

# Mise au point d'un dépôt de (Cr,Al)N par pulvérisation cathodique en vue d'applications en fonderie de l'aluminium

P. D'Ans, M. Degrez (Université Libre de  
Bruxelles, Belgique)

M. Bakrim (ALM s.a., Fleurus, Belgique)

M. Brizuela, A. García-Luis (Inasmet,  
Donostia-San-Sebastián, Espagne)

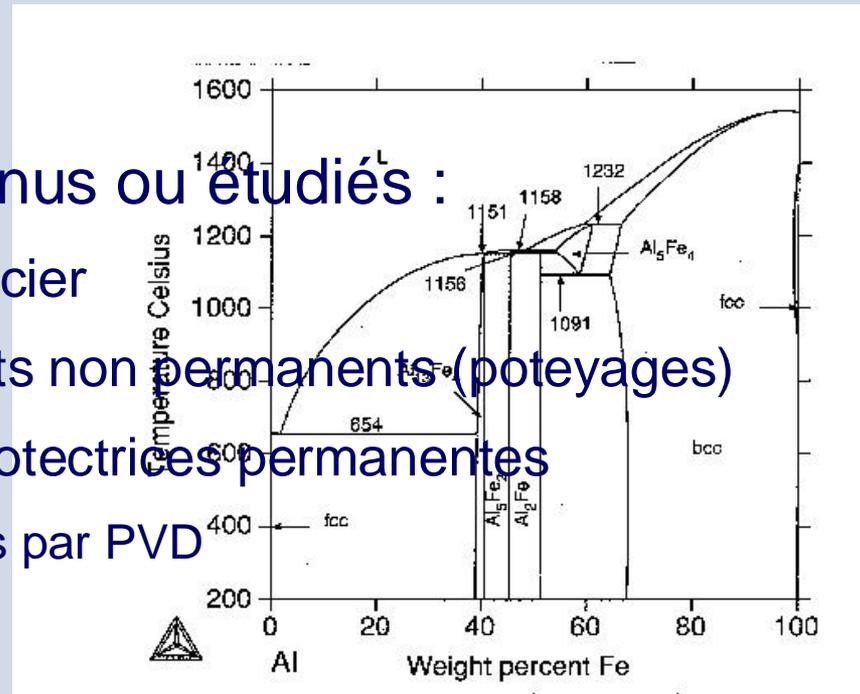
# Introduction

Problématique de la fonderie de l'aluminium :

- Cycles thermiques dans les moules par injection
- Al réagit avec l'acier → intermétalliques (« soldering »), dissolution

Remèdes connus ou étudiés :

- Choix de l'acier
- Revêtements non permanents (poteyages)
- Couches protectrices permanentes
  - Nitrures par PVD



# Couches barrières nitrures

Effet, rôle :

- Protection relative, mais « piqûres » de corrosion rapportées dans la littérature
- Hypothèses avancées :
  - Revêtement non compact (défauts)
  - Distorsion thermique couche-substrat → rupture couche :

$$\sigma_{\text{thermique}} \div (\alpha_s - \alpha)$$

→ Objectif : déterminer l'importance du rôle de la contrainte sur la tenue dans l'aluminium fondu

# Partie expérimentale

## Démarche :

- Construire des couches de (Cr,Al)N par pulvérisation cathodique magnétron<sup>(\*)</sup>
- ... en choisissant un substrat à forte dilatation thermique (acier AISI309)
- Réaliser des essais d'immersion en rotation dans l'aluminium fondu
- Analyses en coupe (MO, SEM, EDX)
- Mesure du module de Young réduit (indentation) et des tensions internes des couches <sup>(\*)</sup>

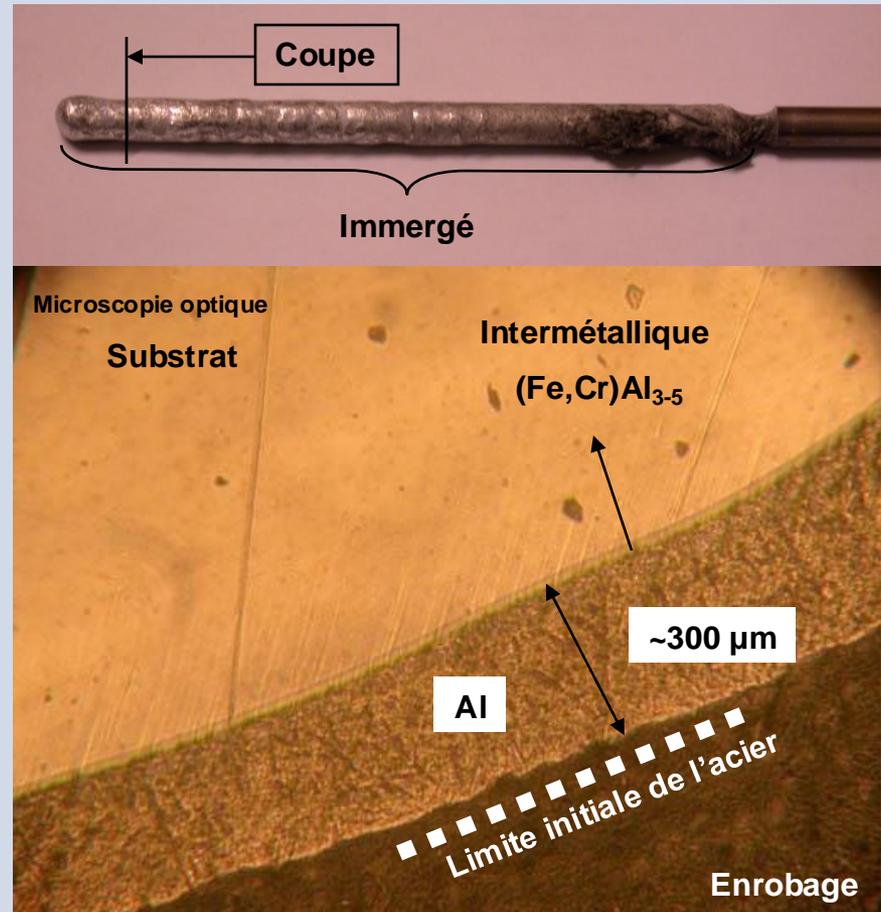
<sup>(\*)</sup> Réalisé à l'Inasmet

# Sans revêtement : AISI309 nu

Attaque généralisée

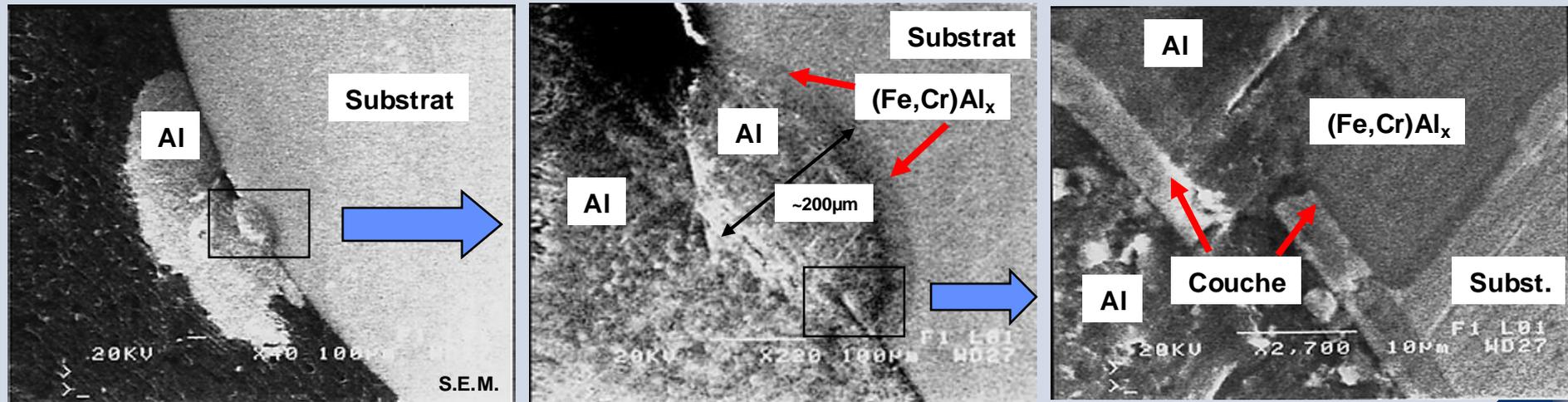
Perte de masse

« Soldering » et collage d'aluminium



# Avec revêtement

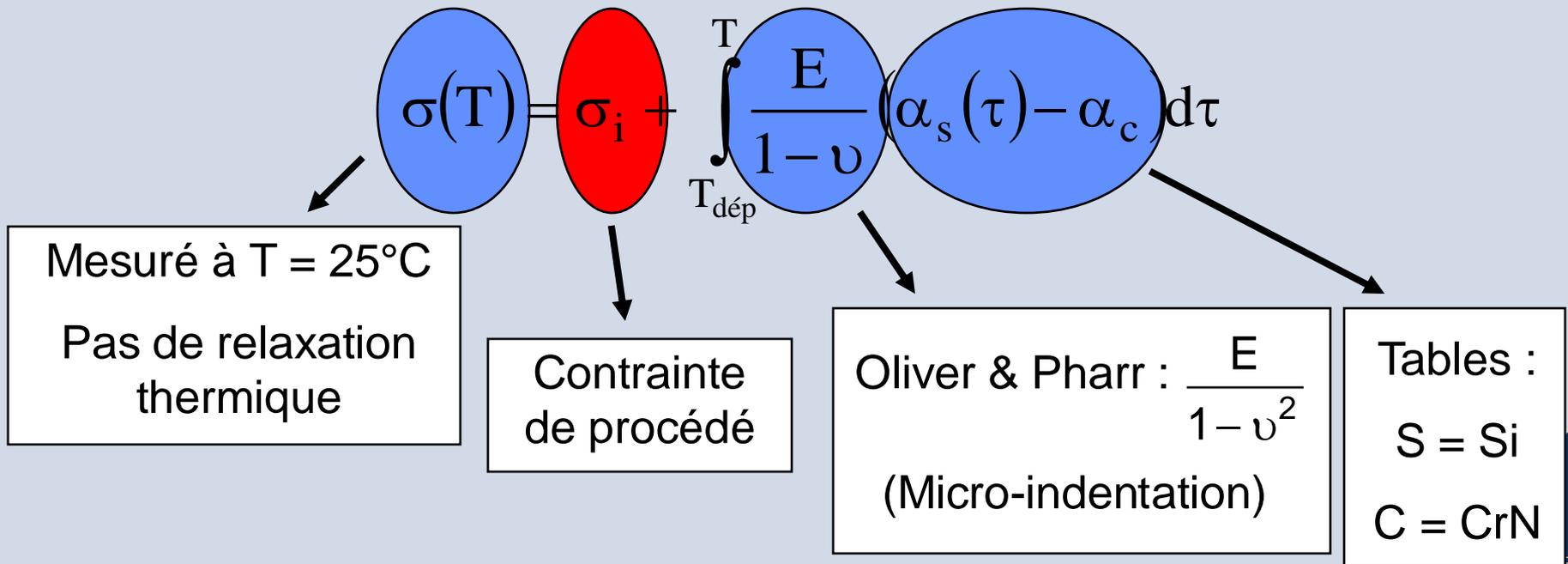
- Attaque localisée et gain de masse
- « soldering » et collage locaux associés
- Aux endroits intacts, pas de détection d'Al dans le substrat
- Généralement, pas de modification détectable de la composition de la couche (EDX)



# Rôle des contraintes thermiques

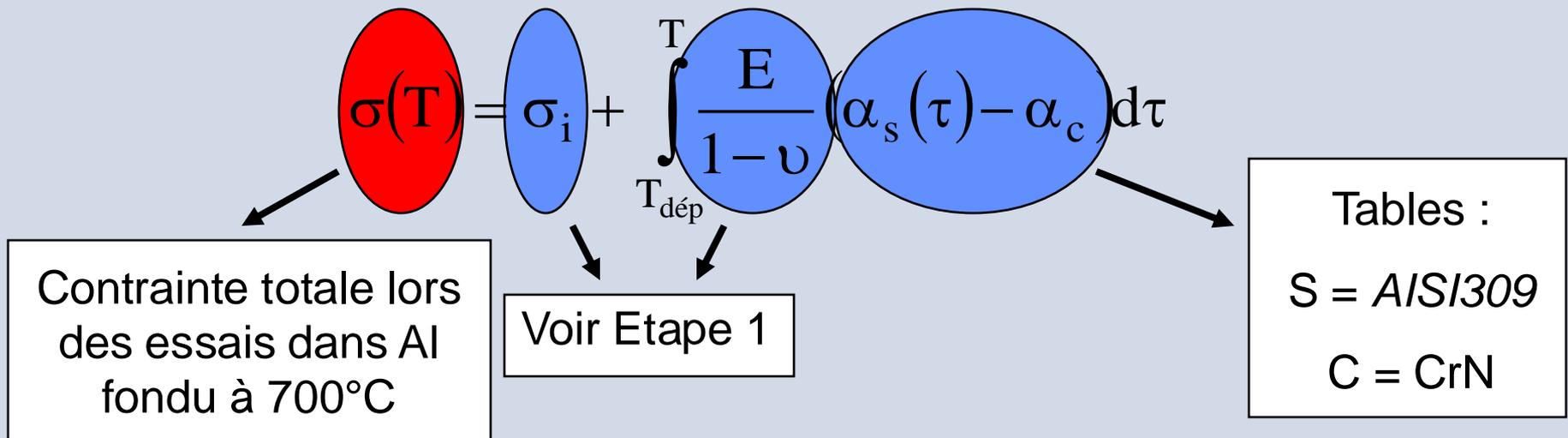
Etape 1 : calcul approché des contraintes de procédé dans la couches :

- Déposer les mêmes couches sur des éprouvettes de Si minces
- Mesurer leur changement de courbure après déposition et déduire la contrainte interne des couches à température ambiante
- Déduire les contraintes liées au procédé :



## Rôle des contraintes thermiques (2)

Etape 2 : connaissant les contraintes de procédé, calculer les contraintes totales des couches, à 700°C, sur AISI309 :

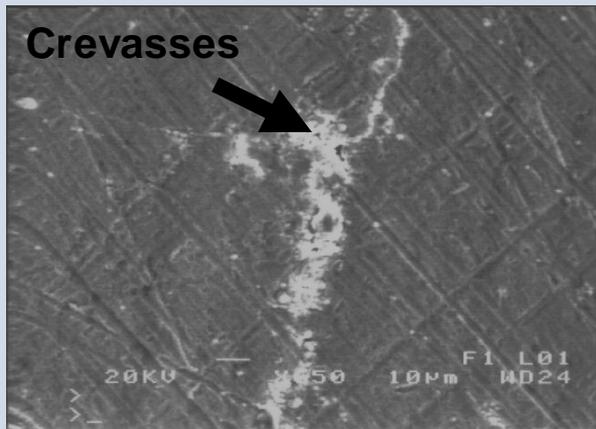


→ Calcul approché des contraintes dans les couches :

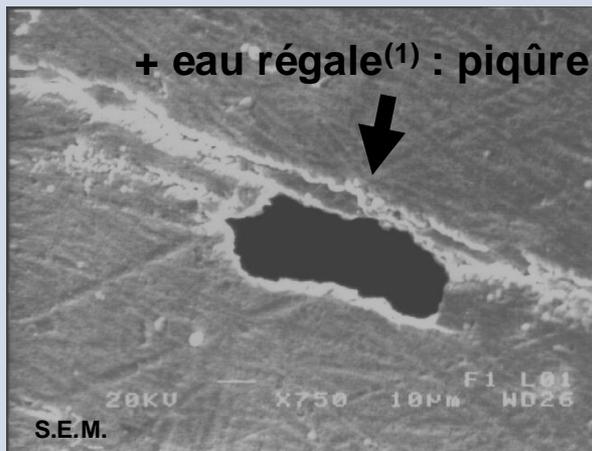
- Pour l'échantillon ci-dessus, -0,003 GPa
- Pour les autres échantillons, moins de 1 GPa généralement en compression → ne peut expliquer les attaques

# Rôle de la préparation de la surface

Autre origine possible des attaques : état de surface du substrat



- Présence de résidus de carbone sur les éprouvettes
- Revêtement non étanche



- Permettent la pénétration d'un milieu corrosif (eau régale), *même sans dilatation thermique du substrat*

(1)  $\frac{3}{4}$  HCl,  $\frac{1}{4}$  HNO<sub>3</sub>

# Rôle des paramètres du procédé

Dopage par Zr ou Y jusque 10 % des éléments métalliques en poids :

- Mêmes attaques localisées
- Aluminium collé ↑
- Stabilité chimique ↓ pour les couches les plus « dopées » : dissolution partielle du chrome

# Conclusions

## Dépôt de (Cr,Al,X)N :

- Propriétés barrières vis-à-vis de l'aluminium fondu
- ... mais attaques localisées

## Origine des attaques :

- La distorsion thermique couche-substrat ne peut pas être invoquée
- Rôle de l'état de surface du substrat
  - Doit être soigné si des propriétés barrières sont requises

## Effet des dopants (Zr, Y) :

- Pas d'amélioration de la tenue face à l'attaque