

Castor Elec3D

Logiciel de modélisation du dépôt électrolytique –
Application à l'étude des effets d'accrochage

Journée Outillage TS
15 Octobre 2019, Cetim, Nantes

Guimin SHI
Joël COQUELLE
Cetim, Senlis



Castor ELEC 3D
cetim

Introduction

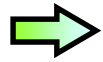
Sommaire

- ▶ Pourquoi utiliser un outil numérique ?
- ▶ Caractéristiques principales du logiciel Castor Elec3D
- ▶ Présentation de l'étude sur les effets d'accrochage d'un montage de cuivrage
- ▶ Comparaison des résultats de simulation
- ▶ Conclusion et perspectives



Introduction

- Difficultés en dépôt électrolytique



Qualité du dépôt
Maintenance

Répartition homogène des dépôts



- Type de dépôt Cr, Cu, Ni, Zn, Au, ...
- Positions, formes et nombre des pièces - anodes - écrans – voleurs
- Courant de travail

- Une solution



Simulation numérique

Calculer les épaisseurs de dépôts

Optimisation du procédé



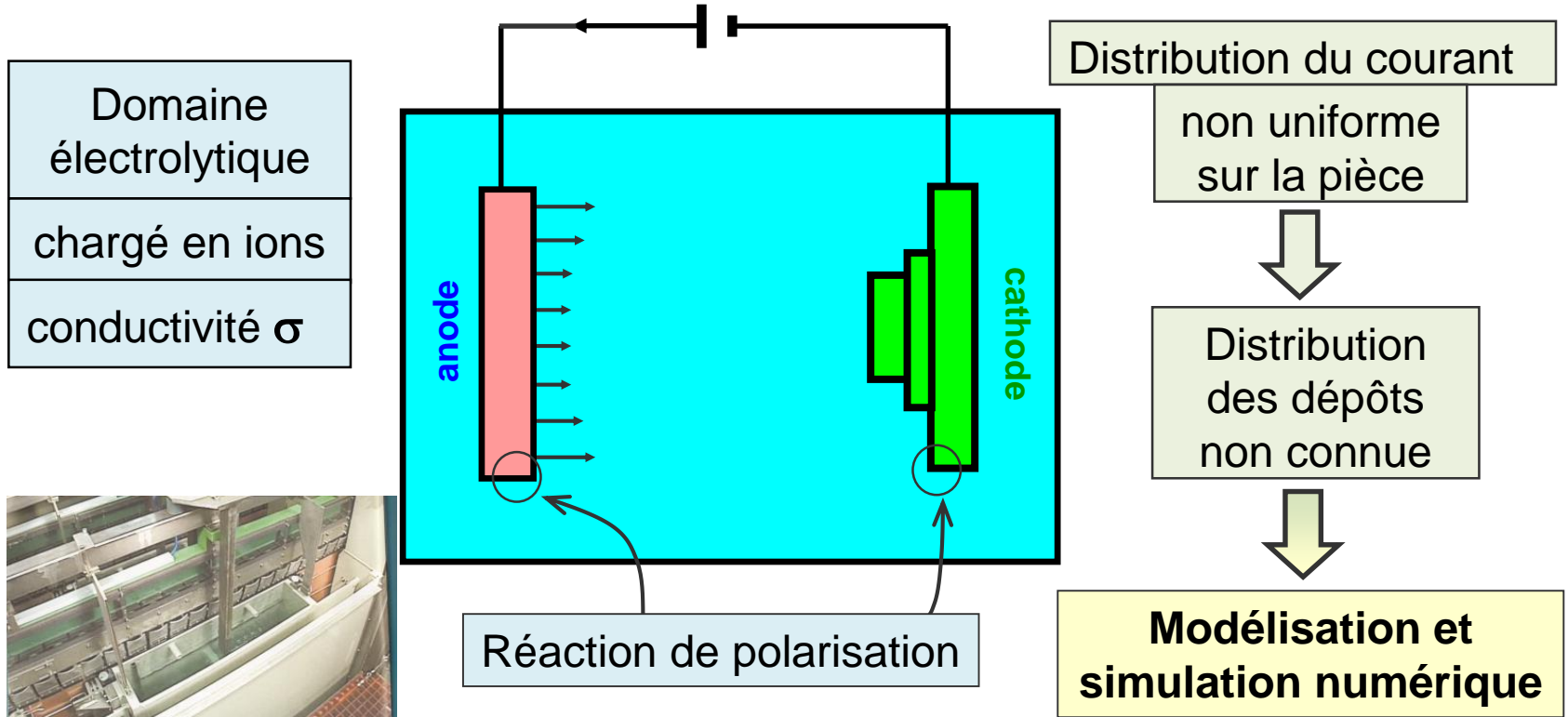
Logiciel Castor Elec3D

- Outil d'aide pour la modélisation des montages électrolytiques
- Fruit d'un partenariat industriel réussi (Projet de la Commission Professionnelle TS du Cetim)
- Logiciel pionnier dédié à la modélisation et à la simulation numérique du dépôt électrolytique
- Logiciel polyvalent permettant de prendre en compte tout type de procédés électrolytiques en TS
- Logiciel générique capable de traiter du problème simple aux montages électrolytiques complexes

Logiciel Castor Elec3D

- Analyse fine de la répartition des épaisseurs de dépôt
- Maîtrise des effets de bord pour améliorer le montage
- Limitation des étapes de rectification des pièces
- Gains en termes de temps et de coûts grâce à la réduction des essais expérimentaux
- Optimisation du montage initial pour économiser la matière
- Définition et obtention de la position idéale des pièces, anodes, écrans et voleurs de courant

Modèle du dépôt électrolytique



Fondement théorique

Distribution de potentiel

Milieu électrolytique

$$\operatorname{div}(-\sigma \cdot \operatorname{grad} u(x)) = 0$$

$$\vec{j} = -\sigma \cdot \nabla u(x)$$

Cuve

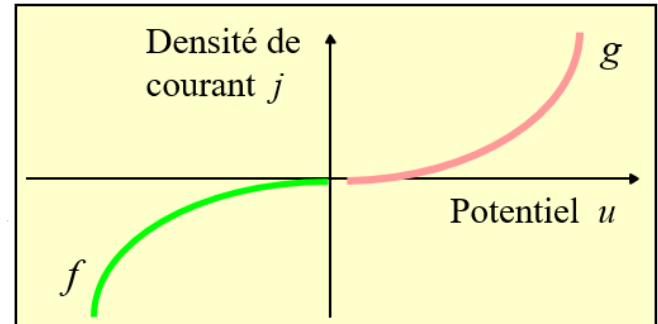
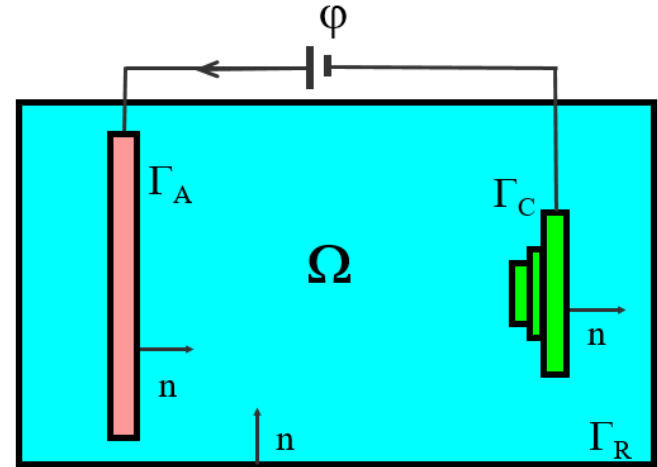
$$j(x) = \vec{j} \cdot \vec{n} = 0$$

Anode

$$u(x) - u_A = g(j(x)) \quad \text{sur } \Gamma_A$$

Cathode

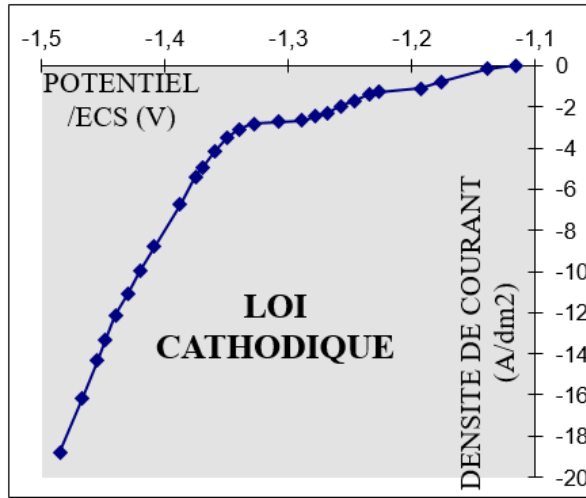
$$u(x) - u_C = f(j(x)) \quad \text{sur } \Gamma_C$$



Fondement théorique



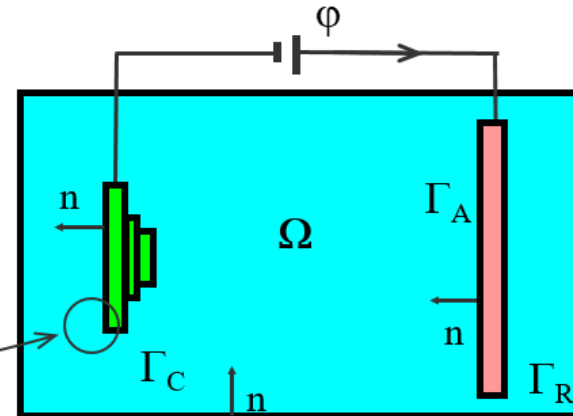
**Lois de polarisation
non linéaires**



Méthode des Eléments de Frontière

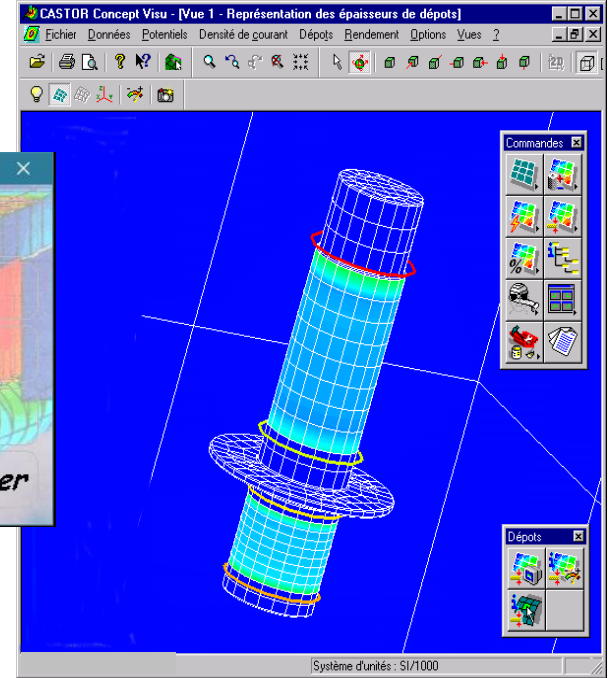
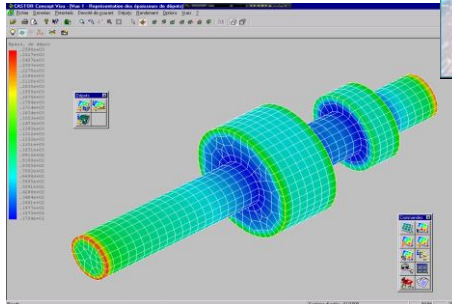
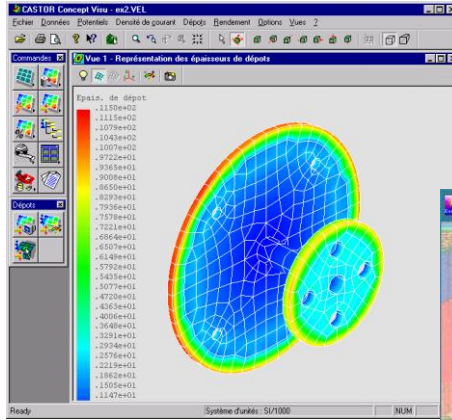
$$\varphi \longmapsto u(x)$$

Méthode de Newton-Raphson



Castor Elec3D

15.10.2019



Castor Elec3D

Propriétés générales du bain

Propriétés du dépôt

Lois de polarisation cathodique

Lois de polarisation anodique

Rendement

ZINC

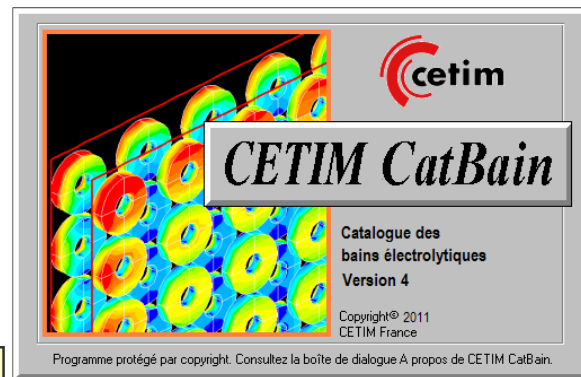
NICKEL

CUIVRE

CHROME

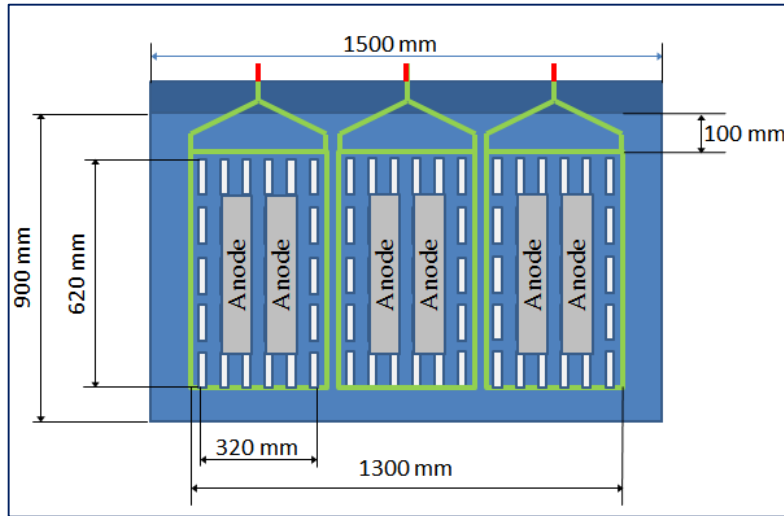
ARGENT

OR

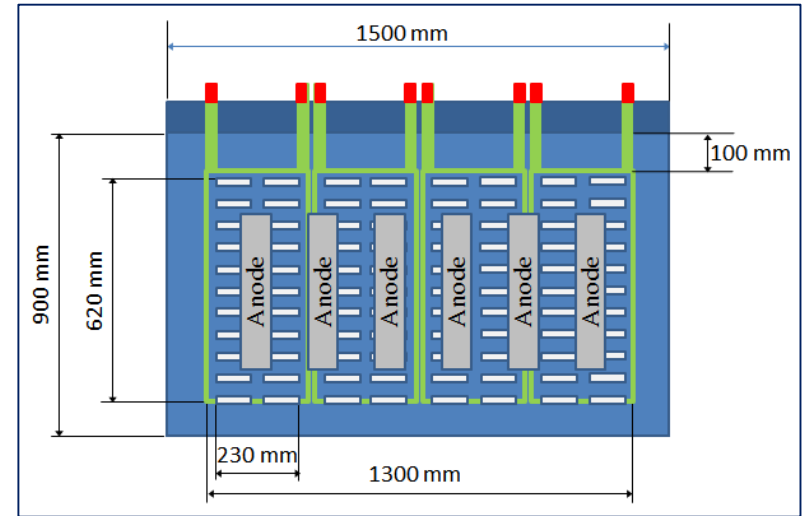


Application aux montages de cuivrage

Configuration 1

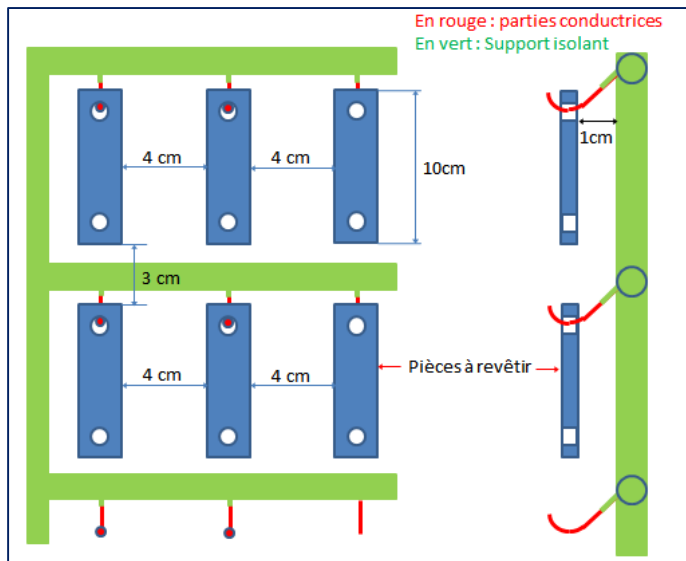


Configuration 2

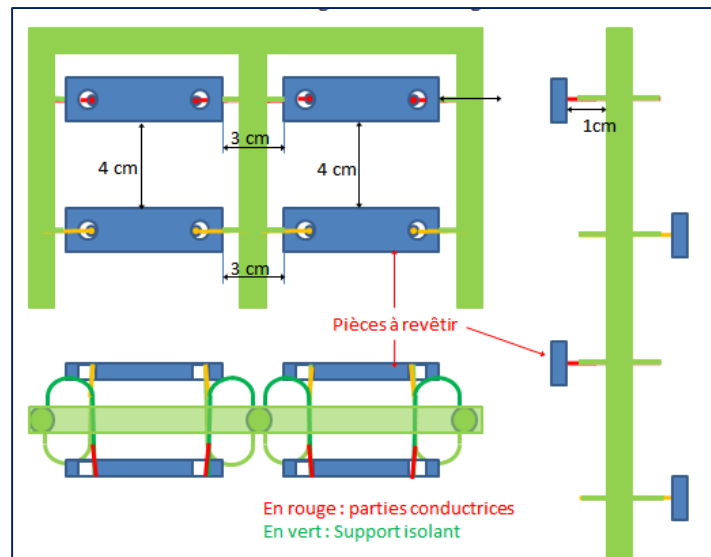


Systèmes d'accrochage

Configuration 1



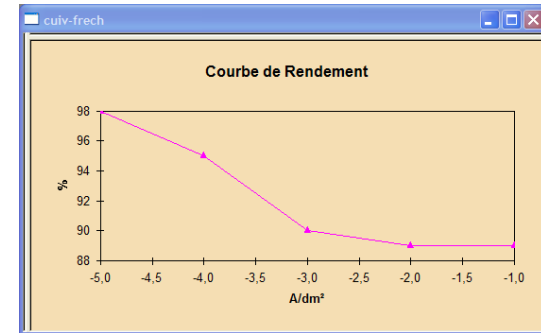
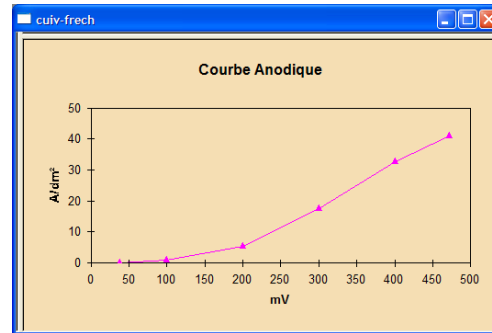
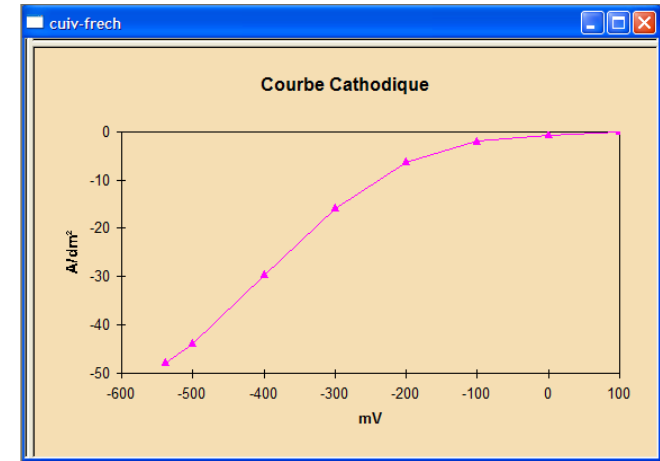
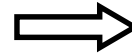
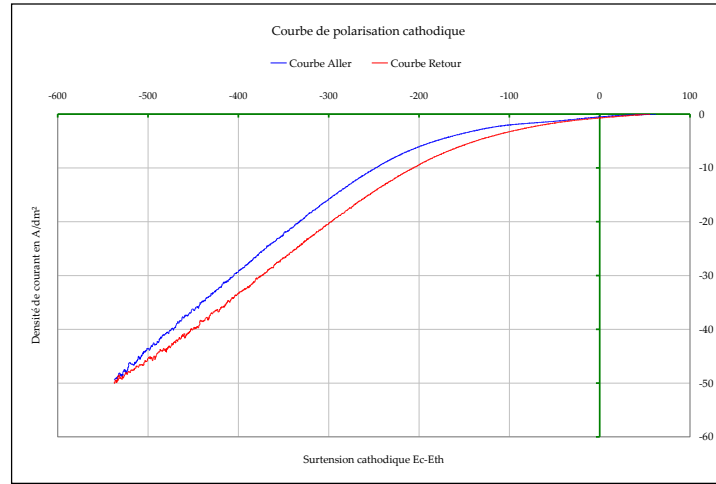
Configuration 2



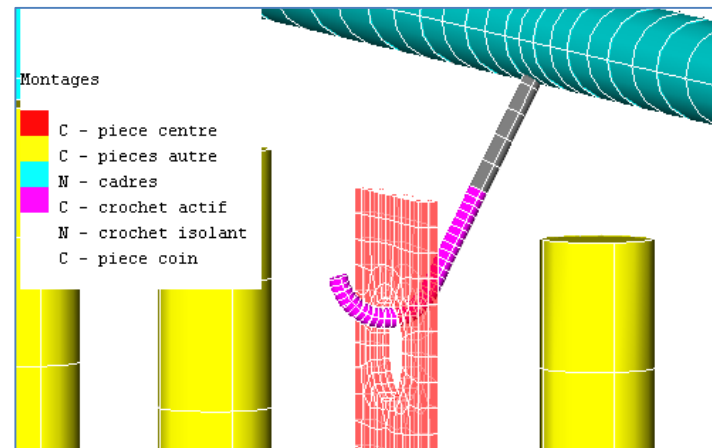
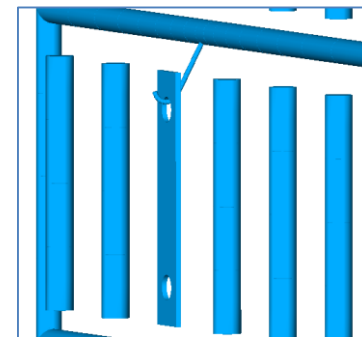
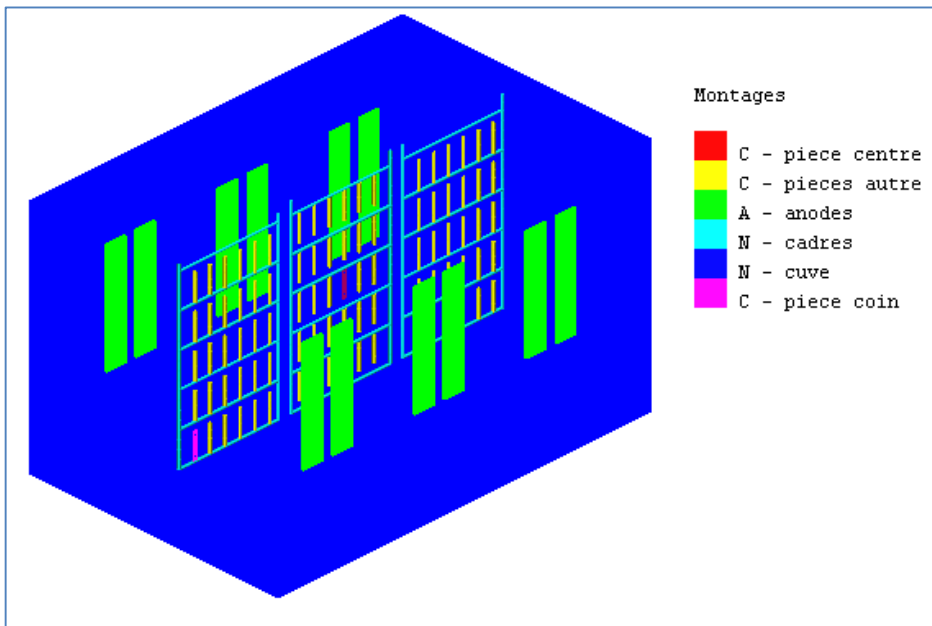
Effets d'accrochage – Cuivrage

- Paramètres de traitement :
 - Température du bain : 20 ~ 30°C
 - Densité de courant de travail : 3.5 A/dm²
 - Temps de traitement : 5 minutes
- Caractéristiques du bain au cuivre :
 - Masse volumique : 8.96 g/cm³
 - Masse molaire : 63.54 g/mol
 - Nombre de valence : 2

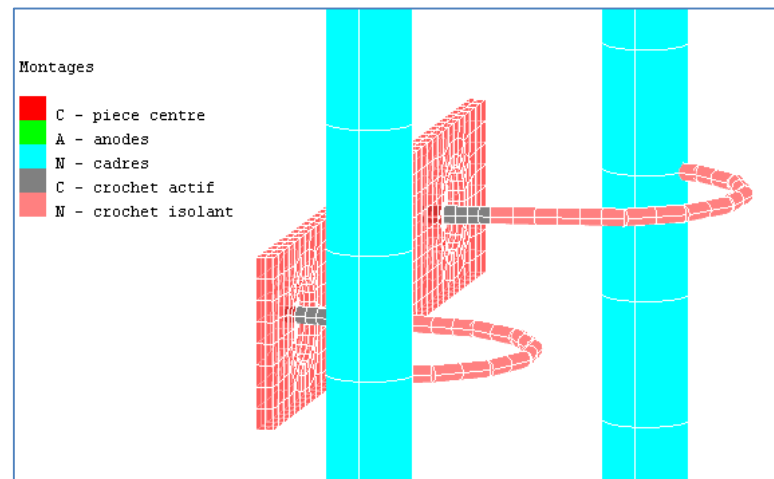
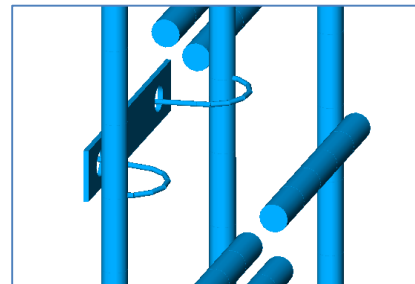
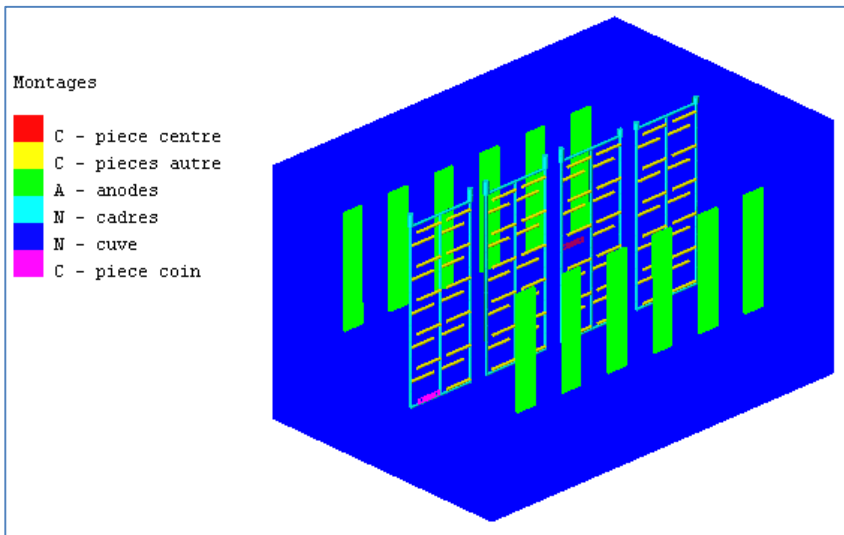
Cuivrage – Données électrochimiques



Modélisation – Configuration 1

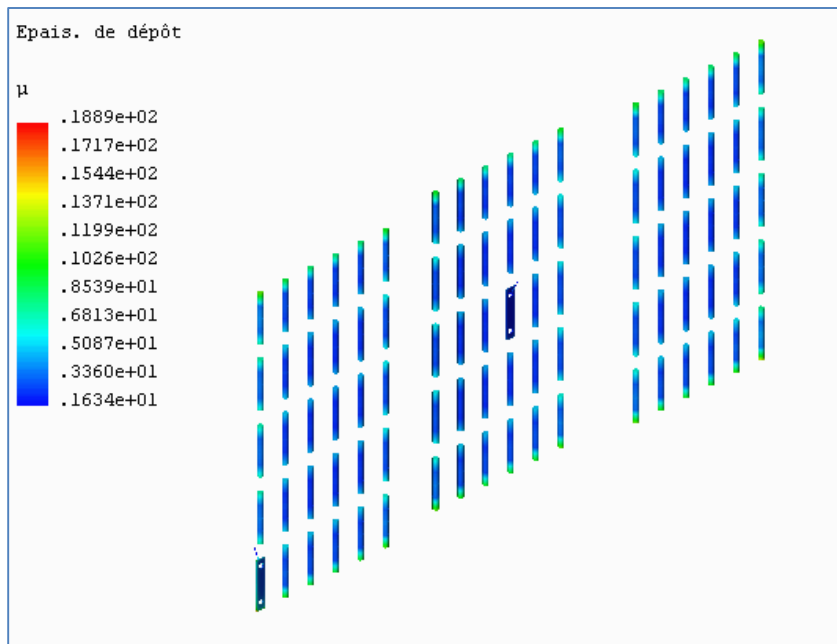


Modélisation – Configuration 2

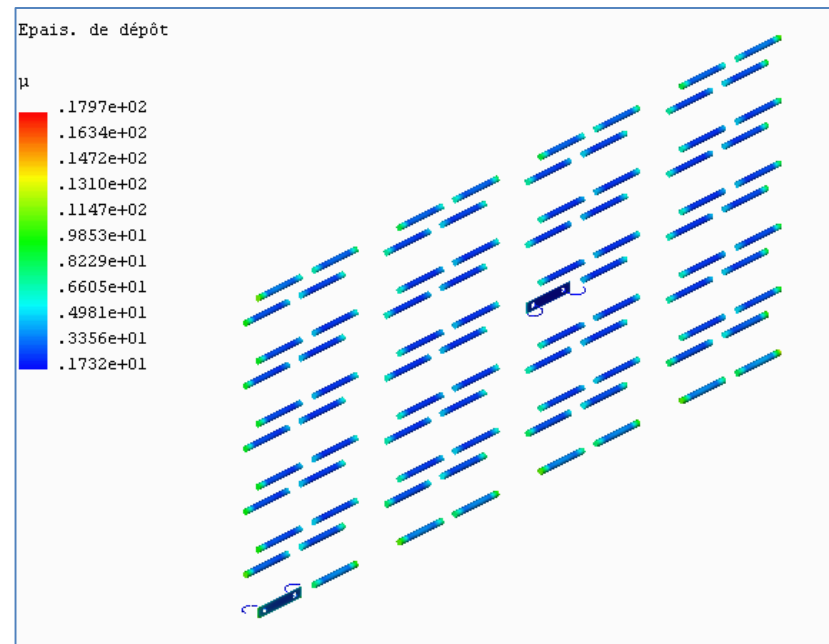


Résultats de simulation avec accrochage

Configuration 1



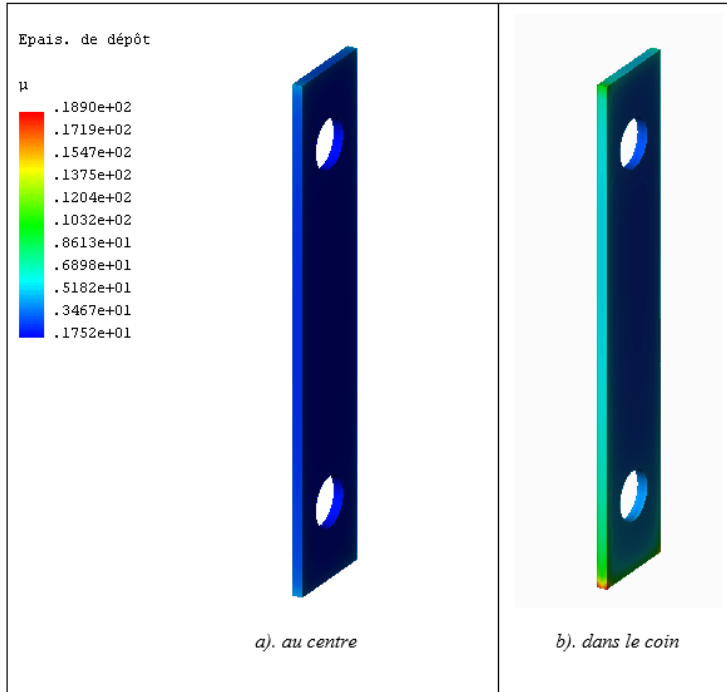
Configuration 2



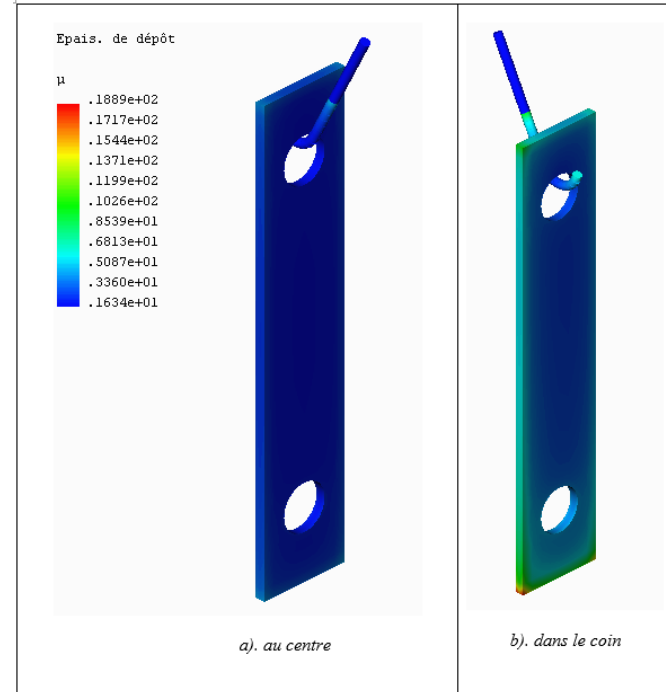
Résultats – Configuration 1

- Sans accroches :
 - Masse totale déposée : 10.22 g
 - Masse déposée sur pièce au centre : 87.24 mg
 - Masse déposée sur pièce au coin : 166.2 mg
- Avec accroches :
 - Masse totale déposée : 10.23 g
 - Masse déposée sur pièce au centre : 85.42 mg
 - Masse déposée sur pièce au coin : 162.5 mg
 - Masse déposée sur crochet - pièce au centre : 3.226 mg
 - Masse déposée sur crochet - pièce au coin : 5.408 mg

Résultats – Configuration 1



Sans accroches

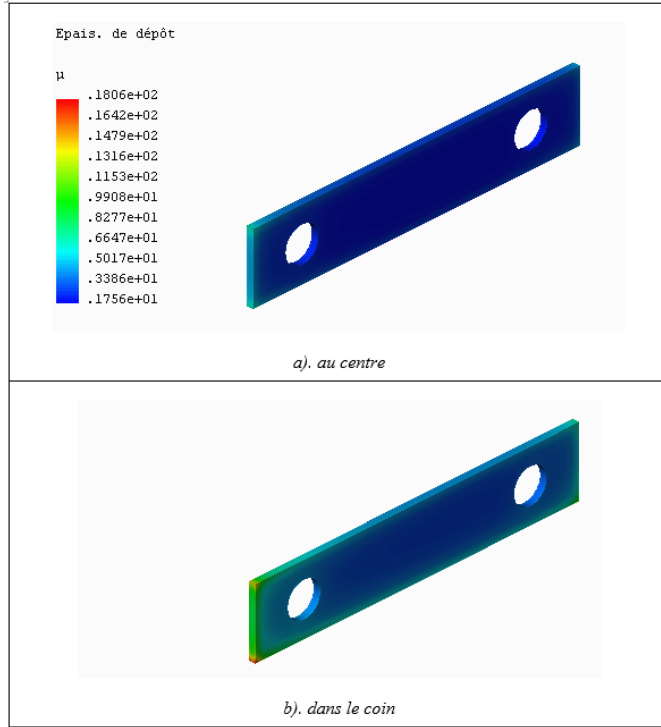


Avec accroches

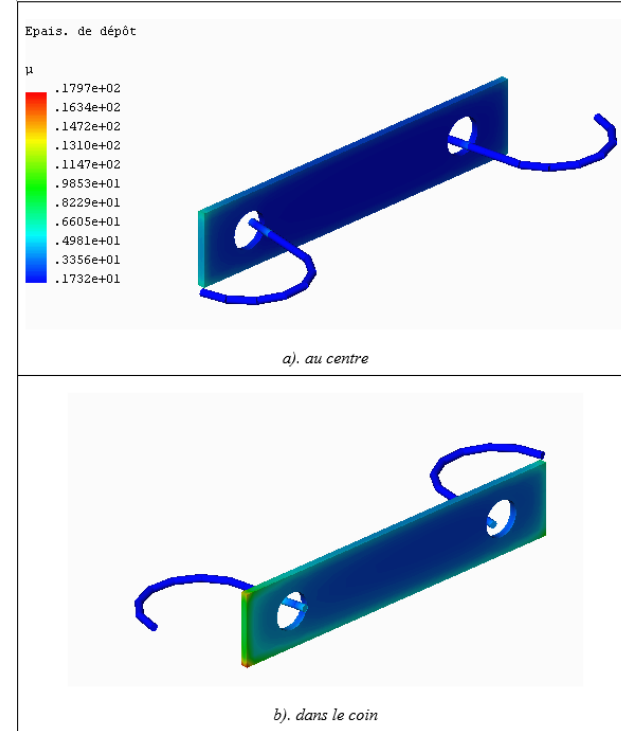
Résultats – Configuration 2

- Sans accroches :
 - Masse totale déposée : 9.983 g
 - Masse déposée sur pièce au centre : 99.13 mg
 - Masse déposée sur pièce au coin : 164.6 mg
- Avec accroches :
 - Masse totale déposée : 9.989 g
 - Masse déposée sur pièce au centre : 97.64 mg
 - Masse déposée sur pièce au coin : 161.7 mg
 - Masse déposée sur crochets - pièce au centre : 2.132 mg
 - Masse déposée sur crochets - pièce au coin : 3.532 mg

Résultats – Configuration 2



Sans accroches



Avec accroches

Résultats – Tableaux de comparaison

Configuration 1

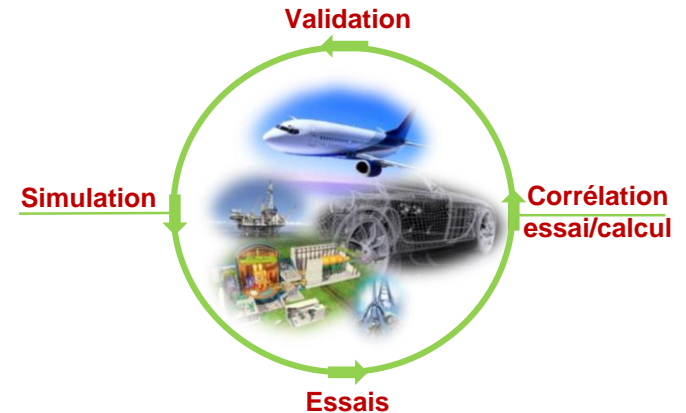
	Sans accroche	Avec accroche	Écart (%)
Masse totale déposée (gramme)	10.22	10.23	-0.1
Masse déposé sur pièce centre (mg)	87.24	85.42	2.1
Masse déposé sur pièce coin (mg)	164.6	162.5	1.3
Épaisseur au point contact / pièce au centre (μ)	2.004	1.647	21.7
Épaisseur au point contact / pièce dans le coin (μ)	3.277	1.929	69.9
Densité de courant au point contact / pièce au centre (A/dm^2)	-2.041	-1.679	21.6
Densité de courant au point contact / pièce dans le coin (A/dm^2)	-3.256	-1.966	65.6

Configuration 2

	Sans accroche	Avec accroche	Écart (%)
Masse totale déposée (gramme)	9.983	9.989	-0.06
Masse déposé sur pièce centre (mg)	99.13	97.64	1.5
Masse déposé sur pièce coin (mg)	164.6	161.7	1.8
Épaisseur au point contact / pièce au centre (μ)	2.291	1.840	24.5
Épaisseur au point contact / pièce dans le coin (μ)	3.782	2.540	48.9
Densité de courant au point contact / pièce au centre (A/dm^2)	-2.327	-1.875	24.1
Densité de courant au point contact / pièce dans le coin (A/dm^2)	-3.674	-2.572	42.8

Conclusion

- Apport du logiciel Castor Elec3D dans la conception et l'optimisation des montages électrolytiques
- Démarche de la modélisation et de la simulation numérique
- Effets d'accrochage : peu d'influence sur la qualité globale des épaisseurs de dépôt
- Différence entre pièces centrale et périphérique
- Effets d'accrochage importants aux points de contact en termes d'épaisseurs de dépôt et de densités de courant
- Perspectives : Utilisation avantageuse de la technique de modélisation pour les procédés métiers



50.



Vers le futur