



Centre Régional d'Innovation et de Transfert de Technologie

L'INNOVATION AU SERVICE DE
VOTRE DÉVELOPPEMENT

Guide des Prestations

MATÉRIAUX
DÉPÔTS ET
TRAITEMENTS DE
SURFACE

A circular inset image showing a close-up, high-magnification view of a metallic gear being processed by a precision tool. The scene is illuminated with a bright, golden light, highlighting the intricate details of the gear's teeth and the tool's tip. The background is a soft, out-of-focus gradient of warm colors.

www.critt-mdts.com

AVANT-PROPOS

Le CRITT-MDTS est un centre de ressource technologique spécialisé dans l'étude et la caractérisation des matériaux, dépôts et traitements de surface. Il réalise, pour ses clients industriels, des prestations de R&D, d'expertise, d'analyse et d'essais sur matière première ou produit fini. Il s'adresse à tous les secteurs utilisant ou transformant des matériaux, notamment métalliques.

L'objectif de ce livret est de recenser l'essentiel des prestations que nous proposons, hormis pour le secteur des dispositifs médicaux implantables pour lequel un livret spécifique est dédié.

Nos prestations peuvent être réalisées selon les normes en vigueur (NF, ISO, ASTM...), vos spécifications, ou suivant un protocole propre que vous nous aurez communiqué ou que nous aurons établi suivant vos besoins.

Le CRITT-MDTS possède un système de management de la qualité, de la sécurité et de l'environnement permettant de répondre parfaitement aux exigences de nos clients :

- Certification AFAQ ISO 9001 et OHSAS 18001
- Accréditation COFRAC suivant l'ISO/CEI 17025
- Agrément de plusieurs grands donneurs d'ordre (aéronautique, automobile).

Le CRITT-MDTS est membre de l'Institut Carnot MICA et labellisé CRT (Centre de Ressources Technologique) par le Ministère de la Recherche, de l'Enseignement Supérieur et de l'Innovation. A ce titre, il est éligible au Crédit Impôt Recherche et au Crédit Impôt Innovation.

Une liste à jour de tous nos agréments, accréditations et certifications est consultable sur notre site Internet : www.critt-mdts.com



SOMMAIRE

VOLET I : CONTRÔLE À RÉCEPTION SUR MATÉRIAUX MÉTALLIQUES	6
• Contrôles métallographiques	6
• Contrôle des propriétés mécaniques	7
• Contrôle de la composition chimique	8
VOLET II : CARACTERISATION DES MATERIAUX METALLIQUES ET PRODUITS FINIS	9
• Examens métallographiques	9
• Analyse de la composition chimique	10
• Analyse de surface	12
• Contrôles dimensionnels et étalonnage	14
• Topographie de surface	15
• Essais mécaniques	16
• Essais d'usure	18
• Plateforme Nano-Scratch-Indentation	21
• Essai de mouillabilité	23
VOLET III : CARACTERISATION DES PEINTURES INDUSTRIELLES ET REVÊTEMENTS	24
• Contrôles d'aspect	24
• Essais de résistance aux agents chimiques	25
• Essai de gravillonnage / grenailage	25
• Essais de résistance à la tenue	26
• Mesures de dureté des dépôts et revêtements	27
• Essai de résistance à l'abrasion (TABER)	27
• Contrôles d'épaisseur	28
• Essais divers	28
• Cabine de peinture	29
VOLET IV : VIEILLISSEMENT ACCÉLÉRÉ / CORROSION	30
• Essais de vieillissement accéléré	30
• Essais de corrosion et de passivation	33
VOLET V : EXPERTISE / ANALYSE DE DÉFAILLANCE	34

SOMMAIRE

VOLET VI : MISE AU POINT DE TRAITEMENTS INDUSTRIELS

38

- Traitements thermiques 38
- Procédé PIM (Powder Injection Molding) 39
- FREEFORMER — Procédé d'impression 3D 41
- Plasma froid et plasma atmosphérique 43
- Contrôles non destructifs 45
- Accompagnement au transfert de technologie 46

VOLET VII : RECHERCHE & DÉVELOPPEMENT

47

- Veille technologique 47
- Accompagnement des demandes spécifiques 48
- Accompagnement à la recherche de financement 48

VOLET I : CONTRÔLE À RÉCEPTION SUR MATÉRIAUX MÉTALLIQUES



Objectif : Valider la conformité de la matière première en termes de microstructure, de propriétés mécaniques, de composition chimique,...

CONTRÔLES METALLOGRAPHIQUES

Les contrôles métallographiques peuvent être effectués sur tous types de métaux ou alliages à base de titane, d'aluminium, d'acier, de nickel, de cuivre, etc., selon des normes ou des spécifications clients

Les contrôles

Contrôle de la microstructure

Examen sur coupe au microscope optique afin de déterminer :

- le type de structure
- la taille de grain (ISO 643 / ASTM E 112)
- la présence de phases (*Ex: ferrite delta (ASTM E 407), α -case, carbures...*)
- le taux d'inclusions (ISO 4967 / ASTM E 45), ...

Mesures de dureté

Brinell HB (ISO 6506-1), Vickers HV (ISO 6507-1), Rockwell HRB/HRC (ISO 6508-1), microdureté, détermination de la profondeur de décarburation (ISO 3887), filiations de dureté, ...

Corrosion

Détermination de la résistance à la corrosion intergranulaire des aciers inoxydables en milieu contenant de :

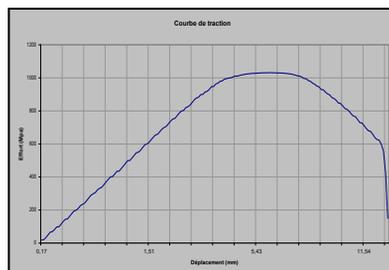
- l'acide nitrique : NF EN ISO 3651-1 / ASTM A 262 practice C
- l'acide sulfurique : NF EN ISO 3651-2 / ASTM A 262 practice E

CONTRÔLE DES PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES

Les essais	Descriptif
Traction statique	Pour déterminer les caractéristiques mécaniques (résistance maximale, limite élastique, allongement,...), soit : <ul style="list-style-type: none"> - à température ambiante (ASTM E 8 / ISO 6892-1) - à chaud jusqu'à 800°C (ASTM E 21 / ISO 6892-2)
Flexion par choc ISO 148-1	Pour déterminer l'énergie nécessaire pour rompre en une fois une éprouvette métallique préalablement entaillée, soit : <ul style="list-style-type: none"> - entre température ambiante et -60°C - à -196°C

Zoom sur un essai de traction :

Exemple d'un essai de traction sur éprouvette métallique normalisée de forme cylindrique réalisé à l'aide d'un extensomètre automatique.



CONTRÔLE DE LA COMPOSITION CHIMIQUE

Les analyses	Moyens d'analyse
Identification et vérification de la teneur des éléments présents	<ul style="list-style-type: none">- Spectrométrie d'émission optique (ICP-OES)- Spectrométrie à étincelles- Spectrométrie à fluorescence X
Dosage de la teneur en gaz	Analyseurs élémentaires : <ul style="list-style-type: none">- Hydrogène- Carbone / Soufre- Oxygène / Azote



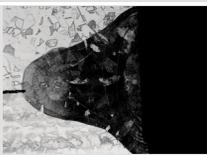
VOLET II : CARACTÉRISATION DES MATERIAUX MÉTALLIQUES ET PRODUITS FINIS



Objectif : Le CRITT-MDTS dispose d'un éventail complet de moyens d'analyse permettant de choisir la technique la plus appropriée suivant le but recherché.

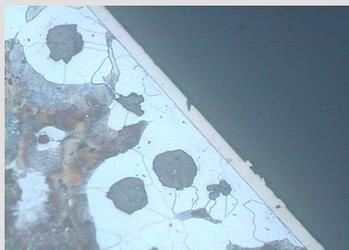
EXAMENS METALLOGRAPHIQUES

En plus des contrôles métallographiques décrits en page 5, voici d'autres contrôles métallographiques possibles :

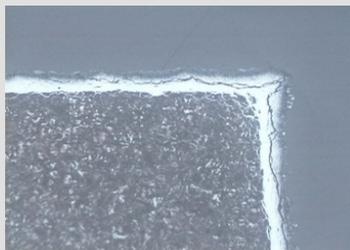
Les contrôles au microscope optique	Micrographies
Qualité des filetages Vérification de la morphologie du pas de vis, présence de bavures, de microfissures en fond de filet.	
Qualité des soudures Vérification des caractéristiques du cordon de soudure (forme, rayon de raccordement, profondeur de pénétration,...) et de l'absence de défauts (porosité, fissuration, retassures...)	
Mesure d'épaisseur après traitement Nitruration, cémentation, galvanisation, grammage,...	Voir exemple ci-dessous

Zo

om sur des exemples de mesure d'épaisseur après traitement :



Dépôt de nickel sur une fonte
G x 100
Épaisseur du dépôt : 16 μm



Nitruration sur 42CD4
G x 200
Épaisseur de la couche : 12 μm

ANALYSE DE LA COMPOSITION CHIMIQUE

Techniques d'analyse

Spectromètre d'émission optique (ICP-OES)



Dosage des éléments présents dans une solution obtenue après dissolution complète par attaque chimique d'un échantillon qui peut être initialement massif ou sous forme de poudre.

Diffraction des rayons X (DRX) (2 appareils)



- Analyse sur échantillon massif, poudre, revêtement
- Identification des phases cristallines en présence et semi-quantification
- Estimation de la cristallinité,...

ANALYSE DE LA COMPOSITION CHIMIQUE**Techniques d'analyse****Spectromètre de fluorescence X**

Identification des éléments présents sur échantillon massif

Analyseurs élémentaires :

- Hydrogène
- Carbone / Soufre
- Oxygène / Azote

Analyseur Carbone / Soufre

Dosage de la teneur en élément (H, C, N, O et S) directement sur échantillon massif ou sous forme de poudre.

ANALYSE DE LA COMPOSITION CHIMIQUE

Techniques d'analyse

Spectromètre à étincelles



Identification des éléments présents sur échantillon massif

ANALYSE DE SURFACE

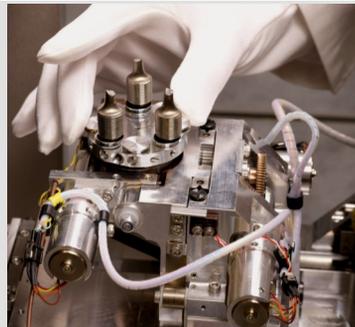


objectif : Le CRITT-MDTS possède également des moyens de micro-analyse permettant de caractériser la surface des matériaux afin de :

- Déterminer des éléments présents en surface
- Rechercher les causes à l'origine d'éventuelles détériorations
- Apporter des solutions suite à des problématiques particulières

Techniques d'analyse

Microscope à balayage électronique (MEB) couplé à une sonde EDS



- Identification et localisation des éléments présents
- Répartition topographique des éléments
- Recherche et localisation d'impuretés ou de polluants (dépôts, solvants, résidus,...)
- Observation de l'état de surface, de la porosité, du faciès de rupture,...

ANALYSE DE SURFACE

Techniques d'analyse

NEW

SPECTROSCOPIE D'ÉMISSION À DÉCHARGE LUMINESCENTE (GDOES)



Profil de la composition chimique en fonction de la profondeur :

- Identification des éléments en extrême surface (résidus, pollutions de surface)
- Mesure de l'épaisseur de revêtements épais (peinture, projection thermique), de Couches minces (PVD)
- Quantification possible si étalonnage disponible

Comparaison entre les deux techniques d'analyse de surface :

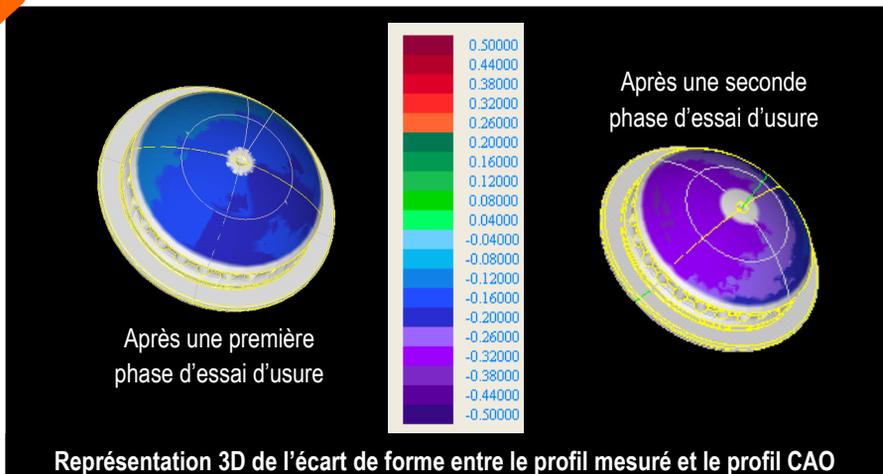
	MEB couplé à une sonde EDS	GDOES
Surface analysée	De 1 μm^2 à 1 mm^2	Spot circulaire de \varnothing 4mm
Profondeur d'analyse	De l'ordre de 1 à 1,5 μm	De l'ordre de 10 nm à 50 μm
Type d'analyse	Semi quantitatif + cartographie et prise de clichés	Semi-quantitatif
Analyse possible des éléments	A partir du Bore ($Z \geq 5$)	H, Li, B, C, N, O, F, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Ag, Sn, Pb
Contrainte	Contraintes liées au vide et au MEB (échantillon sec, dépôt d'une couche d'or ou de carbone pour les matériaux non conducteurs)	Géométrie plane
Dimensions échantillon	Dimensions max de l'échantillon (Lxlxh) : 5 x5 x3 cm.	Surface minimum : carré 1x1 cm^2 Surface maximum : 30x30 cm^2
Matériaux analysés	Tout type de matériaux	Métaux, oxydes, céramiques, polymères

Pour effectuer une analyse sur une profondeur de 5 à 10 nm et obtenir les liaisons chimiques, le Spectromètre de photoélectrons X (XPS) est également disponible.

CONTRÔLES DIMENSIONNELS ET ÉTALONNAGE

Les contrôles	Descriptif
Contrôle tridimensionnel (cf. exemple ci-dessous)	Mesures réalisées par palpateurs 3D combinées à une comparaison avec le fichier CAO (IGES)
Contrôle d'écart de forme	Mesures de sphéricité, circularité, concentricité, rectitude, perpendicularité,....
Contrôle de rugosité	Caractérisation de surfaces planes ou curvilignes selon l'ISO 4288
Étalonnage de matériel de mesure	<ul style="list-style-type: none"> - Clés et tournevis dynamométriques jusqu'à 1000 N.m (<i>dans notre laboratoire</i>) - Marbres (<i>sur site</i>) - Colonnes de mesure (<i>sur site</i>) - Projecteurs de profils (<i>sur site</i>)

Zoom sur un palpateurs 3D :



TOPOGRAPHIE DE SURFACE

Altisurf 500

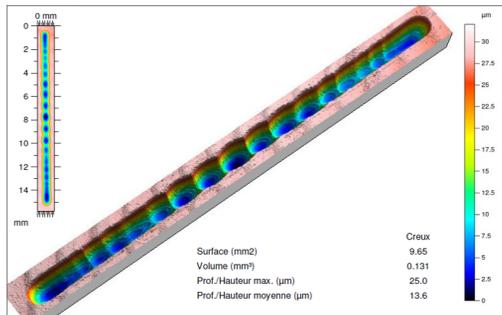


Mesures de surface sans contact

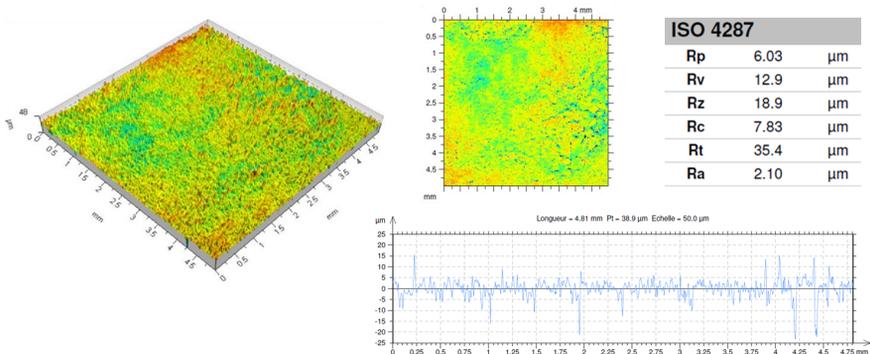
- Topographie de surface 2D et 3D
- Mesure de rugosité linéaire et surfacique (ISO 4287 & ISO 25178)
- Mesure de profondeur et de largeur d'un sillon
- Volume de ride
- Evolution des surfaces

Zoom sur des exemples de mesures de surface sans contact :

Exemple 1 : Contrôle de l'usure d'un sillon après un essai au tribomètre



Exemple 2 : Contrôle de l'état de surface d'une pièce réalisée en MIM



ESSAIS MÉCANIQUES

Les essais mécaniques suivants peuvent être réalisés conformément à des normes ou sur mesure selon vos spécifications ou protocoles.

Les essais	Descriptif
Statiques et/ou Dynamiques	<ul style="list-style-type: none"> - Traction - Compression - Torsion - Cisaillement - Flexion (en 1 point, 3 points ou 4 points) - Flexion par choc - Fluage ou Relaxation (à température ambiante)

Notre parc de machines d'essais mécaniques nous permet de couvrir une large plage de travail.

	Plage de capacité
Charge	1,25 N à 240 kN max
Couple	0,1 N.m à 100 N.m max avec la possibilité d'accomplir jusqu'à ± 16 tours
Fréquence	100 Hz max selon le déplacement et l'effort à appliquer

N'hésitez pas à nous consulter pour tout essai spécifique.

ESSAIS MÉCANIQUES

Les essais

Flexion rotative à
température ambiante

ISO 1143 / ASTM F1160

sur matériaux métalliques
revêtus ou non

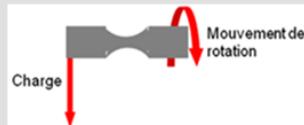
Descriptif

Machine de flexion rotative



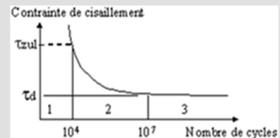
Vitesse de rotation max = 4000 tr/min
Charge max = 30 N

Schéma de principe



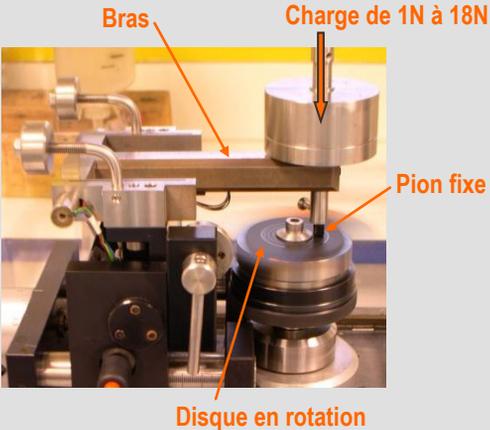
Applications possibles :

- Application d'une charge et d'un mouvement de rotation sur une éprouvette afin de déterminer sa « limite en fatigue » en traçant une courbe de Wöhler telle que :



- Sollicitation des fibres en traction puis en compression
- Congés de raccordement pour cibler la zone de fissuration

ESSAIS D'USURE

Les essais	Descriptif
<p>Essais pion-disque sur tous les matériaux revêtus ou non</p>	<p><u>Principe</u> : Un échantillon (disque, plaque) subit un mouvement rotatif ou alternatif tout en étant mis en contact avec un pion (ou bille) stationnaire sur lequel une charge de compression axiale (de 1 à 18 N) est appliquée. L'essai se déroule sous air ambiant ou milieu lubrifié.</p> <p><i>Tribomètre pion-disque (montage suivant la norme ASTM G 99)</i></p>  <p>La photographie illustre le montage d'un tribomètre pion-disque. On y voit un bras horizontal qui supporte un pion fixe. Une charge axiale est appliquée sur le pion, indiquée par une flèche et l'étiquette 'Charge de 1N à 18N'. Le pion est en contact avec un disque qui tourne, étiqueté 'Disque en rotation'. Le bras est étiqueté 'Bras'.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mesure du coefficient de frottement d'un couple de matériaux - Estimer l'usure en configuration simple (état de surface, perte de masse, profilométrie du sillon,...) - Application d'une charge entre 1 N et 18 N - A l'air ambiant ou en milieu lubrifié

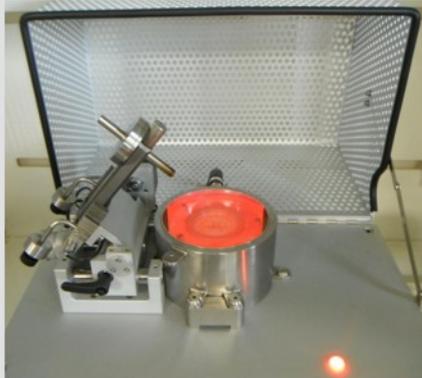
ESSAIS D'USURE

Les essais

Descriptif

NEW

- Température jusqu'à 800°C
- Charge de 1 à 20N
- Vitesse maximale 500 tr/minutes
- Mesure en continu du coefficient de frottement
- Mode rotatif / rotatif alternative
- Possibilité d'essai en fretting

**Tribomètre
Haute température**

Permet de mettre en évidence les phénomènes spécifiques du frottement et de l'usure en haute température, tel que l'impact des couches d'oxydes se formant en surface et leurs propriétés lubrifiantes.

ESSAIS D'USURE

Les essais	Descriptif
<p>Essais pion-disque fortes charges</p> <p>sur tous les matériaux (sous forme d'éprouvette)</p>	<p><i>Tribomètre pion-disque - 3 stations Fortes charges multidirectionnelles</i></p>  <p>- 3 essais simultanément avec mesure de chaque coefficient de frottement</p> <p>- En milieu lubrifié</p> <p>- Charges indépendantes pouvant aller jusqu'à 500 N. L'application de charges plus élevées que l'essai pion-disque (décrit en page précédente) prend en compte des pressions de contact réalistes et l'influence de la topographie de surface des échantillons.</p> <p>- Cinématiques multidirectionnelles (<i>Ex : triangulaire</i>) grâce à des déplacements linéaires selon 2 directions (x,y), permettant de solliciter les matériaux de manière plus réaliste en ajoutant des contraintes de cisaillement.</p>

PLATEFORME NANO-SCRATCH-INDENTATION

Descriptif

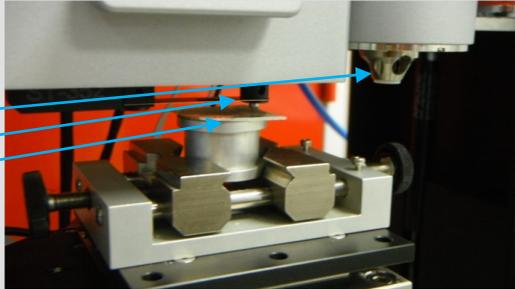
Pour la caractérisation des couches dures et/ou minces (typiquement inférieure aux $1\ \mu\text{m}$), et des traitements de surface, nous disposons d'une plateforme de nano-indentation, nano scratch test (en référence aux normes ISO 14577 et ISO 1518, respectivement)

La gamme de force pour la nano-indentation est de 0 à 500 mN avec un Indenteur diamant de type Berkovich.

La gamme de force du nano scratch est 0,08 – 5mN et complète celle du micro-scratch (avec 3 mN à 30 N). Nous disposons de deux types de tête de rayures :

- Indenteur sphérique en diamant de 2 et 5 μm rayon
- Indenteur couteau de 2 mm de large et un rayon de $2\ \mu\text{m}$ permettant d'analyser des surfaces convexes

Tête de nano-indentation
Tête de nano-scratch
Echantillon



Voir ci contre 2 exemples, Nanoscratch test et Nanoindentation.

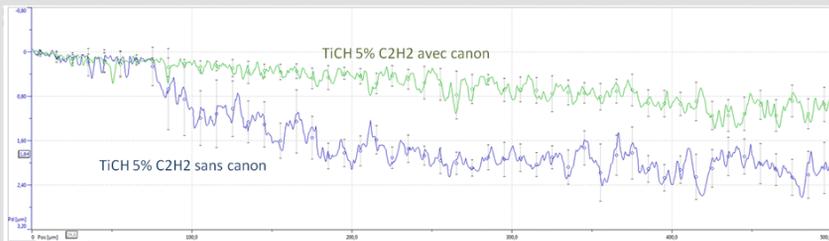
PLATEFORME NANO-SCRATCH-INDENTATION

Exemples d'applications :

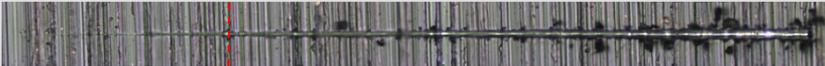
1- Nanoscratch test :

Comparatif au nanoscratch test de la tenue d'un dépôt de TiCH avec et sans préparation de surface préalable au canon à électron

Evolution de la profondeur de pénétration de l'indenteur sous charge
Moyenne de 3 mesures avec écart-type



Avec canon : première décohésion à 26mN

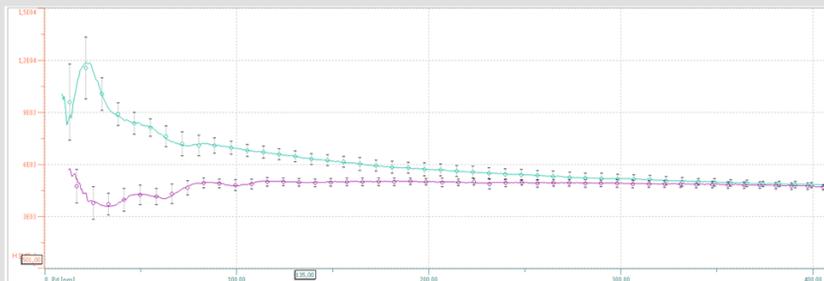


Sans canon : seuil de décohésion à 16mN avec écaillage massif



2) - Nanoindentation

Comparatif par nanoindentation de l'évolution de la dureté en fonction de la profondeur de l'indent sous sollicitations répétées (en mode sinus) d'un échantillon avec et sans implantation ionique :



ESSAI DE MOUILLABILITÉ

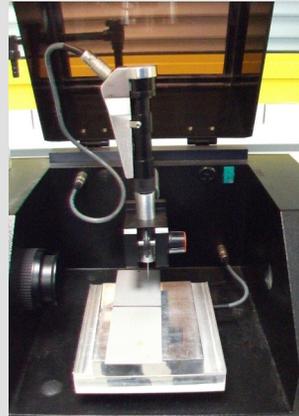
Descriptif

L'étude des interactions entre un solide et un liquide connu est une des méthodes qui permet de caractériser la surface du solide et de prévoir son aptitude à établir des liaisons avec d'autres matériaux.

La méthode de la goutte pendante permet de caractériser un liquide.

Mesure sur tous les matériaux présentant une surface plane :

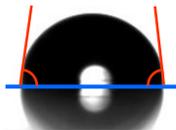
- de la Tension interfaciale entre 2 liquides
- de l'angle de contact
- de l'énergie de surface
- de la tension superficielle



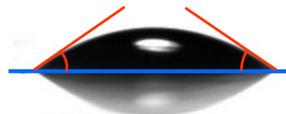
Appareil de mouillabilité

Zoom sur la méthode de la goutte pendante :

Exemple de mesure de l'angle d'une goutte formée en contact avec une surface avant et après traitement..



Avant traitement de surface
angle $> 80^\circ$



Après traitement de surface
angle $< 40^\circ$

VOLET III : CARACTÉRISATION DES REVÊTEMENTS ET PEINTURES INDUSTRIELLES

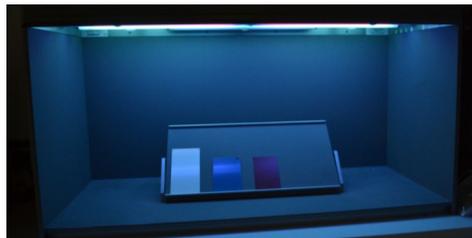


Objectif : Valider le produit fini avant sa mise sur le marché ou comparer les performances de différents produits.

CONTRÔLES D'ASPECT

Essais et référentiels	Descriptif
Contrôle visuel ISO 3668	Comparaison visuelle de la couleur de la peinture par rapport à un étalon et sous différents éclairages : aspect, teinte, brillance. <i>Différentes lumières possibles selon le type d'utilisation : lumière noire, tube fluorescent, ampoule à filament, lumière du jour artificielle.</i>
Mesure de couleur Ancienne norme ISO 7724-2, non remplacée	Détermination de la couleur à l'aide d'un colorimètre en mesurant les longueurs d'ondes émises par la peinture sous un éclairage spécifique.
Mesure de brillance ISO 2813	Effectuée sur un revêtement à l'aide d'un brillancemètre qui projette un faisceau lumineux à un angle normalisé sur la surface afin de mesurer la perte d'intensité après réflexion. Détermination de la réflexion spéculaire de feuillets de peinture non métallisée à 20°, 60° et 85°.
Dégradation ISO 4628-1 à -6 et -8 et -10	Evaluation de la dégradation du revêtement par rapport à l'intensité des changements d'aspect, à la quantité et à la dimension des défauts,...

Contrôle visuel



ESSAIS DE RÉSISTANCE AUX AGENTS CHIMIQUES

Normes de référence	Descriptif
Immersion dans l'eau ISO 2812-2	Évaluation de l'action de l'eau sur le revêtement par immersion complète ou partielle en estimant sa détérioration.
Milieu absorbant ISO 2812-3	Détermination de la résistance d'un revêtement à l'action de liquides ou de produits pâteux en utilisant un milieu absorbant.
Méthode à la tâche ISO 2812-4	Détermination de la résistance d'un revêtement mis en contact avec des liquides ou produits pâteux et ceci afin de jauger les dommages subis.
Liquides organiques D27 1740 (Méthode RENAULT)	Méthode permettant de déterminer l'action des liquides organiques (<i>Ex : liquide de freins, liquide de refroidissement, huile, carburants,...</i>) sur un revêtement peinture. <i>Méthode réalisée en partie (nous consulter)</i>
Essai sur mesure	Immersion dans des bains à une température donnée en fonction de la demande, de la capacité des étuves ventilées, du type de revêtement,...

ESSAI DE GRAVILLONNAGE / GRENAILLAGE

Normes de référence	Descriptif
ISO 20567-1 D24 1702 (Méthode RENAULT) D24 1312 (Méthode PSA)	Détermination de la résistance d'un revêtement soumis à l'impact d'un ou plusieurs projectiles (cailloux, grenailles, gravillons,...) de manière à quantifier son altération.

ESSAIS DE RÉSISTANCE À LA TENUE

Normes de référence	Descriptif
Essai de pliage ISO 1519	Contrôle de l'adhérence d'un revêtement suite à la déformation de son substrat sur un mandrin cylindrique de rayon défini, de manière à déterminer la résistance à la fissuration et au décollement du revêtement.
Essai d'emboutissage ISO 1520	Déformation lente et progressive provoquée par la montée d'une bille en contact avec l'échantillon peint de façon à évaluer la résistance du revêtement en mesurant son craquellement ou décollement.
Essai de quadrillage (contrôle d'adhérence) ISO 2409	Ce test associe d'abord l'élaboration d'un quadrillage en incisant le revêtement en surface à l'aide d'un peigne, puis la réalisation d'essais d'arrachement avec un ruban adhésif pour estimer la force nécessaire à décrocher le revêtement en surface.
Résistance au choc ISO 6272-1 & -2	Un revêtement est soumis à une déformation rapide provoquée par la chute d'une masse avec un pénétrateur sphérique de surface importante (ISO 6272-1) ou réduite (ISO 6272-2) de manière à pouvoir jauger les effets d'une telle déformation sur le revêtement par la présence de fissurations, craquelages, décollements, écailllements,...

MESURES DE DURETÉ DES DÉPÔTS ET REVÊTEMENTS

Normes de référence	Descriptif
Indentation Buchholz ISO 2815	Réalisation d'une rayure sur un revêtement par une roue lestée et la longueur de l'indentation obtenue permet d'estimer la déformation résiduelle du revêtement.
Dureté crayon ISO 15184	L'essai de dureté crayon consiste à déterminer la dureté d'un feuillet de peinture en déplaçant à sa surface des crayons de dureté connue.
Amortissement pendule ISO 1522	L'amortissement du pendule sur un revêtement offre la possibilité de déterminer une valeur comparative de dureté (par exemple) à partir du nombre d'oscillations mesurées pendant un temps donné.

ESSAI DE RÉSISTANCE À L'ABRASION (TABER[®])

Normes de référence	Descriptif
ISO 7784-2 ASTM D 4060 ASTM F 1978	Réalisé avec un abrasimètre TABER [®] double afin de mesurer la résistance à l'usure d'un revêtement à l'aide de roues abrasives en caoutchouc. <i>Selon le type de matériaux et d'application, la charge et le nombre de cycles appliqués peuvent être des caractéristiques variables lors d'un essai</i>



CONTRÔLES D'ÉPAISSEUR—NON DESTRUCTIF

Norme de référence	Descriptif
ISO 2808	Mesure d'épaisseur du feuil de peintures liquides ou sous forme de poudre après cuisson sur un support en acier ou aluminium par un contrôle sur coupe métallographique
/	Mesure d'épaisseur d'un revêtement sur tous supports métalliques par lecture directe à l'aide d'un appareil de mesure type Positector.

ESSAIS DIVERS

Normes de référence	Descriptif
Composition chimique et groupements présents	Détermination des groupements présents et de la composition chimique d'un revêtement par comparaison à des spectres de référence à l'aide d'un spectromètre infrarouge à transformée de Fourier (IRTF)

CABINE DE PEINTURE

Prestation et matériels :

Le CRITT MDTS dispose d'une plate-forme avec cabine de peinture pour des pièces de l'industrie automobile, aéronautique, ferroviaire,...

Cette plate-forme est composée :

- d'un box de préparation équipé d'un système de ventilation afin de pouvoir préparer en toute sécurité toutes sortes de mélanges qui émettent des COV.
- d'une cabine de peinture avec pistolet manuel ou sur bras robotisé.
- d'une étuve monobloc permettant d'effectuer la cuisson de pièces métalliques ou organiques à une température comprise entre 40°C et 400°C.

Applications :

- ⇒ Mise au point du dépôt de peinture selon le type de matériau sur lequel sera déposée la peinture et les propriétés de celle-ci.
- ⇒ Possibilité de valider ensuite les dépôts effectués par l'intermédiaire des moyens de caractérisation dont dispose le CRITT-MDTS.
- ⇒ Recherche et optimisation des meilleurs paramètres de réglage (vitesse, plage de balayage, temps,...) pour déposer une couche de peinture dans le cadre de présérie avant lancement de production.
- ⇒ Recherche d'amélioration de la robustesse de couches de peinture successives afin d'obtenir la meilleure cohésion possible entre les couches.

Cabine de peinture



VOLET IV : VIEILLISSEMENT ACCÉLÉRÉ / CORROSION



Objectif : Faire subir à un échantillon un vieillissement accéléré par une exposition prolongée dans une enceinte sous différentes conditions (température, brouillard salin, humidité, UV,...) et suivant des normes ou vos propres spécifications.

ESSAIS DE VIEILLISSEMENT ACCÉLÉRÉ

Essais et normes de référence	Descriptif
Essais sous l'effet de la chaleur ISO 3248	Estimation du comportement d'un revêtement soumis à une température modérément élevée dans le but d'identifier l'influence que celle-ci peut avoir par rapport au changement de brillance, de couleur, au cloquage, au craquelage, au décollement,...
Essais au brouillard salin neutre ISO 9227 ASTM B 117 Self agrément Renault-Nissan RNES-G-0001 (anciennement D17 1058)	Détermination de la résistance d'un revêtement exposé à un brouillard salin neutre.

NEW

ESSAIS DE VIEILLISSEMENT ACCÉLÉRÉ

Essais et normes de référence	Descriptif
<p>Essais sous conditions climatiques (selon spécifications ou sur mesure)</p>	<p>Détermination de la résistance d'un revêtement à des températures et taux d'humidités spécifiques ou sur mesure.</p> <p><i>(A étudier au cas par cas => nous consulter)</i></p>
<p>Essais en condition humide (sous condensation d'eau)</p> <p>ISO 6270-2</p>	<p>Détermination de la résistance à l'humidité d'un revêtement soumis à des atmosphères de condensation d'eau :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de façon constante ou alternée <i>(selon la norme ISO 6270-2 réalisée en partie => nous consulter)</i>
<p>Essais d'ensoleillement alterné ou combiné avec des conditions climatiques</p>	<p>Exposition à des rayonnements UV combinée à des conditions climatiques (ajustées en température et humidité) normées ou sur mesure.</p>

ESSAIS DE VIEILLISSEMENT ACCÉLÉRÉ

Essais et normes de référence	Descriptif
Essais sous conditions cycliques	
<p>NEW</p> <p>Self agrément Renault-Nissan RNES-G-0005 (ECC1, anciennement D17 2028)</p>	<p>Détermination de la résistance d'un revêtement soumis à des changements automatiques de phase : « brouillard salin / humidité / séchage ».</p> <p><i>Une de nos enceintes répond aux spécifications RENAULT pour les essais ECC1.</i></p> 
<p>ISO 11997-1</p>	<p>Détermination de la résistance d'un revêtement soumis à des cycles : « brouillard salin / sécheresse / humidité »</p> <p><i>Norme réalisée en partie (nous consulter)</i></p>

**Pour tout essai spécifique, veuillez nous consulter
afin d'en étudier la faisabilité.**

ESSAIS DE CORROSION ET DE PASSIVATION

Essai et norme de référence	Descriptif
Résistance de la couche de passivation des aciers inoxydables ASTM A 967 ASTM 1089	Vérification par l'un des tests suivants : <ul style="list-style-type: none">- Test d'immersion dans de l'eau- Test à haute température- Test au brouillard salin- Test au sulfate de cuivre

N'hésitez pas à nous consulter pour la mise en œuvre d'essais sur mesure selon votre protocole ou spécification.

VOLET V : EXPERTISE / ANALYSE DE DÉFAILLANCE



Objectif : Réaliser un examen approfondi d'une pièce afin de déterminer les causes des avaries (rupture, fissuration, corrosion,...)

Le CRITT-MDTS met à votre service tous ses moyens d'essais et d'analyses ainsi que son expertise dans le domaine des matériaux pour :

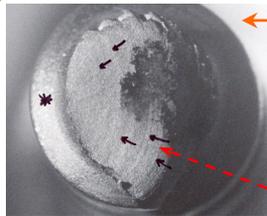
- Identifier la nature et l'origine du défaut
- Réfléchir aux causes de son apparition
- Vous aider dans votre recherche de solutions.

Examens sur pièces métalliques

- ⇒ Examen macrographique et imagerie MEB permettant de :
 - Définir le type d'avaries
 - Observer le faciès de rupture et la zone d'amorce de rupture
- ⇒ Examen sur coupes métallographiques pour :
 - Contrôler la structure du matériau (taille de grains, taux d'inclusions, dureté,...)
 - Rechercher d'éventuels défauts dans les zones critiques de la pièce
- ⇒ Vérification de la composition chimique
- ⇒ Possibilité de déterminer la nature des pollutions ou particules incrustées
- ⇒ Possibilité de réaliser des mesures tridimensionnelles pour comparer les éventuels défauts de forme avec le fichier IGES

**Expertise possible sur d'autres types de matériaux.
Merci de nous consulter**

Zoom sur l'expertise d'une vis métallique après casse :



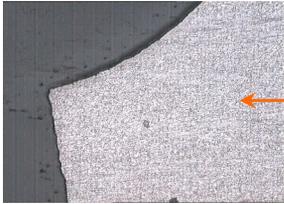
Repérage de la zone
d'amorce de rupture
(astérisque noir)

Examens macrographiques
à la loupe binoculaire

Les lignes de
propagation
(flèches noires)
montrent qu'il
s'agit d'une
rupture en fatigue



En surface de la pièce
rompue :
=> pas de traces de coup,...

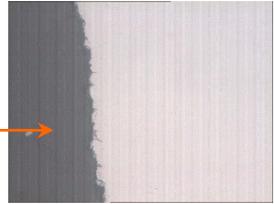


Microstructure conforme :
=> pas d'anomalie en surface
près de la zone d'amorce de
la rupture

Examens sur coupe
micrographique

G x 100

G x 500



Rupture en fatigue
(surcharge)
Pas d'anomalie de
la pièce

Présence de petites
fissures en surface :
=> la rupture s'est
propagée lentement


Zo

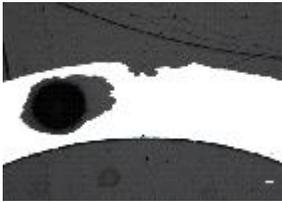
Com sur l'expertise d'une pièce en acier inoxydable corrodée :

Examen macrographique à la loupe binoculaire :



Observation d'une zone avec piqûre de corrosion en surface.

Examen sur coupe micrographique au microscope optique :

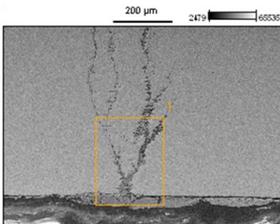


Observation de la zone avec piqûre de corrosion



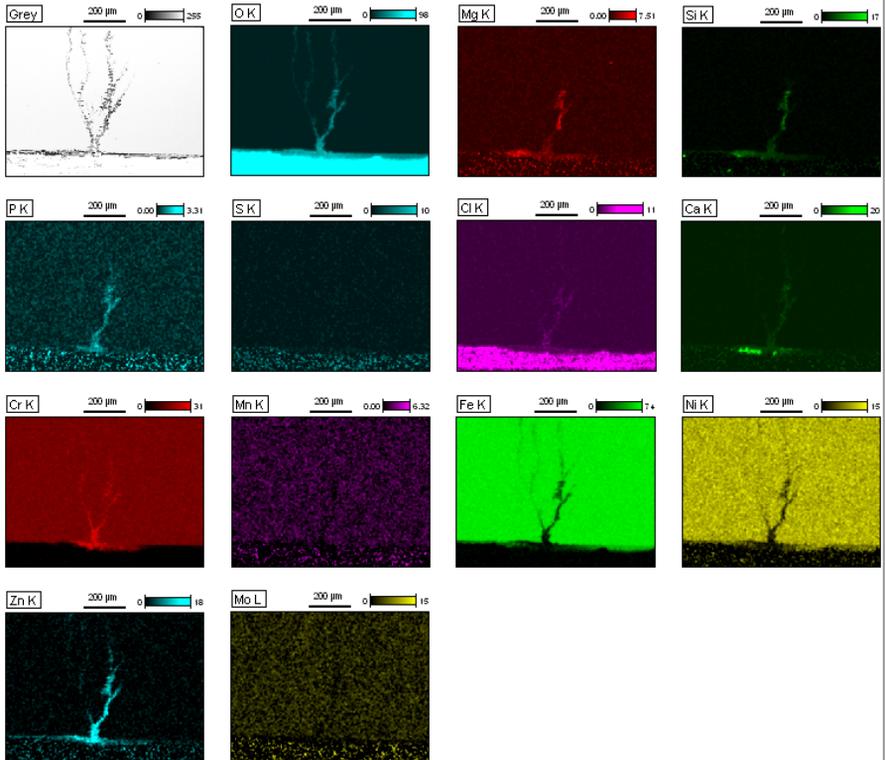
Autre zone observée après attaque chimique : présence d'une fissure

Analyse au MEB couplée à une sonde EDS :



Analyse de la fissure au MEB couplée à la sonde EDS afin d'identifier les éléments présents situés dans la zone 1 encadrée en jaune.
(cf. page suivante)

Les cartographies ci-après indiquent la répartition des différents éléments détectés sur la plage photographiée.



Ces cartographies fournissent les informations suivantes :

- Présence des éléments Fe, Cr, Ni, Mn, Mo et Si provenant de l'acier inoxydable.
- Présence des éléments O, Cr, Ca, Zn, Si, Cl, Mg et P dans la fissure et dans l'oxyde superficiel.
- Le soufre n'est pas présent dans la fissure.

VOLET VI : MISE AU POINT TRAITEMENTS INDUSTRIELS



Objectif : Le matériel industriel du CRITT-MDTS permet de passer d'une idée à son industrialisation. Dans le cadre d'un transfert de technologie, les études que nous réalisons à l'aide de ces équipements, intègrent la phase de prototypage jusqu'à la présérie.

TRAITEMENTS THERMIQUES

Prestation :

Mise au point et étude de la faisabilité de traitements thermiques spécifiques sur différents types de pièces (prototype, présérie industrielle,...) suivis ou non d'un traitement de surface.

Applications :

- ⇒ Amélioration de l'état de surface
- ⇒ Amélioration des caractéristiques mécaniques (*meilleure résistance à la fatigue, plus grande résilience, ...*)
- ⇒ Homogénéisation structurale
- ⇒ Détensionnement
- ⇒ Dégazage

Equipement de traitement thermique et de dégazage



Equipement :

- Four industriel de trempé sous gaz surpressé jusqu'à 1,5 bar (température maxi 1350°C – charge maxi 300 kg) équipé d'une pompe à diffusion pour un niveau de vide maxi de 5.10^{-5} à 1.10^{-6} mbar.

PROCEDE PIM (POWDER INJECTION MOLDING)

Présentation :

Le procédé PIM, regroupant le MIM et le CIM (*Metal or Ceramic Injection Molding*), est une combinaison de l'injection plastique et de la métallurgie des poudres permettant la réalisation de pièces métalliques ou céramiques.

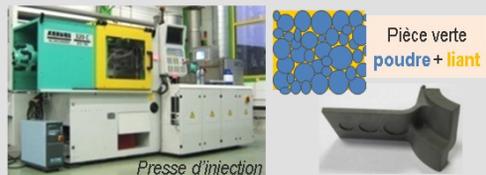
Principe et description de la technologie PIM :

Cette technologie consiste à injecter dans une presse un feedstock (= mélange de poudre métallique ou céramique avec un liant (= polymère)) pour obtenir une pièce de forme (= pièce verte). Cette pièce est ensuite déliantée puis frittée.

1. Elaboration du feedstock



2. Injection



5. Post-traitements éventuels

4. Frittage



3. Déliantage



Equipements :

- Presse à injection
- Procédé semi-industriel de déliantage catalytique, à l'eau et thermique (2nd déliantage)
- Procédé de laboratoire pour le déliantage au solvant (acétone ou éthanol)
- Four de frittage pour pièces métalliques, sous pression partielle avec une atmosphère neutre (N₂/Ar) ou réductrice (H₂)
- Four de frittage pour pièces céramiques, à pression atmosphérique sous air

PROCEDE PIM (POWDER INJECTION MOLDING)

Positionnement de la technologie PIM :

- ⇒ Procédé de fabrication adapté aux :
 - grandes séries
 - pièces de formes ou d'architectures complexes et innovantes
 - pièces de petites et moyennes tailles (variant généralement entre 1g et 100g)
- ⇒ Large choix de matériaux :
 - à base de poudre métallique (TA6V, CoCrMo, 316L, alliages innovants,...)
 - à base de poudre céramique (zircone, alumine,...)
 - composite (à base de mélange de plusieurs poudres)
 - bi-matériaux (par co-frittage)
- ⇒ Cette technologie permet de :
 - produire des pièces avec un excellent état de surface sans avoir recours (ou très peu) à une reprise d'usinage.
 - obtenir des pièces denses ($\approx 98\%$ de la valeur théorique) ou macroporeuses
 - souder des pièces MIM entre elles
 - co-fritter des pièces MIM afin de créer des pièces plus complexes combinant différentes fonctions (Ex : magnétique - amagnétique, poreuse - dense et/ou avec gradient de porosité,...)

Domaines d'application divers et variés tels que :

Aéronautique, Automobile,
Micromécanique,
Electronique,



Militaire - Armes à feu,
Serrurerie, Horlogerie,
Industrie du luxe, etc...

FREEFORMER — PROCÉDÉ D'IMPRESSIION 3D

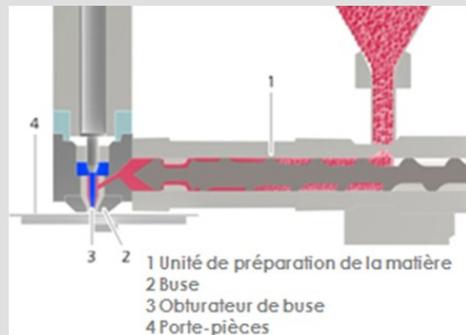
Présentation :

L'imprimante 3D Arburg FREEFORMER permet de fabriquer sans moule des prototypes ou des petites séries de pièces en polymère à partir de granulés standards d'injection plastique. Actuellement, cette technologie est capable de transformer de l'ABS, du polycarbonate, du polyamide, des élastomères (TPE), du PLLA ou du SAN. Nous pouvons, si les paramètres de transformation sont dans les plages de travail de la FREEFORMER, mettre au point la mise en œuvre d'autres types de polymères ou d'élastomères.



Principe :

La pièce est construite couche par couche à partir d'un fichier 3D en format STL. Deux matières différentes peuvent être utilisées pour une même pièce. La machine FREEFORMER possède deux buses comprenant chacune une vis de plastification de 15 mm. Celles-ci permettent de fondre les granulés thermoplastiques. A l'aide d'un actionneur piézoélectrique, d'infimes gouttelettes fondues sont déposée en goutte à goutte suivant les coordonnées transmises par le fichier 3D.



FREEFORMER — PROCÉDÉ D'IMPRESSION 3D

Applications :

⇒ La FREEFORMER est la seule machine de fabrication additive mettant en œuvre du polymère fondu sous pression. Ceci permet d'obtenir des pièces dont les caractéristiques mécaniques atteignent 80% de celles obtenues par injection plastique, très au dessus des autres techniques d'impression 3D.

⇒ Les deux buses permettent de conjuguer différents matériaux pour une même pièce avec une précision de la taille de la goutte. L'interface entre les deux matières n'est plus une surface, mais une interpénétration de gouttes entre elles, ce qui augmente les propriétés mécaniques au niveau de la zone de recollement.

⇒ En utilisant, comme deuxième matériau, un polyvinylpyrrolidone qui a la propriété de se dissoudre dans l'eau il est possible de ménager des creux ou des vides de forme complexe dans la pièce et de réaliser ainsi des formes impossibles à obtenir autrement.

⇒ Le CRITT-MDTS effectue des recherches destinées à obtenir, en utilisant du feedstock pour PIM, des pièces métalliques ou céramiques par ce procédé d'impression 3D.

Equipements :

- L'enceinte de travail permet de construire des pièces de 230 x 130 x 250 mm avec une précision de 0,15 mm
- 2 buses disponibles de 0,2 et 0,25 mm réalisant respectivement des couches minimales de 0,25 et 0,31 mm
- Température de la chambre de construction : 50°C - 120°C
- Température des vis de transformation : 350°C
- Pression de la matière : 500 - 1300 bar

PLASMA FROID ET PLASMA ATMOSPHERIQUE

Présentation :

Le CRITT MDTS dispose d'une plate forme polyvalente utilisant la technologie des plasmas froids pour différents secteurs des Traitements et Revêtements de Surface composée de : 1) différents systèmes de Plasma à Pression Atmosphérique, 2) une enceinte sous vide avec des générateurs Radio Fréquence et Micro Onde, assistés par Champ Magnétique et 3) des systèmes de dépôt indépendants et polyvalents avec contrôle des débits et des températures pendant la phase de dépôt CVD. Le suivi des plasmas s'effectue avec : spectrométrie de masse, spectroscopie optique d'émission et sonde électronique.

Applications :

- ⇒ Activation de surfaces de tous types de matériaux (métalliques, polymères, verres minéraux et céramiques). Exemple :
- Préparation de surface et nettoyage (exemple : avant collage ou mise en peinture)
 - Décontamination et Stérilisation des Dispositifs Médicaux
- ⇒ Dépôts PECVD par voie sèche avec différents solutions (aqueuses, précurseurs organométallique à base de Si, Al, Ti ou autre, solvant, hydrocarbures ...).

Caractérisations associées:

- *Microscope Electronique à Balayage (MEB) couplé à une sonde EDX (voir exemple pages 36 et 37)*
- *Diffraction des rayons X (DRX) voir page 10.*
- *Spectroscopie Optique à Décharge Luminescente GD-OES (voir page 13)*
- *Plateforme Nano indentation et nano scratch (voir pages 21 et 22)*

Equipements :

- Réacteur plasma froid avec différents générateurs : Micro-Ondes (MW), Radio Fréquence (RF) avec couplage d'un champ magnétique
- Torche Plasma Atmosphérique (AcXys) sur bras robotisé 6 axes.

PLASMA FROID ET PLASMA ATMOSPHERIQUE

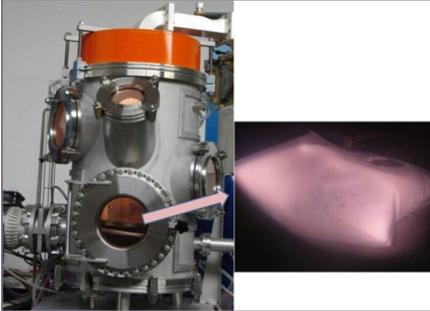


Figure 1 -Plateforme Plasma Froid
(à droite plasma généré uniquement dans un contenant)



Figure 2 Torche Plasma à Pression Atmosphérique
Acxys® sur Robot Six Axes

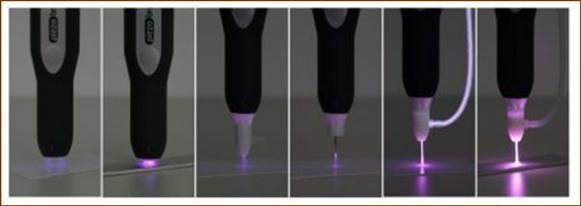


Figure 3 Torche Manuelle (Piezobrush® PZ2 de Relyon Plasma GmbH) avec différentes buses



Figure 4 Plasma-Gun : Génération d'un Plasma 'volumique' à la pression atmosphérique dans un tube 'T'

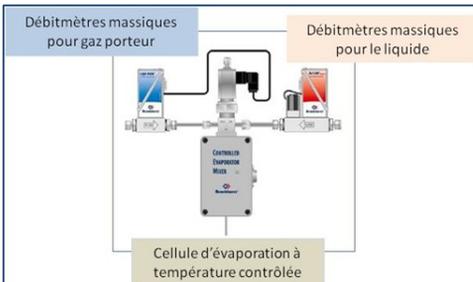


Figure 5 Systèmes de vaporisation de précurseurs pour dépôt CVD

CONTRÔLES NON DESTRUCTIFS

Type de contrôle	Objectif
Endoscopie	Contrôle et visualisation de l'intérieur de conduits ou cavités. <i>Ex : Mesure et contrôle à l'aide d'un endoscope portable du taux de recouvrement après opération de grenailage ou de sablage.</i>
Spectromètre portable à fluorescence X	Tri des métaux grâce à la détection de leur composition chimique par fluorescence X.

Zoom sur des exemples de contrôles non destructif sur pièces :



Spectromètre portable à fluorescence X



Endoscope

ACCOMPAGNEMENT AU TRANSFERT DE TECHNOLOGIE

Si l'essentiel de l'activité du CRITT-MDTS est constitué de prestations de service auprès des industriels, il est également engagé dans plusieurs programmes de recherche en collaboration avec d'autres acteurs de la recherche, académiques ou privés.

Ceci permet aux ingénieurs et techniciens du CRITT-MDTS de se ressourcer en permanence et d'avoir une double culture qui les met dans une position idéale pour comprendre les problématiques industrielles et leur apporter des solutions efficaces et innovantes.

Nous pouvons donc vous accompagner dans vos projets de la manière suivante :

- Aide à la définition et à la formulation de vos besoins
- Soutien et conseil technique avec le support, si nécessaire, d'une étude bibliographique poussée (*cf. outils en page suivante*).
- Mise en œuvre d'un plan d'action que nous aurons défini ensemble, pouvant aller de l'étude de faisabilité au transfert complet de technologie et de savoir faire.



Objectif : Grâce à ses outils et à la compétence de ses techniciens et ingénieurs, le CRITT-MDTS réalisera pour vous et sur les thématiques qui sont les vôtres des états de l'art de niveau professionnel, ciblés, à jour et exhaustifs.

VEILLE TECHNOLOGIQUE

Abonnements à des revues spécialisées

Abonnement à plusieurs revues scientifiques spécialisées dans les domaines de compétences du CRITT-MDTS.

Ces revues sont lues et dépouillées par les techniciens et ingénieurs du CRITT-MDTS qui maintiennent ainsi leurs compétences à jour et identifient les nouveaux développements susceptibles d'intéresser nos clients.

Base documentaire et données techniques spécialisées dans le domaine des matériaux

Accès aux « Techniques de l'ingénieur » ainsi qu'à la collection complète des « ASM Handbooks ». Ces encyclopédies sont riches de données techniques sur les procédés et les matériaux.

Accès aux serveurs de banques de données

Accès à des serveurs de banques de données, qui permettent d'interroger plusieurs centaines de banques de données spécialisées (bibliographiques, données techniques, annuaires,...).

Outil de recherche et d'analyse des brevets

Outil professionnel permettant d'interroger directement les banques de données brevets de l'Office Européen des Brevets (EPO) ainsi que de l'Office Américain des Brevets (USPTO), d'en extraire l'information pertinente par rapport à une thématique donnée, de l'analyser et d'organiser ensuite sa surveillance.

Ne limitez pas votre veille uniquement aux moteurs de recherche sur internet...

ACCOMPAGNEMENT DES DEMANDES SPÉCIFIQUES

A votre demande et en associant les compétences de notre équipe d'ingénieurs et de techniciens, le CRITT-MDTS peut vous offrir une aide sur mesure.

En effet, nous pouvons vous accompagner dans vos projets de développement grâce à un service personnalisé et en combinant éventuellement nos différentes activités en passant par :

- L'identification de vos besoins et/ou problématique(s)
- La recherche de solutions grâce à nos nombreuses bases de données et outils de veille (*cf. page précédente*)
- La réalisation de tous types d'analyses et d'essais sur mesure à l'aide du parc d'équipements dont le CRITT-MDTS dispose.

ACCOMPAGNEMENT À LA RECHERCHE DE FINANCEMENT

Aide au montage d'un dossier de financement

Dans le cadre de nos prestations, le CRITT-MDTS peut vous accompagner dans le montage de vos dossiers de financement.

Crédit Impôt Recherche (CIR) et Crédit Impôt Innovation (CII)

En tant que Centre de Ressources Technologiques (CRT), le CRITT-MDTS bénéficie de l'agrément au titre du Crédit Impôt Recherche et du Crédit Impôt Innovation.

Le CIR est une aide de réduction fiscale calculée en fonction des dépenses de Recherche & Développement de votre entreprise et destinée à encourager la recherche et l'innovation technologique.

Le CII est une aide accordée sous forme de crédit d'impôt des sommes engagées en faveur « du design, de conception de prototypes ou installations pilotes de nouveaux produits » et seules les PME au sens européen du terme peuvent en bénéficier.

Ainsi, cet agrément permet à nos clients développant des activités de R&D de déduire le coût de certaines prestations confiées au CRITT-MDTS sous réserve de leur éligibilité.

CRITT Matériaux - Dépôt et traitement de surface

9 rue Paul Chrétien
Campus Sup Ardenne - Bât D
F - 08000 CHARLEVILLE-MÉZIÈRES

tél. +33 (0)3 24 37 89 89

Site Nogent

Pôle Technologique de Haute-Champagne BAT A
26 rue Lavoisier

tél. +33 (0)3 25 31 62 09

