Application de la technique Jet N2 supercritique pour améliorer l'état de surface de l'alliage Inconel 718 obtenu par la méthode de fabrication additive par fil laser / *Application of Supercritical N2 Jet technique to improve surface quality of Inconel 718 alloy fabricated by Wire Laser Additive Manufacturing method*

Mustapha YAHIAOUI, m.yahiaoui@critt-tjfu.com

A3ts 2022 : TRAITEMENTS ET PARACHÈVEMENTS DE PIÈCES ISSUES DE FABRICATION ADDITIVE

Sommaire

- **Le CRITT TJFU / les technologies Jets Fluides**
- **La méthode Jet N2 supercritique**
- **Résultats expérimentaux**
- **Conclusions et perspectives**

Le CRITT TJFU / les technologies Jets Fluides

Main research activities of the CRITT TJFU

CRITT TJFU: Centre Régional d'Innovation et de Transfert de Technologie Techniques Jet Fluide et Usinage

✓ ***High pressure cryogenic nitrogen jet technology*** *(3000 bar)*

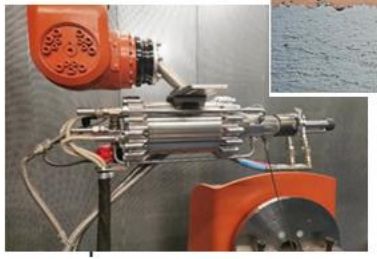
- Surface treatment / surface preparation
- Cleaning and stripping coatings or contaminations
- Cutting / drilling various materials

Advantages:
- Dry, inert
- Environmentally friendly
- No secondary waste to be treated

✓ ***High pressure waterjet technology*** *(4000 bar)*

Cutting a wide range of materials (from the soft materials to a hardned steels). Surface preparation, cleaning …

Advantages:
- No heat affected zone
- Cuts virtually any material…



✓ ***Cold spray technology*** *(60 bar – 1100 °C)*

Advantages:
- Low temperature process, no bulk particle melting
- Retains composition/phases of initial particles
- Very little oxidation
- High hardness, cold worked microstructure

La méthode Jet N2 supercritique

Principe de la technique Jet N2 :

Le principe de la technique consiste à projeter sur la surface d'un matériau à traiter, un jet d'azote supercritique pur ou chargé à très grande vitesse (supersonique1) et à basse température. Le jet d'azote à l'état supercritique2 résulte de la forte détente de l'azote, à travers une buse de faible diamètre, initialement sous haute pression (jusqu'à 3000 bar) et basse température (-150°C).

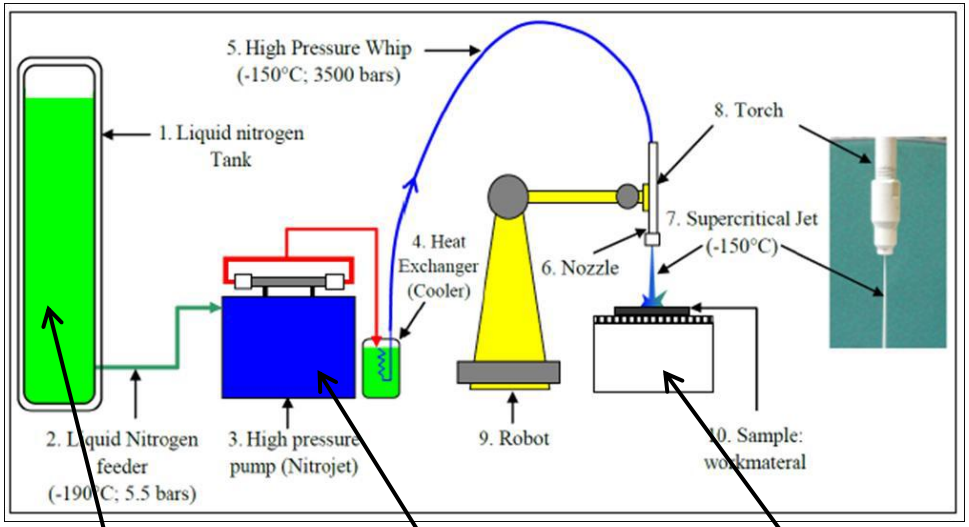
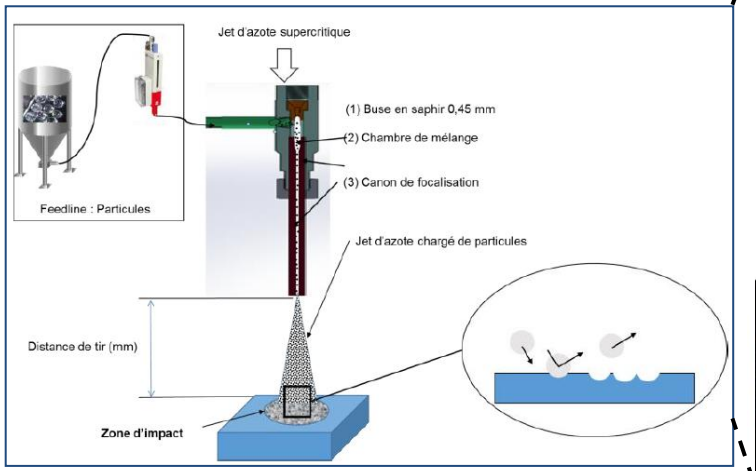


Schéma de principe de l'installation expérimentale de traitement de surface par jet d'azote (source CRITT TJFU)

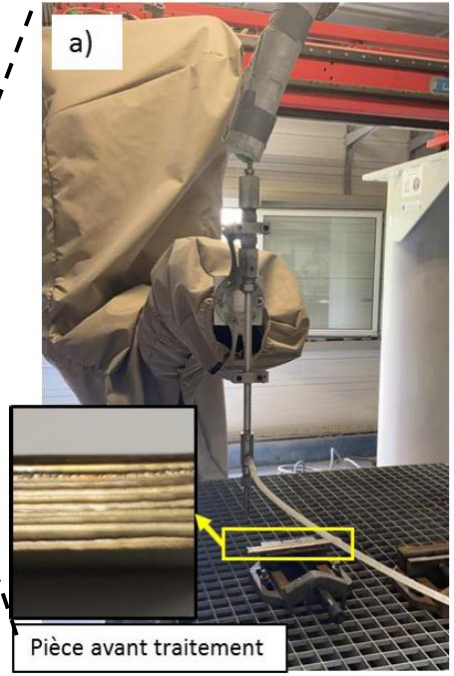
Paramètres procédé :

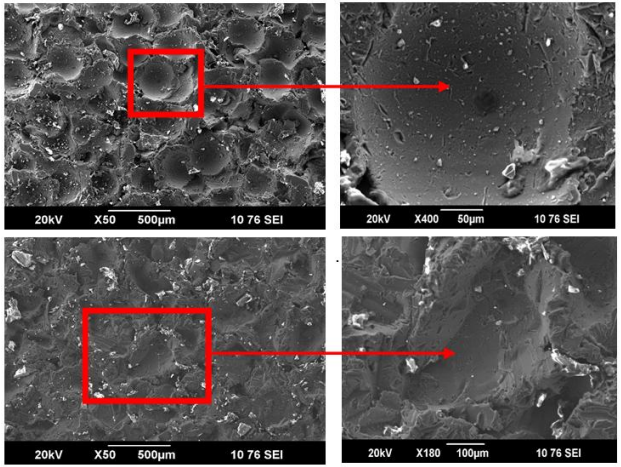
- **Pression de consigne**
- **Température**
- **Distance de tir**
- **Vitesse d'avance**
- **Type et diamètre de buse**
- **Nature et granulométrie des particules abrasives**
- **Inclinaison de l'outil**

La méthode Jet N2 supercritique : L'outil de projection



Outil de projection Jet N2 /Jet d'eau



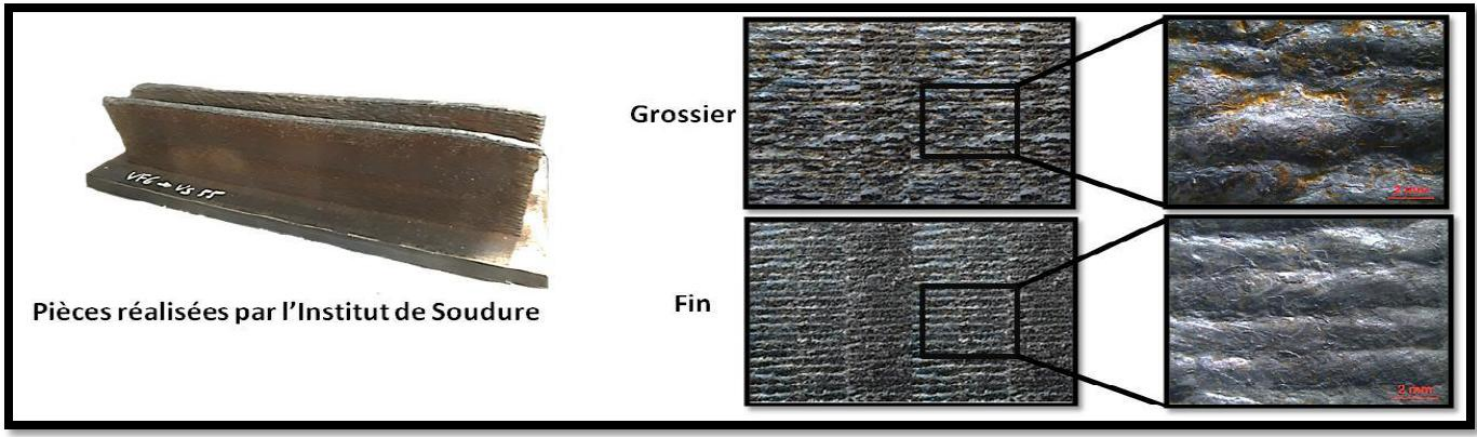


Al 2024

- enlèvement de matière, polissage
- Nouvelles topographies de surface

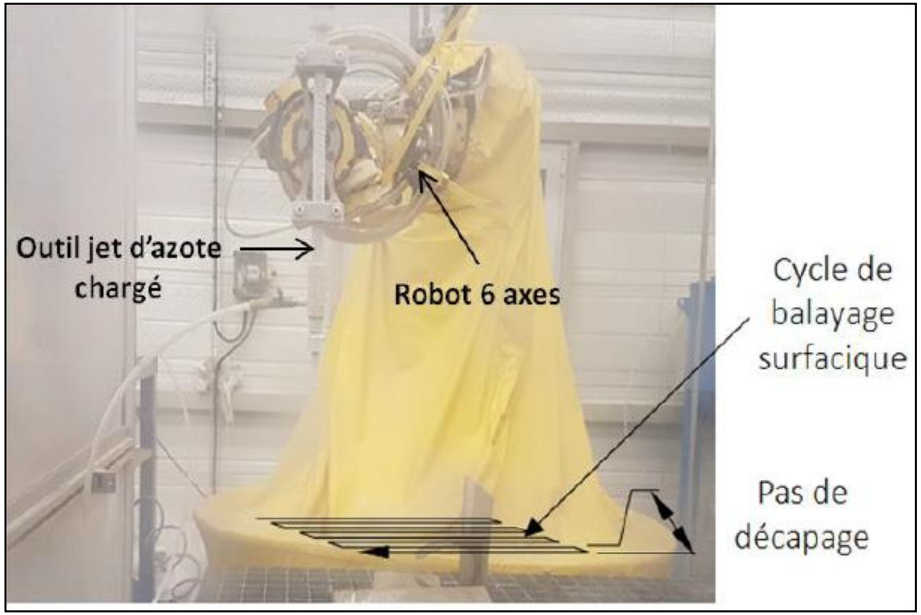
➡ Améliorer de qualité de surface, aplanir les surfaces, réduire la rugosité

Matériau : Inconel 718



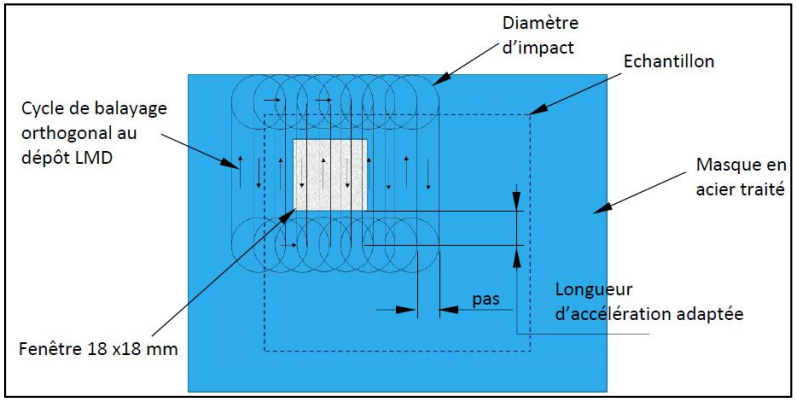
Mode de décapage

Décapage Jet N2 : essais en mode balayage



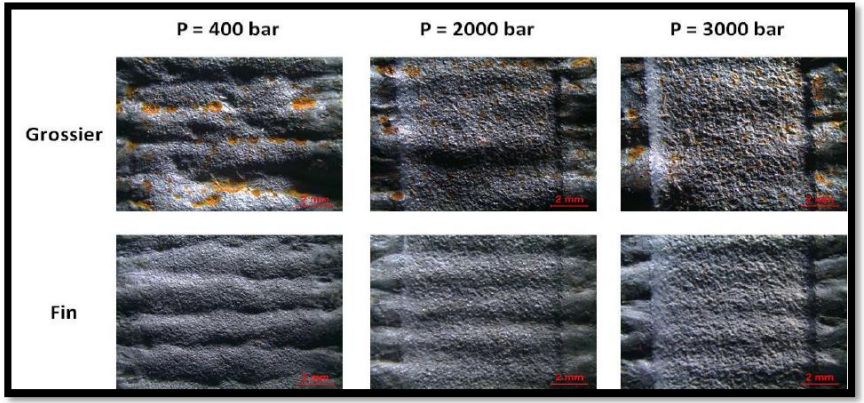
Paramètres procédé :

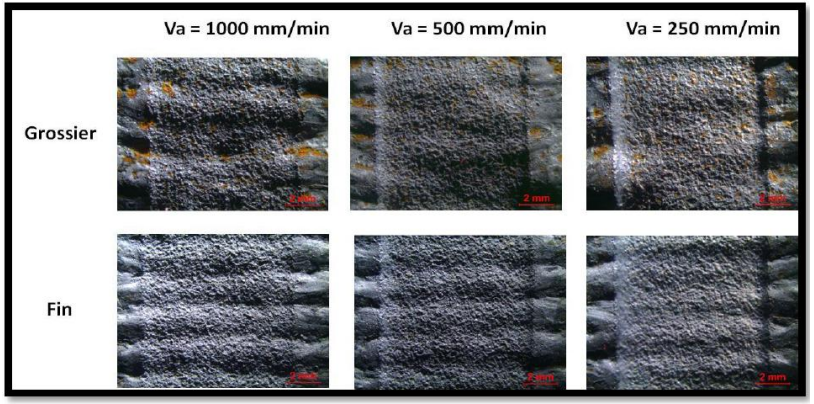
- -Pression de consigne
- -Température
- -Vitesse d'avance
- -Distance de tir
- -Pas de déplacement
- -Nature, forme et granulométrie des abrasifs

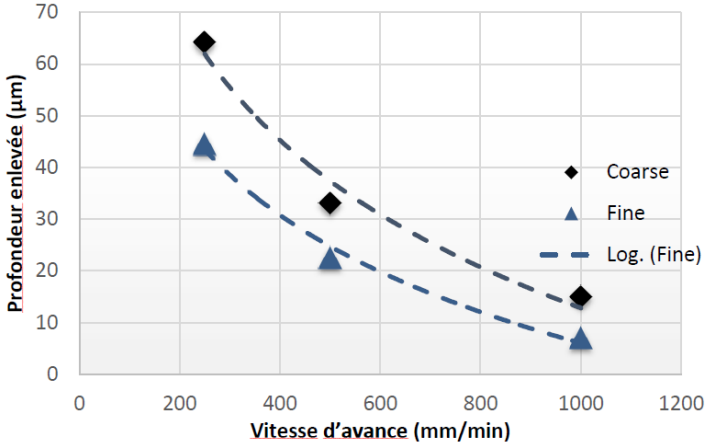


Résultats : influence des paramètres Jet N2

Influence des paramètres Jet N2 : P, Vf, état de surface

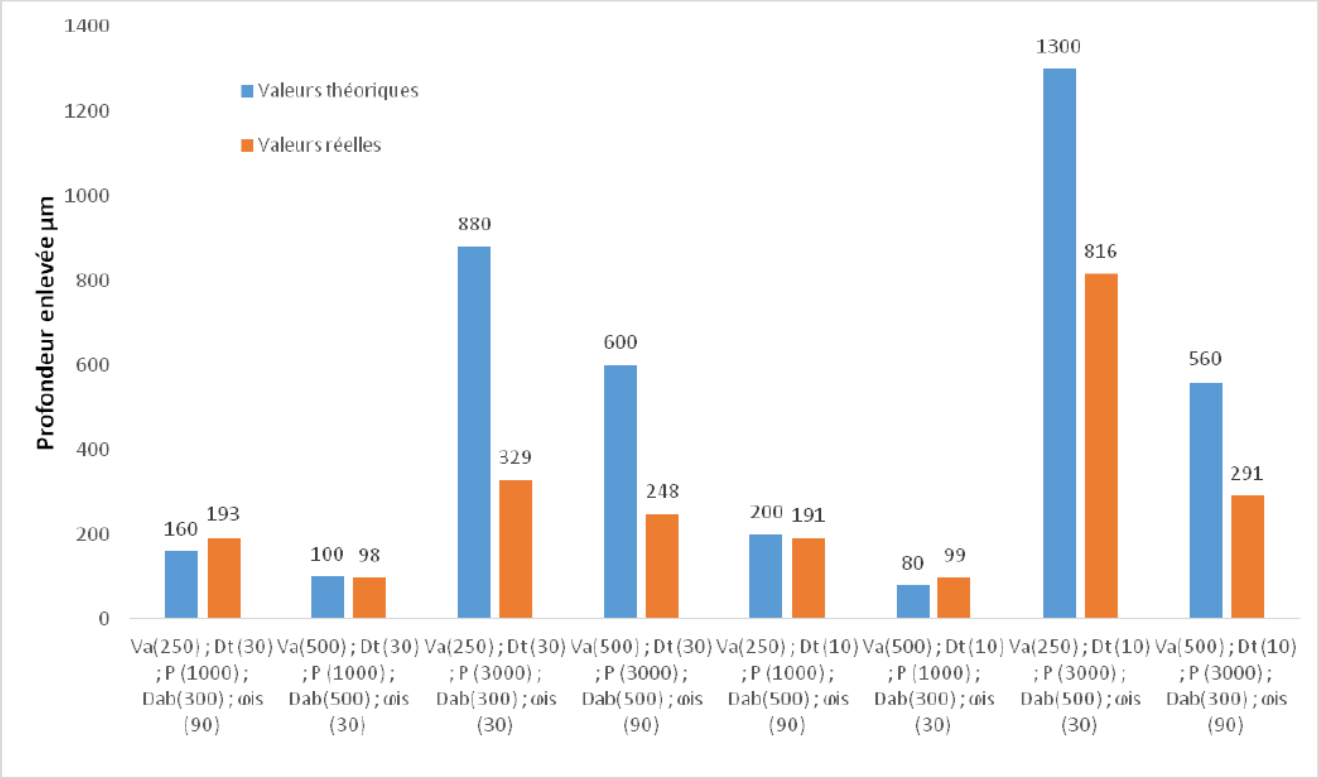






Résultats : influence des paramètres Jet N2

Profondeur de la matière enlevée : modélisation VS expérimentale



- **Vf, P moins élevée → faible enlèvement de matière**
- **La quantité de matière enlevée augmente avec la de débit Qa**
- **Dt : effet pas très marqué**

Résultats : influence des paramètres Jet N2

Etude de l'effet des paramètres procédé Jet N2/ optimisation

N° échantilon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pression (Bars)	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Direction du passage du jet N2	DT	DT	DT	DT	DT	DT	DT	DT	DL	DL
Vitesse d'avance (mm/min)	250	500	750	1000	250	500	750	1000	250	500
Distance de tir (mm)	10	10	10	10	40	40	40	40	40	40
Pas (mm)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Angle d'incidence	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°
Type d'abrasif	Grenat	Grenat	Grenat	Grenat	Grenat	Grenat	Grenat	Grenat	Grenat	Grenat
Granulométrie	30/60	30/60	30/60	30/60	30/60	30/60	30/60	30/60	30/60	30/60
Débit (g/min)	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Nombre de passe	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Outil	Hydrosaw	Hydrosaw	Hydrosaw	Hydrosaw	Hydrosaw	Hydrosaw	Hydrosaw	Hydrosaw	Hydrosaw	Hydrosaw
Diamètre de buse (mm)	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Implantation de buse	D tube	D tube	D tube	D tube	D tube	D tube	D tube	D tube	D tube	D tube

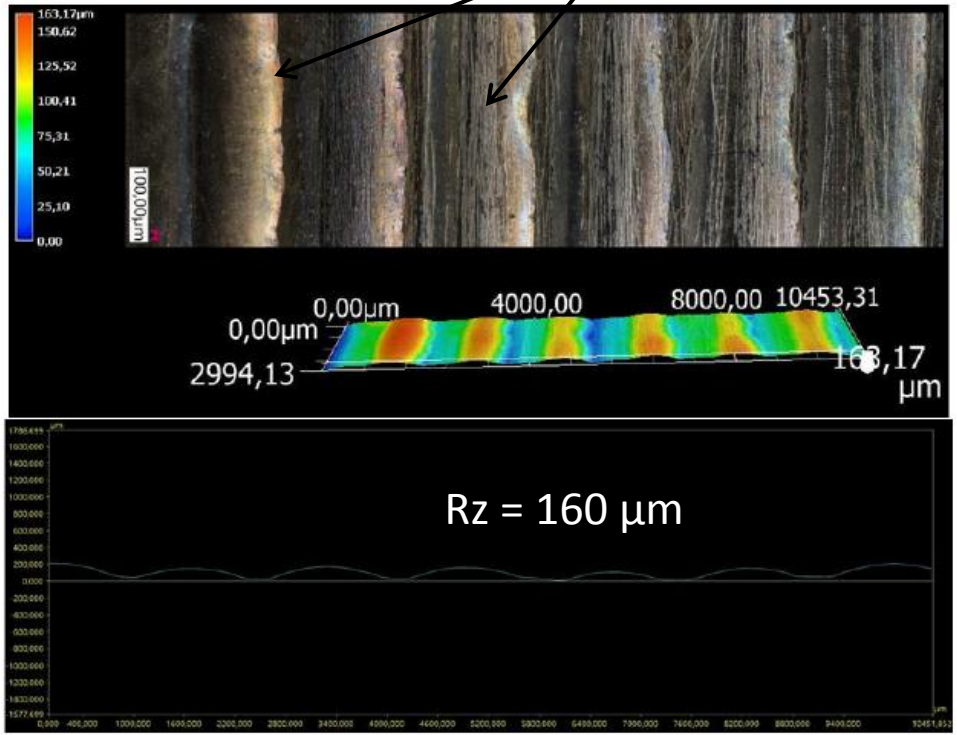
N° échantilon	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Pression (Bars)	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Direction du passage du jet N2	DL	DL	DT	DT	DT	DT	DT	DT	DT	DT
Vitesse d'avance (mm/min)	750	1000	750	1000	750	1000	750	1000	750	1000
Distance de tir (mm)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Pas (mm)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Angle d'incidence	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°
Type d'abrasif	Grenat	Grenat	Corindon	Corindon	Corindon	Corindon	Corindon	Corindon	Corindon	Corindon
Granulométrie	30/60	30/60	F60	F60	F60	F60	F100	F100	F100	F100
Débit (g/min)	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Nombre de passe	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2
Outil	Hydrosaw	Hydrosaw	Hydrosaw	Hydrosaw	Hydrosaw	Hydrosaw	Hydrosaw	Hydrosaw	Hydrosaw	Hydrosaw
Diamètre de buse (mm)	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Implantation de buse	D tube	D tube	D tube	D tube	D tube	D tube	D tube	D tube	D tube	D tube

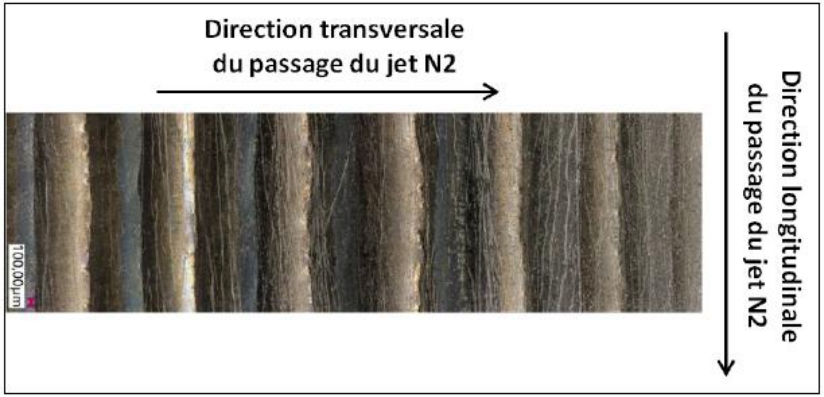
- Vitesse d'avance
- Distance de tir
- nature de l'abrasif
- Direction de décapage
- Nb de passe du Jet
- granulométrie

Résultats : influence des paramètres Jet N2

Direction de décapage

Ondulations de surface

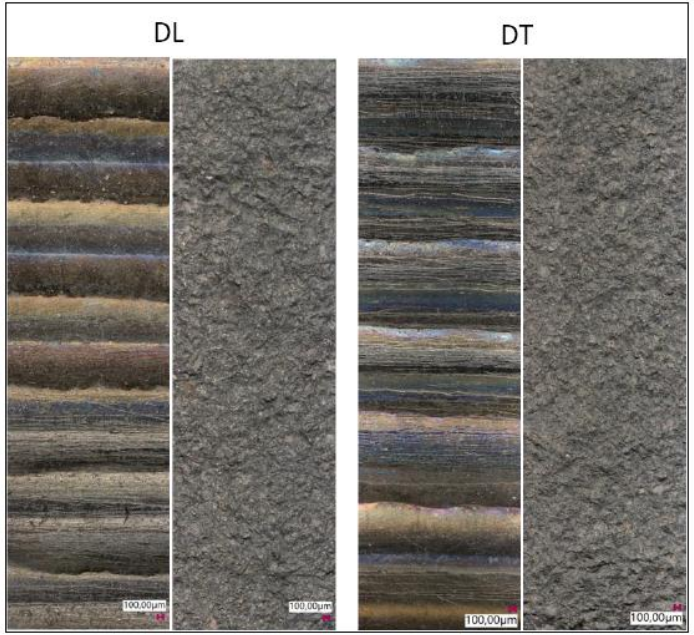




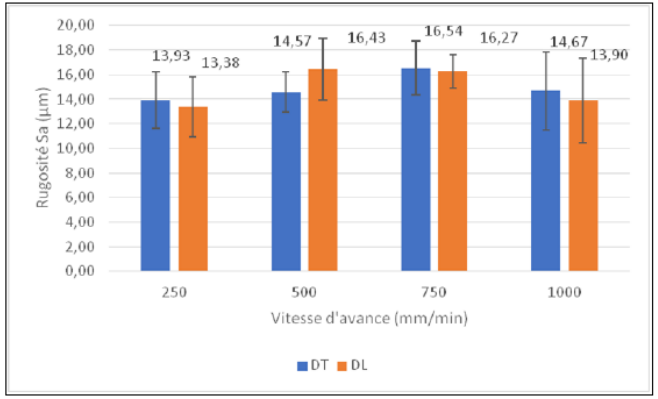
Résultats : influence des paramètres Jet N2

Direction de décapage

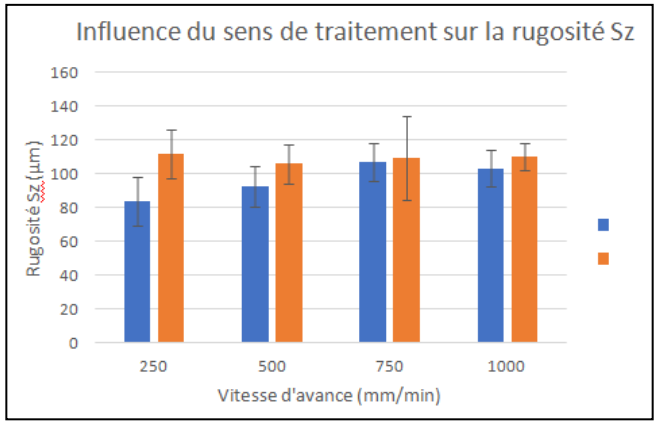
Aspect de surface



Ra



Rz

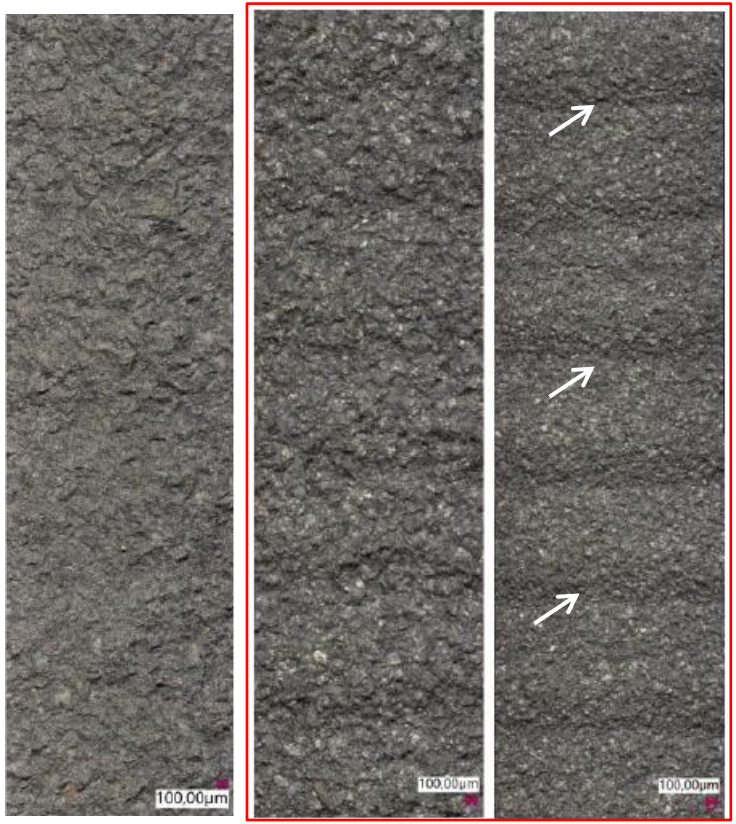


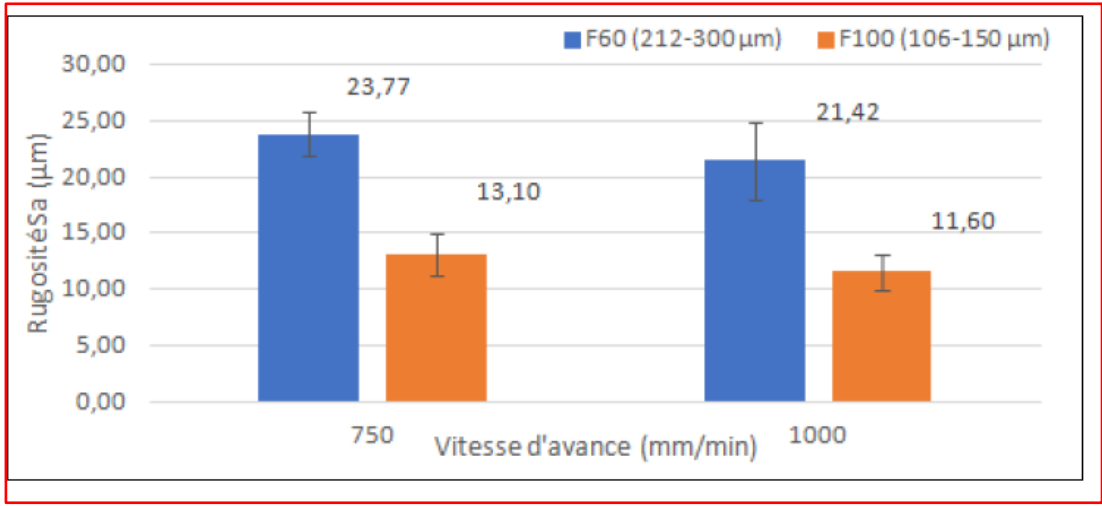
Pas d'effet marqué de la direction de traitement sur la Ra et Rz

Résultats : influence des paramètres Jet N2

Effet de la granulométrie

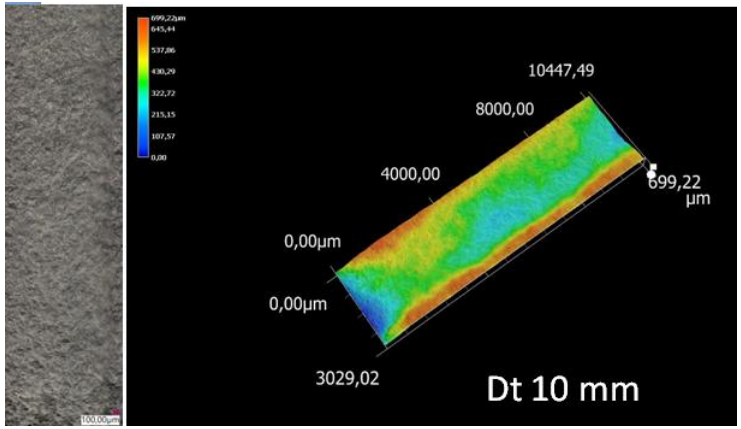
Grenat | Corindon F60 | Corindon F100

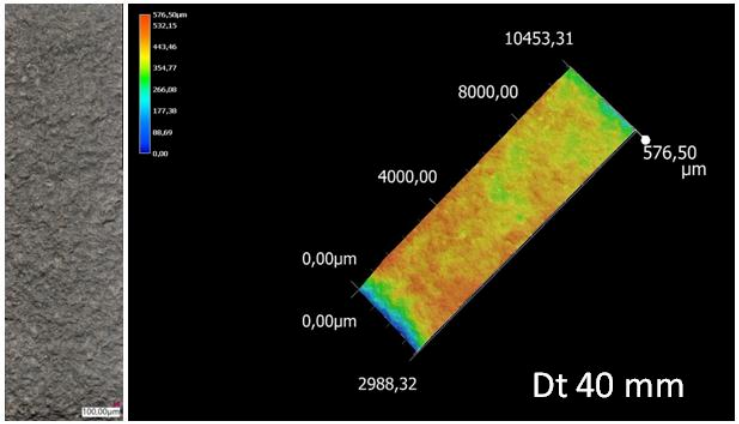


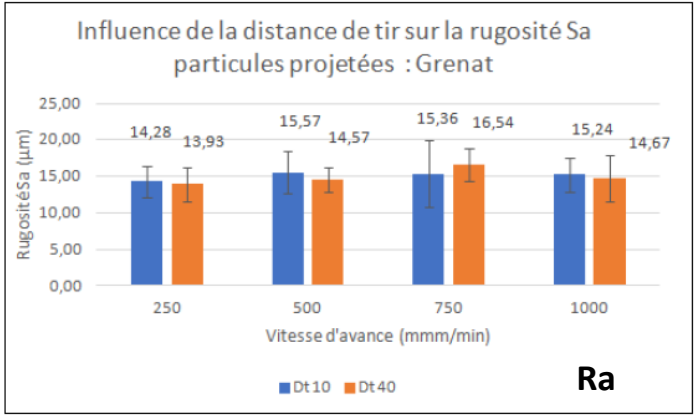


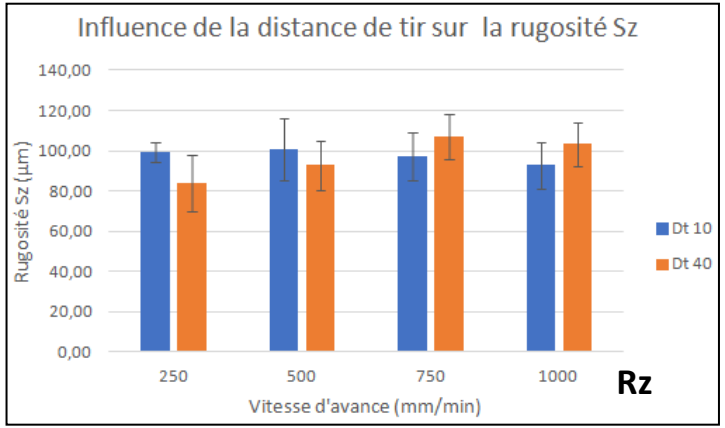
Résultats : influence des paramètres Jet N2

Effet de la distance de tir



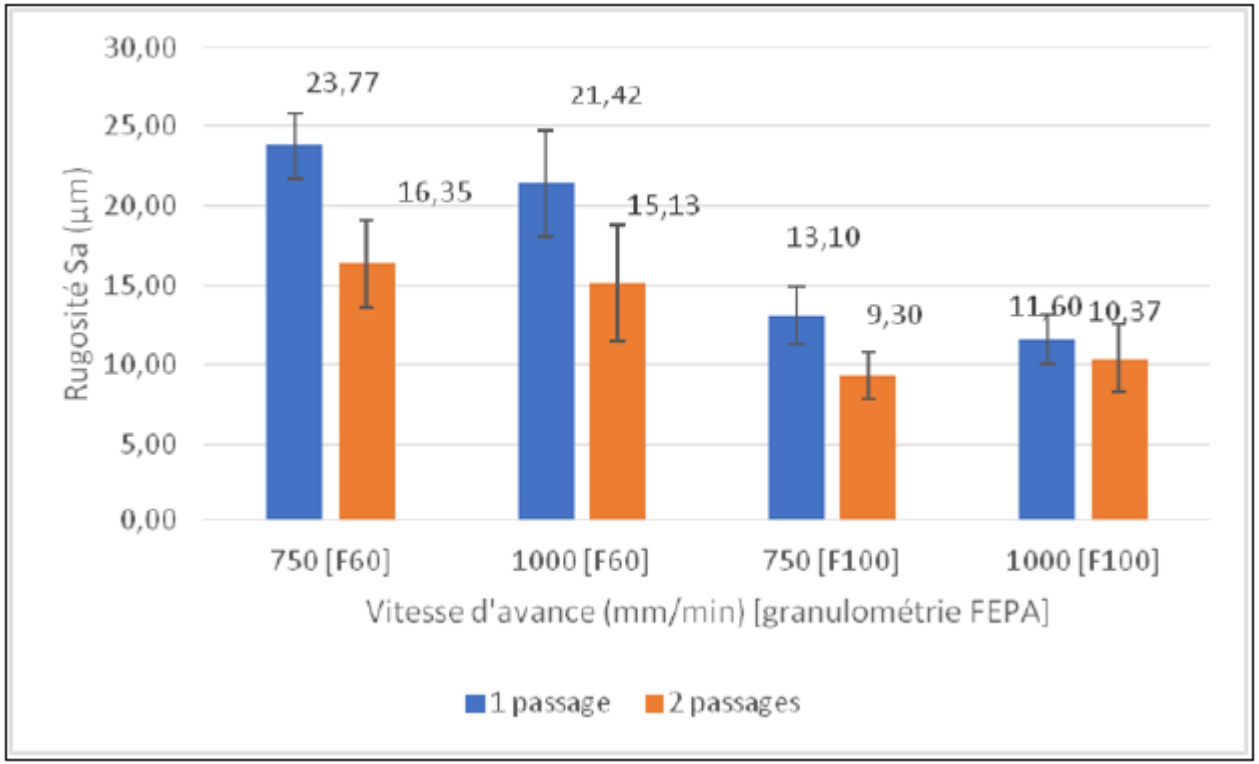






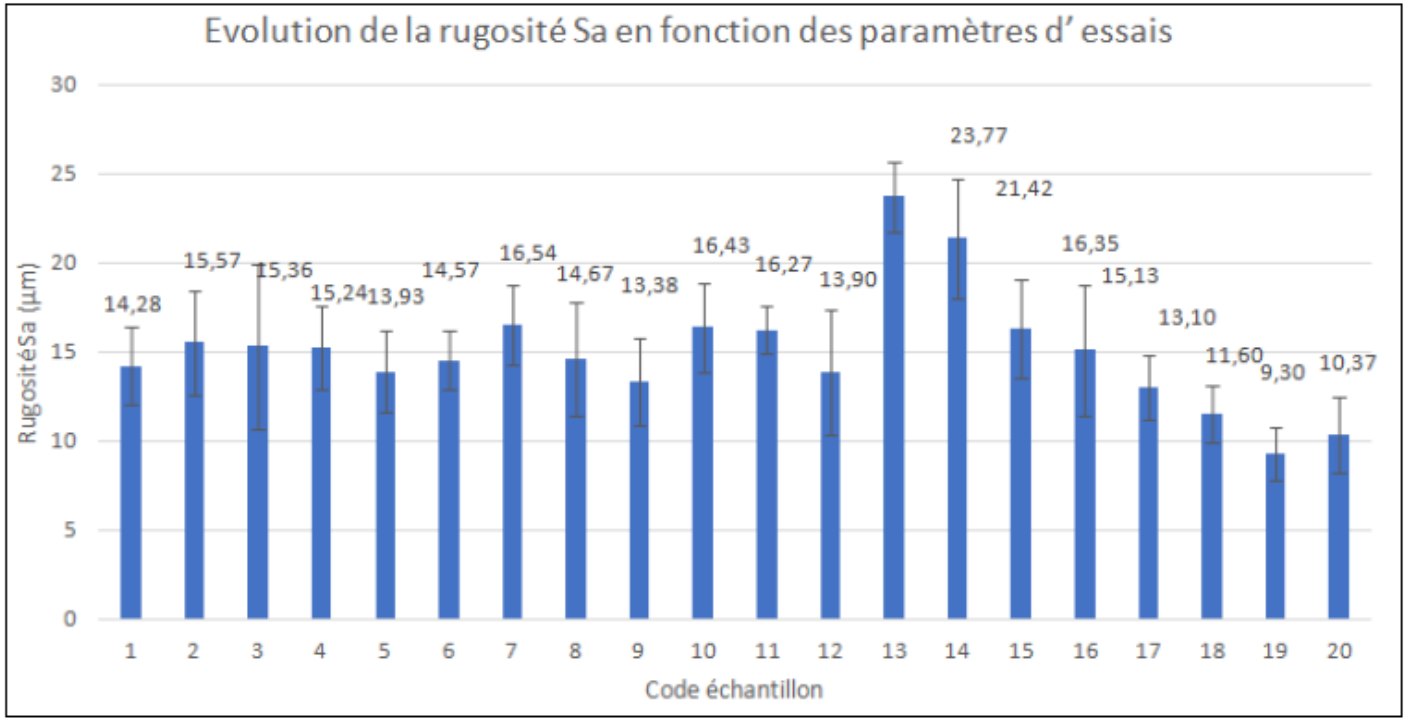
Résultats : influence des paramètres Jet N2

Essais à 1 et 2 passages du jet N2



Résultats : influence des paramètres Jet N2

Evolution de la rugosité Ra



Résultats : influence des paramètres Jet N2

Démonstrateur FAFIL

La première version du démonstrateur FAFIl

CAO de démonstrateur final à traiter par jet N2

Conclusions et perspectives

Les différents résultats présentés dans ce rapport ont permis de montrer le potentiel du procédé de traitement de surface par Jet N2 SNR pour **obtenir efficacement un parachèvement** (polissage/micro-usinage) des surfaces des pièces issues de la fabrication additive en Inconel 718.

Ainsi, l'application de la méthode Jet N2 SNR a permis **d'aplanir les surfaces des pièces FAFIL**, par la **suppression totale des ondulations surfaciques .**

Des valeurs moyennes de rugosité Sa, comprises **entre 9 et 23 µm**, ont pu être obtenues sur les surfaces post-traitées par la méthode Jet N2 supercritique.

Poursuivre l'étude de l'influence des paramètres procédé Jet N2 sur l'évolution de la qualité des surfaces FA : essais de parachèvement avec **outil incliné, outil rotatif**

Réaliser les essais de parachèvement des surfaces des démonstrateurs

FAFIL : Fabrication Additive Fil Laser

Dans le cadre du développement de la technologie de fabrication additive laser par dépôt de fil métallique, le Groupe Institut de Soudure est pilote du programme FAFil, qui est un programme de recherche européen Interreg V A Grande Région, qui réunit 14 partenaires dans 4 pays.

Merci pour votre attention !