

Mise au Point de la Carbonitruration des Alliages 16NiCrMo13 et 23MnCrMo5

Walter Dal'Maz Silva
19 février 2015

Encadrement



Jacky DULCY

Ingénieur de Recherche

Co-directeur de Thèse

Thierry BELMONTE

Directeur de Recherche

Directeur de Thèse



Institut Jean Lamour

PENSER LES MATÉRIAUX DE DEMAIN

- 1 Introduction
- 2 Système Expérimental
- 3 Hydrodynamique
- 4 Chromatographie
- 5 Métallurgie
- 6 Prochaines Démarches

Introduction

Défi

Développement de matériaux d'ingénierie combinant ténacité et résistance à l'usure.

Défi

Développement de matériaux d'ingénierie combinant ténacité et résistance à l'usure.

But

Contribuer à la compréhension des phénomènes régissant la carbonituration à partir d'hydrocarbures et d'ammoniac des aciers faiblement alliés.

Défi

Développement de matériaux d'ingénierie combinant ténacité et résistance à l'usure.

But

Contribuer à la compréhension des phénomènes régissant la carbonituration à partir d'hydrocarbures et d'ammoniac des aciers faiblement alliés.

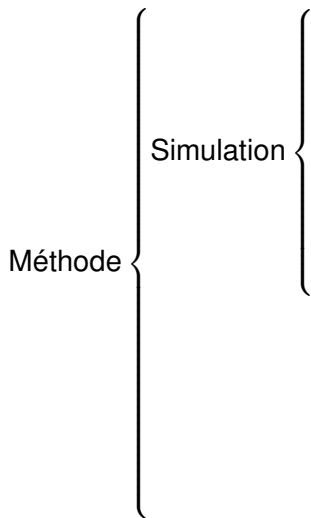
Alliages

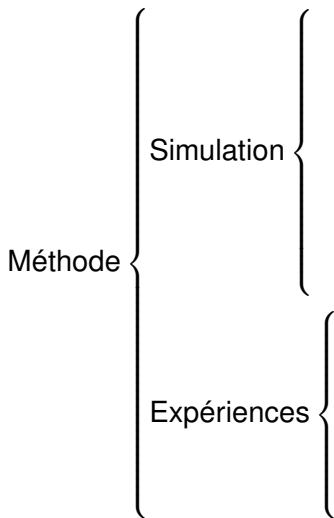
16NiCrMo13 : aéronautique.

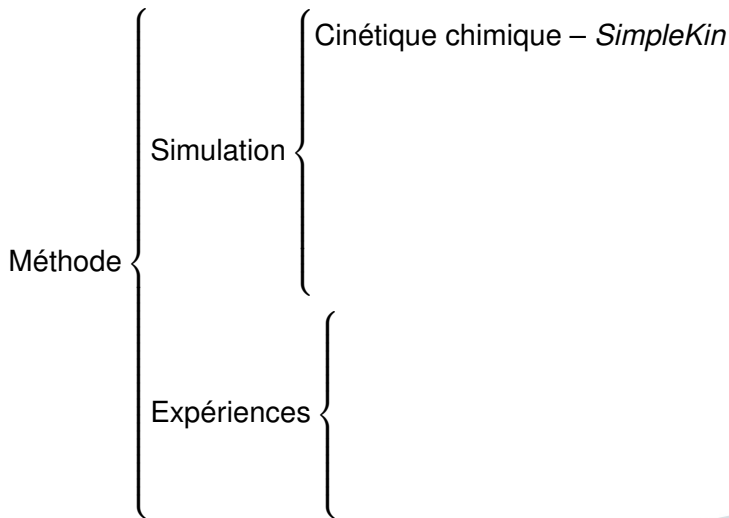
23MnCrMo5 : automobile.

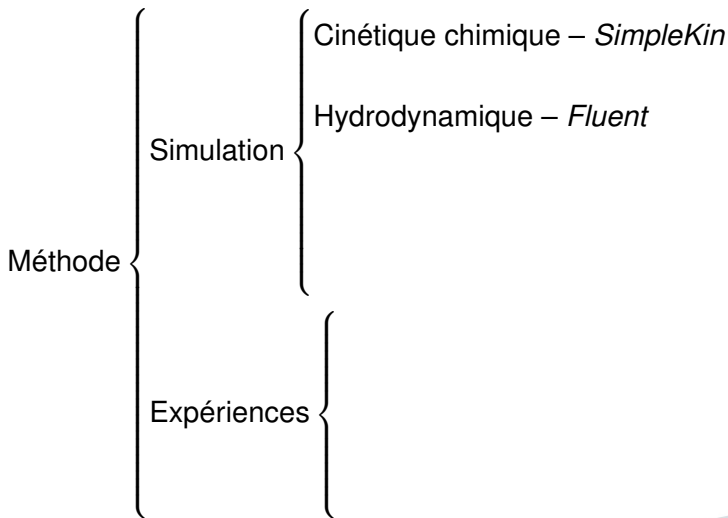
Méthode

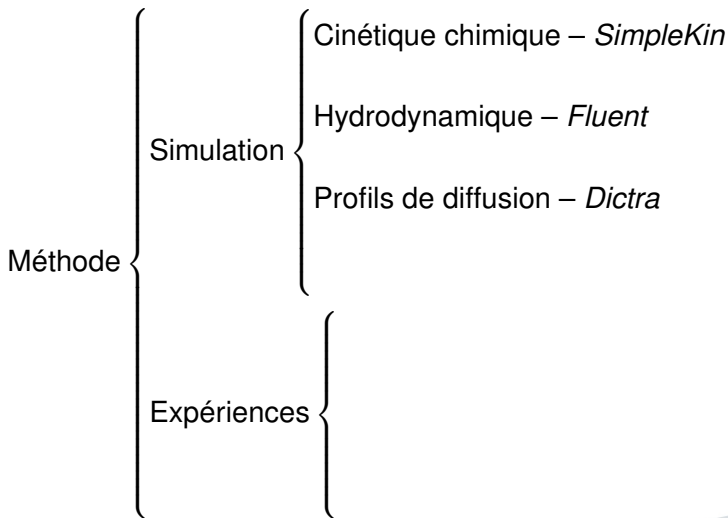
Méthode {

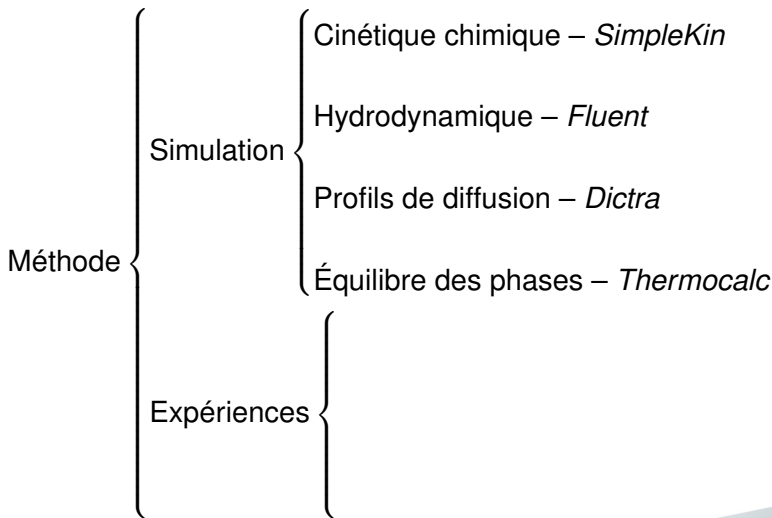


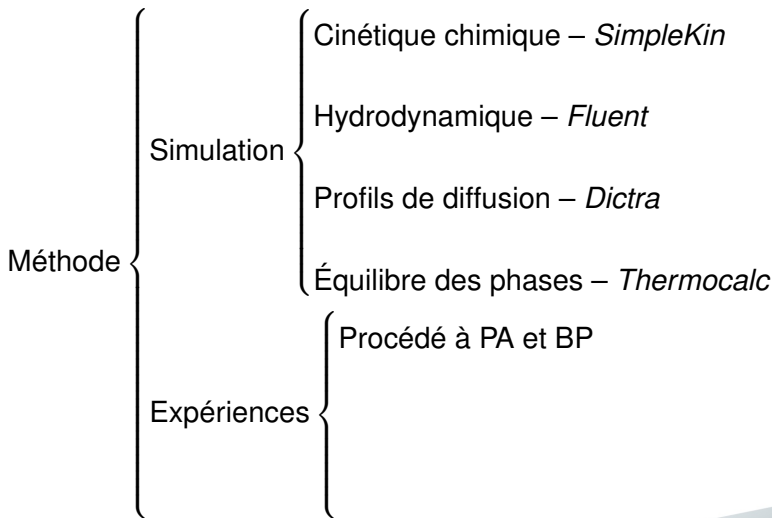


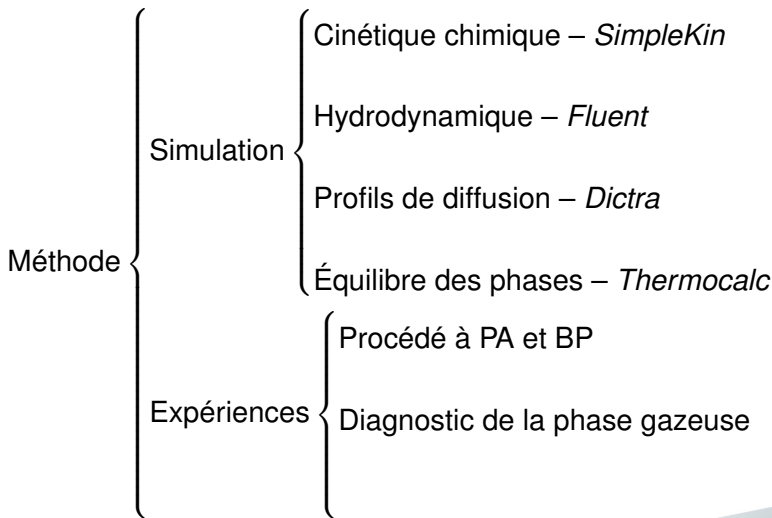


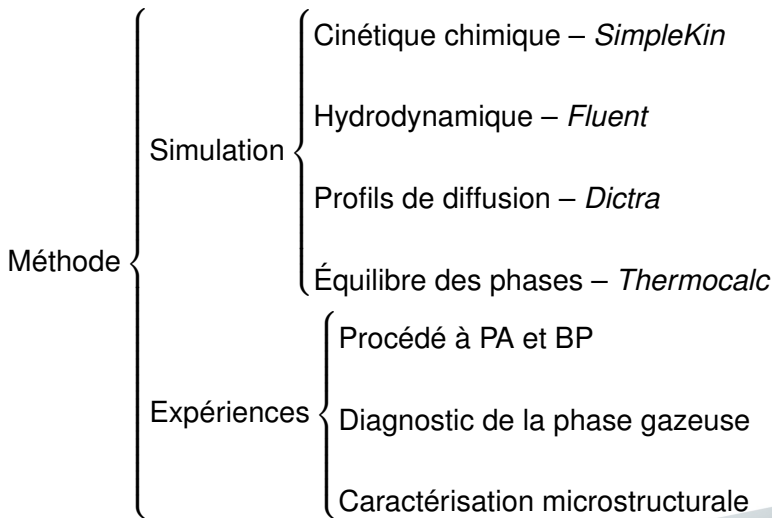




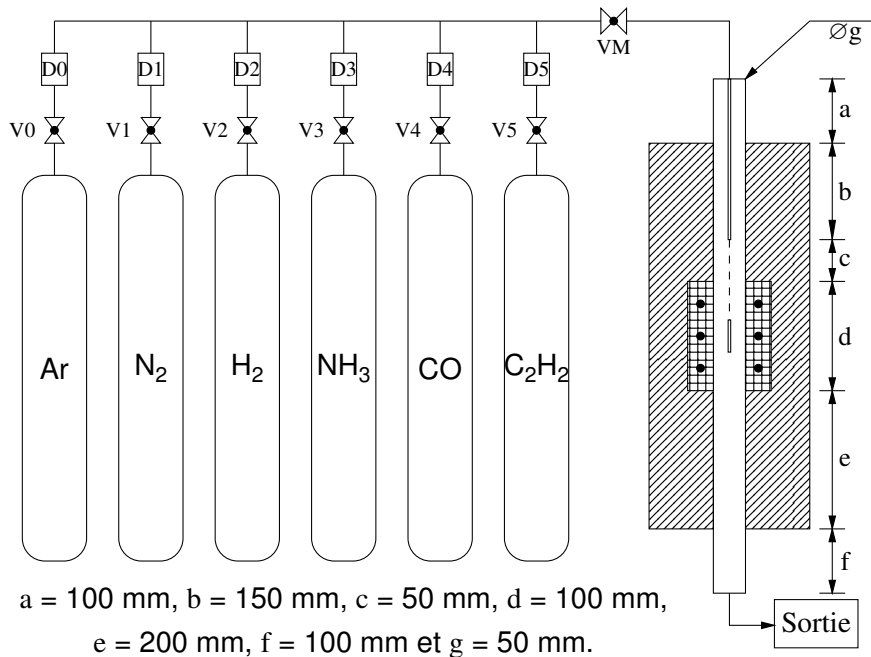








Système Expérimental



Hydrodynamique

Comportement Hydrodynamique du Réacteur

Concepts Fondamentaux

Temps de séjour

Variable régissant l'avancement de la décomposition thermique du gaz.

Temps de séjour

Variable régissant l'avancement de la décomposition thermique du gaz.

Distribution de temps de séjour

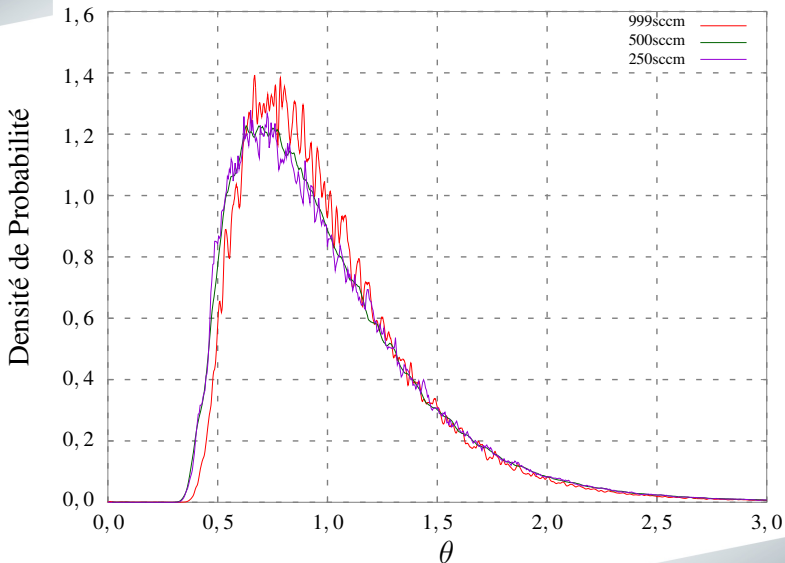
Densité de probabilité qu'un volume de gaz reste dans le réacteur dans un intervalle compris entre les temps de séjour t et $t + dt$.

Comportement Hydrodynamique du Réacteur

Distribution du temps de séjour

Comportement Hydrodynamique du Réacteur

Distribution du temps de séjour

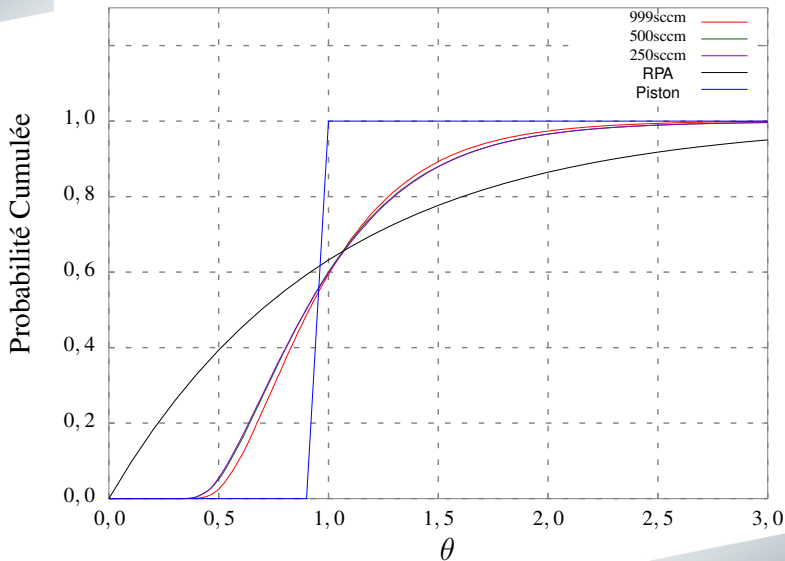


Comportement Hydrodynamique du Réacteur

Distribution du temps de séjour intégrée

Comportement Hydrodynamique du Réacteur

Distribution du temps de séjour intégrée



Comportement Hydrodynamique du Réacteur

Distribution du temps de séjour

Condition	T (K)	Débit ($\text{cm}^3 \cdot \text{mn}^{-1}$)	t_m (s)	σ (s)	τ_{rpa} (s)
Non-chargé	1173	250	466	187	330
Non-chargé	1023	500	250	112	165
Non-chargé	1173	500	217	98	165
Non-chargé	1173	1000	136	61	83
Chargé	1023	500	254	109	165
Chargé	1173	500	241	103	165
Chargé	1173	1000	127	62	83

Comportement Hydrodynamique du Réacteur

Distribution du temps de séjour

Condition	T (K)	Débit ($\text{cm}^3 \cdot \text{mn}^{-1}$)	t_m (s)	σ (s)	τ_{rpa} (s)
Non-chargé	1173	250	466	187	330
Non-chargé	1023	500	250	112	165
Non-chargé	1173	500	217	98	165
Non-chargé	1173	1000	136	61	83
Chargé	1023	500	254	109	165
Chargé	1173	500	241	103	165
Chargé	1173	1000	127	62	83

Comportement Hydrodynamique du Réacteur

Distribution du temps de séjour

Condition	T (K)	Débit ($\text{cm}^3 \cdot \text{mn}^{-1}$)	t_m (s)	σ (s)	τ_{rpa} (s)
Non-chargé	1173	250	466	187	330
Non-chargé	1023	500	250	112	165
Non-chargé	1173	500	217	98	165
Non-chargé	1173	1000	136	61	83
Chargé	1023	500	254	109	165
Chargé	1173	500	241	103	165
Chargé	1173	1000	127	62	83

Comportement Hydrodynamique du Réacteur

Distribution du temps de séjour

Condition	T (K)	Débit ($\text{cm}^3 \cdot \text{mn}^{-1}$)	t_m (s)	σ (s)	τ_{rpa} (s)
Non-chargé	1173	250	466	187	330
Non-chargé	1023	500	250	112	165
Non-chargé	1173	500	217	98	165
Non-chargé	1173	1000	136	61	83
Chargé	1023	500	254	109	165
Chargé	1173	500	241	103	165
Chargé	1173	1000	127	62	83

Comportement Hydrodynamique du Réacteur

Distribution du temps de séjour

Condition	T (K)	Débit ($\text{cm}^3 \cdot \text{mn}^{-1}$)	t_m (s)	σ (s)	τ_{rpa} (s)
Non-chargé	1173	250	466	187	330
Non-chargé	1023	500	250	112	165
Non-chargé	1173	500	217	98	165
Non-chargé	1173	1000	136	61	83
Chargé	1023	500	254	109	165
Chargé	1173	500	241	103	165
Chargé	1173	1000	127	62	83

Comportement Hydrodynamique du Réacteur

Distribution du temps de séjour

Condition	T (K)	Débit ($\text{cm}^3 \cdot \text{mn}^{-1}$)	t_m (s)	σ (s)	τ_{rpa} (s)
Non-chargé	1173	250	466	187	330
Non-chargé	1023	500	250	112	165
Non-chargé	1173	500	217	98	165
Non-chargé	1173	1000	136	61	83
Chargé	1023	500	254	109	165
Chargé	1173	500	241	103	165
Chargé	1173	1000	127	62	83

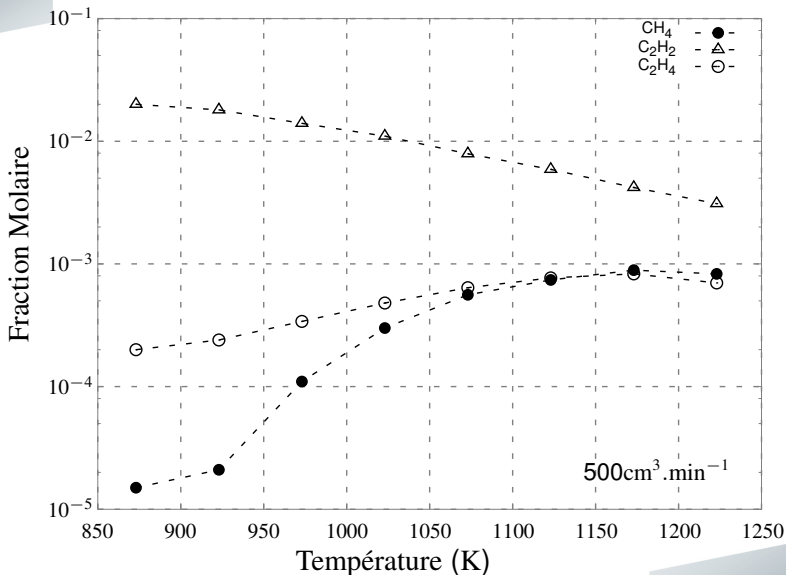
Chromatographie

Chromatographie en Phase Gazeuse

Pyrolyse de l'Acétylène : Suivi des Produits

Chromatographie en Phase Gazeuse

Pyrolyse de l'Acétylène : Suivi des Produits

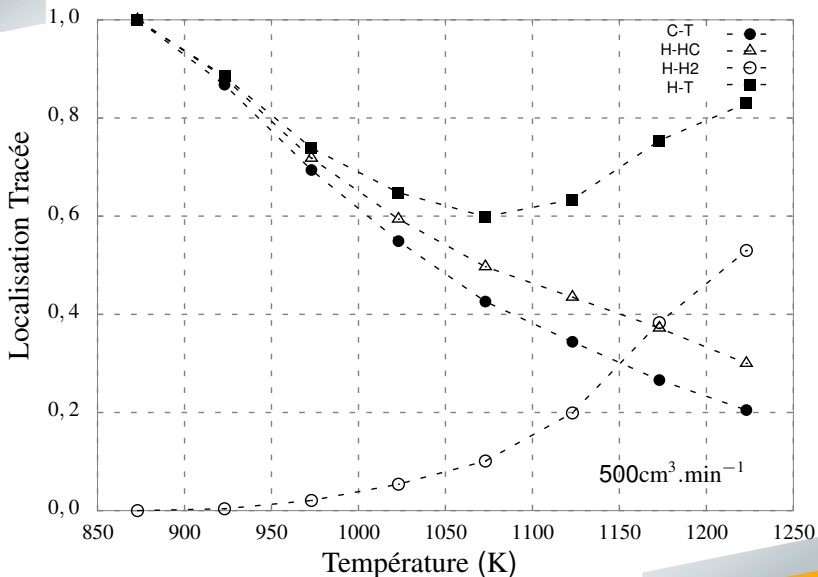


Chromatographie en Phase Gazeuse

Localisation du Carbone et de l'Hydrogène

Chromatographie en Phase Gazeuse

Localisation du Carbone et de l'Hydrogène



Utilisation des Données de *DTS* Réacteur avec Profil de Température

Utilisation des Données de *DTS* Réacteur avec Profil de Température

Tableau: Comparaison entre mesures expérimentales et simulation cinétique intégrée à la *DTS* avec une distribution hypothétique de température pour un débit de $500 \text{ cm}^3 \cdot \text{mn}^{-1}$.

	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₂	C ₂ H ₄
Mesuré	$1,1 \times 10^{-2}$	$8,1 \times 10^{-4}$	$4,9 \times 10^{-3}$	$7,2 \times 10^{-4}$
S.D.	$1,2 \times 10^{-2}$	$1,0 \times 10^{-3}$	$3,3 \times 10^{-3}$	$7,9 \times 10^{-4}$

Métallurgie

Traitements Thermochimiques

Objectif et Conditions Employées

Objectif

Investigation du rôle de l'azote dans le matériau et de l'additivité des étapes de cémentation et nitruration pendant la carbonituration.

Objectif

Investigation du rôle de l'azote dans le matériau et de l'additivité des étapes de cémentation et nitruration pendant la carbonituration.

Atmosphères :

Objectif

Investigation du rôle de l'azote dans le matériau et de l'additivité des étapes de cémentation et nitruration pendant la carbonituration.

Atmosphères :

- cémentation : $\text{CO} + \text{H}_2 + \text{N}_2$

Objectif

Investigation du rôle de l'azote dans le matériau et de l'additivité des étapes de cémentation et nitruration pendant la carbonituration.

Atmosphères :

- ▶ cémentation : $\text{CO} + \text{H}_2 + \text{N}_2$
- ▶ nitruration : $\text{NH}_3 + \text{H}_2 + \text{N}_2$

Objectif

Investigation du rôle de l'azote dans le matériau et de l'additivité des étapes de cémentation et nitruration pendant la carbonituration.

Atmosphères :

- ▶ cémentation : $\text{CO} + \text{H}_2 + \text{N}_2$
- ▶ nitruration : $\text{NH}_3 + \text{H}_2 + \text{N}_2$

Enrichissement :

Objectif

Investigation du rôle de l'azote dans le matériau et de l'additivité des étapes de cémentation et nitruration pendant la carbonituration.

Atmosphères :

- ▶ cémentation : $\text{CO} + \text{H}_2 + \text{N}_2$
- ▶ nitruration : $\text{NH}_3 + \text{H}_2 + \text{N}_2$

Enrichissement :

- ▶ en carbone pendant 2 heures

Objectif

Investigation du rôle de l'azote dans le matériau et de l'additivité des étapes de cémentation et nitruration pendant la carbonituration.

Atmosphères :

- ▶ cémentation : $\text{CO} + \text{H}_2 + \text{N}_2$
- ▶ nitruration : $\text{NH}_3 + \text{H}_2 + \text{N}_2$

Enrichissement :

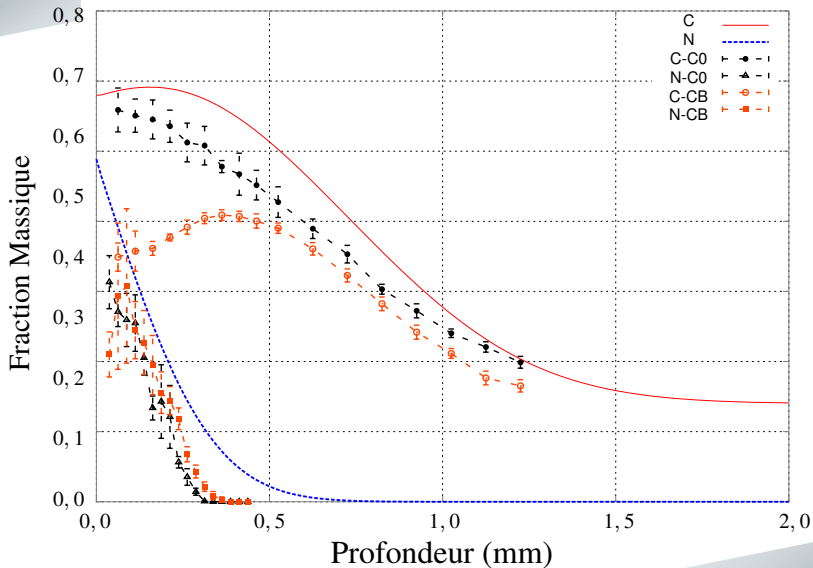
- ▶ en carbone pendant 2 heures
- ▶ en azote pendant 3 heures

Traitements Thermochimiques — 16NiCrMo13

Profils de Diffusion Obtenus

Traitements Thermochimiques — 16NiCrMo13

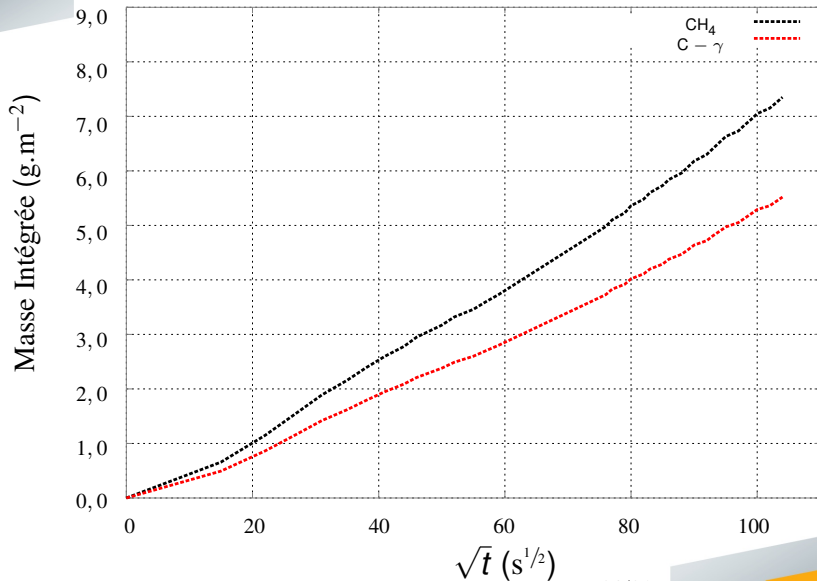
Profils de Diffusion Obtenus



Décarburation Pendant la Nitruration

Intégration de la Masse

Décarburation Pendant la Nitruration Intégration de la Masse

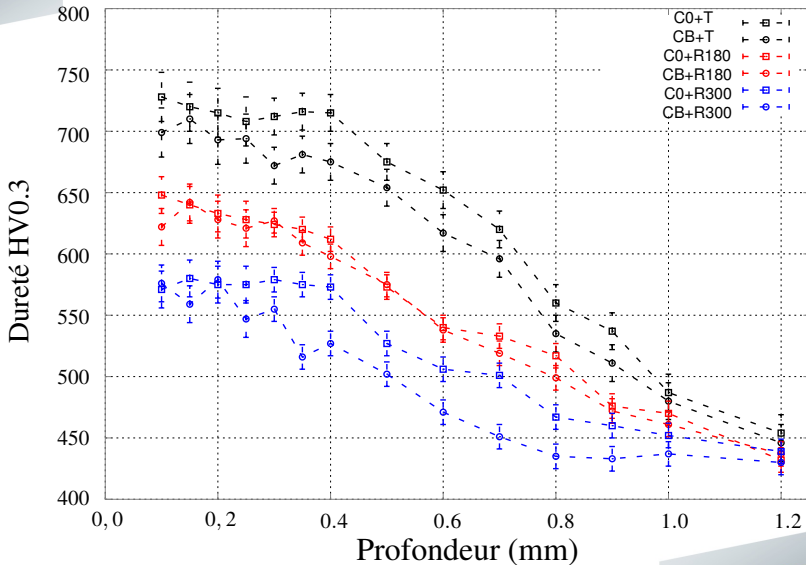


Traitements Thermochimiques — 16NiCrMo13

Comparaison Cémentation/Carbonitruration

Traitements Thermochimiques — 16NiCrMo13

Comparaison Cémentation/Carbonitruration

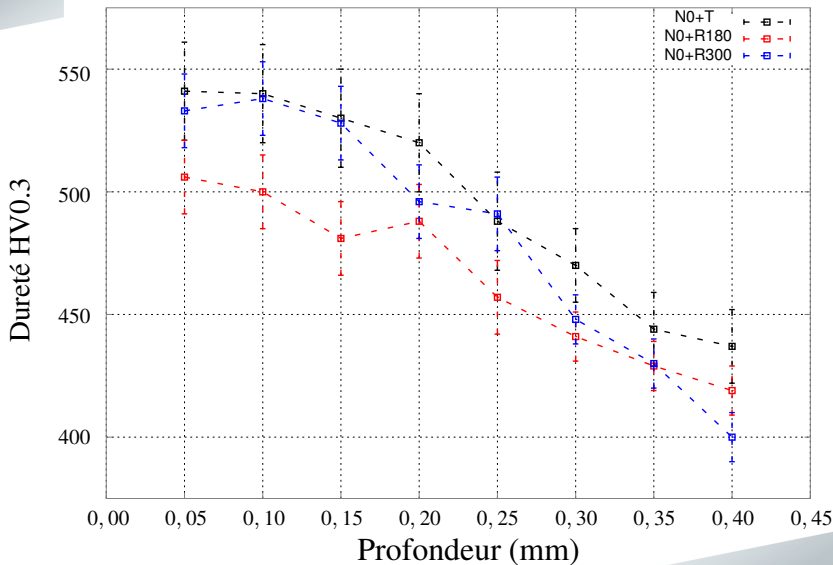


Traitements Thermochimiques — 16NiCrMo13

Filiations de Dureté – Nitruration

Traitements Thermochimiques — 16NiCrMo13

Filiations de Dureté – Nitruration



Prochaines Démarches

Prochaines Démarches

- Solution du modèle cinétique détaillé de pyrolyse de l'acétylène et de l'ammoniac,

- ▶ Solution du modèle cinétique détaillé de pyrolyse de l'acétylène et de l'ammoniac,
- ▶ étude expérimentale des mécanismes de surface de décomposition/formation des hydrocarbures à pression atmosphérique,

- ▶ Solution du modèle cinétique détaillé de pyrolyse de l'acétylène et de l'ammoniac,
- ▶ étude expérimentale des mécanismes de surface de décomposition/formation des hydrocarbures à pression atmosphérique,
- ▶ étude des atmosphères à base d'hydrocarbures et d'ammoniac à basse pression,

- ▶ Solution du modèle cinétique détaillé de pyrolyse de l'acétylène et de l'ammoniac,
- ▶ étude expérimentale des mécanismes de surface de décomposition/formation des hydrocarbures à pression atmosphérique,
- ▶ étude des atmosphères à base d'hydrocarbures et d'ammoniac à basse pression,
- ▶ suivi de prise de masse des échantillons métalliques avec différentes atmosphères à base d'hydrocarbures et d'ammoniac à basse pression,

- ▶ Solution du modèle cinétique détaillé de pyrolyse de l'acétylène et de l'ammoniac,
- ▶ étude expérimentale des mécanismes de surface de décomposition/formation des hydrocarbures à pression atmosphérique,
- ▶ étude des atmosphères à base d'hydrocarbures et d'ammoniac à basse pression,
- ▶ suivi de prise de masse des échantillons métalliques avec différentes atmosphères à base d'hydrocarbures et d'ammoniac à basse pression,
- ▶ étude de la réponse métallurgique des alliages choisis,

- ▶ Solution du modèle cinétique détaillé de pyrolyse de l'acétylène et de l'ammoniac,
- ▶ étude expérimentale des mécanismes de surface de décomposition/formation des hydrocarbures à pression atmosphérique,
- ▶ étude des atmosphères à base d'hydrocarbures et d'ammoniac à basse pression,
- ▶ suivi de prise de masse des échantillons métalliques avec différentes atmosphères à base d'hydrocarbures et d'ammoniac à basse pression,
- ▶ étude de la réponse métallurgique des alliages choisis,
- ▶ mise au point du modèle cinétique-hydrodynamique avec *Fluent*.

Merci de votre attention

Pour plus d'informations :
walter.dalmazsilva@irt-m2p.fr
+33 6 81 65 05 51

*Passarelle de
l'innovation*

www.irt-m2p.fr

