

# Traitements thermochimiques des alliages 16NiCrMo13 et 23MnCrMo5: le rôle du carbone et de l'azote sur les réponses métallurgiques à la carbonitruration

W. DAL'MAZ SILVA<sup>1,2</sup> J. DULCY<sup>1</sup> G. MICHEL<sup>2</sup>

S. THIBAULT<sup>3</sup> P. LAMESLE<sup>2</sup> T. BELMONTE<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut Jean Lamour, Nancy, France

<sup>2</sup> Institut de Recherche Technologique M2P, Metz, France

<sup>3</sup> Safran Group, Paris, France

Juin 2015



# Partenaires



**ASCOMETAL**



- 1** Introduction
- 2** Description Expérimentale
  - Conditions expérimentales
  - Caractérisation des matériaux
- 3** Résultats
  - Réponse à la trempe
  - Les effets du revenu
  - Rôle de l'azote
- 4** Conclusion et perspectives

## Introduction

Le besoin des matériaux alliant ténacité à cœur et résistance à la fatigue et à l'usure a conduit à la mise au point de plusieurs techniques de traitement de surfaces.

Bien que la carbonitruration a été connue pour la plupart au siècle dernier, le rôle de l'azote sur les propriétés mécaniques des pièces traitées reste encore incertain.

Le présent travail vise à une meilleure compréhension sur le rôle de cet élément ainsi que celui du carbone dans les réponses métallurgiques des alliages 16NiCrMo13 et 23MnCrMo5.



Source : Safran Group.

# Conditions expérimentales

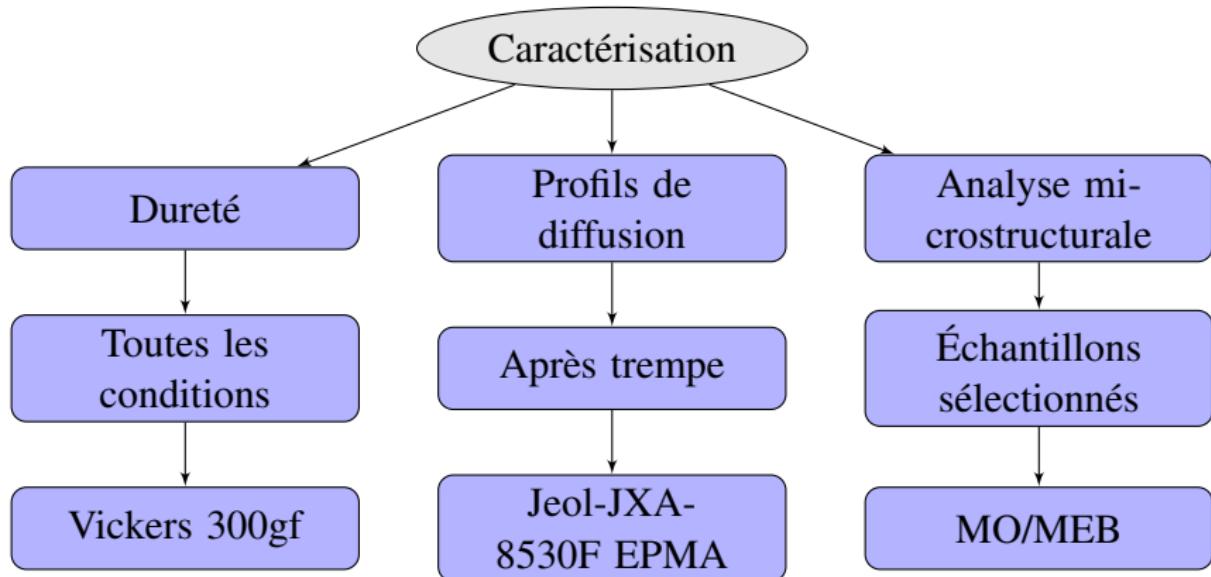
Traitement des alliages 16NiCrMo13 et 23MnCrMo5 :

Procédé	Étapes (heures) à 900°C.		
	Cémentation CO + H <sub>2</sub>	Diffusion N <sub>2</sub> + H <sub>2</sub>	Nitruration NH <sub>3</sub> + N <sub>2</sub> + H <sub>2</sub>
Cémentation	C0	2	4 (16NiCrMo13) 3 (23MnCrMo5)
Nitruration	N0	-	-
Carbonitruration	CN	2	1 (16NiCrMo13) 0 (23MnCrMo5)

Les traitements ont été suivis d'une trempe à l'huile à la température ambiante suivie d'un passage par le froid (azote liquide).

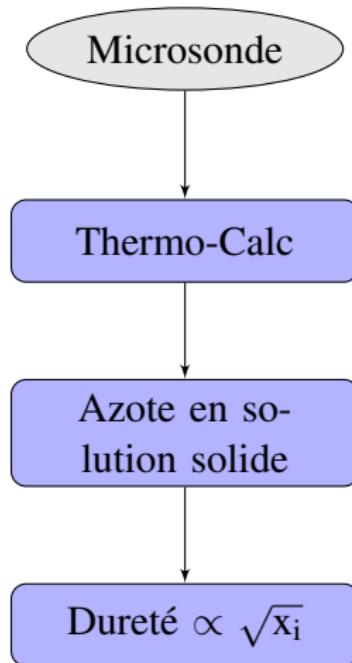
Revenu pendant 70 heures à 180°C et aussi 18 heures à 300°C.

# Caractérisation des matériaux



# Réponse à la trempe

## L'effet des interstitiels

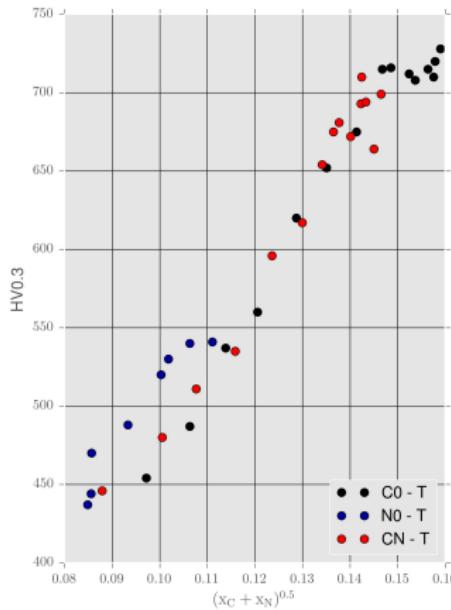


- ▶ Thermo-Calc™ a été employé pour l'estimation de l'azote en solution solide avant trempe.
- ▶ Dépendance linéaire entre la dureté après trempe et la racine carré de la fraction molaire des éléments interstitiels en solution solide.
- ▶ Plateau de dureté lié à l'austénite résiduelle (même après passage par le froid).

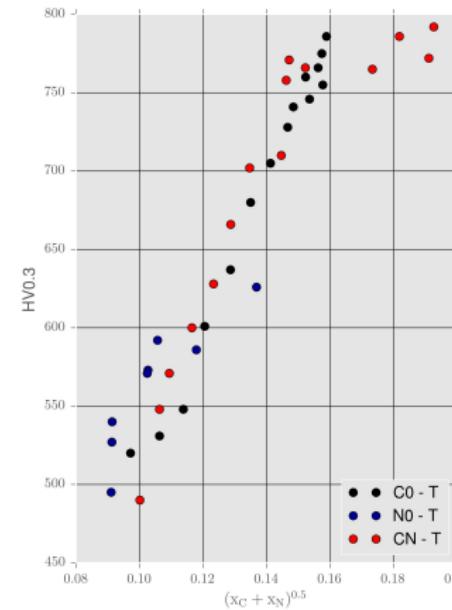
# Réponse à la trempe

## L'effet des interstitiels

Alliage 16NiCrMo13

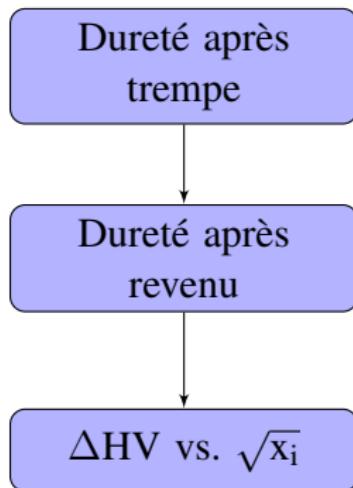


Alliage 23MnCrMo5



# Les effets du revenu

## Rôles du carbone et de la microstructure

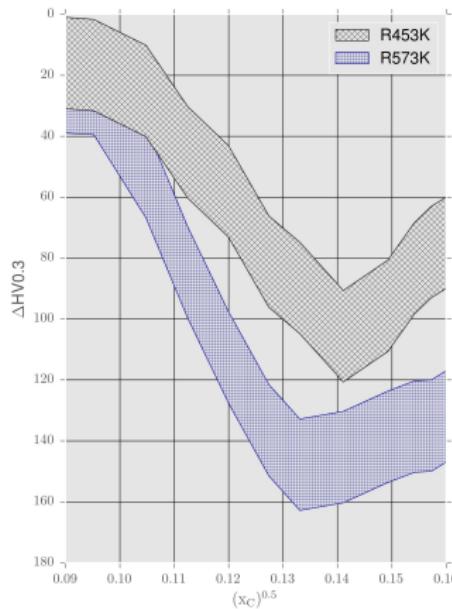


- ▶ Alliage 16NiCrMo13 : décomposition de l'austénite résiduelle en ferrite et carbures produit la chute maximale de dureté sous la surface.
- ▶ La contribution de la microstructure est pris en compte, bien que les figures ont été tracées en fonction de la composition.

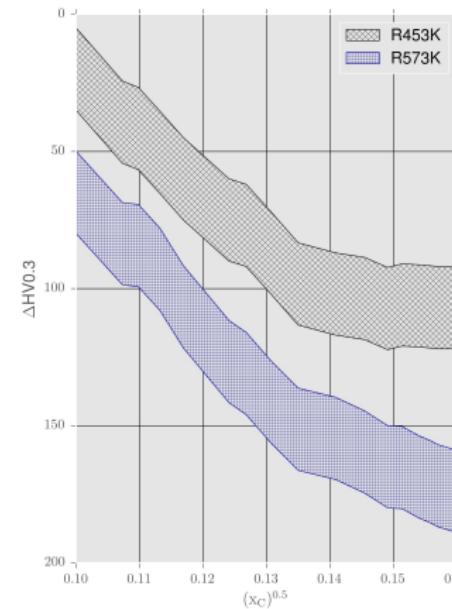
# Les effets du revenu

## Rôles du carbone et de la microstructure

Alliage 16NiCrMo13

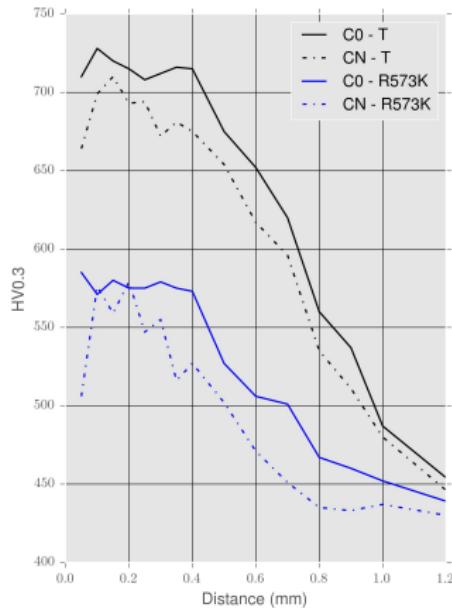


Alliage 23MnCrMo5

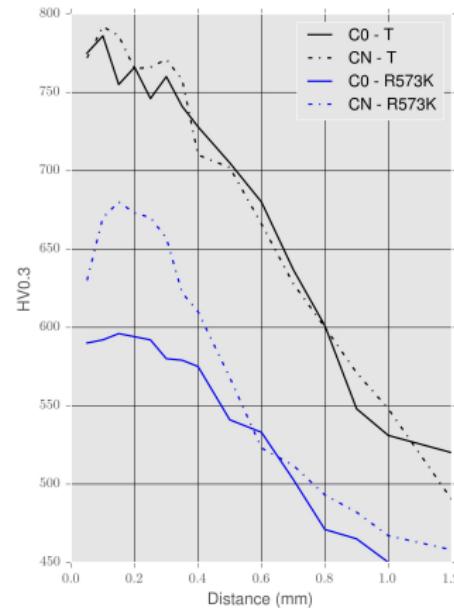


# Cémentation vs. Carbonitruration

Alliage 16NiCrMo13

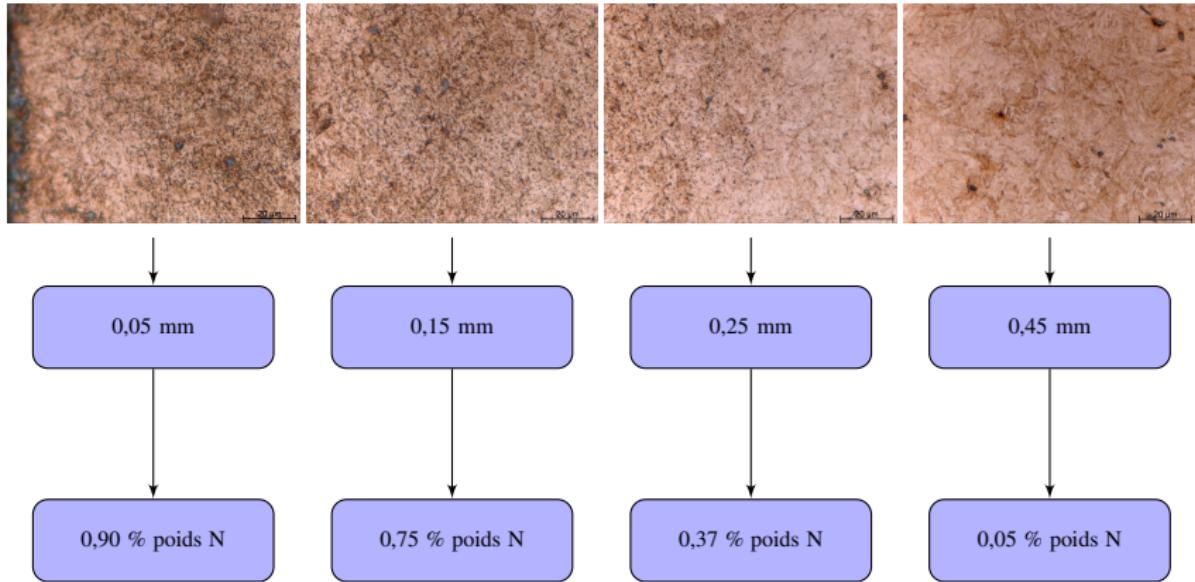


Alliage 23MnCrMo5



# Carbonitration

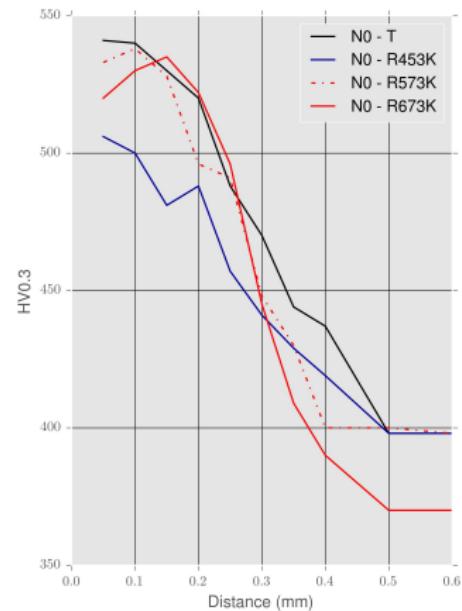
## Comportement de l'alliage 23MnCrMo5



# Précipitation secondaire

## Nitruration austénitique de l'alliage 16NiCrMo13

- ▶ La dureté en surface chute lors d'un revenu à 180°C pendant 70 heures mais reste proche à celle d'après trempe lors d'un traitement à 300°C pendant 18 heures. La pente de la chute de dureté vers le coeur augmente pour le deuxième traitement.
- ▶ Même après 18 heures à 400°C la dureté en surface est conservée mais avec un revenu plus important à coeur.



## Conclusion et perspectives

Le **durcissement** en fonction du **total des intersticiels** a permis l'identification de la teneur critique pour laquelle le passage par le froid (azote liquide) n'est pas capable de transformer complètement **l'aus-ténite résiduelle** pour l'alliage 16NiCrMo13.

L'alliage **23MnCrMo5** présente une chute en dureté moins important lors du revenu (par rapport à la cémentation) si enrichi avec une forte teneur en azote. Le mécanisme responsable demande une investigation supplémentaire.

Bien que l'effet de l'azote n'a pas pu être directement observé après la carbonitruration, les résultats obtenus à partir de la **nitruration aus-ténitique** suggèrent la présence de **précipités formés lors du revenu**. Cela sera analysé par MET.

# Merci de votre attention!