

IRT-M2P : un nouveau type d'institut de recherche pour investir dans le futur

Par François Mudry, président de l'IRT-M2P | 1 décembre 2014 | Traitement et matériaux n° 0431

L'Institut de Recherche Technologique Matériaux Métallurgie Procédés (IRT-M2P) est un nouveau type d'institut de recherche créé par le gouvernement français en 2011, dans le cadre du plan d'investissement d'avenir (PIA). Il a pour mission de faire des projets de TRL (Technical Readiness Level) de 4 à 7. Son objectif principal est de mettre au point et de réaliser des équipements semi-industriels de taille dite « intermédiaire » en utilisant les fonds publics du PIA pour environ 50 % du coût total du projet. L'institut a démarré le 17 juin 2013. Les premiers investissements sont faits et les premiers résultats sont encourageants.

Les « Instituts de Recherche Technologique » (IRT) sont un nouveau type d'institutions de recherche lancées par le gouvernement français en 2011 dans le cadre d'un objectif plus général des investissements d'avenir. L'idée générale était de lancer un certain nombre de nouveaux instituts de recherche technologique (IRT) en France pour remédier à la faiblesse relative du pays dans ce domaine. Les IRT se sont organisés autour de thèmes interdisciplinaires, associant des compétences académiques et industrielles sur la base d'un système de co-investissement public-privé. L'objectif global était de renforcer les relations entre les différents acteurs d'un territoire donné sur un domaine technologique pluridisciplinaire spécifique. Leur objectif premier était de faire de la recherche industrielle à travers des projets collaboratifs, dont une étape nécessaire est la création de plateformes technologiques autour de projets de recherche industrielle, notamment en visant la clarification des changements d'échelles avant industrialisation.

Aujourd'hui, huit de ces instituts ont été sélectionnés par un comité international en mai 2011 et développent leurs activités :

- Jules Verne à Nantes sur les technologies de fabrication (www.irt-jules-verne.fr) ;
- Nanoelec à Grenoble en nano-électronique (de facto, à l'intérieur du CEA) ;
- B-Com à Rennes sur les technologies de logiciels de traitement et de réseaux d'image (www.b-com.com) ;
- Railenium à Valenciennes sur les technologies ferroviaires et de trains (www.railenium.eu) ;
- Bioaster à Lyon sur la nouvelle génération de médecines (www.bioaster.org) ;
- Saint Exupéry à Toulouse sur les technologies aéronautiques (www.irt-saintexupery.com) ;
- SystemX près de Paris sur les technologies de logiciels au sens large (www.irt-systemx.fr) ;
- M2P à Metz sur les matériaux. (www.irt-m2p.eu).

Cet article est consacré à l'IRT M2P dont le démarrage effectif date du 17 juin 2013, compte-tenu du temps de montage du dossier administratif. Très lié à cet IRT, un autre institut a été annoncé par le président français en septembre 2013 et a été baptisé « Metafensch ». Axée sur l'économie circulaire des métaux, sa feuille de route technique est étroitement liée à certaines activités de l'IRT M2P. C'est pourquoi les deux institutions seront présentées ensemble.

Gouvernance

Le statut juridique de l'IRT-M2P est assez spécifique : il s'agit d'une « Fondation de coopération scientifique » (FCS) avec comme institutions fondatrices : six industriels et cinq académiques. Pour l'industrie, les institutions fondatrices représentent :

- Pour le côté application des matériaux : l'industrie aéronautique, l'industrie automobile et l'industrie de production d'énergie ;
- Pour la production des matériaux : la production de métaux et la production de polymères ;
- Un représentant des PME.

Pour les académiques : l'Université de Lorraine, le CNRS, l'Université Technique de Troyes, les Arts et Métiers ParisTech, l'Universités de Bourgogne et Franche-Comté.

Cette gouvernance permet des discussions riches avec de multiples compétences pour la définition de la feuille de route technique et des différents projets.

En outre, les statuts prévoient un conseil de stratégie scientifique et d'innovation, chargé d'évaluer sa feuille de route et la qualité de l'exécution de ses projets. Enfin, il y a également un conseil d'orientation partenarial regroupant l'ensemble de tous les partenaires et chargé de faire des recommandations au Conseil d'administration de l'IRT sur le fonctionnement de l'institut sur les plans administratifs et techniques.

Metafensch est un «groupement d'intérêts publics (GIP)», une entité juridique regroupant les institutions publiques suivantes : l'Université de Lorraine, le CNRS, l'ENSAM, le CEA et l'IRT M2P, ainsi que des représentants de l'État.

Dans les deux cas, il existe des règles pour lancer des projets et bénéficier de l'argent public. Ces règles concernent la possibilité de sous-traitance de certaines activités à des partenaires dans le projet ou à des fournisseurs externes. Il traite également des questions de propriétés intellectuelles afin de s'assurer que le financement est compatible avec les règles de la Communauté européenne. En France, les commandes des entreprises industrielles à l'IRT sont admissibles, à taux double, au système de crédit d'impôt recherche (CIR).

Feuille de route

L'IRT M2P se concentre sur des domaines techniques situés à mi-course de la maturité technologique, la fameuse échelle TRL (Technology Readiness Level) très utilisée maintenant dans le secteur aéronautique. Sur cette échelle, l'IRT est en aval des universités (recherche technologique de base) et en amont des industries (développement, opérations d'industrialisation sur ligne et démarchage clients), avec des niveaux de TRL allant de 4 à 7. Plus précisément, afin d'étendre les résultats à des conditions industrielles, les équipements disponibles à l'IRT sont de tailles plus grandes que ceux disponibles dans les laboratoires et plus petits que les équipements réels dans l'industrie. Cette taille est généralement nécessaire pour l'évaluation d'un nouveau procédé ou d'un nouveau produit avant de lancer de coûteux essais sur une ligne industrielle. Sur ces équipements de taille intermédiaire, l'instrumentation détaillée et la validation par de la simulation numérique est possible, permettant une extrapolation plus sûre vers la taille finale.

La définition de ces équipements est un choix important pour M2P. Il faut que différentes sociétés puissent les utiliser conjointement sans être trop sensibles pour chacun des partenaires d'un point de vue de ses connaissances et de sa propriété industrielle. Ils doivent donc être «moyennement stratégiques» pour chacun des partenaires potentiels. Cela nécessite également une longue discussion entre l'institut et les partenaires afin d'être suffisamment souple pour répondre aux besoins des différentes applications. Chaque partenaire a besoin d'une plateforme qui est pleinement représentative de son propre process, en particulier concernant la taille de l'équipement. Ce point est généralement incompatible avec les demandes des autres partenaires ou avec le budget abordable. Il est assez commun que la définition de la taille requise soit un sujet de discussion intense. L'IRT part du principe qu'un équipement de taille raisonnable est la condition d'une utilisation plus efficace tout en restant de taille représentative afin que la simulation numérique puisse permettre l'extrapolation de manière satisfaisante.

Matériaux, métallurgie et procédés

M2P signifie Matériaux, Métallurgie et Procédés.

- **Matériaux** car nous croyons qu'une approche multimatériau apportera de nouvelles solutions innovantes aux défis rencontrés par notre société (solutions de faible poids, conditions d'utilisation extrêmes, augmentation de la température dans les réacteurs pour atteindre des rendements plus élevés, amélioration de la fatigue et résistance à l'usure, amélioration des conditions de frottement...).

- **Métallurgie** : l'amélioration des matériaux métalliques passe par une microstructure contrôlée (à cœur et en surface) tout au long de leur production et utilisation. Ces microstructures peuvent être maîtrisées en contrôlant précisément les conditions rencontrées au cours de chaque traitement pour atteindre les propriétés, notamment mécaniques du produit final. C'est une des bases scientifiques de l'IRT M2P.

- **Procédés** : l'ensemble des procédés de production, des matières premières au produit final, définit l'organisation pratique de notre IRT : transformation des matières premières, fusion et fonderie, formage et forgeage, usinage, assemblage, traitements de surface, comme détaillé ultérieurement, tous procédés économes en énergie et matières premières et à impact environnemental minimisé. Ceci constitue l'épine dorsale opérationnelle des équipements de l'IRT M2P.

Description technique

Les deux instituts IRT M2P et Metafensch sont très jeunes. C'est pourquoi certains des éléments décrits sont déjà en place et d'autres sont encore dans la phase préliminaire de discussions avec les partenaires. Plus précisément, notre feuille de route technique est construite autour de quatre axes.

Les matières premières, le métal liquide et le traitement thermique

Cette partie est partagée et coordonnée avec Metafensch, sur les principaux sujets suivants :

- **Le tri des matières recyclées** (métaux et polymères) pour une première amélioration chimique, en utilisant différentes techniques de tri mécaniques et physiques et de mesure appropriées. Les procédés d'hydrométallurgie simples peuvent également être imaginés pour une dernière séparation des éléments métalliques.



- **L'analyse du cycle de vie** avec un focus particulier sur la phase de production (avec des approches de génie chimique) et la phase de recyclage, en essayant de recueillir des informations quantitatives pour l'alimentation des bases de données disponibles avec des données validées.

- **L'amélioration chimique du métal liquide** (acier, alliages à base de nickel, de titane...), pour une plus grande pureté et propreté du métal, nécessite l'obtention de données thermodynamiques pour le laitier liquide en équilibre avec le métal, une bonne maîtrise de la température et des ajouts de « ferrailles »

- **Fonderie** : coulée de métallurgies difficiles utilisant des technologies différentes (sable, coulée sous pression, la centrifugation...), en étroite coopération avec CTIF

- **Production de poudres métalliques** de différentes métallurgies. Ces poudres seront à destination de différentes applications (MIM, impression 3D, poudres conventionnelles, métallurgie et frittage, frittage haute pression...)

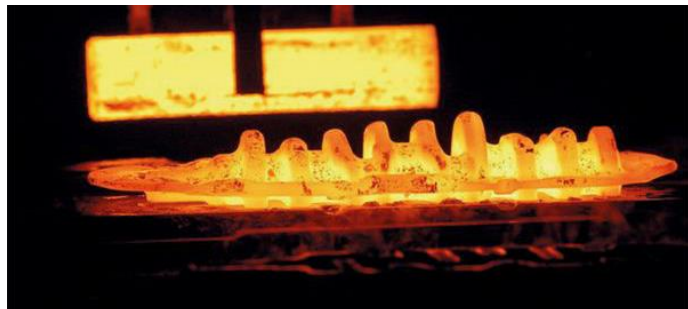
- **Caractérisation des dispositifs de trempe** en ligne pour le refroidissement par eau ou par air des métaux à des températures élevées. Des équipements de chauffage par induction pourraient également être envisagés.



Mise en forme des matériaux

Des projets et les équipements associés pour la mise en forme des métaux et des composites sont déjà lancés. En étroite collaboration avec les Arts et Métiers ParisTech (site de Metz) et le Cetim, nous travaillons sur des technologies de forge et estampage. En particulier, nous développons des méthodes pour forger des mélanges solide-liquide : le procédé de thyxoforgeage. En utilisant les procédés de production décrits précédemment, nous serons en mesure de forger différentes métallurgies et enchaîner les différents processus (forgeage des produits de fonderie, forge et métallurgie des poudres...).

Concernant les composites, nous coopérons avec un institut technique spécialisé sur la transformation des composites: le « Pôle Plasturgie de l'Est (PPE) ». Nous visons à produire des pièces pour l'industrie automobile avec de longues fibres dans une matrice thermoplastique à une vitesse suffisante pour atteindre les objectifs de production « rapide » de cette industrie.



Traitement de surface

D'un point de vue budgétaire, cette activité est la plus importante dans IRT M2P. Les traitements de surface sont développés selon trois directions principales :

- Les traitements de renforcement mécaniques superficiels par chocs sur la surface à durcir pour développer des contraintes résiduelles, telles que le grenailage ou, peut-être, les chocs laser. Un équipement de grenailage est déjà opérationnel et permet de traiter des formes complexes avec une intensité suffisante pour construire des contraintes de compression résiduelles élevées sans endommager la surface avec pour objectif d'augmenter la résistance à la fatigue de pièces.
- Les traitements thermochimiques superficiels en utilisant la carburation, nitruration... Un certain nombre d'équipements importants sont disponibles avec différentes technologies (traitement gazeux, basse pression, ionique...). Certains d'entre eux sont déjà disponibles, d'autres ont été commandés et seront livrés bientôt.
- Les traitements par voies liquides y compris les traitements électrochimiques à l'échelle semi-industrielle, les équipements auxiliaires tels que les unités de puissance, électrodes... Cette recherche est menée en étroite collaboration avec un centre technique situé près de Strasbourg: le «GIE Harmony». Tous les matériels ont été commandés et certains d'entre eux sont déjà opérationnels. La plupart des projets sont consacrés au remplacement des bains ou des revêtements qui ne sont plus conformes à la directive Reach de la Communauté européenne. Cela comprend l'acide chromique, bains fluorhydriques...



Ligne de traitement de surface par voie aqueuse de l'IRT M2P installée au GIE Harmony



Four de carbonituration basse pression de l'IRT-M2P

Un autre sujet lié aux propriétés et traitement de surface est la corrosion. C'est un sujet très vaste. L'IRT se concentrera sur les tests en milieu gazeux ou liquide complexes à des températures élevées. La mise en oeuvre des plateformes d'essai permettra le changement flexible de l'environnement et la mise en place de mesures *in-situ* sur les éprouvettes.

Assemblage de matériaux

L'assemblage de matériaux variés est une tendance générale dans l'industrie pour tirer le meilleur profit de chacun d'eux : afin de concevoir chaque pièce aussi proche que possible de ses limites, différents matériaux dans différentes conditions doivent être utilisés. L'assemblage de différents matériaux devient donc souvent le point critique dans la phase de conception et de production des produits.

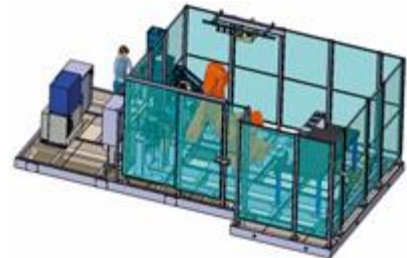
Grâce à une collaboration étroite avec l'Institut de Soudure à Yutz, nous avons accès à des équipements de soudage ou de brasage up-to-date (laser, friction malaxage, MIG, MAG, Spot...). L'IRT M2P a donc choisi d'investir dans des équipements complémentaires avec un robot spécifique permettant les assemblages mécaniques utilisant rivetage, vissage, clinchage... Le robot est maintenant disponible à Metz et les premiers essais sont en cours. L'objectif est de pouvoir évaluer les propriétés finales d'un joint en utilisant une grande variété de technologies. Le collage sera également une option comme complément à l'assemblage mécanique. D'autres instituts étant plus spécialisés sur ces technologies d'assemblages « chimiques », l'IRT ne sera qu'utilisateur de solutions existantes ou développées avec ces structures spécialisées.

État d'avancement du projet

La convention avec l'État français a été signée fin juin 2013. Depuis lors, l'institut a travaillé avec plus de cinquante entreprises industrielles différentes, grands groupes et PME confondus, et vingt partenaires académiques, définissant douze projets qui sont déjà lancés tandis que quatre autres sont encore en cours de définition. La participation de l'industrie sur trois ans s'élève à 20 M€. L'État français doublant cet apport, le budget disponible pour les trois prochaines années est de 40 M€ pour l'IRT. 9 M€ d'équipements ont été engagés dont 4,5 M€ sont déjà mis en oeuvre. Onze doctorats ont été lancés : les doctorants sont payés par l'IRT. Outre ces étudiants, quinze personnes et bientôt vingt travaillent à coordonner les projets, faire fonctionner les équipements et gérer l'ensemble du processus. L'institut est sur la bonne voie par rapport aux objectifs préalablement convenus avec l'administration française.

Après avoir mis en place les premiers équipements et formé le personnel, des premiers résultats émergent déjà :

- Les essais de démantèlement des différents types d'automobiles, permettant d'obtenir des informations sur le contenu de chaque matériau et leur pureté chimique après démontage, broyage et triage. Ces résultats permettent déjà l'ajout de données dans les logiciels d'évaluation du cycle de vie.
- Les premières éprouvettes avec des formes tridimensionnelles complexes et différents alliages pour le forgeage en conditions de liquide-solide ont été produites.
- Définition et investissement d'une ligne permettant la production à un rythme significatif d'éprouvettes semi-industrielles en composites thermoplastiques.
- Grenailage d'éprouvettes classiques de différents matériaux et comparaison avec les données de la littérature.
- Carbonituration d'éprouvettes de formes tridimensionnelles avec des métallurgies différentes. Première comparaison avec les données de la littérature.
- Définition des bains pouvant être utilisés pour le dépôt de couches de chrome dures sans utiliser de chrome 6.
- Définition et mise en oeuvre d'un robot capable d'utiliser différents outils pour l'assemblage mécanique des métaux différents.



Plateforme d'assemblage mécanique de l'IRT M2P livrée fin novembre 2014

Conclusions et perspectives

L'IRT M2P a démarré ses activités fin juin 2013. Son principal objectif est le partage d'équipements semi-industriels de taille intermédiaire avec une possibilité attractive de levier financier grâce au financement public. Le lancement d'un nouveau projet devient plus facile avec environ trois mois pour le traitement administratif après accord entre les partenaires sur les différentes tâches: qui fait quoi et qui paie quoi ? À condition que le projet soit dans le périmètre technique défini ci-dessus et conforme aux règles de l'administration, il n'y a généralement pas de difficulté à obtenir son financement.

Ce nouvel outil est particulièrement intéressant pour l'industrie sur des sujets qui nécessitent ce type de matériel et qui ne sont pas le coeur de l'entreprise. Dans ce cas, le partage de matériel pilote est un bon moyen de garder une bonne connaissance dans le domaine pour un coût modéré. L'IRT est prêt à étendre ses unités pilotes à condition qu'il puisse être raisonnablement admis que cet investissement va certainement être utilisé par d'autres partenaires à l'avenir.