

## Laboratoire

### Essais mécaniques

- Machine à essais de traction (MTS exceed E43 MTS05300520) 50 KN (formats variables)
- Machine à essais de traction (Tinius Olsen Super L 398) 450 KN (formats variables)
- Test Charpy (Tinius Olsen Impact 104 MC480) 325 J (formats variables mais maximum standard)
- Essais mécaniques à chaud (Zwick/Roell Z100) jusqu'à 600°C, 100kN

### Duretés

- Brinell 3000 kgF, 1500 kgF, 500 kgF (Clark DTLC-3000)
- Rockwell C (Clark FV-100) HRA, HRB, HRC, HRE, HR15N
- Duramin-100 automatisé (Struers) Vickers, Rockwell
- Macro-Vickers
- Micro-Vickers (Clemex CMT.HD)

### Analyses chimiques

- Analyse chimique par spectromètre à émission optique sous vide (Thermo scientific ARL 3460) bases de Fe, Mg, Ni, Ti, Cu, Al, Zr (1po x 1po minimum)
- Spectromètre à émission optique sous vide (Spectro Ametek Spectromaxx 24004992) base d'aluminium (1po x 1po minimum)
- Analyseur d'oxygène, azote, hydrogène (leco ONH836 632-100-400) bases de Ti, Zr, Ni, Al, Fe, Cu (minimum 10g)

### Métallographies

- Tables de polissage manuelles et automatiques
- Enrobage à chaud (Allied Techpress 3x 5-1100 P3X-011A-G23 et Buehler Simplimet 2000 MO6100-03)
- Enrobage à froid
- CitoVacc pour vacuum pendant l'enrobage à froid
- Polissage de finition (VibroMet)
- Polisseur ionique pour préparation de surface lisse sans déformation mécanique pour analyses EBSD

### Microscopie

- Microscope électronique à balayage (Hitachi SU3500) Imagerie (BSE), Analyse chimique (EDS), Cartographie microstructurale cristallographique pour identification de phase (EBSD), Haute résolution bas voltage (7nm à 3kV), Pression variable (6 à 650 Pa) adaptée aux échantillons moins conducteurs, Diamètre d'échantillon de maximum 127 mm
- Microscope digital (Keyence VHX-7000)
- Microscopes optiques (Nikon LV150, Nikon ME600) avec logiciel d'analyse d'images Clemex
- Binoculaire

### Divers

- Tribomètre (Falex 010-001-001 1100929) pour essais d'usure (ASTM G65, G105, B611)
- Scanner calorimétrique DSC-TGA (TA Instruments SDT650 0650-0340) TA SDT-650 analyse simultanée DSC-TGA jusqu'à 1500°C
- Dilatomètre horizontal (Linseis L75 Platinum) allant jusqu'à 1600°C

## Essais non destructifs

### Inspection visuelle

- Boroscope iRis DVR 5 avec fibre 8 mm de diamètre articulation 4 directions, longueur 1,5m, photo et vidéo, lentille 0° avec ouverture de champ à 90° lentille à 90° avec ouverture de champ 60°
- Comparateur de surface modèle 16-008, 0,05 à 1,6 µm plat et 0,4 à 12,5 µm texturé
- Ensemble de jauge d'inspection (Jauges à soudure de type V-WAC, Bridge Cam, HI & Lo, de filet (à lame), de piqûre, etc.)
- Microscope
- Stéréoscope
- Métallographe

### Inspection par magnétoscopie

- Banc de magnétoscopie Magnaflux AD-945
- Banc de magnétoscopie Magnaflux MD3-1060 - 5000 AMP FWDC 1-Phase, 4000 AMP AC
- Banc de magnétoscopie multidirectionnel Magnaflux D2060 - 5000 AMP AC, 6000 AMP HWDC ou 6000AMP 1-Phase FWDC
- Équipement portative par pointes & câbles Magnaflux P-710 - 3-Phase FWDC 6000 AMP
- Culasse magnétique Parker Contour Probe DA-400 - 750 AMP AC & 750 AMP HW/DC
- Culasse magnétique : Parker, Contour F (AC/DC)
- Culasse magnétique : Magnaflux Y-7 (AC/DC)
- Culasse magnétique : Magnaflux Y-1 (AC/DC)

### Inspection par ressuage

- Ligne de ressuage fixe pour l'inspection fluorescente méthode A (lavable à l'eau)
- Ligne de ressuage fixe pour l'inspection fluorescente méthode D (émulsifiant hydrophile)
- Produit d'inspection portable pour l'inspection coloré (visible) à l'aide des méthodes A (lavable à l'eau) et C (extractible par solvant)

### Inspection par radiographie

- Tube Comet MXR 451/26 – tube de rayons X 450 kV servant à la radiographie d'alliages lourds comme l'acier (jusqu'à 3 po d'épaisseur)
- Tube Comet PSX Evo 200D – Tube de rayons X 200 kV servant à la radiographie d'alliages légers

- Tube Hamamatsu L14351-02 – Tube de rayons X micro-focus 180 kV atteignant une résolution de 15 microns
- Tube XRS-3 Golden Engineering – Tube de rayons X pulsés servant à la radiographie portative
- Source radioactive d’iridium 192 servant à la radiographie d’alliages lourds
- Détecteur à film argentique
- Détecteur matriciel (DDA) Carestream HPX-DR-3543
- Détecteur matriciel RazerXPro pour radiographie en chantier
- Scanner HPX-1 pour film CR (écran radio luminescent à mémoire)

### Inspection par ultrasons

- Olympus Epoch 650 pour UT (ultrasons standards monoélément)
- Sonatest Prisma 16:64 pour UT (ultrasons standards), TOFD (diffraction en temps de vol) et PAUT (ultrasons multiéléments)
- Olympus Omniscan MX2 16:64 pour UT (ultrasons standards) et PAUT (ultrasons multiéléments)
- M2M Gecko pour FMC-TFM (capture matricielle complète - focalisation en tous points), UT (ultrasons standards), PAUT (ultrasons multiéléments) et PCI (imagerie par cohérence de phases)

### Inspection par courants de Foucault

- Olympus Omniscan MX pour courants de Foucault et courants de Foucaults multiéléments
- Eddyfi Reddy pour courants de Foucault et courants de Foucaults multiéléments

### Autres

- Appareil portatif de fluorescence X (Evident Vanta)

## Fonderie et développement d’alliages

### Fours de fusion

- Four à induction - Capacité de fusion des métaux jusqu’à 1800°C (possibilité d’aller à 2200°C avec un montage spécial). Volume maximal de 5.5L dans le premier four et de 28L dans le second four. Système de protection à l’argon liquide pour les alliages réactifs. Type de creusets utilisés : Graphite, Carbure de Silicium, Argile-Graphite, Alumine, Magnésie, Zircane.
- Four à arc plasma (Retech system LLC) capacité de fusion à plus de 2800°C, arc plasma à l’argon ou hélium, chambre sous vide pour minimiser la contamination en oxygène et autres contaminants atmosphériques. Capacité de fusion dans un creuset ~4,7 litres, ou de billette 4” de 4 à 70 pouces (14,5L) ou billette de 10” de 4” à 70” (90L). (Utilisation typique : recyclage de copeaux de titane, production de billettes d’alliages sur mesure et alliages réfractaires (Ti, Mo, V, Zr, etc.)

- Four à résistance (Dynarad) Capacité de creuset de 300 lb et 500 lb d'aluminium soit 48 L à 80 L. Température maximale de 1100°C utilisé principalement pour la fusion de métaux non ferreux (alliages cuivreux, aluminium, zinc, magnésium, etc)
- Four sous vide à induction à creuset froid ISM-VIM (Consarc) Capacité de fusion jusqu'à 2200 °C, four sous vide poussé (10-8 Torr) pour la fusion d'alliages réactifs à l'air (titane, zirconium, vanadium, etc.). La capacité en volume du creuset est de 1 litre
- Four moulage sous pression pour moulage et rhéomoulage Buhler 26D. Capacité 260T. Utilisation typique : Aluminium
- Presse de moulage basse pression (Kurtz North America AL 7-5TC) 110 kg Al 90 kg Mg
- Presse de moulage haute pression (Buhler 26D) 260 T

### Traitements thermiques

- Four d'austénitisation (Pyradia) 55 x 55 x 55 cm, Température maximale 1300°C
- Four à revenu (Pyradia) 40 x 40 x 30 cm, Température maximale 650°C
- Four à induction sous protection par argon liquide (Inductotherm) 45 à 225 Kg d'acier, 200 KVA, pour alliages ferreux et non-ferreux
- Four sous vide (Vac Aero) Four à chargement horizontal 500 mm large x 800 mm profond x 450 mm haut, Température maximale 1250°C, Vide de 10-4 à 10-5 mbar, Chauffage avec éléments de Mo : aucun matériel pouvant contaminer les éléments n'est permis à l'intérieur, Refroidissement avec 0,85 bar ou 2 bars de pression d'argon
- Four de frittage (Yifan YF-1700) Four sous atmosphère inerte, Température maximale 1700°C, Zone de chauffe 300 x 300 x 400mm
- Four de frittage à bande en continu (Abbott) Courroie en acier inoxydable de 10 cm de large. Température maximale de 1250°C, atmosphère 100%N2 ou mélange N2/H2
- Four tubulaire - 5" de diamètre, atmosphère contrôlée, Température maximale 1200°C
- Four de cuisson (M-Flex ExOne) pour réticulation de la résine suite à l'impression par projection de liant, Température maximale 260°C, 168 x 122 x 183 cm
- Four Pacific Kiln à décirage et possibilité sous atmosphère d'azote. Chauffage par gaz naturel. Table de sortie pour pièces lourdes. Capacité 36" W X 48" D X 30" H Bruleur principal 600000BUT/h et afterburner 770000BTU/H. Température Max 1200°C

### Cire perdue

- Injecteur de cire pour moulage cire perdue (Shell-O-Matic)
- Décireur de moule en cire perdue (Pacific Kiln)
- Mélangeur d'enrobage pour cire perdue

### Presses

- Presse isostatique à chaud HIP (American Isostatic Press) Four vertical cylindrique 100 mm diamètre et 280 mm haut, Température maximale 1400°C, Vide maximal : 250 µmHg soit environ 0,27 mbar, Pression d'azote ou argon (compaction isostatique) allant jusqu'à 28000 psi (1930 bar), Chauffage avec éléments en molybdène, Refroidissement au four contrôlé par les éléments chauffants

### Moulage

- Mélangeur à sable (Palmer M100XLD), 50-100 lb/min
- Imprimante 3D de sable (ExOne S-Print) 800 x 500 x 400 mm, vitesse de 15 à 39 l/h, hauteur de couche de 0,26 à 0,38 mm
- Chauffe moules (Regloplas 301DG)

### Simulation de procédé

- Logiciels ProCast et SolidCast pour développement et conception des pièces de fonderie et simulation numérique du procédé de fonderie
- Simulation thermodynamique des réactions dans le métal liquide et la solidification des alliages
- Logiciel Abaqus pour simulation par éléments finis de procédés de mise en forme ou autres (Explicite ou Implicite).

### Divers

- Billetteuse (BLUE POWER CC3000) diamètre de 40 à 85 mm, Température maximale 1500°C, 30 kW
- Bain de trempe au sel 249°C à 927°C

## Mise en forme et assemblage

### Soudage

- Soudeuse par ultrasons (Fabrisonic SonicLayer 4000)
- Robot soudeur 6 axes (ABB-AB IRB 2600) avec positionneur IRBP 500 2 axes, maximum 350 kg et 48 po de diamètre
- Robot soudeur FANUC ARC Mate 100iB avec source Lincoln Power Wave 455M/STT
- Sources CMT, TIG et WAAM (Fronius Advanced 4000)
- Source GTAW Miller-Dynasty 700
- Banc de soudage SAW avec source ESAB LAF 1251 DC et ARISTO MIG AC/DC 1000 – 2200A
- Soudage par résistance (RSW) Techno Control Cybernetic jusqu'à 3/16 po d'acier

### Laminage

- Laminoir (Stanat) Acier et autres métaux, largeur de 200 mm maximum, À chaud et à froid, Épaisseur maximale de 60 mm et minimale de 0,25mm environ (selon le matériel), Diamètre des rouleaux de 150 mm.
- Laminoir (FENN) 5HP 100,000 Lbs force de séparation, Rouleaux 133 mm x 355 mm de large, Épaisseur maximale du matériel 2 mm. Pour non ferreux seulement.
- Gros laminoir (FENN) avec moteur de 600HP, 832 tonnes de force de séparation, Rouleaux diamètre 18,5 po x 60 po large, 200mm max hauteur de départ jusqu'à 1mm épaisseur finale. Non ferreux seulement. À chaud et à froid

- Four du gros laminoir - Maximum - 760° C - Normal – 600° C - Minimum - 275° C, Uniformité :  $\pm 5^\circ$  C ; à 600° C, 96kW chauffage 575V, Dimensions de la charge max : 500 mm large x 2000 mm long x 200 mm haut

### Divers

- Tréfileuse (FENN - 24" Bull Block M1943), Diamètre de fil de 12,7 mm à 1,2mm. Diamètre de bloc maximal : 600mm
- Presse hydraulique pour forgeage, emboutissage, estampage, etc. Cylindre central 11½ po, 105 tonnes, Course maximale de 24 po. Système d'alignement.

## Fabrication additive et poudres métalliques

### Imprimantes

- Imprimante hybride DED et CNC (Hybrid manufacturing technologies TM3P et HAAS Tafa 1264 1159886) Hauteur maximale : 16,5 po, Maximum 454 kg, 4 axes d'impression, Impression à l'air, Tête 1 mm EHLA, Tête 2 mm, Tête 0,3 mm, Alliages à base de Fe, Cu, Ni, Cr, Co, Laser 2 kW, Axe rotatif haute vitesse avec maximum de 8 po de diamètre, 5<sup>e</sup> axe d'impression jusqu'à 100 lb et 12,5 po de diamètre
- Imprimante LPBF (SLM Solutions M211420902087 – SLM125) Laser 400 W, Sous atmosphère contrôlée (argon ou azote), 125 mm X 125 mm X 125 mm, Alliages à base de Fe, Cu, Ni, Cr, Co, Al, Ti, ..., Température de plaque jusqu'à 200°C, Ra 450-700 µpo, Tolérance de 0,004 po
- Imprimante à dépôt de pâte métallique (Rapidia) 125 mm X 125 mm X 125 mm
- **En processus d'achat** – Imprimante LPBF (AMCM M 290-2 FLX) Deux lasers 1,2 kW, Sous atmosphère contrôlée, 250 x 250 x 325 mm, Alliages à base de Fe, Cu, Ni, Cr, Co, Al, Ti, ..., Température de plaque allant jusqu'à 500°C, Jusqu'à 7 m/s, 85 à 210 µm de diamètre de faisceau

### Logiciels

- NX
- Abaqus
- Magics
- ElementX
- Mayka
- Powermill
- Zeiss Inspect 3D

### Atomiseurs

- Atomiseur au gaz (Arcast) Argon ou Azote, EIGA avec possibilité de matériaux réactifs à l'état liquide (HEA, Ti, etc.), VIGA (Al, Cu, Fe, Ni) 25 kg d'acier ou 8 kg d'aluminium
- Atomiseur plasma au fil (Tekna Tek80) 3,2 mm, Tous matériaux tréfilables, Lots de grandes quantités (Ex. 100 kg)

- Sphéroïdiseur (Tekna plasma systems inc Tek80 kW SY199) PSD minimale de 10 microns, Poudre doit s'écouler au débitmètre de Hall
- Atomiseur par ultrasons torche plasma (AMAZEMET rePOWDER R2024149) Alimentation par fil ou barre, 40 kHz, Petits lots pour développement

### Manipulation de poudre

- Débitmètre de Hall et Carney pour caractériser l'écoulement et la densité apparente
- Tamiseur (VIBROWEST MR 16 S / 4.4./ C 9376)
- Classificateur à l'air (Inducterm AC 1000 M20167)
- Classificateur à l'argon (Romanoff M20252)

### Broyage

- Ball Mill planétaire (FRITISCH 5920 PL 05W-B40)
- Ball Mill (ZOX GmbH CM01 4340N 10,01)
- Broyeur à tambour à billes
- Broyeur haute énergie (Spex 8000M)

### Autres

- Scanner 3D (GOM Scan 1) Résolution de 37 microns, Zone de mesure de 100 X 65 X 65 mm

## Projection thermique

- Plasma (Tafa SG-100) Torche de 80 kW, Plasma Ar-H<sub>2</sub>/He, Extension 2 pieds pour diamètres internes, Enveloppe gazeuse de protection contre l'oxydation, Métaux réfractaires (Tungstène, etc.), céramiques (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, YSZ, etc.), 2 trémies d'alimentation de poudre (céramique et métallique)
- HVOF (Tafa JP5220) Torche au kérozène, Matériaux : WC-Ni, WC-Co, métaux base Ni, Co, Fe, Cu, Cermets, ..., Revêtement denses, Épaisseur de revêtement 20-300 microns, Trémie d'alimentation de poudre métallique
- HVOF (Spraywerx ID-Nova MK-7 et Mini-Nova) Torches à l'hydrogène, Gaz auxiliaires : Azote ou Argon, Déposition en diamètre interne possible, Trémie d'alimentation de poudre métallique
- Caméra thermique Tecnar Accuraspray 4.0, Mesure de la vitesse et de la température des particules en vol
- Robot (ABB) 6 axes
- Table de rotation bidirectionnelle allant jusqu'à 250 RPM, inclinaison de 0-180°, maximum 250 lb
- Axe rotatif bidirectionnel pouvant aller jusqu'à 1250 RPM

## Énergies propres et matériaux durables

- Brouillard salin (Singleton, S120IS) pour ASTM B117 et ISO 9227, de taille 189 x 106 cm
- Chambres environnementales (Ascott CCip1300) pour ASTM G85 et ISO 6988, de taille 120 x 95 cm
- Bain d’immersion chauffé à 80 °C, de taille 120 x 95 cm
- Potentiostat (Princeton Applied Research VersaSTAT 4) mesures de polarisation (linéaire, potentiodynamique, galvanodynamique, cyclique, etc.), mesures de courant galvanique (ZRA), spectroscopie d’impédance électrochimique (EIS) et mesure de bruit électrochimique (ECN et EPN)
- Système d’essai d’immersion alternée pour la corrosion sous contrainte, de taille 71 x 46 x 25 cm
- Station d’essai P–C–T pour le test d’hydrogénation (stockage d’hydrogène)
- Montage d’essai de traction pour la corrosion sous contrainte et chargement cathodique, pour NACE TM0198, de capacité de 6 000 lbs, plage de vitesse d’allongement de  $10^{-7}$  mm/s à 3,5 mm/s
- **En processus d’achat** - Microscope électrochimique, plage de balayage 110 x 110 x 110 mm, pas minimal (x,y,z) de 20 nm, modulable avec SKP-LEIS
- **En processus d’achat** - Appareil d’essai d’absorption/désorption de l’hydrogène 30-450 °C, 0.01-20 MPa.
- **En processus d’achat** - Diffractomètre à rayons X (DRX), équipé d’un générateur de rayons X de 600 W, avec une tension maximale de 40 kV et un courant maximal de 15 mA
- **En processus d’achat** - Système d’essai pour batteries redox flow (RFB), modèle 857, haute intensité (100 A, 5 V) avec module FRA (analyse de réponse en fréquence)
- **En processus d’achat** - Banc d’essai pour piles à combustible et électrolyseurs (PEM/AEM), modèle 620 Water ETS
- **En processus d’achat** - Système d’électrodéposition, capacité 30 A – 12 V, ondulation  $\leq 1$  %, avec contrôle en courant constant ou tension constante, et affichage numérique de la tension et du courant
- **En processus d’achat** - Spectromètre d’émission atomique à plasma micro-ondes (MP-AES), modèle Agilent 4210 MP-AES