

## Les Recherches dans le domaine de la plasturgie à MINES ParisTech

**J.F.Agassant, Professeur, Responsable du département « Mécanique et Matériaux »**  
([jean-francois.agassant@mines-paristech.fr](mailto:jean-francois.agassant@mines-paristech.fr))

L'Ecole des Mines de Paris s'est associée, dès 1991, à de Grandes Ecoles d'Ingénieurs de la région parisienne qui composent aujourd'hui le PRES (Pôle de Recherche et d'Enseignement Supérieur) ParisTech (l'Ecole Polytechnique, l'Ecole des Ponts ParisTech, l'ENSTA ParisTech, les Arts et Métiers ParisTech, Agro ParisTech, l'Institut d'Optique Graduate School, l'Ecole de Chimie de Paris, l'Ecole Supérieure de Physique et de Chimie Industrielle ParisTech, ENSAE ParisTech, Telecom ParisTech). HEC a rejoint cet ensemble il y a deux ans. L'ambition de ParisTech est de constituer une grande université de technologie d'une taille comparable aux grandes universités de technologie européennes et nord-américaines.

MINES ParisTech (le nouveau nom de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, depuis juin 2008) dépend du ministère de l'industrie et, à ce titre, elle a la vocation, à côté de ses tâches d'enseignement et de recherche, de nouer des partenariats forts avec le monde industriel.

Mines ParisTech recrute ses élèves ingénieurs en première année essentiellement sur les concours des classes préparatoires aux Grandes Ecoles (Mathématiques Spéciales). Des admissions par voie universitaire, essentiellement d'étudiants étrangers, interviennent en deuxième année. Des élèves de l'Ecole Polytechnique viennent compléter les promotions en troisième année. Les promotions d'élèves Ingénieurs de MINES ParisTech sont d'une centaine d'élèves en première année et elles peuvent atteindre 160 élèves en troisième année. Après une année de « tronc commun », les élèves choisissent une option qui servira de « colonne vertébrale » à leur formation d'ingénieur généraliste au cours des deux années suivantes. L'option n'est donc pas une spécialisation à proprement parler mais un « terrain d'expérience » dans lequel ils pourront conjuguer les connaissances acquises avant et pendant l'Ecole dans un domaine concret.

Outre le taux d'encadrement (285 enseignants-chercheurs), la petite taille de ses promotions qui permet de réaliser un véritable tutorat, les débouchés multiples qu'offrent ses formations généralistes, la grande originalité de MINES ParisTech est l'ampleur de son troisième cycle qui rassemble 3 types de formations :

- Les ingénieurs des corps techniques de l'Etat, appelés communément « corpsards » (20 par an pendant 3 ans) ;
- Les mastères spécialisés, formations d'un an, habilitées par la Conférence des Grandes Ecoles, accessibles à des ingénieurs ou des Masters (ou des diplômes équivalents étrangers) (280 élèves) ;
- Les Doctorants, inscrits dans 23 « spécialités doctorales », et gérés par un « Collège des Etudes Doctorales » (440 élèves).

Le troisième cycle regroupe donc un nombre d'étudiants significativement plus important que le deuxième cycle. Cette originalité de l'Ecole implique un recrutement très éclectique au niveau du troisième cycle (40% d'étrangers) et c'est une des singularités de l'Ecole. La majeure partie de ces étudiants travaille sur des sujets de recherche en relation avec l'industrie ou le monde socio-économique. Les contrats de recherche qui accompagnent ces sujets de recherche sont gérés par l'association de recherche sous contrats ARMINES.

Les activités d'enseignement et de recherche de MINES ParisTech sont structurées au sein de 5 départements d'enseignement et de recherche qui encadrent les activités d'enseignement dans leurs domaines respectifs et regroupent chacun un nombre variable de Centres de Recherche. Ceux ci disposent d'une grande autonomie dans la conduite de leur politique scientifique.

... / ...

**Le département « Mécanique et Matériaux »** est en charge du suivi :

- de l'option « Sciences et Génie des Matériaux » du cycle de formation des ingénieurs civils et des enseignements qui lui sont attachés (en particulier un cours « Polymer Processing » organisé chaque année dans le cadre des échanges européens « Athens ») ;
- des mastères spécialisés MaPMod (Sophia-Antipolis) et COMADIS (Evry) qui comportent l'un et l'autre une fraction importante de cours et de travaux pratiques dans le domaine des polymères, de la plasturgie et des composites. De nombreux projets sont menés en collaboration avec ces secteurs industriels ;
- des formations doctorales Sciences et Génie des Matériaux, Mécanique numérique et Mécanique.

Le département « Mécanique et Matériaux » associe deux des centres de recherche parmi les plus importants de l'Ecole :

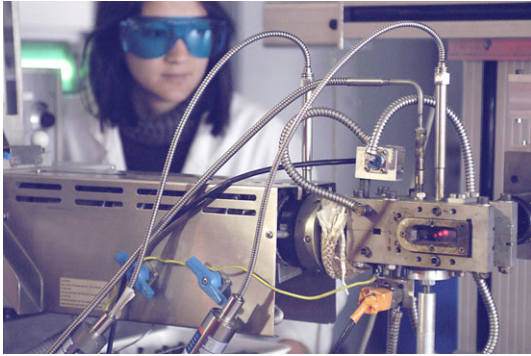
- **Le Centre des Matériaux (CDM)**, situé à Evry en région parisienne, regroupe près de 180 personnes, dont 33 enseignants-chercheurs ; Ses travaux visent la compréhension des phénomènes et des processus permettant d'expliquer et de prévoir le comportement des matériaux en fonction des sollicitations mécaniques, thermiques et de l'environnement.
- **Le Centre de Mise en Forme des Matériaux (CEMEF)**, situé à Sophia-Antipolis sur la Côte d'Azur, regroupe 140 personnes, dont 31 enseignants-chercheurs ; Ses domaines d'expertise couvrent les procédés et les opérations de transformation des matériaux, leurs évolutions structurales lors de ces opérations, l'impact sur leurs propriétés d'usage ainsi que les problèmes d'interface entre le matériau et les outils.

Ces deux laboratoires sont associés au CNRS et ont été reconnus comme des laboratoires de très haut niveau par l'AERES (Agence d'Evaluation de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur).

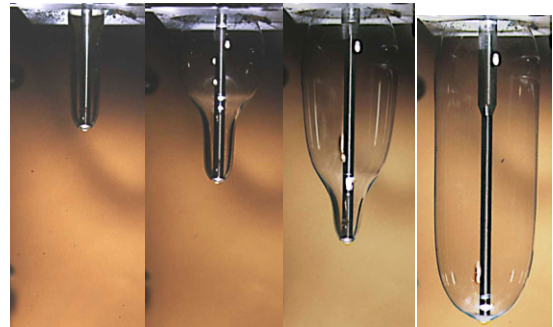
Les activités de recherche en relation avec l'industrie de la Plasturgie et des composites sont distribuées harmonieusement entre ces deux centres de recherche :

- Au **CDM**, l'équipe **Matériaux et Mécanique** combine intimement la caractérisation expérimentale des mécanismes physiques gouvernant le comportement des matériaux ( en particulier les polymères thermoplastiques et les élastomères) et leur interprétation à l'aide de modèles analytiques et numériques ; l'équipe **Composites et Assemblages Multi-matériaux** couvre l'ensemble des domaines expérimentaux et théoriques nécessaires à la connaissance et à la compréhension des mécanismes au sein des matériaux composites, à la fois à l'échelle de la microstructure et à celle de la structure.
- Au **CEMEF**, toutes les activités en rapport avec la plasturgie sont regroupées dans le **Pôle Polymères et Composites**, qui compte 9 enseignants-chercheurs et plus d'une vingtaine de doctorants. . Les études concernent aussi bien les polymères thermoplastiques que les biopolymères, les élastomères et les composites (fibres de verre courtes ou continues, fibres végétales, nanocomposites...). Elles s'intéressent à la fois à la phase d'élaboration du matériau (en particulier à travers les procédés de compoundage), à sa mise en forme par des procédés conventionnels ou novateurs (micro-injection, injection assistée eau, hautes pressions...), aux structures résultantes (cristallisation, morphologie, orientation des charges...) et aux propriétés des objets ainsi fabriqués. Ces études mobilisent à la fois des moyens d'analyse physique (diffraction des rayons X, analyse enthalpique différentielle, spectrométrie (infrarouge, TOF-SIMS), microscopie à toutes les échelles, mesures de champ...), mécanique (rhéologie à l'état fondu, caoutchoutique et solide), technologique (machines de transformation allant de l'échelle laboratoire à l'échelle semi-industrielle), ainsi que des modèles numériques qui débouchent sur des logiciels adaptés (Rem3D<sup>®</sup>, Ludovic<sup>®</sup>, Ximex<sup>®</sup>).

.../...



Mesure d'un champ de vitesse par vélocimétrie laser doppler dans une filière à parois transparentes placée en tête d'extrudeuse (CEMEF)



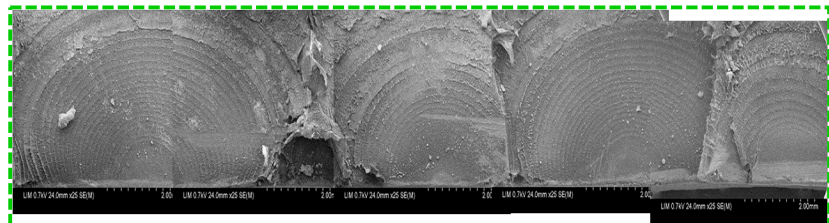
Visualisation de la phase de soufflage-étirage d'une préforme pour la réalisation d'une bouteille PET (CEMEF)



Réservoir en carbone époxy pour application automobile (CDM, photo société DJP)



(a)



(b)

Pour prévenir une fuite prématurée de branchement de transport d'eau potable, il est nécessaire d'étudier les mécanismes de formation et de propagation de la fissure longitudinale (a). En analysant la surface de rupture (b), on remarque que la propagation se fait par bandes discontinues semi-elliptiques (CDM).