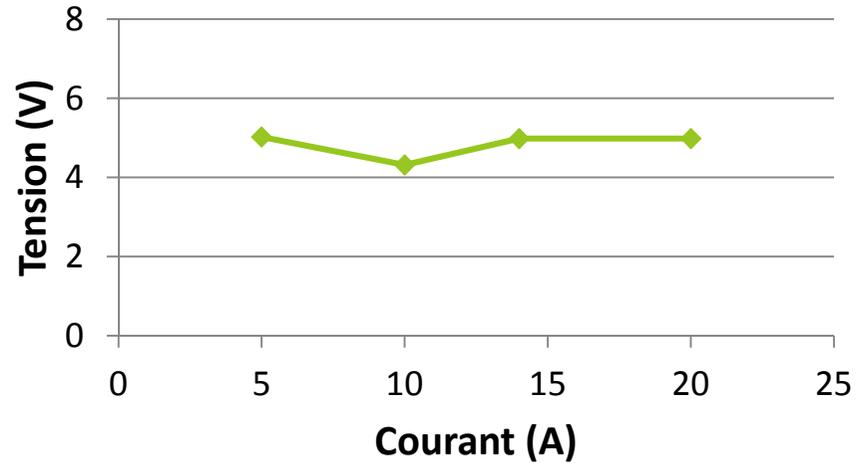
### 3. Mesures sur des matériaux purs (Ag – Cu)

■ Résultats sur des électrodes en argent : moyenne de 10 mesures par I

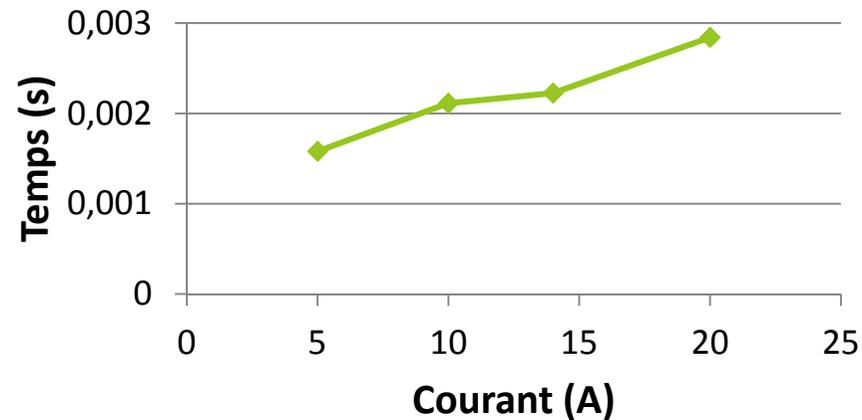
Chute de tension cathodique



Chute de tension anodique



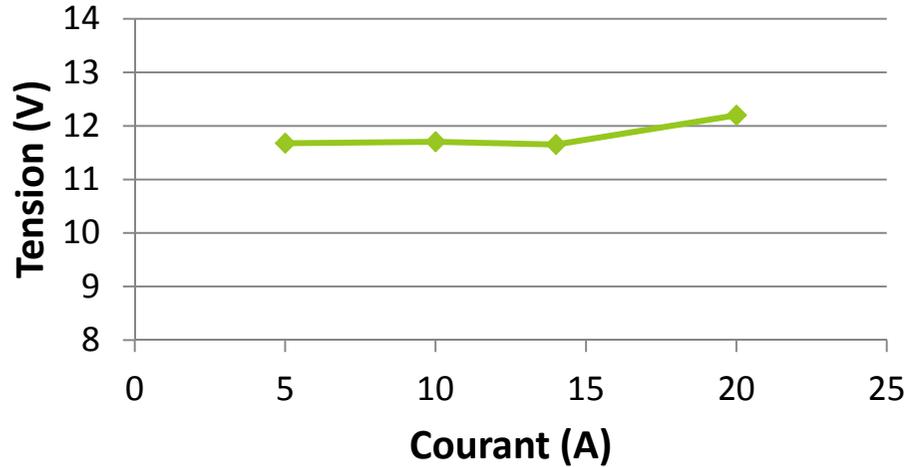
Temps total d'arc



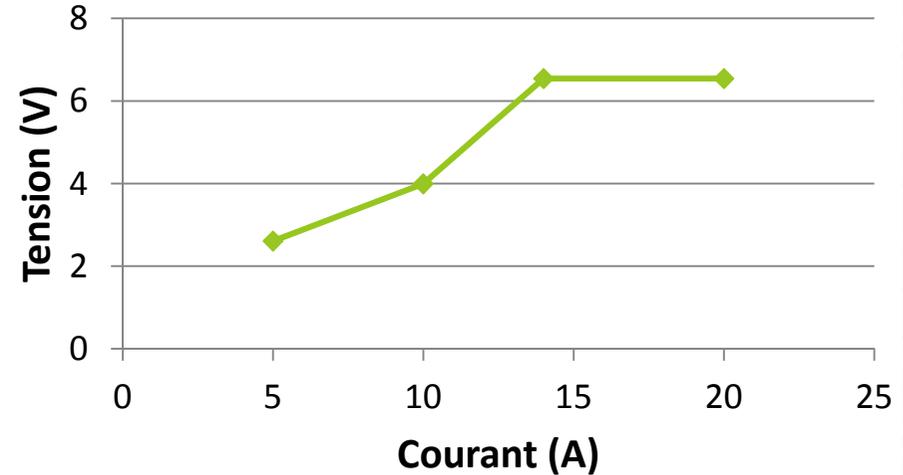
### 3. Mesures sur des matériaux purs (Ag – Cu)

■ Résultats sur des électrodes en cuivre : moyenne de 10 mesures par I

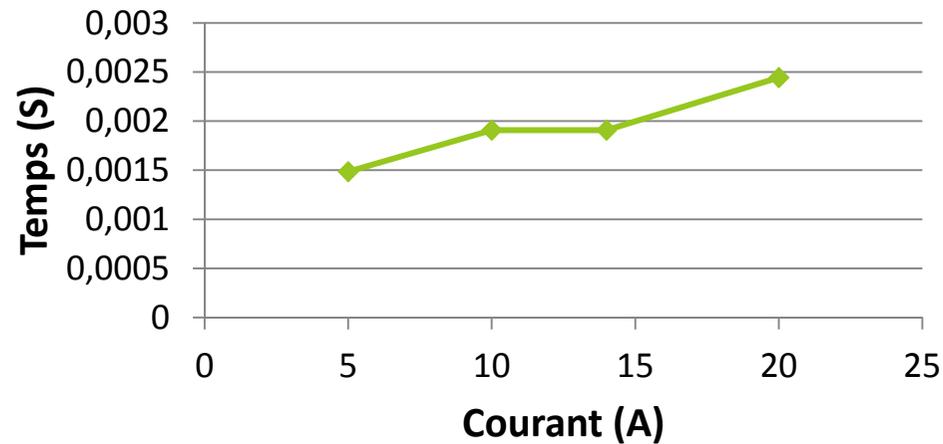
Chute de tension cathodique



Chute de tension anodique

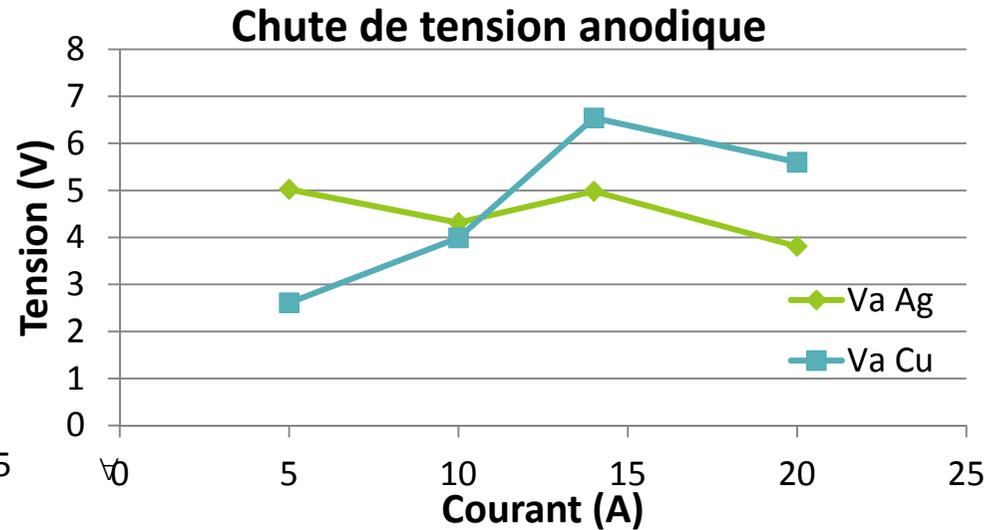
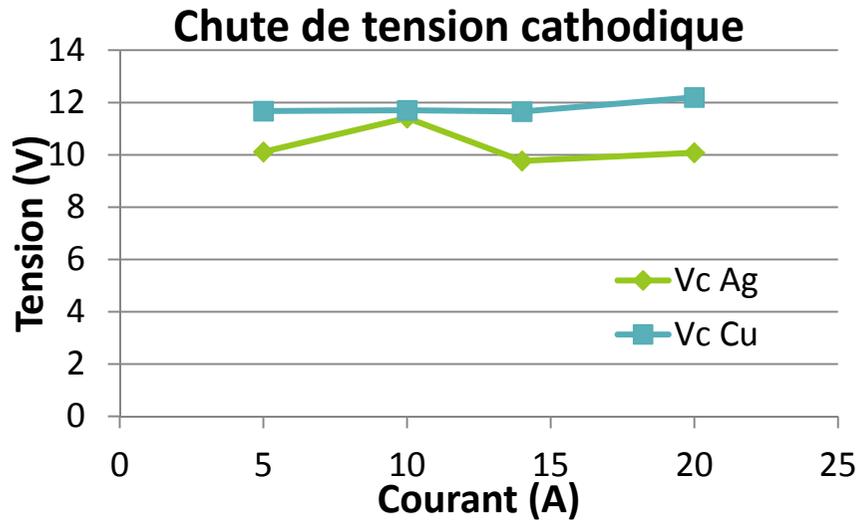


Temps total d'arc



### 3. Mesures sur des matériaux purs (Ag – Cu)

#### ■ Résultats de comparaison : argent et cuivre



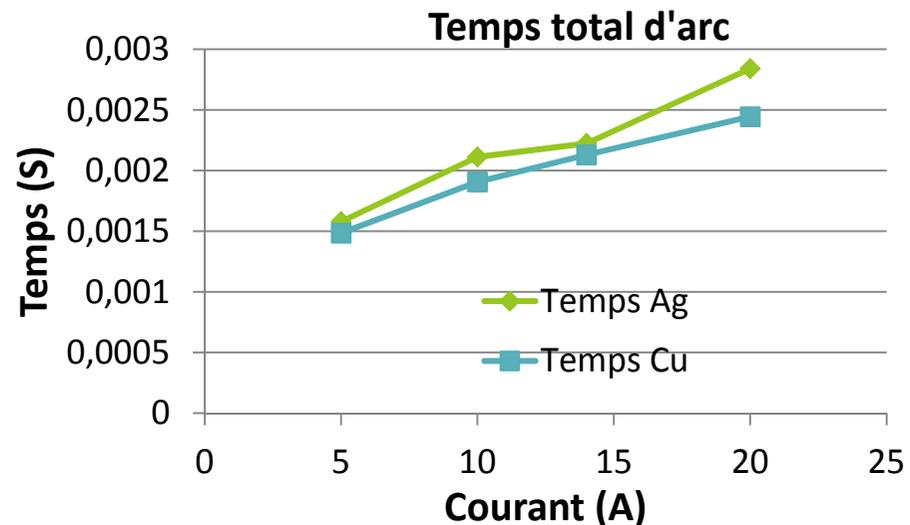
- $V_{c-Ag} < V_{c-Cu}$

avec  $V_{c-Ag} \approx 10 \text{ V}$  et  $V_{c-Cu} \approx 12 \text{ V}$

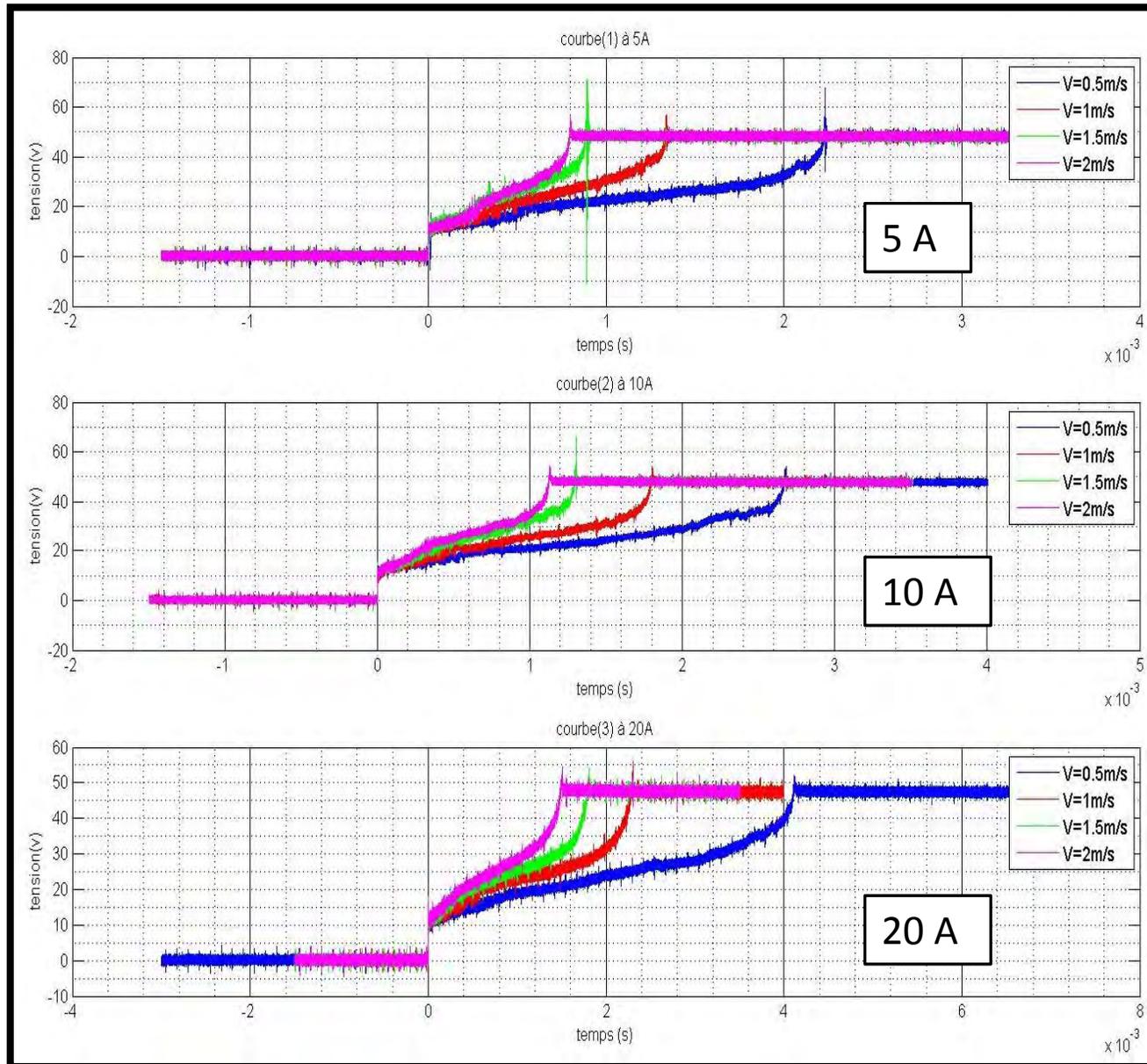
- $V_{a-Ag} < V_{a-Cu}$  pour  $I > 10 \text{ A}$

avec  $V_{a-Ag} \approx 4,5 \text{ V}$  et  $V_{a-Cu}$  : difficultés...

- $t_{arc-Ag} > t_{arc-Cu}$

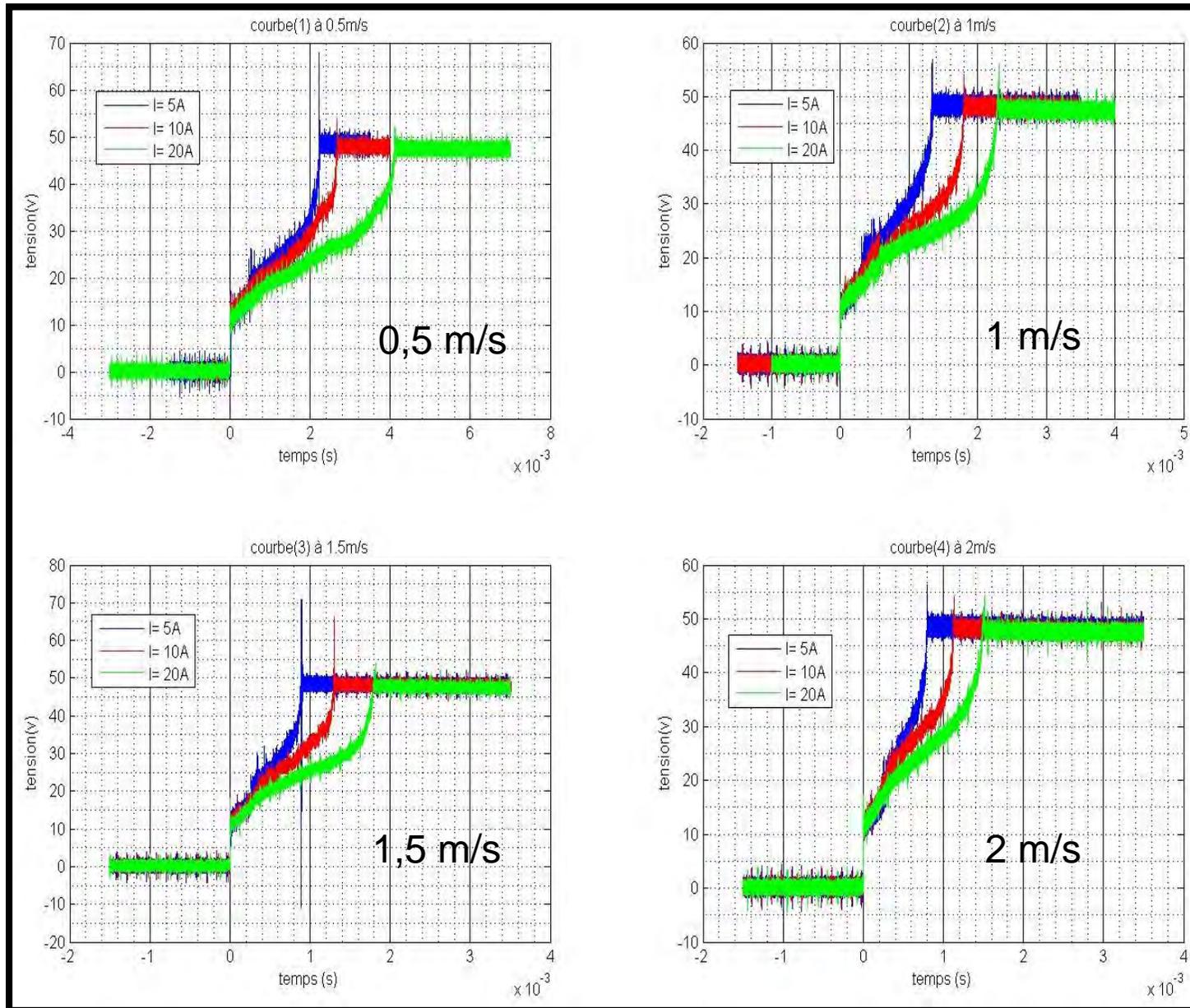


### 3. Mesures sur des matériaux purs (Ag)



$V_c$  et  $V_a$  restent constantes,  $\forall$  la vitesse

### 3. Mesures sur des matériaux purs (Ag)



$V_c$  et  $V_a$  restent constantes,  $\forall$  la valeur du courant

### 3. Mesures sur des matériaux purs (Ag – Cu)

#### Résultats publiés dans la littérature

La plupart des résultats sont relatifs aux arcs dans le **vide**

**Selon la gamme de courant et la méthode employée :**

- **Cuivre** :  $V_c$  est comprise entre **10 V** et **21,5 V**
- **Argent** :  $V_c$  est comprise entre **12,1 V** et **17 V**

Les données à l'anode sont rares : **2 à 7 V pour Ag et Cu**

## 4. Mesures sur d'autres matériaux purs et alliages

### Les matériaux purs prévus :

- Cuivre (Cu)
- Argent (Ag)
- Nickel (Ni)
- Chrome (Cr)
- Zinc (Zn)
- Etain (Sn)
- Cadmium (Cd)
- Tungstène (W)
- Graphite (C)
- Molybdène (Mo)
- Zirconium (Zr)

### Les alliages et les pseudo alliages prévus :

- AgNi
- AgCu
- AgW
- AgC
- AgMo
- CuW
- **AgMeOx** (AgZnO, AgCdO, AgSnO<sub>2</sub>...)



Achat de matériaux prévus pour la réalisation des électrodes

## 5. Mesures préliminaires sur les oxydes à base d'argent

- **Matériaux utilisés**

Ag

AgSnO<sub>2</sub>

AgCdO

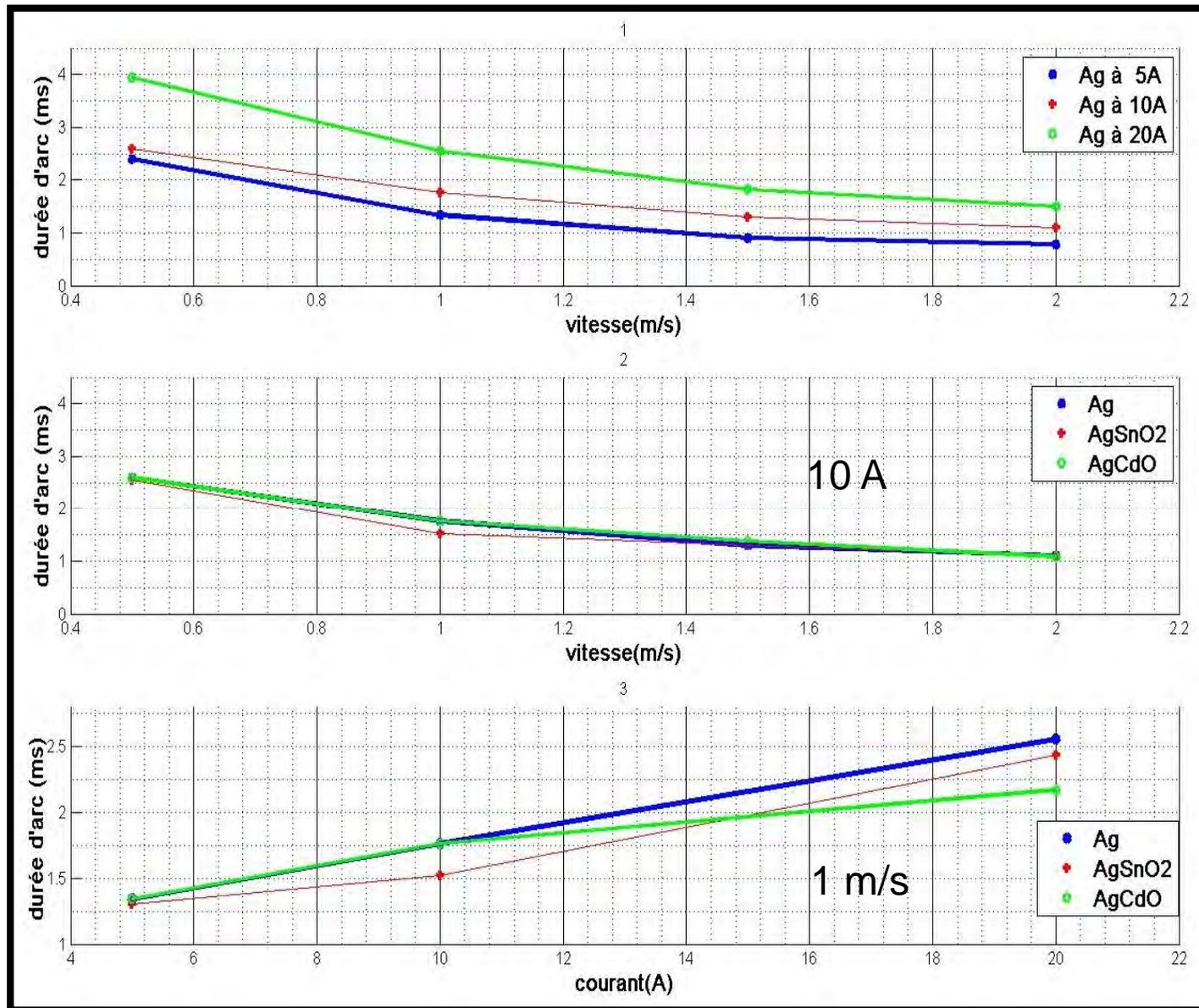


- **Intervalle de vitesse : [0.5 - 2m/s]** par pas de 0.5

- **Intervalle de courant : [5 - 20 A]** par pas de 5

- **Tension d'alimentation : 48 VDC**

## 5. Mesures préliminaires sur les oxydes à base d'argent



La vitesse ↗ → La durée ↘

Le courant ↗ → La durée ↗

## 6. Ce qu'il reste à faire

Amélioration de la partie mécanique et conception de l'enceinte pour des mesures en atmosphère contrôlée

En cours et stagiaire Master 2013



Mesures et exploitation sur les différents matériaux

En cours et stagiaire Master 2013



Détermination des incertitudes de types A et B de l'ensemble du système expérimental

En cours et stagiaire Master 2013



Création de la base de données  $V_c$  et  $V_a$  des différents matériaux

En fin d'étude



Evaluation de l'état de surface des électrodes pour différents matériaux en fonction des paramètres expérimentaux (courant, nombre d'ouvertures...)

Utilisation d'un microscope métallographique dont le laboratoire vient de faire l'acquisition

## 7. Conclusions

Le système expérimental est complet à 90%

Optimisation et enceinte ?



Les mesures donnent des résultats cohérent à confronter avec la littérature

Difficultés d'avoir certaines données dans la littérature

Méthodes de mesures différentes selon les auteurs, et dans certains cas non explicitées