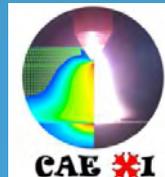


Détermination des chutes de tension anodique et cathodique en régime dynamique

ABBAOUI M'hammed ^(1,2), PERISSE Frédéric ⁽¹⁾, LEFORT André ^(1,2)

*(1) Clermont Université, Université Blaise Pascal, EA 3120, LAEPT,
BP 10448, F-63000 CLERMONT-FERRAND*

*(2) Clermont Université, Université d'Auvergne, EA 3120, LAEPT,
BP 10448, F-63000 CLERMONT-FERRAND*



Plan

I. Objectifs et intérêt scientifique

II. Système expérimental

III. Mesures

1. Matériaux purs
2. Alliages et pseudo-alliages
3. Comparaison

IV. Discussion

V. Conclusion

I. Objectifs du projet AAE

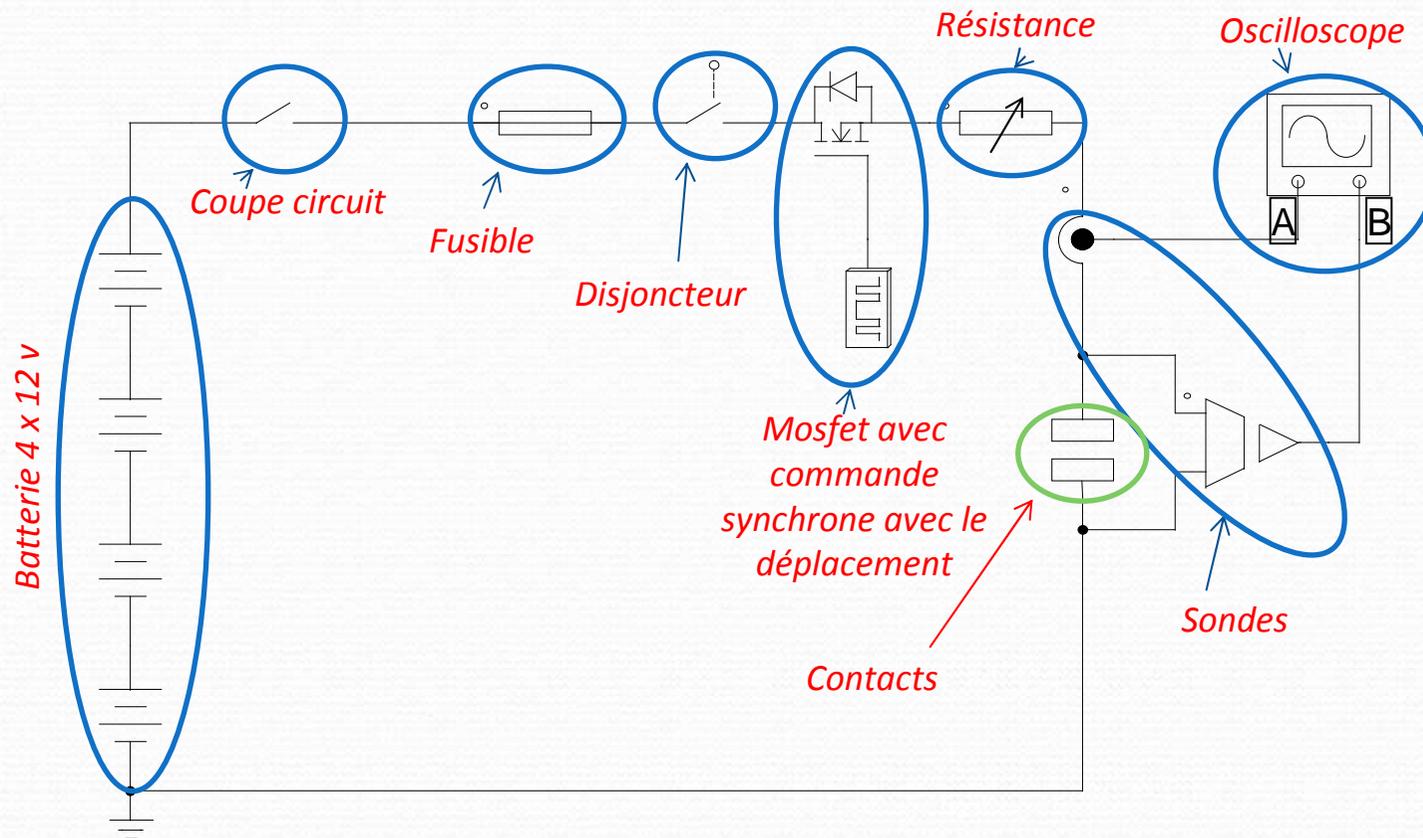
1. Relever, lors de la création de l'arc :
 1. l'évolution de la tension v_{arc} ;
 2. l'évolution du courant i_{arc} .
2. En déduire les valeurs des chutes V_a , V_c .
3. Paramètres :
 1. vitesse de déplacement (1 m/s et autres) ;
 2. courant (1 - 30 A) ;
 3. nature du matériau (métaux purs, alliages, pseudo-alliages) ;
 4. nature du milieu (air, autres ?).

I. Intérêt scientifique

1. Montrer les différentes phases de création de l'arc.
2. Analyser la stabilité de V_a et V_c en fonction du courant.
3. Confronter les valeurs de V_a et V_c avec les caractéristiques intrinsèques du matériau :
 - potentiel d'ionisation,
 - travail de sortie,
 - enthalpie de vaporisation,
 - conductivité thermique,
 - température d'ébullition...

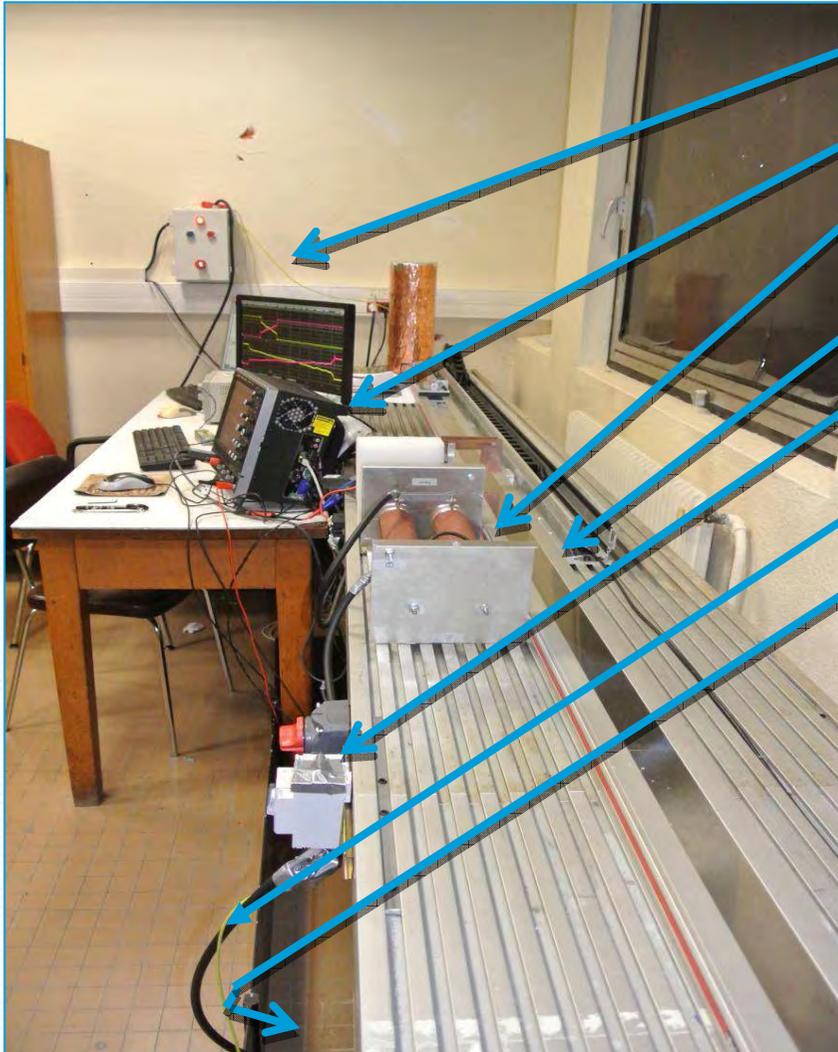
II. Système expérimental

- Schéma électrique



II. Système expérimental

- Réalisation

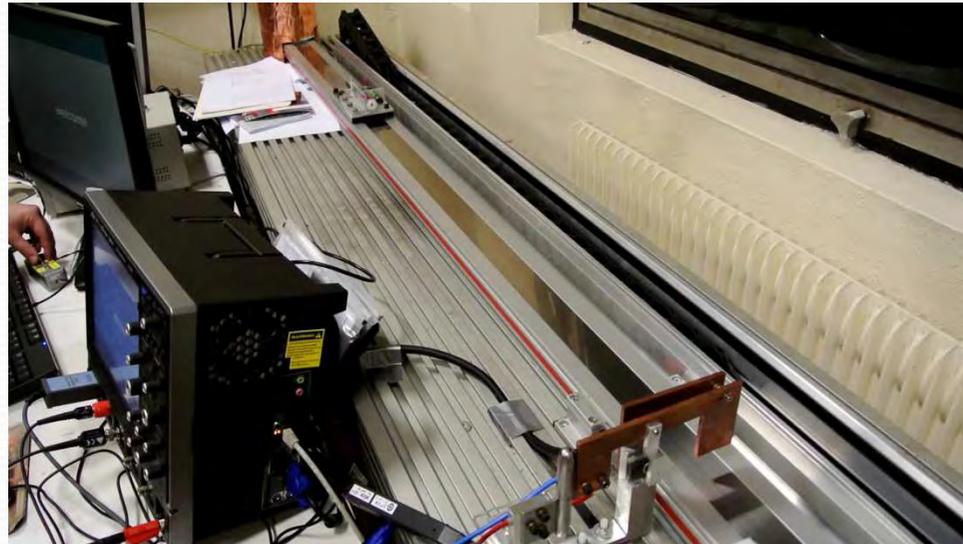


- Ensemble variateur et commande
- Oscilloscope
- Résistance à faible inductance (*réglage du courant*)
- Axe linéaire
- Système de protection (*fusible, disjoncteur, coupe circuit*)
- Câbles blindés
- Ensemble batteries 4x12V

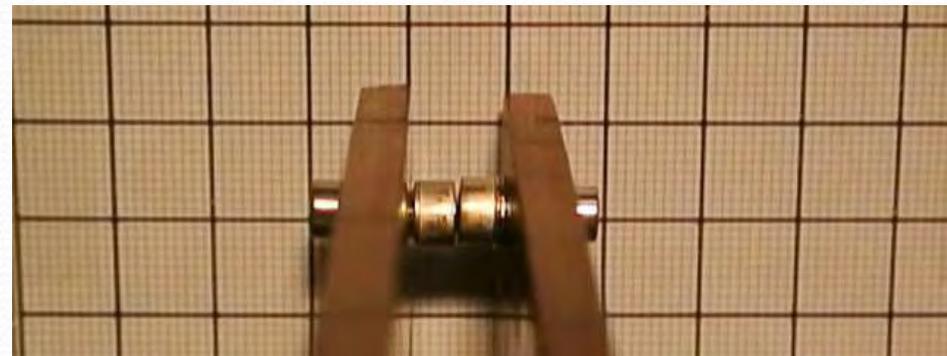
- **Axe linéaire (parker origa) + Moteur/ Variateur Eurodrive : SEW**
 - *Axe linéaire (courroie crantée) : 180 mm/tour*
 - *Vitesse maxi : 10 m/s*
 - *Accélération maxi : 40 m/s²*

II. Système expérimental

- Système d'ouverture des contacts



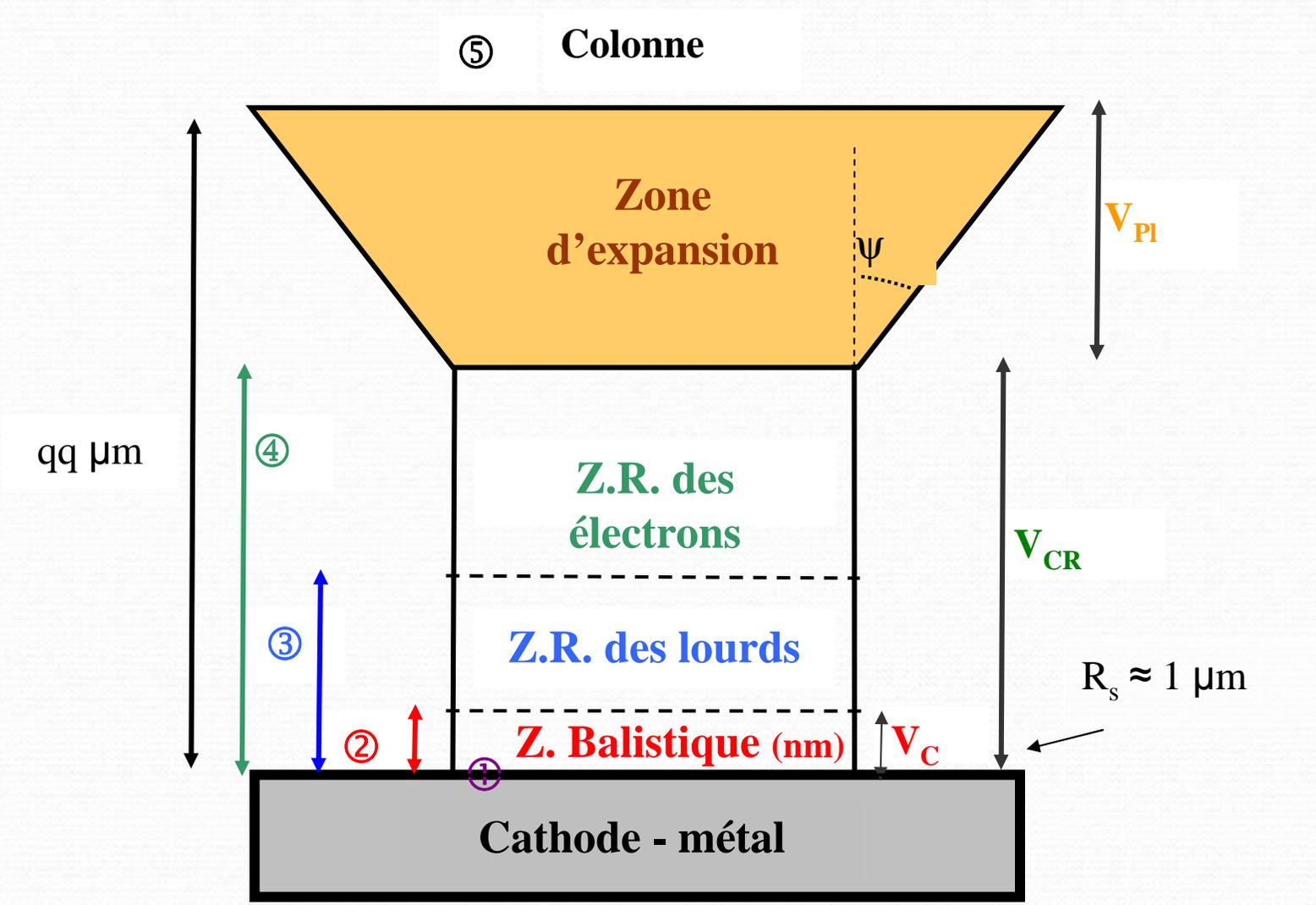
Vidéo rapide
Arc d'étain de durée
environ 9 ms



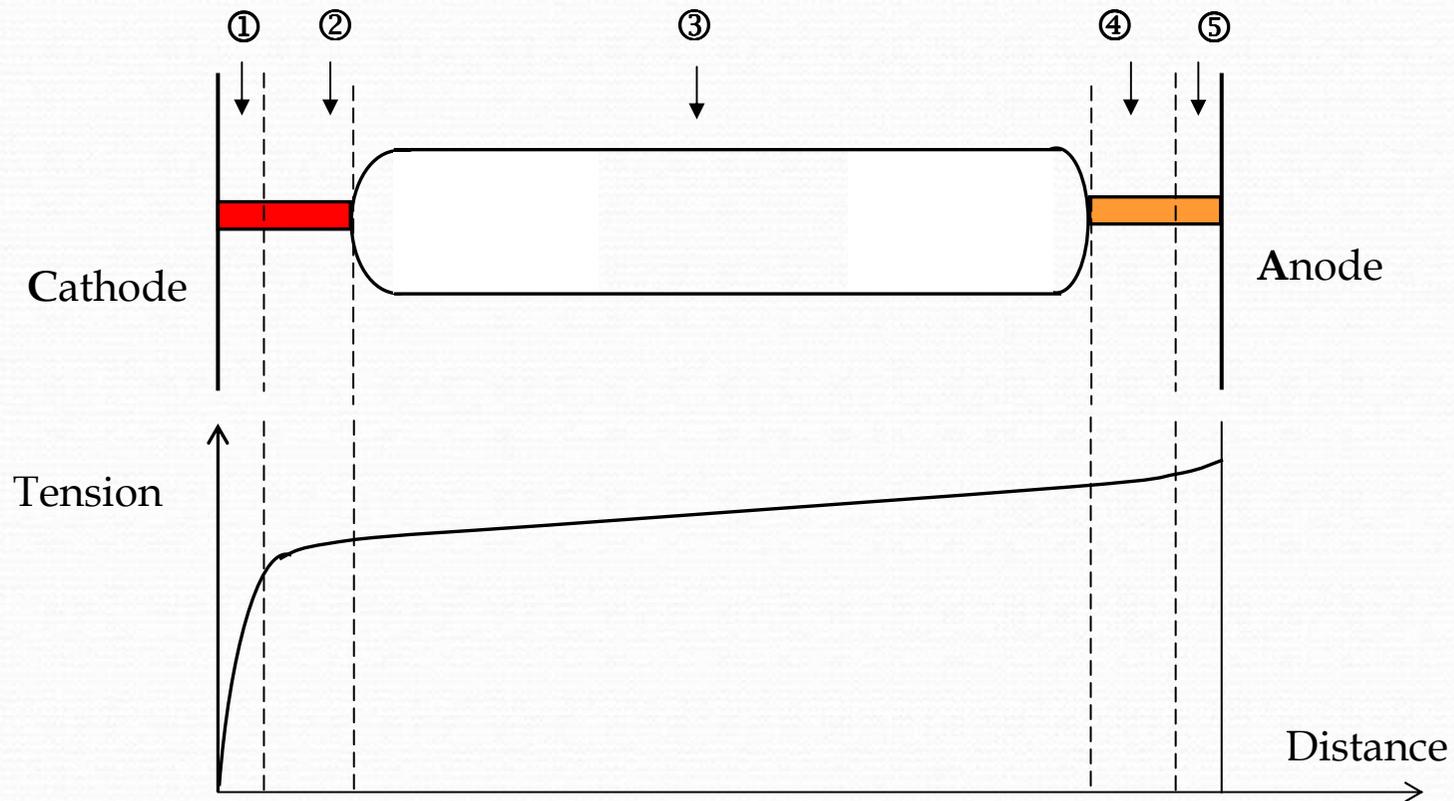
II. Système expérimental

- 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 Arms , 50 Amax
 - 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

- **Arc électrique : Modèle du pied d'arc cathodique [Beilis]**



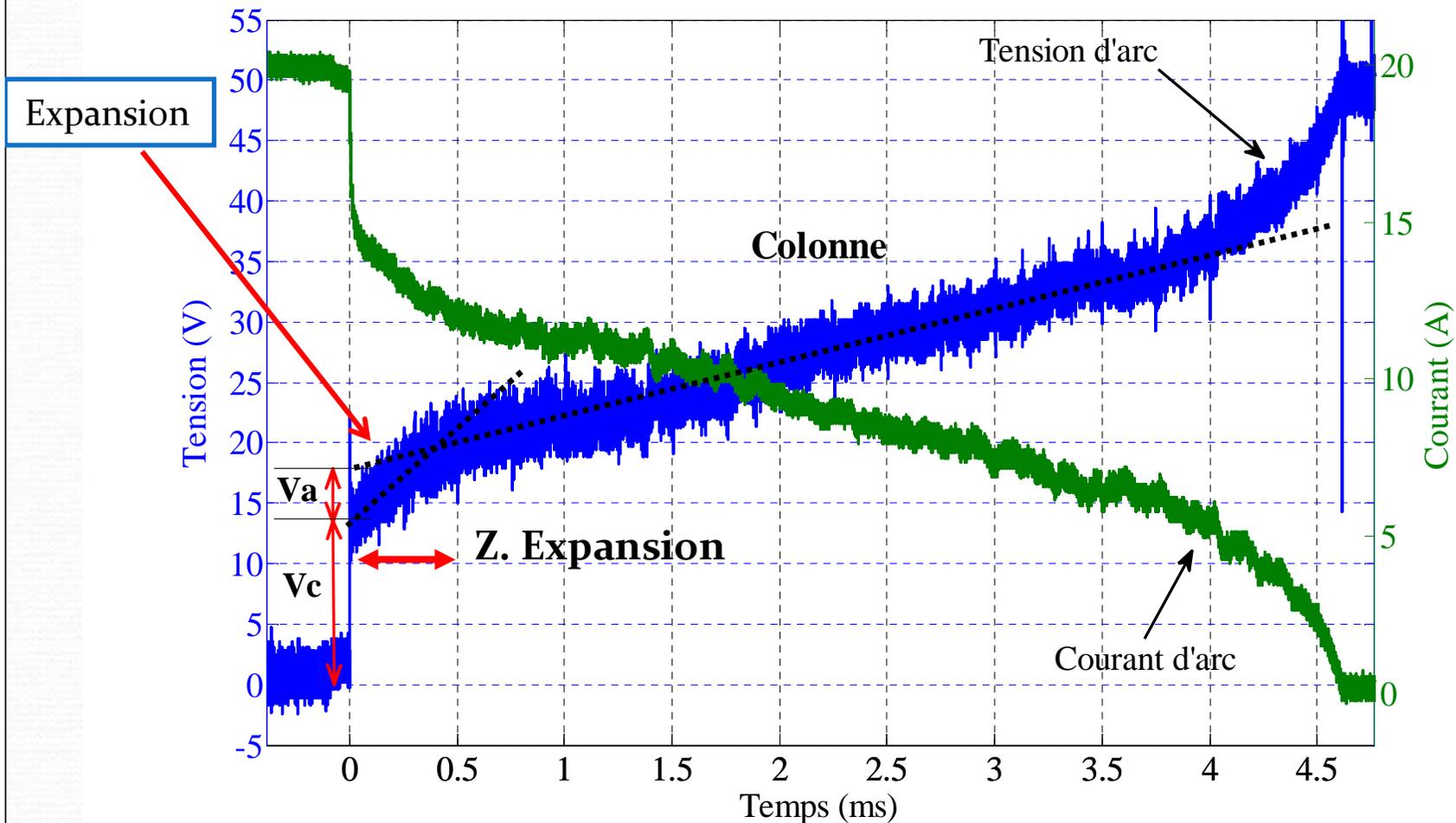
• Arc électrique : Différentes zones et répartition de la tension



- ①- Zone de charge d'espace ②- Zone d'ionisation cathodique
③- Colonne positive
④- Zone de transition anodique ⑤- Zone de charge d'espace

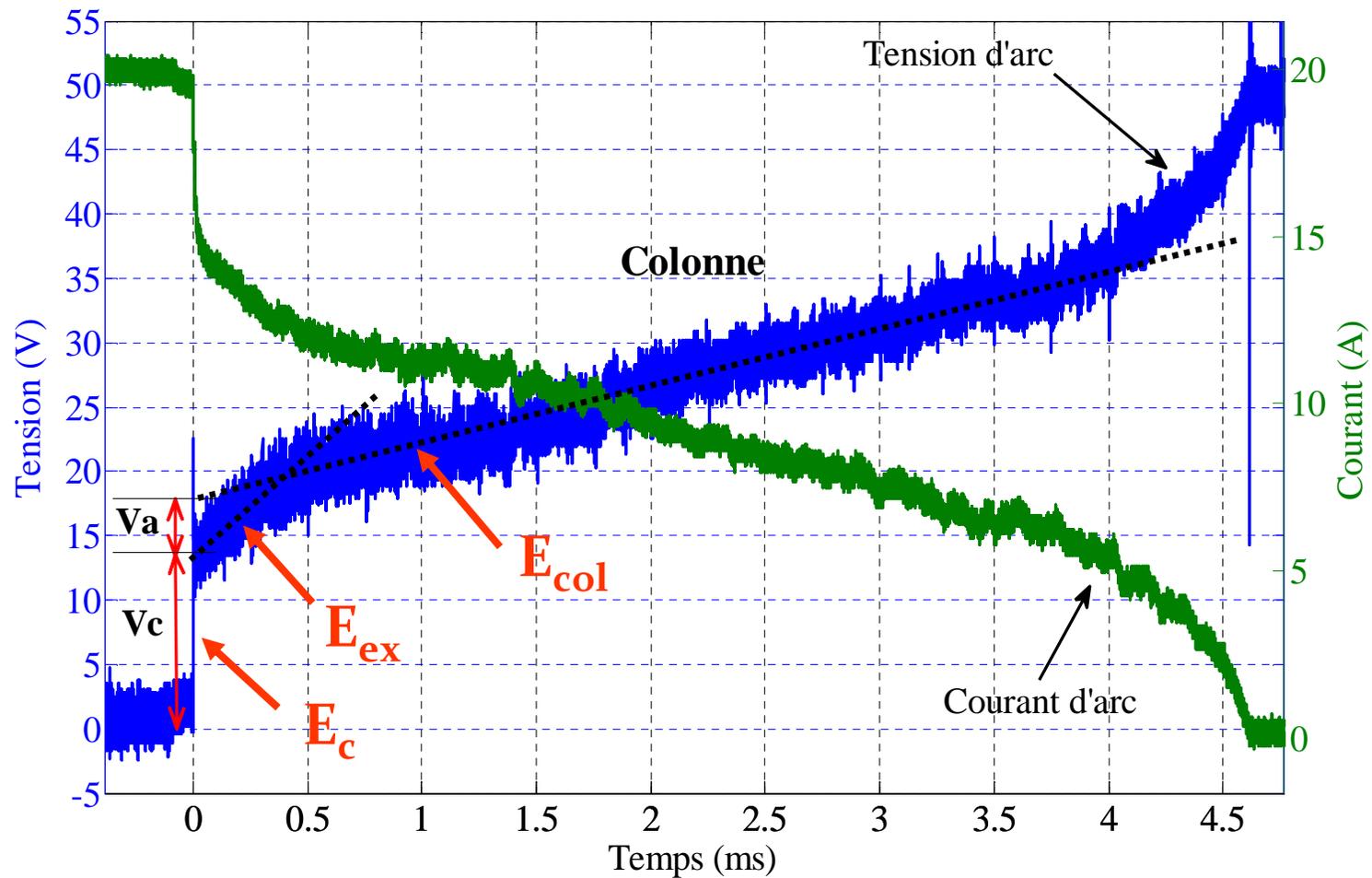
III. Mesures

- Méthode de détermination des **chutes de tension** (Ni)



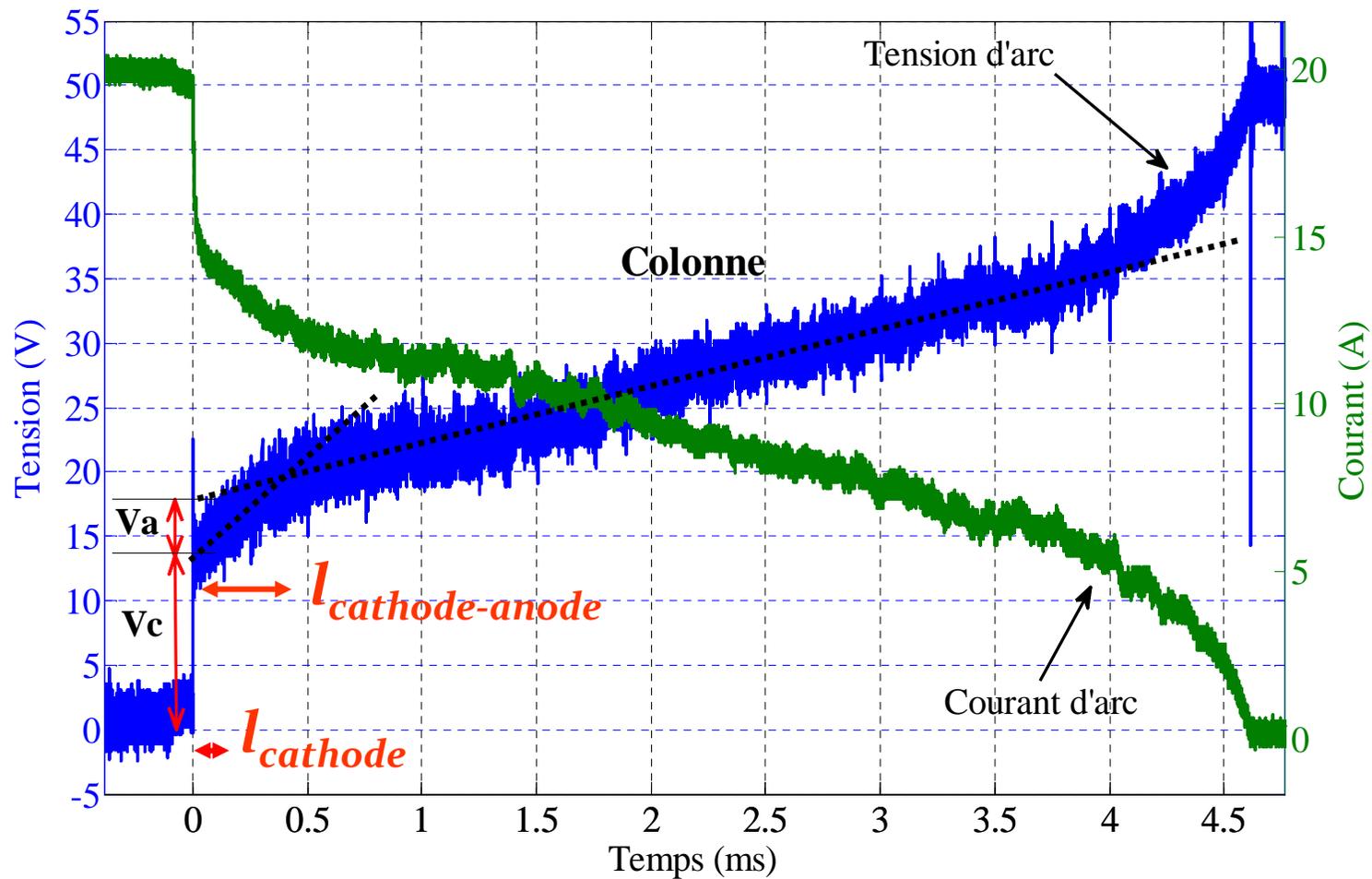
III. Mesures

- Méthode de détermination des champs E_i dans les 3 zones



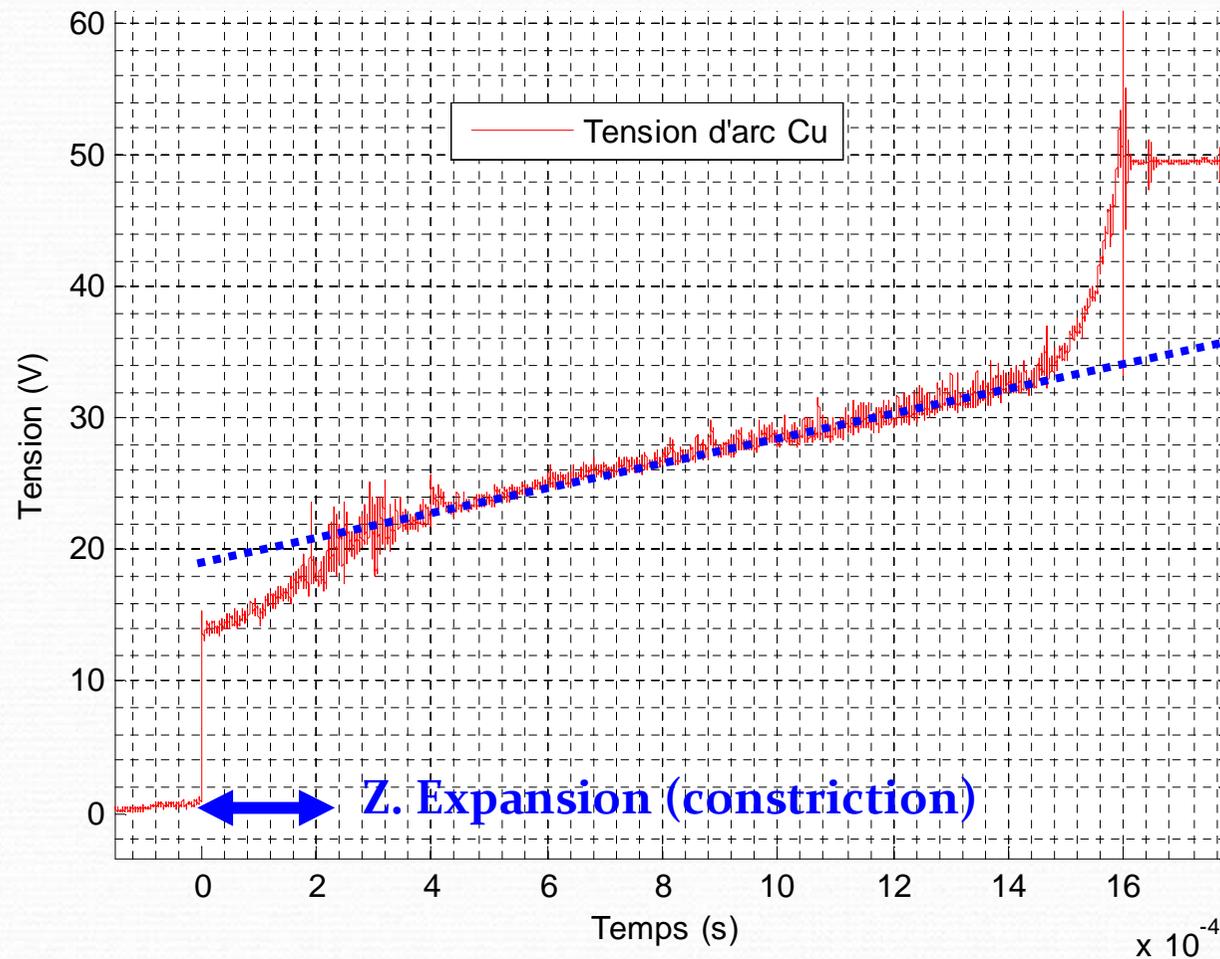
III. Mesures

- Méthode de détermination des épaisseurs des 2 zones



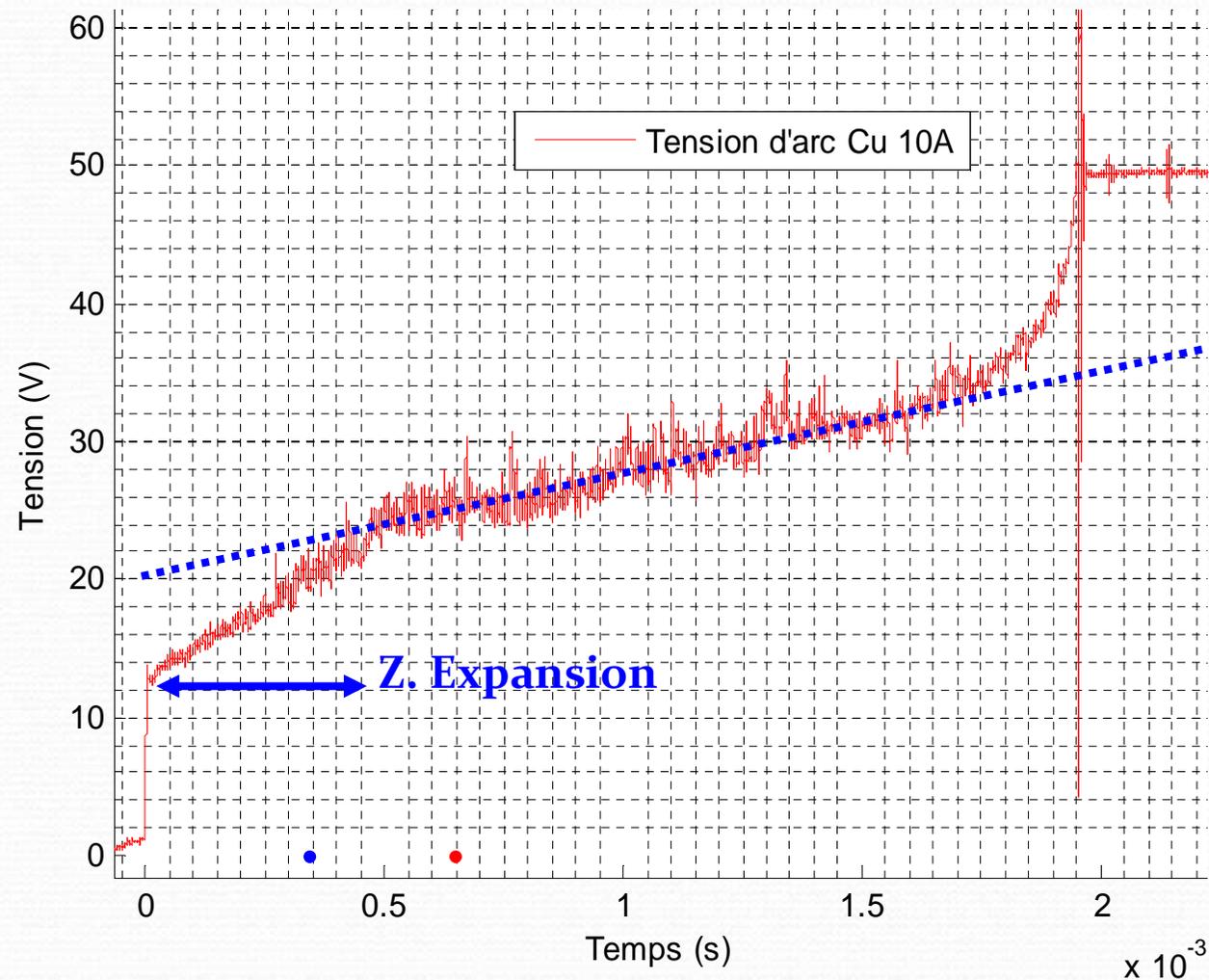
III. Mesures

- Exemple de mesures sur le cuivre



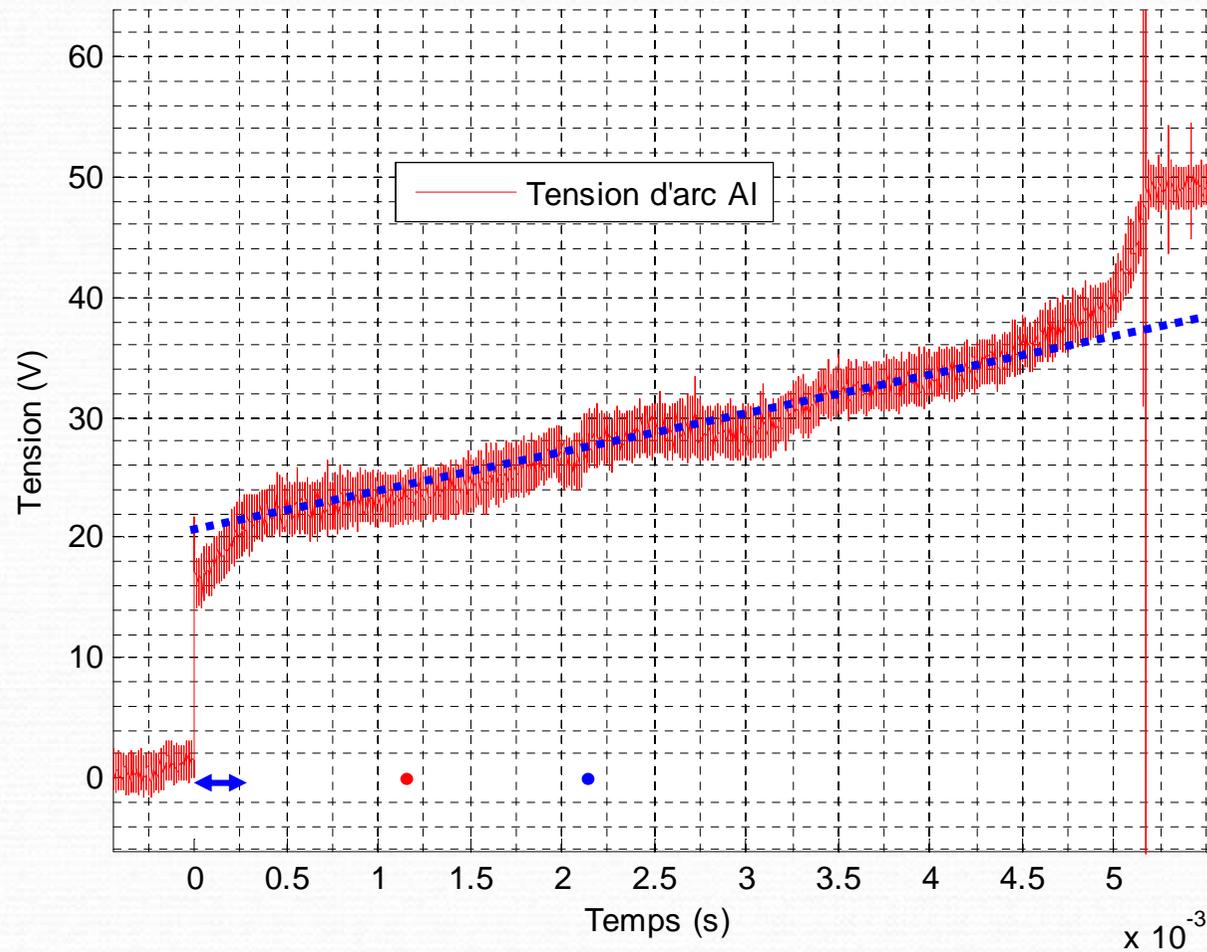
III. Mesures

- Exemple de mesures sur le cuivre à **10 A**



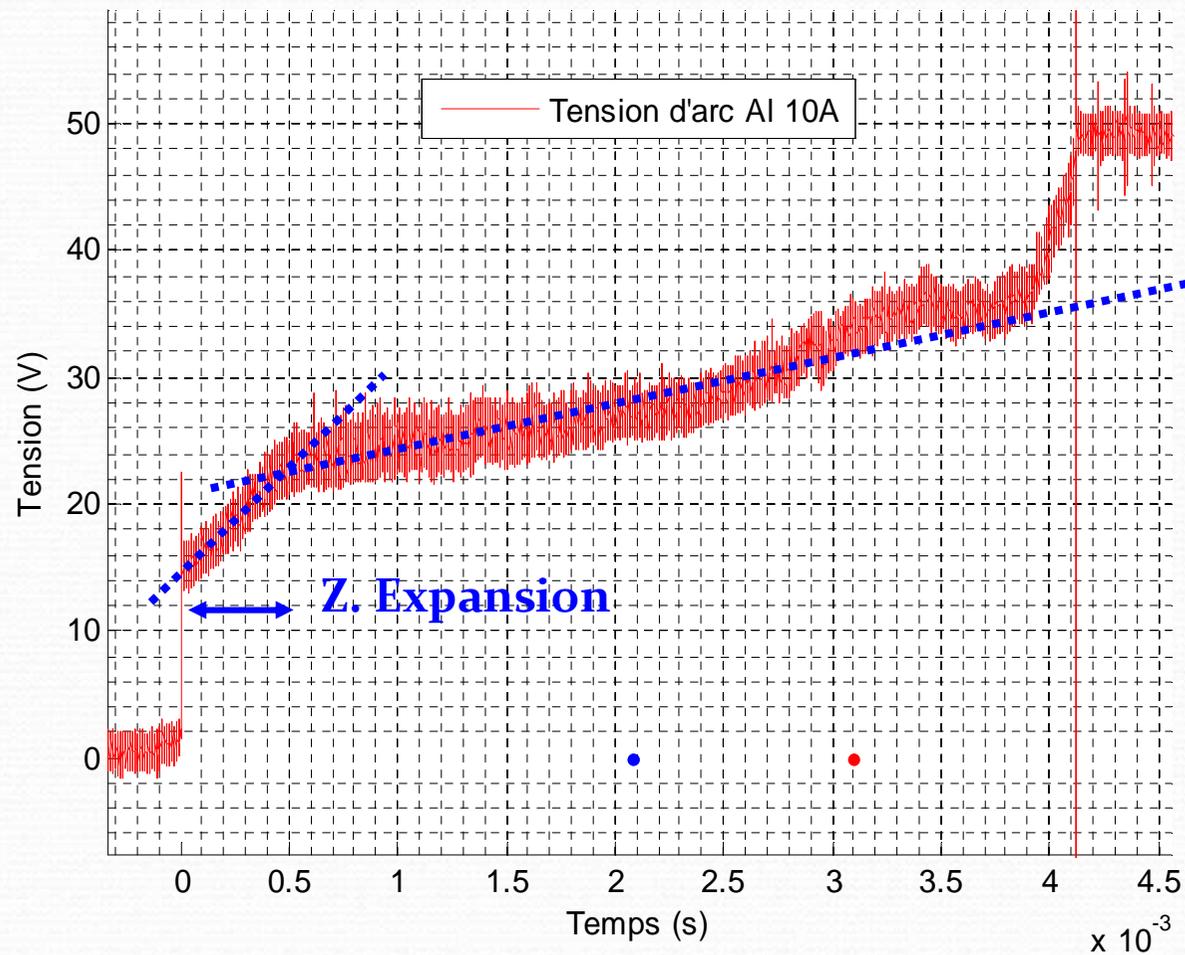
III. Mesures

- Exemple de mesures sur l'aluminium



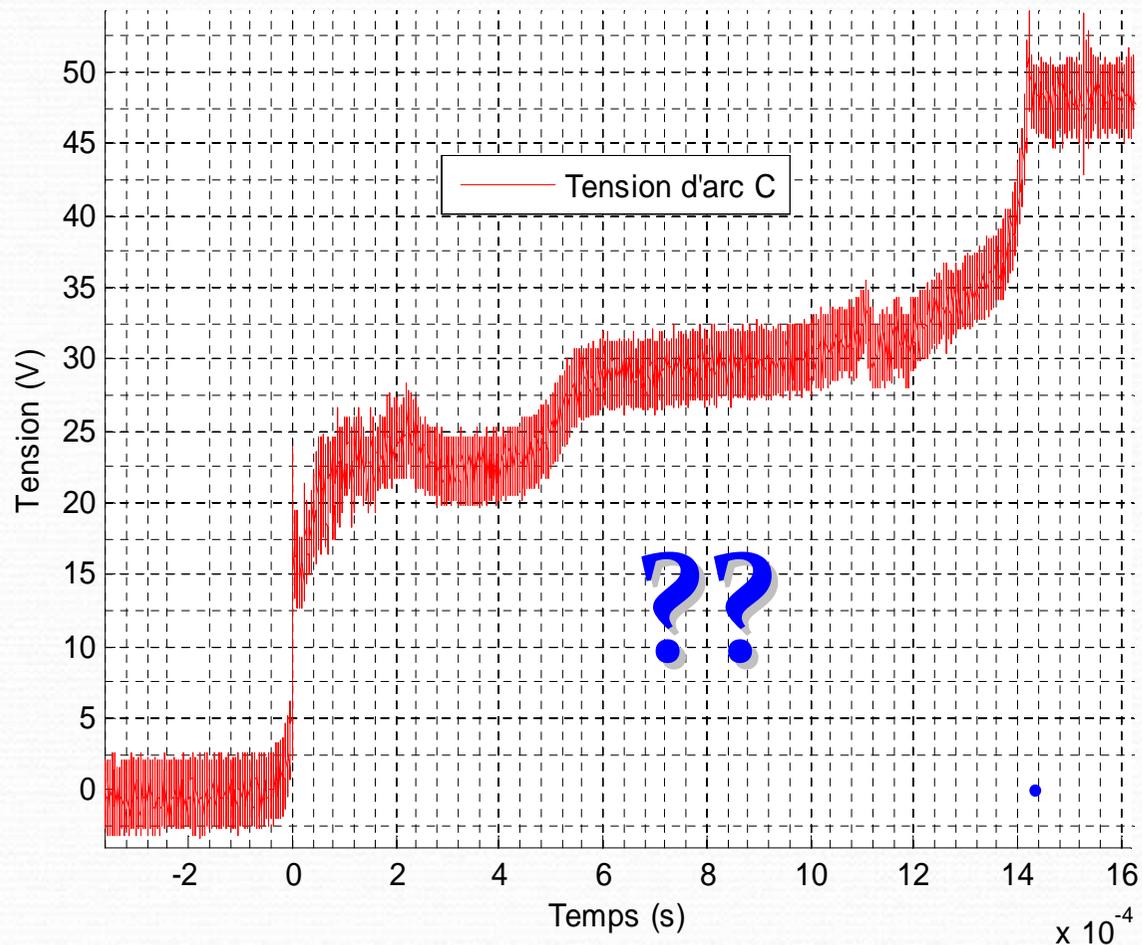
III. Mesures

- Exemple de mesures sur l'aluminium à **10 A**



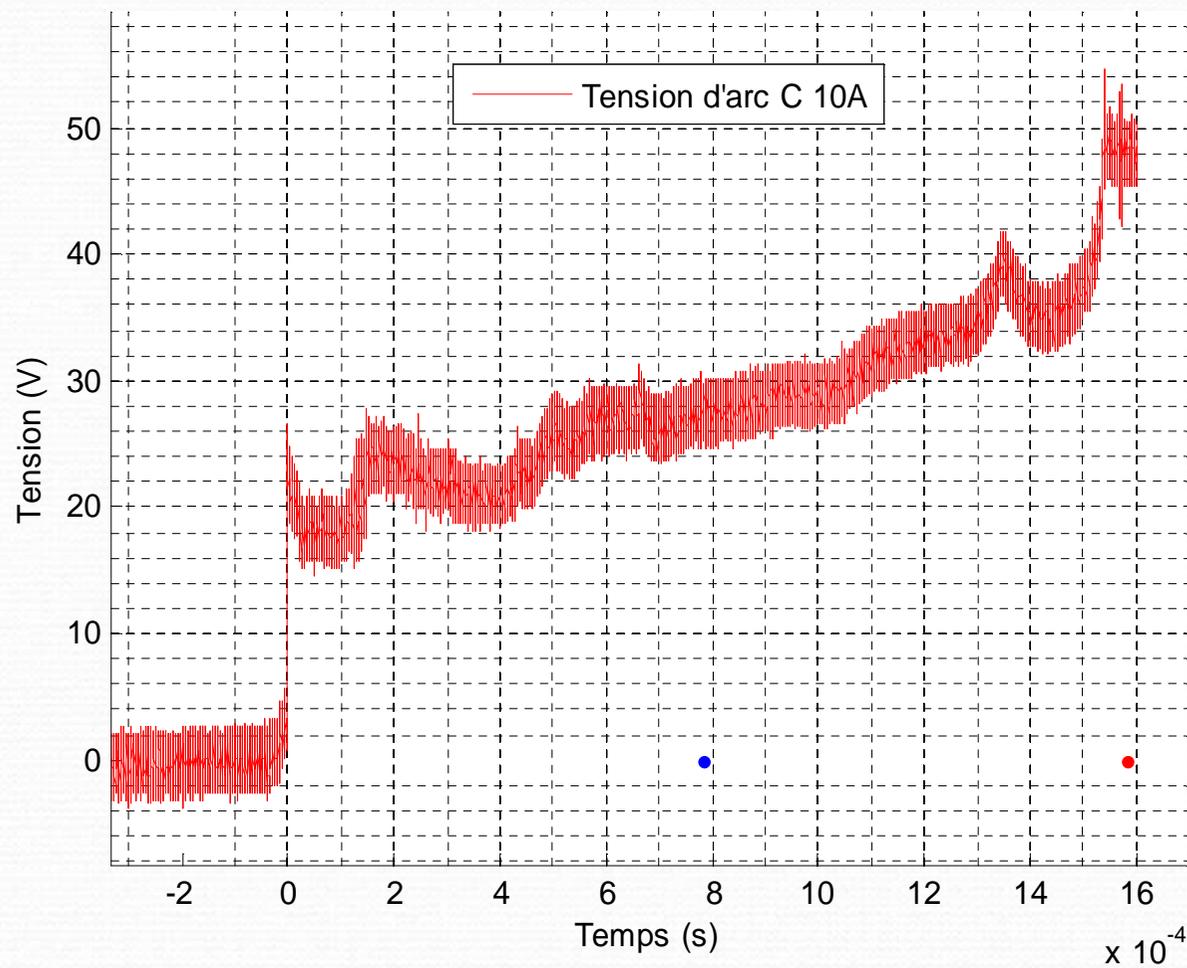
III. Mesures

- Exemple de mesures sur le carbone



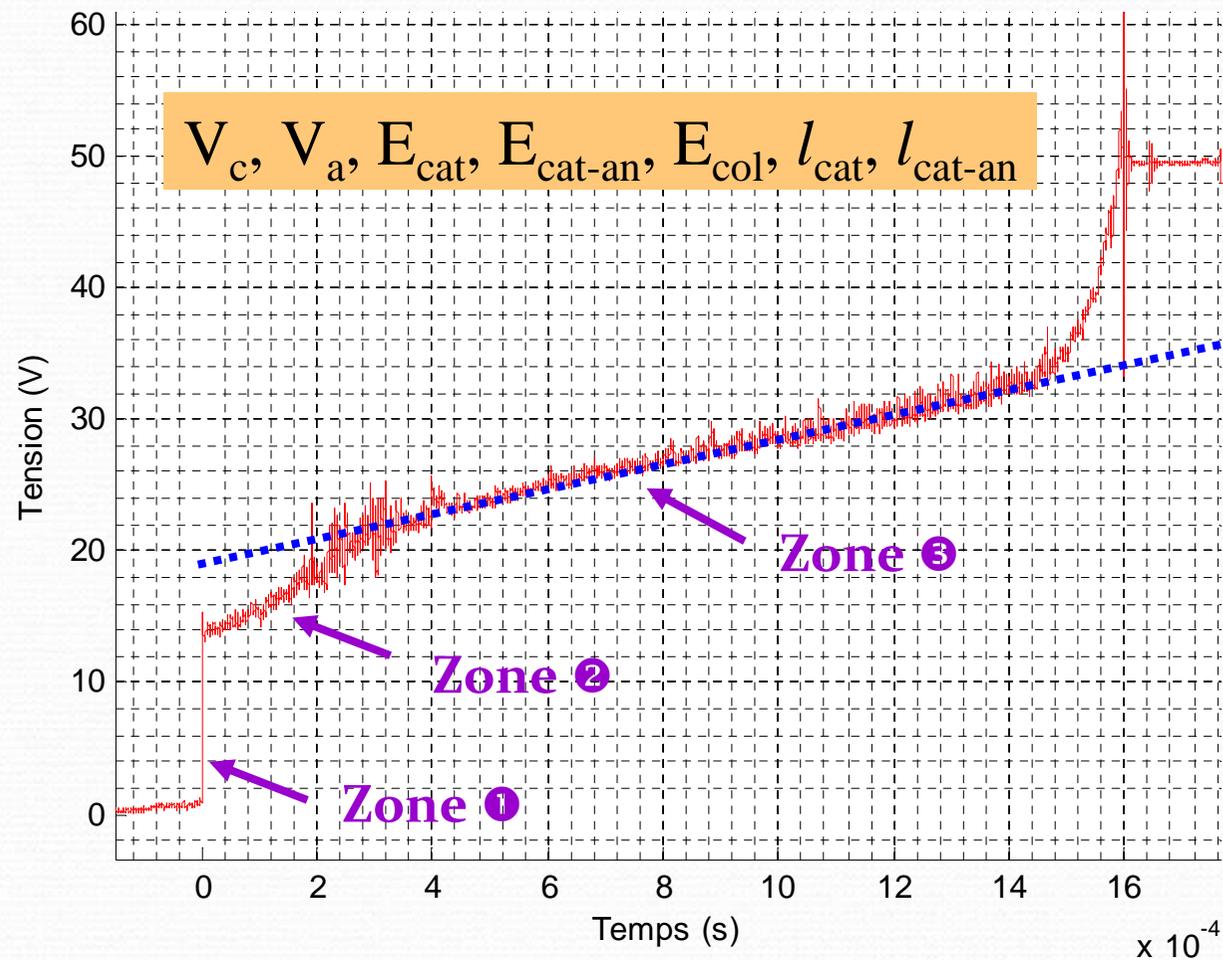
III. Mesures

- Exemple de mesures sur le carbone à 10 A



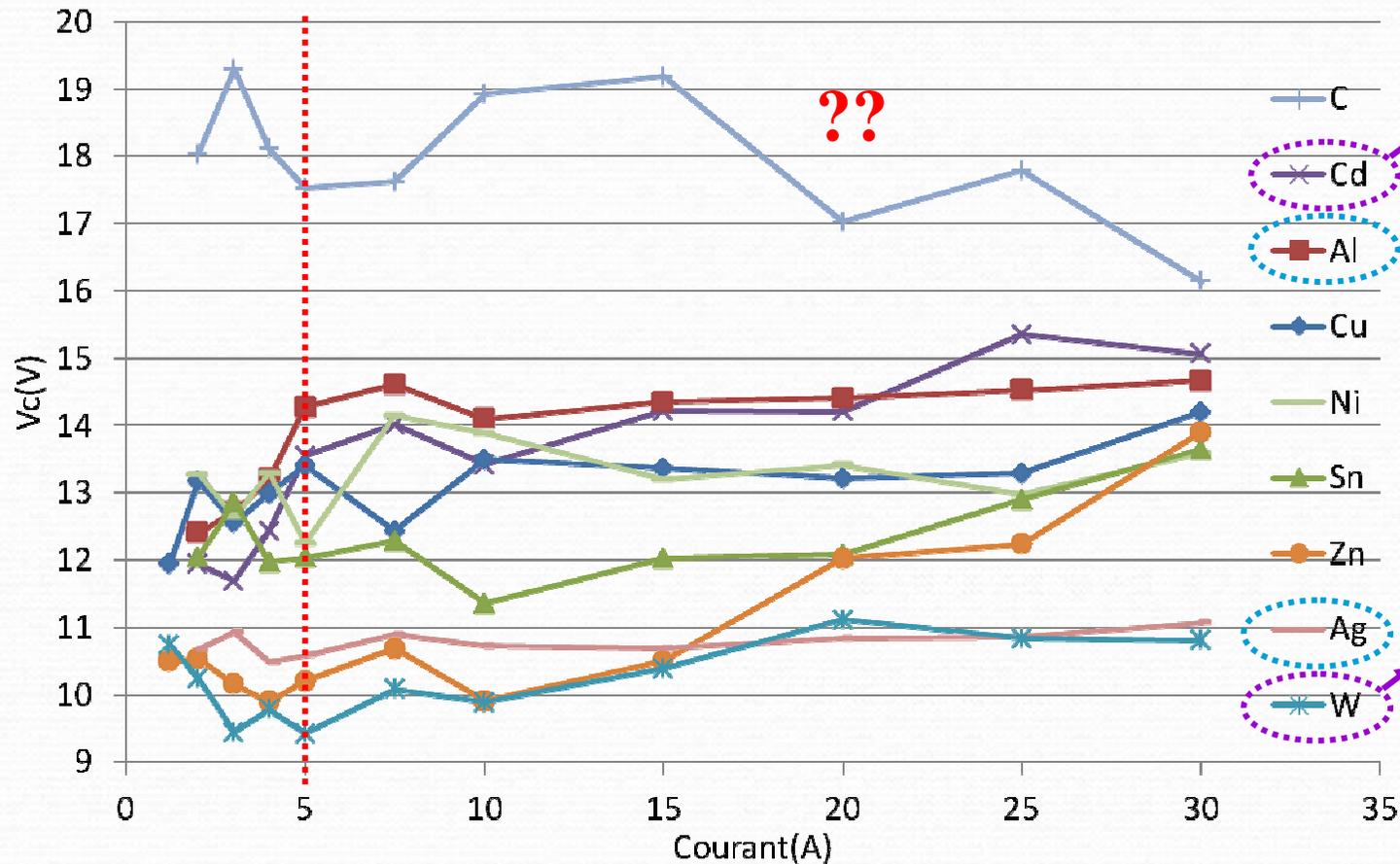
III. Mesures

- Exploitation de $v(t)$, utilisation des pentes



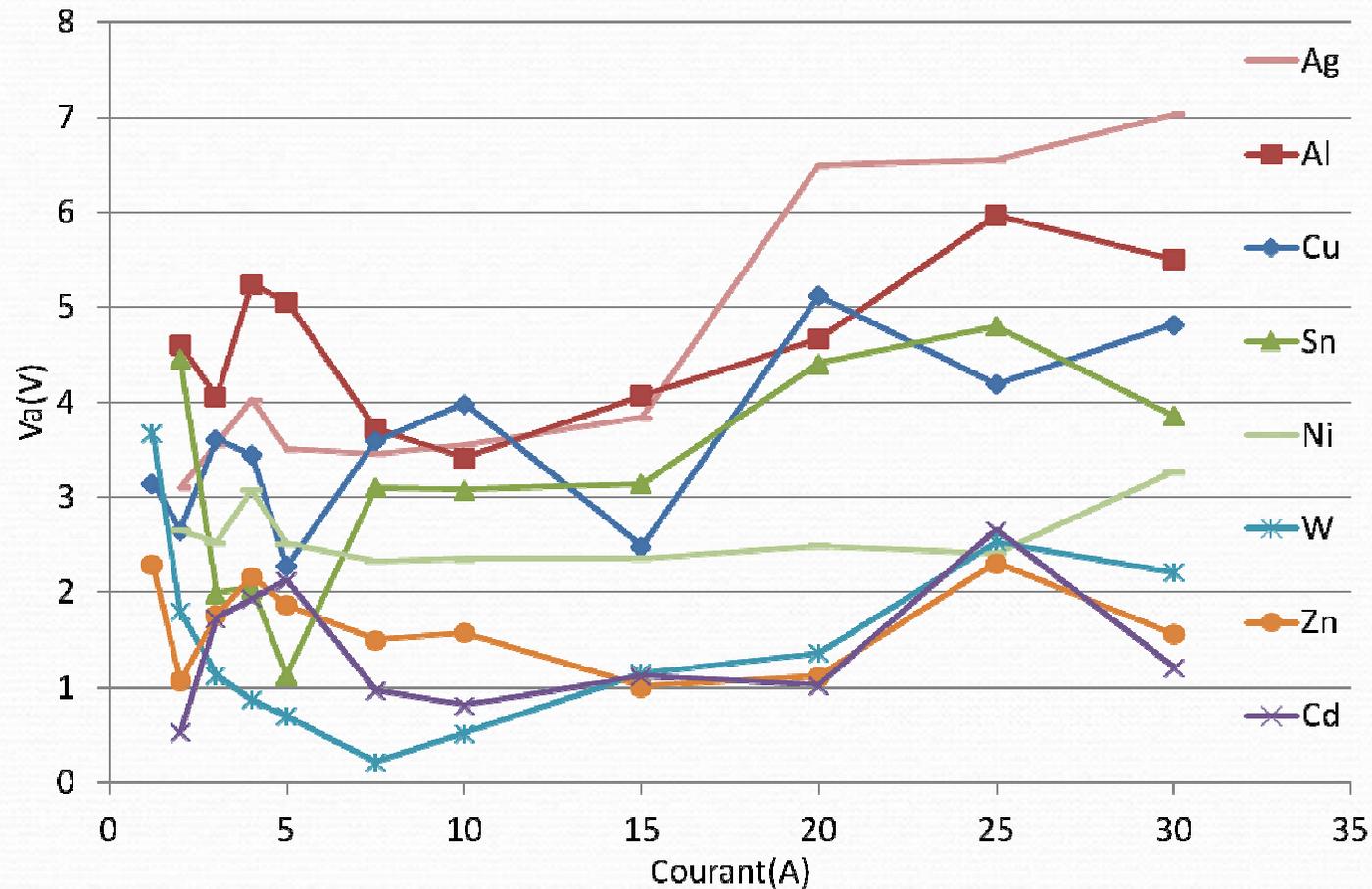
III. Mesures

- Matériaux purs : Ag , Al, Ni, Cd, Cu, Sn, W, Zn, C
- Chutes V_c (moyenne de 10 mesures)



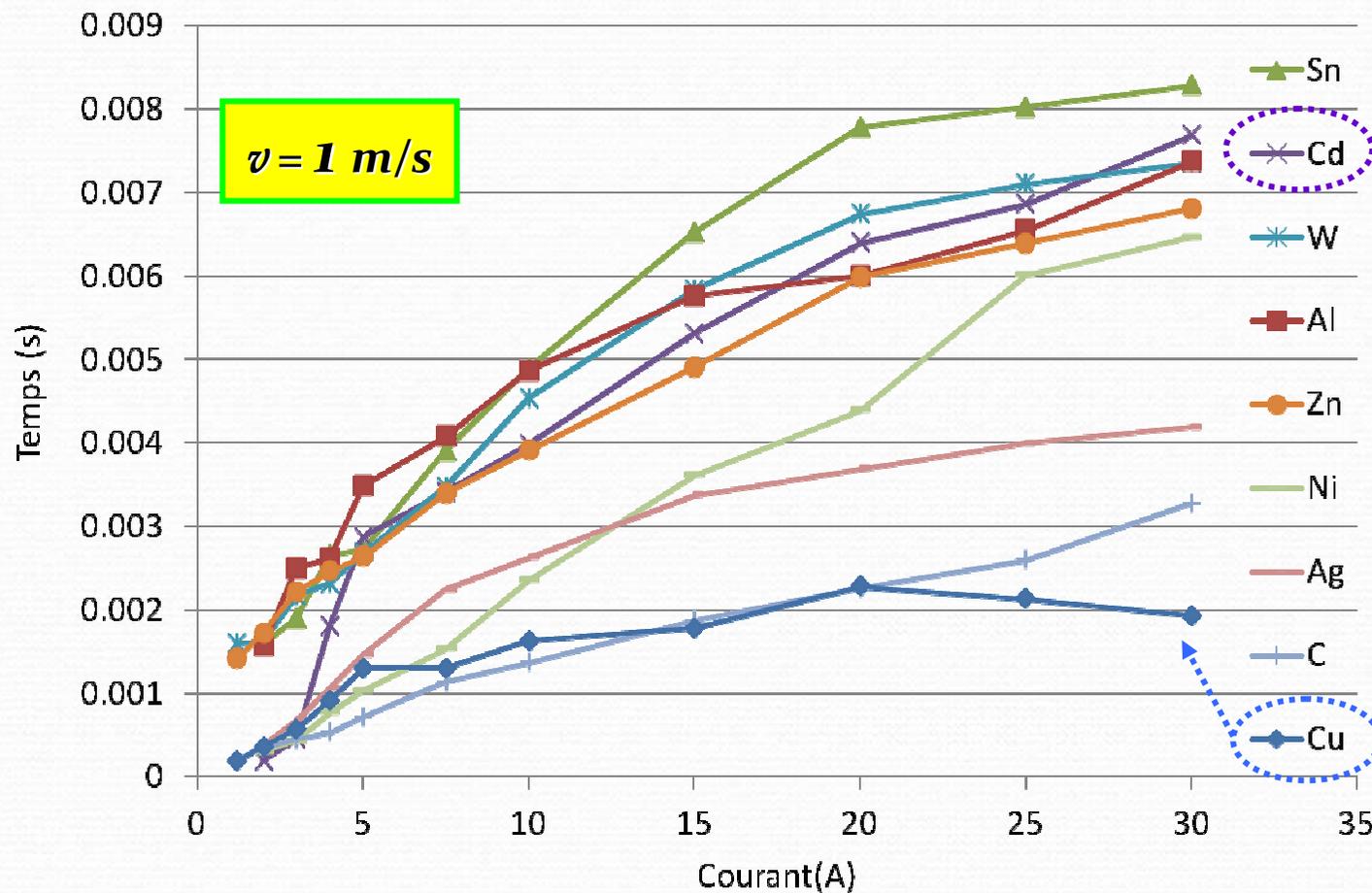
III. Mesures

- Matériaux purs : Ag , Al, Ni, Cd, Cu, Sn, W, Zn
- Chutes V_a (moyenne de 10 mesures)

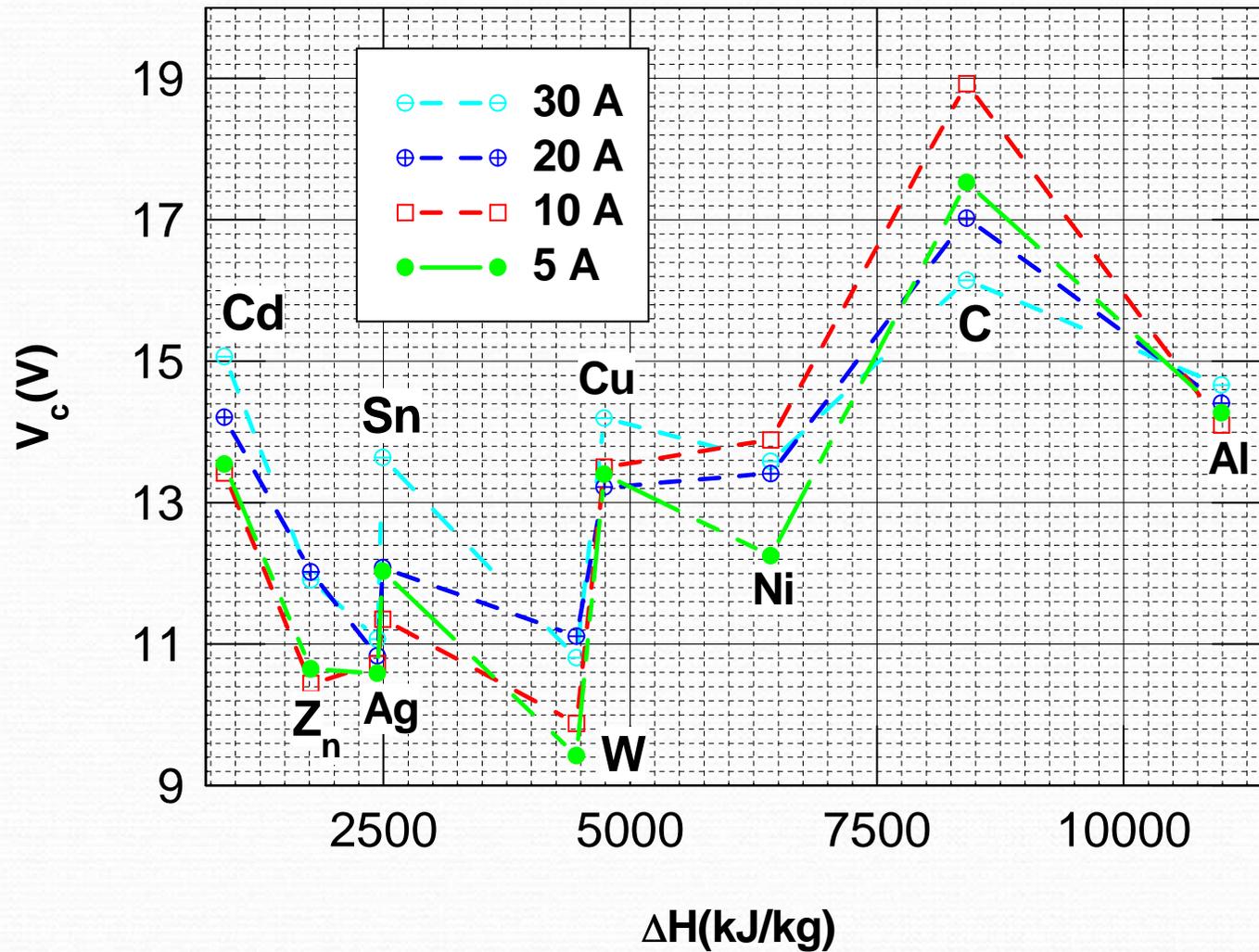


III. Mesures

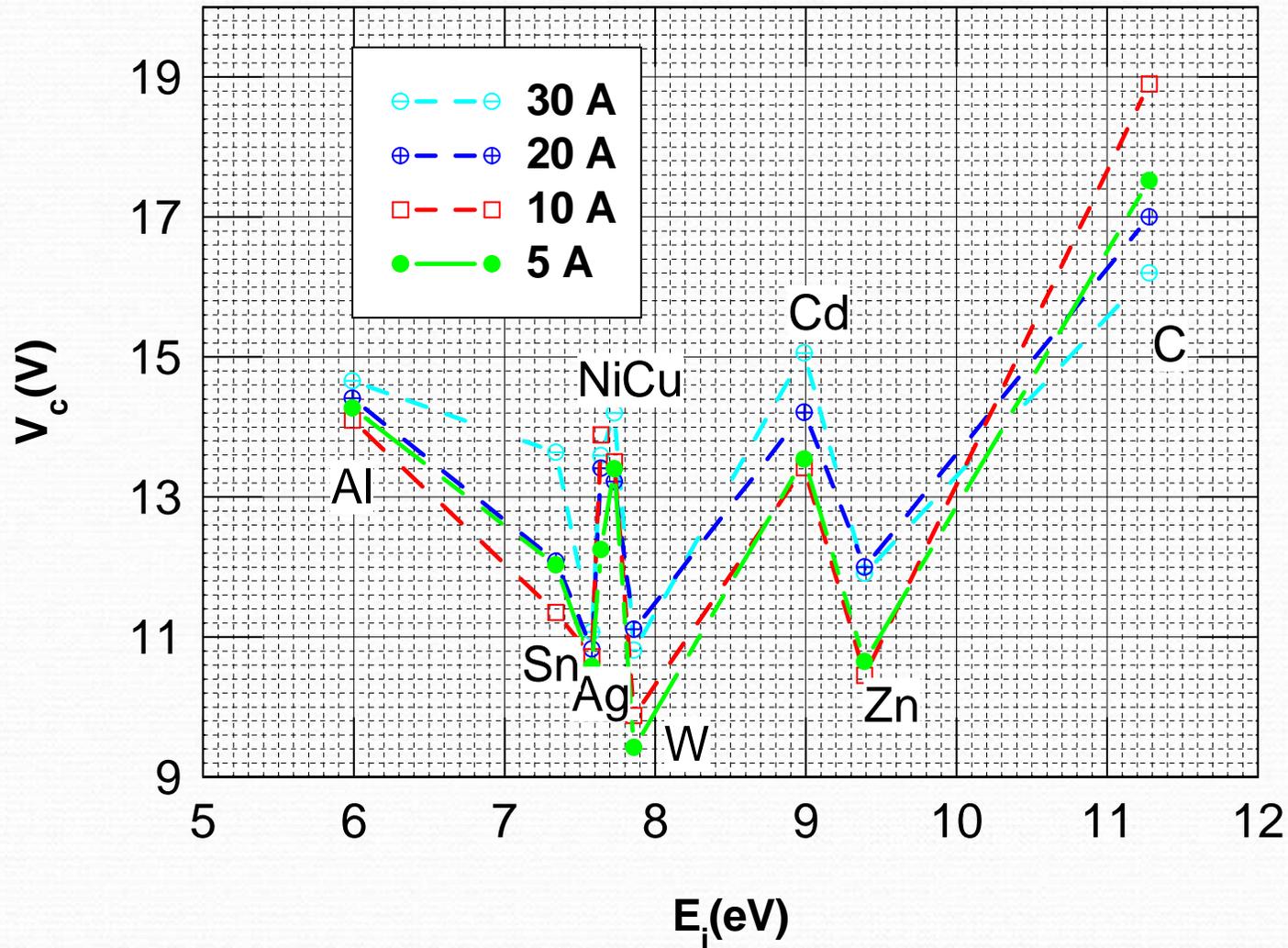
- Matériaux purs : Ag , Al, Ni, Cd, Cu, Sn, W, Zn, C
- Temps et longueur d'arc (moyenne de 10 mesures)



- Variation de V_c en fonction de ΔH_{l-v}

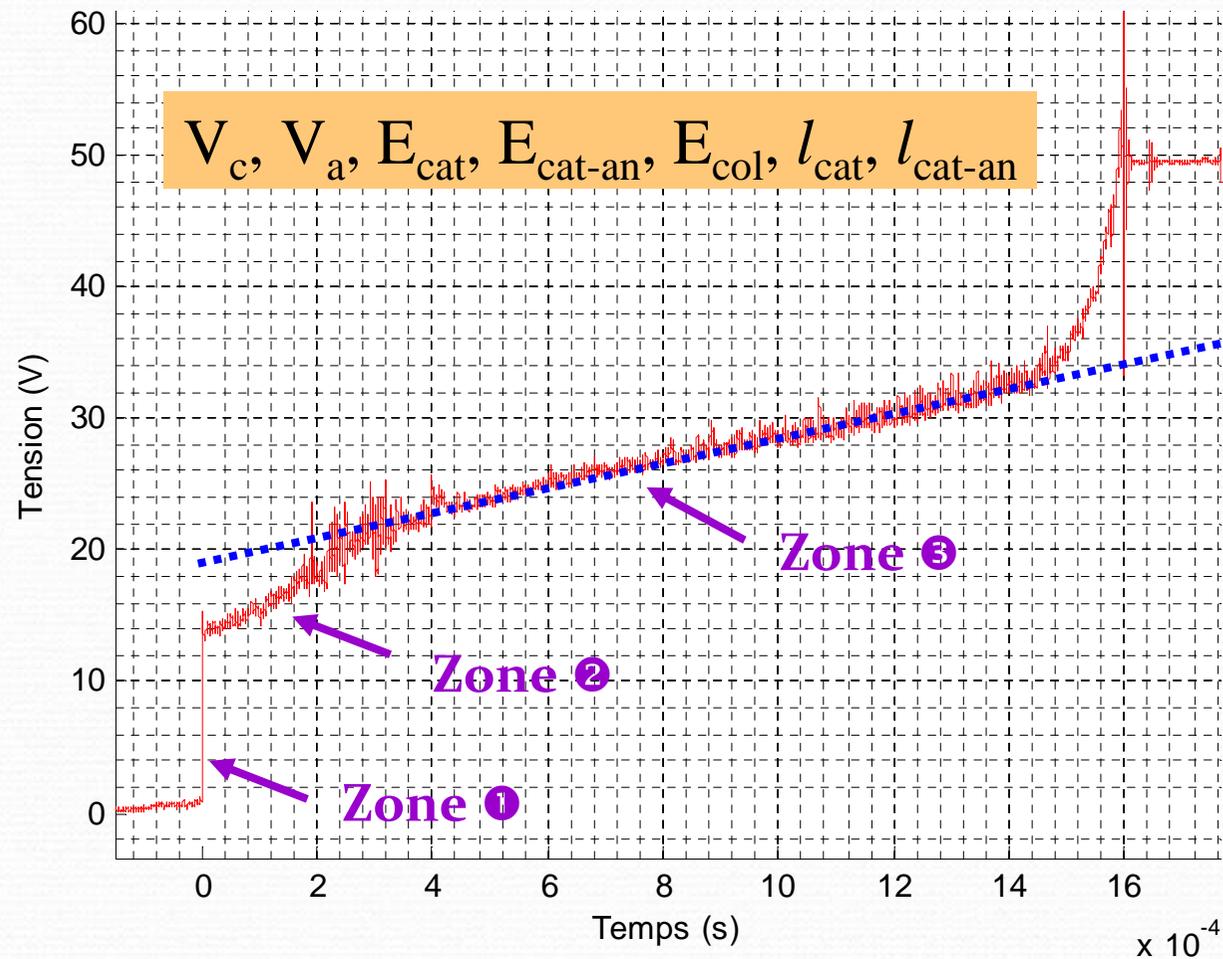


- Variation de V_c en fonction de l'énergie d'ionisation



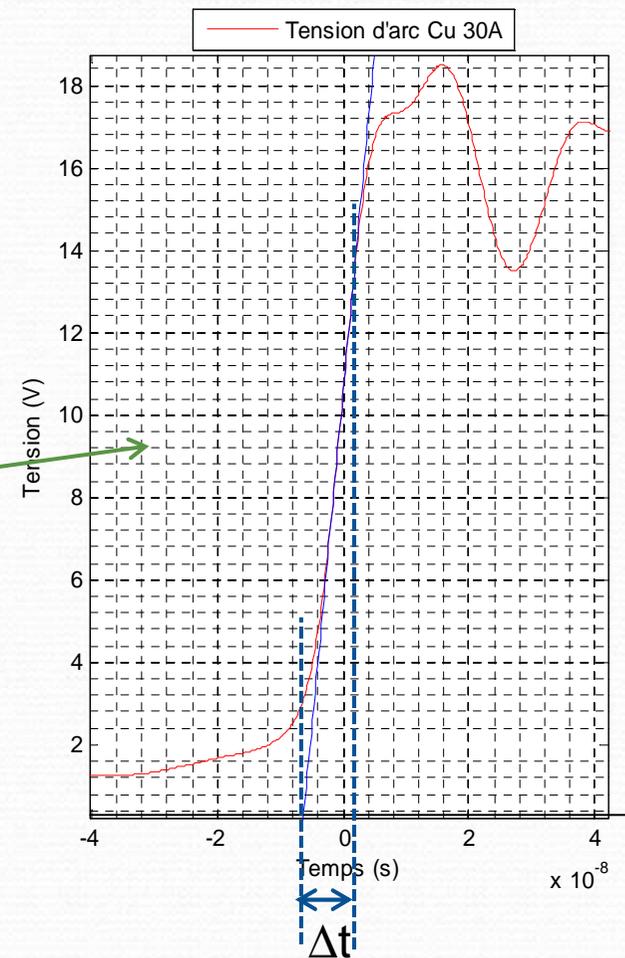
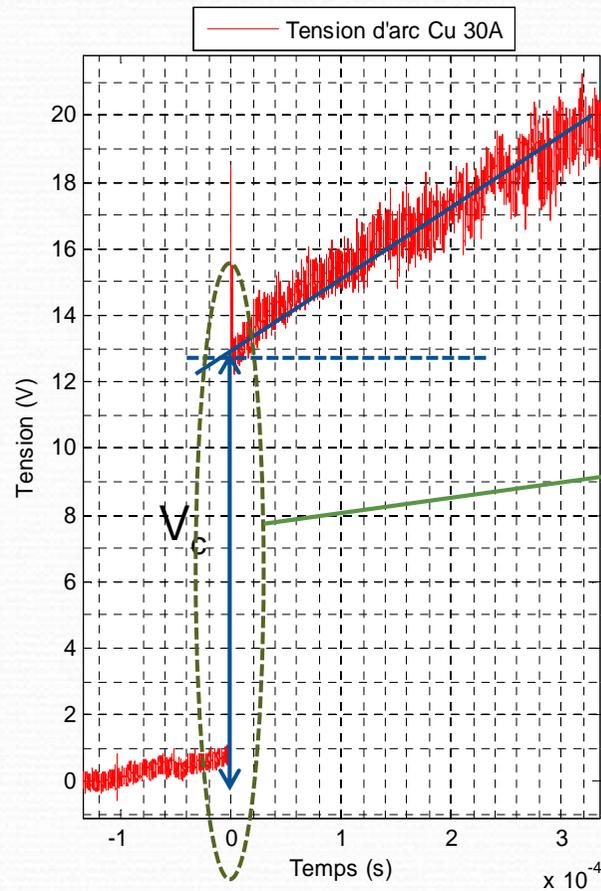
III. Mesures

- Rappel de l'exploitation de $v(t)$, utilisation des pentes



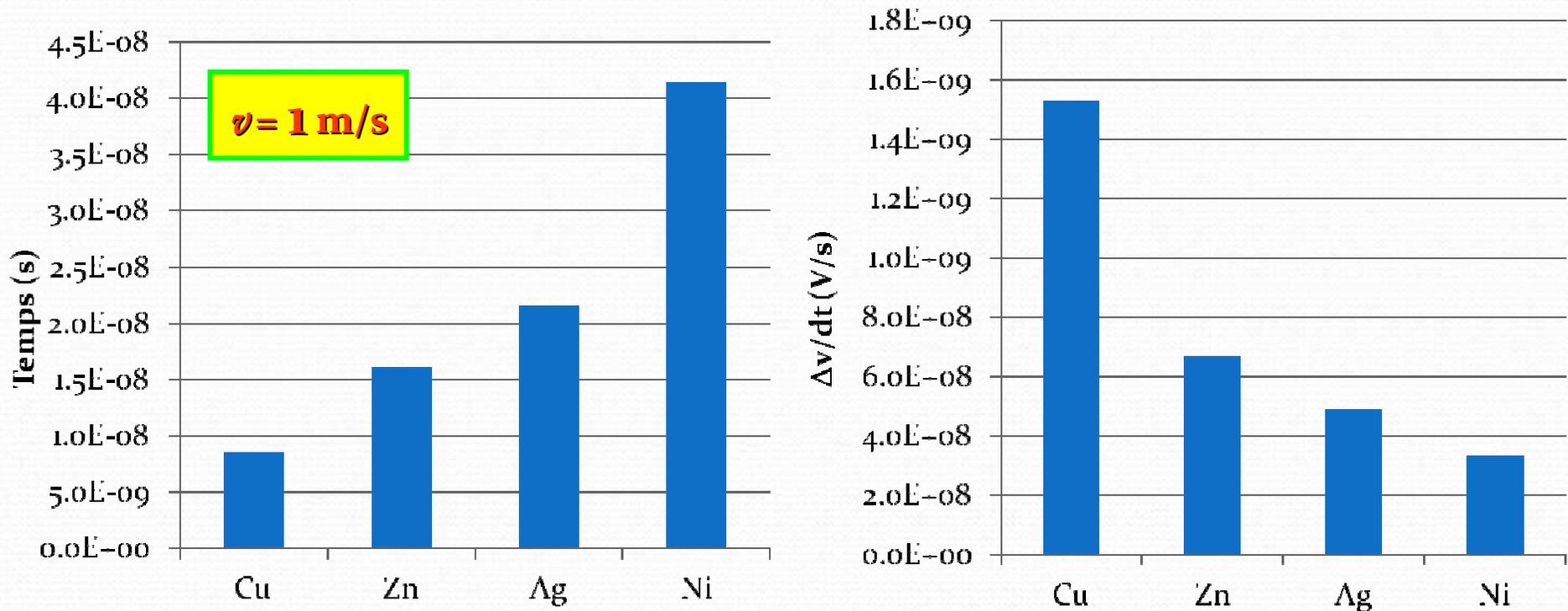
III. Mesures

- Zone ❶ : temps de montée t_m et dV/dt (1 p^t/0,2 ns)



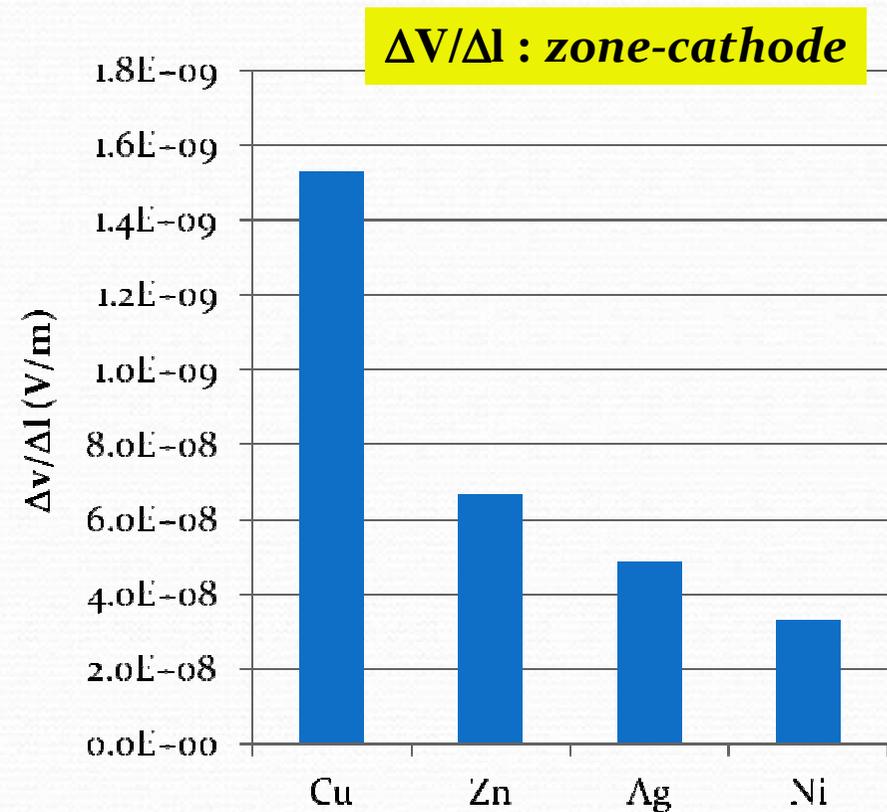
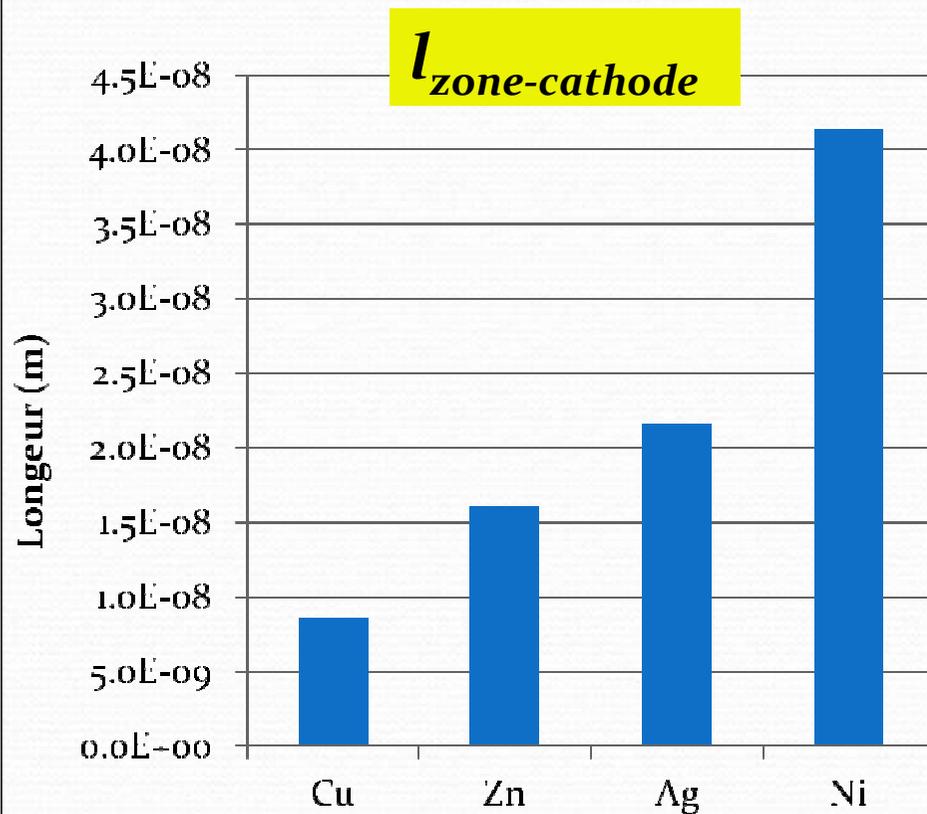
III. Mesures

- Zone cathodique ① : temps de montée t_m et $d\varphi/dt$; $I = 30$ A



III. Mesures

- Zone cathodique ① : épaisseur $l_{z-cathode}$ et $\Delta V/\Delta l$ à 30 A

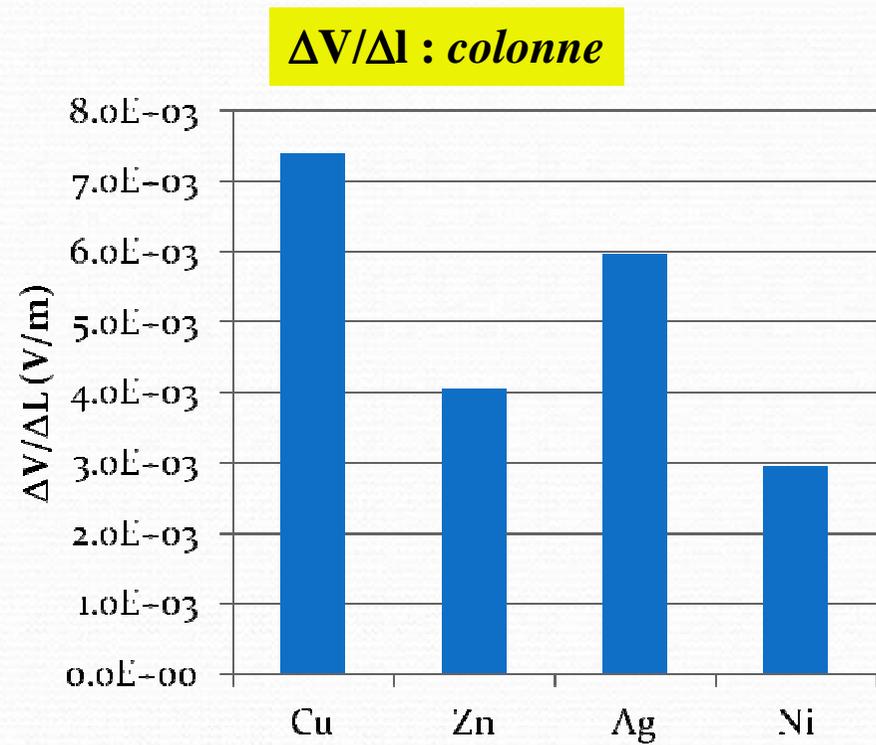
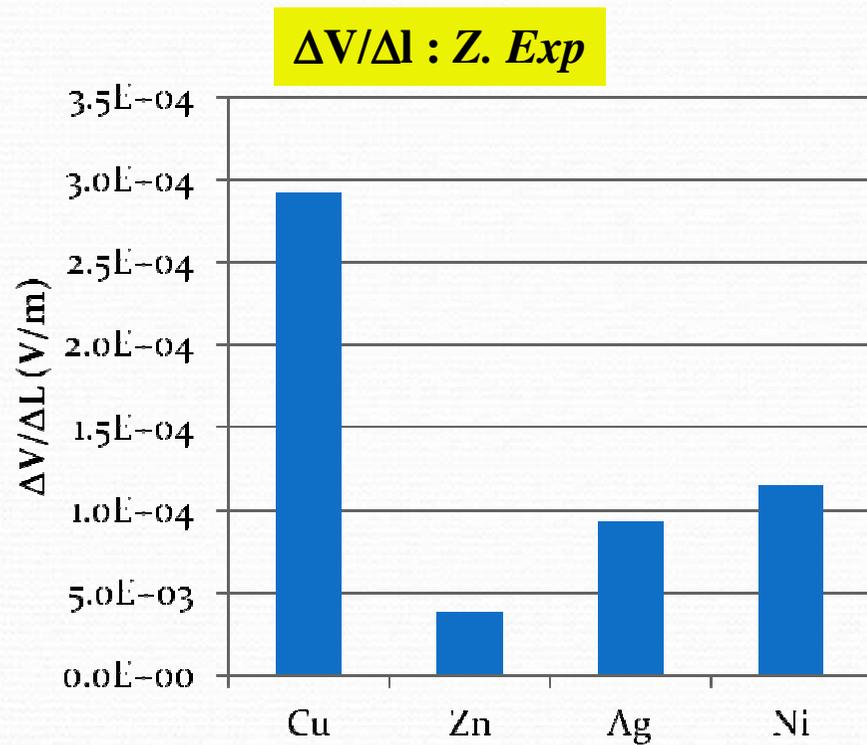


- Comparaison des ordres de grandeurs : zone ❶ ?

	Dickson <i>Mesures</i> (Argon)	Littérature <i>Modèle - pied</i> <i>cathodique</i> (vide)	Laept <i>Mesures</i> (air)
E_{cathode} (10^9 Vm^{-1})	*	1 - 7	0,2 - 1,5
$l_{\text{z-cath}}$ (10^{-8} m)	≤ 40	Z. B. = 0,1 Z. R. L. = 1 Z. R. E. = 100	0,5 - 4

III. Mesures

- **Zone cathode-anode ②** : $\Delta V/\Delta l$ zone d'expansion (constriction)
 $\Delta V/\Delta l$ colonne à 30A



Résultats attendus

$$E_{\text{colonne}} \textcircled{3} < E_{\text{cat-an}} \textcircled{2} < E_{\text{cat}} \textcircled{1}$$

- **Littérature :**

1. Résultats obtenus semblent dépendre :

des conditions expérimentales et des méthodes employées (*vide, atmosphère contrôlée, arc d'ouverture, de fermeture...*)

2. L'ensemble des résultats indique des tendances (*métaux purs*)

- $10V < V_c < 15V$

- $V_a < 7 V$

- **Notre étude :**

1. Étendre la gamme de vitesse

2. Voir corrélation V_c – autres caractéristiques intrinsèques

3. Étendre la gamme de courant pour les alliages et pseudo alliages

- 
- Merci de votre attention
 - Merci à l'AAE pour son soutien