



**HAL**  
open science

## MMC - Matière molle et chimie

Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. MMC - Matière molle et chimie. 2014, ESPCI ParisTech, Centre national de la recherche scientifique - CNRS. hceres-02031092

**HAL Id: hceres-02031092**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02031092>**

Submitted on 20 Feb 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



agence d'évaluation de la recherche  
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

Évaluation de l'AERES sur l'unité :

Matière Molle et Chimie

MMC

sous tutelle des  
établissements et organismes :

École Supérieure de Physique et Chimie Industrielles

Centre National de la Recherche Scientifique



Novembre 2012



agence d'évaluation de la recherche  
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

Le Président de l'AERES

**Didier Houssin**

Section des Unités  
de recherche

*Le Directeur*

**Pierre Glaudes**



# Notation

À l'issue des visites de la campagne d'évaluation 2012-2013, les présidents des comités d'experts, réunis par groupes disciplinaires, ont procédé à la notation des unités de recherche relevant de leur groupe (et, le cas échéant, des équipes internes de ces unités). Cette notation (A+, A, B, C) a porté sur chacun des six critères définis par l'AERES.

NN (non noté) associé à un critère indique que celui-ci est sans objet pour le cas particulier de cette unité ou de cette équipe.

**Critère 1 - C1** : Production et qualité scientifiques ;

**Critère 2 - C2** : Rayonnement et attractivité académique ;

**Critère 3 - C3** : Interaction avec l'environnement social, économique et culturel ;

**Critère 4 - C4** : Organisation et vie de l'unité (ou de l'équipe) ;

**Critère 5 - C5** : Implication dans la formation par la recherche ;

**Critère 6 - C6** : Stratégie et projet à cinq ans.

Dans le cadre de cette notation, l'unité de recherche concernée par ce rapport a obtenu les notes suivantes :

- Notation de l'unité : **MATIERE MOLLE ET CHIMIE**

<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>	<b>C6</b>
A+	A+	A+	A+	A+	A



# Rapport d'évaluation

Nom de l'unité :	Matière Molle et Chimie
Acronyme de l'unité :	MMC
Label demandé :	UMR
N° actuel :	UMR 7167
Nom du directeur (2012-2013) :	M. Ludwik LEIBLER
Nom du porteur de projet (2014-2018) :	M. Ludwik LEIBLER

## Membres du comité d'experts

Président : M. Robert JEROME, Université de Liège, Belgique

Experts :

- M. Jean-Louis BARRAT, Université Joseph Fourier, Grenoble
- M. Lydéric BOCOQUET, Université Claude Bernard Lyon 1, Villeurbanne
- M. Henri CRAMAIL, École Nationale Supérieure de Chimie, Biologie et Physique, Bordeaux (représentant du CoNRS)
- M. Frans DE SCHRYVER, Université de Leuven, Belgique
- M. Philippe POULIN, Centre de Recherche Paul Pascal, Bordeaux

Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Marc DRILLON

Représentant(s) des établissements et organismes tutelles de l'unité :

M. Jacques PROST, ESPCI

M. Jean-François TASSIN, CNRS-INC

## 1 • Introduction

### Historique et localisation géographique de l'unité

C'est en 2001 que le Laboratoire Matière Molle et Chimie (LMMC) a été créé à l'initiative de Pierre-Gilles de Gennes à l'École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la ville de Paris (ESPCI). Il résulte du regroupement du personnel de l'unité mixte CNRS-Atofina (UMR 167), établie jusque-là à Levallois avec déjà à sa tête le directeur actuel, et une partie du Laboratoire de Chimie Inorganique de l'ESPCI. En 2004, pour faciliter et élargir les collaborations industrielles avec le groupe Total et d'autres partenaires, une forme plus classique d'unité mixte (UMR 7167 CNRS/ESPCI) a été mise en place, toujours sur le site de l'ESPCI : 10, rue Vauquelin, 75231 Paris Cedex 05.

### Équipe de Direction

Conformément au règlement intérieur de l'unité, le directeur de l'unité est nommé conjointement par les deux tutelles. Il est responsable de l'élaboration et de la mise en œuvre du projet scientifique et il gère les ressources et les moyens. Il convoque l'assemblée générale de tous les membres de l'unité et il préside le conseil de laboratoire.

### Nomenclature AERES

Domaine principal : ST4 Chimie

Domaine secondaire : ST2 Physique

### Effectifs de l'unité

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2012	Nombre au 01/01/2014	2014-2018 Nombre de producteurs du projet
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	3	3	3
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	4	3	3
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	3	3	
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)	15	15	
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	1	1	1
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)			
<b>TOTAL N1 à N6</b>	26	25	7

<b>Taux de producteurs</b>	<b>100 %</b>
----------------------------	--------------



Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2012	Nombre au 01/01/2014
Doctorants	10	
Thèses soutenues	14	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité *	4	
Nombre d'HDR soutenues		
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	4	3



## 2 • Appréciation sur l'unité

### Points forts et possibilités liées au contexte

Comme en témoignent les données des tableaux qui précèdent, l'UMR 7167, Matière Molle et Chimie, est de relativement petite taille. Il s'agit d'un choix délibéré de l'unité, motivé par l'ambition de proposer une contribution scientifique de grande qualité en réponse à un défi majeur en science et technologie des matériaux. Éviter la dispersion des efforts de recherche, disposer de ressources et de moyens suffisants et assurer des conditions de travail optimales sont les grands principes qui guident cette politique. Comme l'établiront les «Appréciations détaillées» ci-après, petite taille et rayonnement scientifique majeur au niveau international sont parfaitement compatibles. La clé du succès est une politique scientifique ambitieuse, alimentée par une vision et une animation peu communes dont le mérite revient à un directeur hautement compétent et clairvoyant.

Une deuxième caractéristique de l'unité est, au-delà de sa pluridisciplinarité, chimie, physique et matériaux, une interdisciplinarité efficace, accompagnée d'un dialogue constant entre tous les acteurs de la recherche. Cette grande synergie scientifique et technique est favorisée par la petite taille de l'unité qui, par ailleurs, lui permet de sélectionner ses collaborateurs avec plus d'exigence. A ce propos, il convient de souligner la qualité et la motivation des personnels permanents ainsi que l'attachement au laboratoire que les doctorants et post-doctorants ont unanimement exprimés lors de la visite du comité d'experts.

Un troisième élément déterminant de la politique de l'unité est sa relation privilégiée avec l'environnement socio-économique. Depuis sa création, elle entretient avec l'industrie un très fort partenariat qui lui permet, outre la sécurité en termes de ressources et de moyens, de valoriser le fruit de ses percées scientifiques et de traduire celles-ci en termes de nouveaux produits ou de procédés originaux. Une politique judicieuse de protection de l'innovation, suivie de sa publication dans des revues scientifiques les plus prestigieuses et les médias, tout en conservant une avance suffisante pour son exploitation, doit être soulignée.

La formation, en particulier par la recherche, est un autre objectif majeur que se fixe l'unité. Cette ambition est un atout à la fois pour le recrutement de doctorants de très bon niveau et pour leur placement quasi-automatique après soutenance de la thèse, généralement hors milieu académique.

Les activités de l'unité se situent à la frontière des connaissances d'une thématique générale «Réseaux et Verres». C'est grâce à une connaissance sans cesse approfondie de la structure et du comportement de la matière molle que l'unité réussit brillamment à conceptualiser les différentes problématiques associées à des systèmes très diversifiés de verres et de réseaux. Dans sa quête de ruptures technologiques, l'unité a fait preuve, dans un passé récent, d'une clairvoyance remarquable en appliquant les principes de la chimie supramoléculaire à l'élaboration, à la structuration et donc aux performances des matériaux polymères. Elle continue à en recueillir le fruit, en élargissant ce concept à des liens autres que supramoléculaires, comme des liens échangeables et des interactions spécifiques (attractives, directionnelles). Des changements de paradigme en ont résulté, comme illustré par la découverte de l'auto-cicatrisation de caoutchoucs, le concept et la réalisation de «vitrimères»: une nouvelle classe de matériaux organiques réticulés et néanmoins malléables. Ces découvertes ont connu un très grand succès et une audience remarquable. Le solide corpus théorique qui accompagne la recherche de l'unité est un point très fort dans l'étude et la valorisation de réseaux particuliers que forment des suspensions concentrées de particules colloïdales sous la forme de pâtes et de verres. L'extension de la notion de réseaux à la nanostructuration de composites en faisant appel aux principes de la chimie supramoléculaire et du brasage, est une autre stratégie dont le potentiel applicatif est particulièrement prometteur.

En conclusion, l'unité Matière Molle et Chimie fait preuve d'une compétence et d'une expertise scientifique de très haut niveau qu'elle conjugue avec une gestion clairvoyante à laquelle l'ensemble des personnels adhère. Ces qualités remarquables, jointes à un très bon dialogue interne et à l'interdisciplinarité, sont mises au service d'une recherche créative et innovante tout-à-fait impressionnante et transférée très rapidement vers un produit ou un procédé compétitif sur le marché. Il en résulte un très fort rayonnement national et international et une très forte attractivité à laquelle répondent de très bons étudiants et collaborateurs ainsi que les acteurs industriels: interlocuteurs et partenaires privilégiés de l'unité. La formation par la recherche, la vulgarisation des nouveaux concepts et des ruptures technologiques issues de l'unité, de même qu'une bonne présence dans les instances nationales et les forums internationaux sont aussi des objectifs majeurs d'un laboratoire dont la relativement petite taille est plus un atout qu'un handicap.





### Points à améliorer et risques liés au contexte

Le bilan dressé ci-dessus est d'autant plus impressionnant que l'unité ne dispose que d'un appui technique et administratif extrêmement restreint. La totalité des ressources matérielles et du parc instrumental ainsi que le montage de nouvelles expérimentations exigées par la recherche innovante ne sont prises en charge que par 2 personnels ITA/IATOS. Cette situation particulièrement handicapante mériterait une sérieuse prise en considération par les tutelles.

Du fait de la taille de l'unité, le départ d'un membre permanent constitue une perturbation importante. C'est le cas d'un chercheur qui vient de rejoindre ARKEMA et du prochain départ en retraite du seul agent ITA en charge de l'administration de l'unité. Il serait fortement préjudiciable pour l'unité qu'une continuité de la fonction administrative ne puisse pas être assurée.

Le comité d'experts estime que l'unité pourrait, en complément de ses relations contractuelles, tirer bénéfice du soutien que son environnement immédiat peut offrir pour la création de start-up. Ce soutien serait de nature à renforcer l'activité et l'impact de l'unité dans le contexte socio-économique actuel.

### Recommandations

Le comité d'experts encourage vivement l'unité à poursuivre sa politique scientifique en maintenant, avec la même exigence, ses objectifs d'innovation en science et technologie des matériaux polymères, de diffusion du progrès des connaissances et des techniques auquel il contribue, de formation des étudiants et des jeunes chercheurs et de vulgarisation.

Il l'invite à défendre avec conviction, auprès de ses tutelles, ses besoins en termes de support technique, de remplacement de son agent ITA en charge de la gestion administrative dès son admission à la retraite et d'engagement d'un jeune chercheur afin de rétablir l'équilibre de son équipe tout en réajustant la pyramide des âges.

Pour accroître encore l'excellence de ses travaux de recherche et son rayonnement scientifique, l'unité devrait étendre son partenariat académique - déjà très bien ciblé - à des collaborateurs rompus à l'analyse détaillée (haute résolution spatiale) de systèmes au comportement original et potentiellement riche, à l'image de ceux développés par le LMMC.



### 3 • Appréciations détaillées

La thématique de recherche affichée par l'unité est évidemment fédératrice des différents projets qu'elle mène selon certains grands axes dont l'interdépendance en assure l'autofécondation. Avant de détailler les différents critères d'évaluation, il n'est pas inutile de donner un éclairage sur les lignes de force qui sous-tendent la recherche de l'unité.

En étant une des très rares équipes de recherche à comprendre suffisamment tôt tout le bénéfice que la science des matériaux pouvait tirer de la chimie supramoléculaire en termes de concept et de potentiel applicatif, l'unité a construit le socle de sa thématique de recherche. Elle a démontré qu'au-delà de la réversibilité des interactions non covalentes clé-serrure, qui président à la formation des corps supramoléculaires, la nanostructuration jouait un rôle capital en permettant une grande variation de comportement dans une gamme étroite de température. A titre d'exemple, un saut remarquable des performances d'un adhésif «hot-melt» polyamide a été enregistré du fait de l'ajout d'un polymère supramoléculaire compatible.

Les études avant-gardistes de l'unité dans le domaine des matériaux supramoléculaires ont permis à Arkema de développer et, après la résolution conjointe de problèmes de «scale-up», de lancer en 2009 une gamme de nouveaux produits, sous la marque Reverlink. La méthode mise au point par l'unité pour industrialiser ce produit générique s'est avérée particulièrement souple en donnant accès à une palette de comportements allant du liquide visco-élastique jusqu'à un caoutchouc auto-réparant. Le concept inédit de caoutchouc supramoléculaire auto-réparant a valu à l'unité les éloges unanimes de la communauté scientifique internationale et des médias.

L'originalité de comportement provoquée par la présence de liens thermo-réversibles dans les matériaux supramoléculaires a poussé la réflexion de l'unité vers d'autres liens non permanents, en particulier des liens covalents échangeables dans des réseaux de type thermodur et élastomère. Cette nouvelle configuration permet des changements de connectivité locale sous l'effet d'un paramètre extérieur, tout en conservant la connectivité globale du réseau. Le principe simple et génial consiste à emprisonner un catalyseur au sein du réseau tridimensionnel qui, sous l'effet d'un stimulus externe tel la température, assure les changements de connectivité avec la cinétique souhaitée. Dans le cas de réseaux époxyde, les changements de connectivité sont assurés par une simple réaction de trans-estérification, utilisée ici de manière très innovante, et donnant naissance à des matériaux inédits que l'unité a popularisés sous le nom de «vitrimères». Sur le plan de la physique des verres, il s'agit de matériaux très novateurs, totalement différents des verres polymères classiques puisque la transition vitreuse y est contrôlée par l'acte moléculaire de réticulation temporaire du réseau, plutôt que par le coefficient de friction moléculaire. En particulier, l'équipe a établi de manière très convaincante que le comportement en température de la viscosité est celui d'un verre fort de type silice, tandis que les propriétés mécaniques du vitrimère (au-dessus de la température de transition vitreuse du polymère) restent celles d'un thermoplastique. Ces systèmes originaux, aussi bien sur le plan des concepts liés à la transition vitreuse que sur celui des propriétés des matériaux, ont suscité un intérêt considérable auprès de la communauté scientifique tant académique qu'industrielle. Leur étude a déjà donné lieu à plusieurs publications d'un impact exceptionnel. Au-delà des vitrimères, plusieurs autres systèmes réticulés, bénéficiant d'un mécanisme d'échange de liaisons, ont été proposés et étudiés par l'unité, dont la catalyse par réaction de métathèse (catalyseur de Grubbs 2<sup>de</sup> génération) dans les élastomères polybutadiènes. L'étude de ces systèmes constitue un volet prometteur du projet scientifique de l'unité.

Un troisième axe de recherche concerne des systèmes biphasés dont la phase dispersée forme, au-delà d'un certain seuil de percolation, un réseau et manifestent alors des propriétés en étroite dépendance avec la nature même des phases connectées et leurs relations interfaciales. Les verres et pâtes colloïdales constituées de particules déformables (microgels, micelles de polymères...) ont fait l'objet d'une étude très détaillée, reconnue internationalement. Le couplage de multiples outils expérimentaux et théoriques a débouché sur la modélisation théorique et numérique de propriétés rhéologiques tout-à-fait originales. La compréhension des phénomènes de glissement aux surfaces dans les matériaux complexes a, par exemple, été récemment généralisée pour la description ab initio des propriétés rhéologiques fortement non-linéaires des systèmes précités, résultat qui a fait l'objet d'une publication dans la revue «Nature Materials». Le contrôle de ces propriétés par l'architecture locale donne, par ailleurs, accès à une nouvelle classe de matériaux dans le domaine des formulations industrielles (cosmétiques, peintures, encres...). Il faut noter que sous le seuil de percolation, certains de ces systèmes ont été exploités par l'unité en vue de l'encapsulation de substances hydrophobes en milieux aqueux, autre aspect important de la formulation.



La dispersion de nanocharges dans des matrices polymères est une variante majeure des systèmes précédents. Le problème crucial de ces composites est la capacité de désagréger la charge et d'en stabiliser la dispersion. L'unité a très élégamment résolu ce défi dans le cas des nanotubes de carbone. D'une part, l'application des principes de la chimie supramoléculaire a permis de préparer des dispersions stables, contrôlables et réversibles dans une large gamme de solvants. D'autre part, le réseau de nanotubes, dispersés dans une matrice polymère afin de lui conférer des propriétés de conduction électrique, a été consolidé sur une large gamme de températures en expérimentant, de manière innovante et avec succès, le principe de brasage bien connu dans l'assemblage des métaux. Des perspectives d'application intéressantes s'en dégagent dans le secteur des capteurs sensibles. Une fois encore, les projets de recherche, bien que plus variés selon le 3ème axe, se caractérisent par le ciblage d'applications précises et la proposition d'approches innovantes qui associent originalité, profondeur scientifique et intérêt technologique.

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

De l'information qui précède, il est évident que le moteur de la politique scientifique de l'unité est la ferme volonté de développer une recherche créative, originale sur le plan fondamental et innovante sur le plan technologique. L'élaboration d'un nouveau concept, sa validation et son transfert le plus direct possible (simplicité des produits et équipements nécessaires) vers la commercialisation de nouveaux matériaux et/ou procédés est la stratégie, certes à risques, qui pilote tout l'effort de recherche. Cette démarche ambitieuse a tout naturellement conduit à des ruptures théoriques et méthodologiques et des changements de paradigme, comme illustrés par la découverte d'un caoutchouc supramoléculaire auto-cicatrisant, le concept et la réalisation de «vitrimères», une nouvelle classe de matériaux organiques, la théorie du glissement et de l'écoulement dans les pâtes colloïdales, le tout couronné par la commercialisation d'un nouveau produit de marque «Reverlink» par Arkema.

L'ensemble des critères de production et de qualité scientifique confirme le succès de la politique de recherche mise en place. Pêle-mêle, on retiendra: (i) une présence imposante, compte tenu de la taille de l'unité, dans des congrès nationaux et internationaux, soient 111 conférences plénières et invitées, 61 communications orales, 42 communications par affiche, auxquelles s'ajoutent 46 séminaires dans des centres de recherche académiques et industriels, (ii) la qualité des publications, dont 67 articles dans des revues internationales à comité de lecture, prestigieuses pour certaines d'entre elles: Nature, Science, Nature Materials (2), JACS (5), PNAS, Macromolecules (8), Soft Matter (7)... Le nombre moyen de citations à 2 ans (année 2009) des articles de l'unité est au moins le double du facteur d'impact moyen (5.8) lié à la taille des revues dans lesquelles ils ont été publiés et environ 5 fois supérieur à celui (2.4) des revues typiques du domaine des polymères, (iii) la (co-) édition d'ouvrages collectifs (3) dont les 4 volumes de «Macromolecular Engineering» et la publication de 5 chapitres d'ouvrages, (iv) une politique de protection des résultats très active avec 21 brevets publiés et 7 brevets déposés.

Les grandes découvertes de l'unité ont reçu un retentissement exceptionnel, par exemple, sous la forme de «highlights» (5 articles) ou de pages de couverture (4 articles) dans les journaux dans lesquels ils ont été publiés, ou de répercussions élogieuses dans la presse scientifique internationale et la presse grand public. Parmi d'autres marques de reconnaissance, l'invention des «vitrimères» a été désignée Best Chemistry 211 par l'hebdomadaire «Chemical & Engineering News» de l'«American Chemical Society».

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Le directeur de l'unité et ses principaux collaborateurs scientifiques ont été honorés par bon nombre de prix et distinctions au cours des dernières années tant au niveau national qu'international. Parmi ces distinctions, citons les prix décernés par la Société Chimique de France (Grand Prix Pierre Süe), par l'Académie des Sciences (Prix Institut Français du Pétrole) et par la Fondation de la Maison de la Chimie (Grand Prix). La récompense internationale la plus prestigieuse émane de l'American Chemical Society (Award in Polymer Chemistry), tandis que le Medema Award a été décerné tout récemment par la fondation «Polymer Technology Netherlands». Des prix récompensant des travaux de thèse et des présentations par affiche (notamment à la très réputée Gordon Research Conference) sont à mentionner.



L'unité participe et joue un rôle important dans divers programmes de recherche nationaux et internationaux, bilatéraux et multilatéraux. Les projets européens Harcana et Shine, le projet international PICS (CNRS-université du Texas) et la participation à l'International Training Network (SheMat) méritent d'être cités. C'est aussi le cas de la participation au réseau d'excellence européen SoftComp. De même qu'elle n'hésite pas à organiser des colloques internationaux, comme plusieurs workshops bilatéraux (avec la Chine, l'université de Tokyo et Michelin), une session principale de Macro 2012 sous l'égide de l'IUPAC et un symposium sous celui de l'European Society of Rheology, l'unité accueille aussi des scientifiques étrangers, très réputés dans le domaine de la matière molle, pour des séjours prolongés de 1 à 6 mois. Outre l'écho élogieux qu'ont reçu un certain nombre de publications (via les «highlights», pages de couverture de journaux scientifiques et la presse grand public), la présence des membres de l'unité dans des congrès nationaux et internationaux est impressionnante comme en témoignent 111 conférences plénières et invitées dans les forums les plus représentatifs du domaine.

Nombreuses sont les invitations à participer au bureau éditorial de journaux scientifiques de renom international en science des matériaux polymères, à assurer la fonction d'éditeur pour la série «Advances in Polymer Science» et d'éditeur adjoint pour le journal «Macromolécules» et à évaluer, à la demande de comités et agences nationales (AERES, CNRS, ANR) et internationales (DPI: Dutch Polymer Institute et QANU: Quality Assurance Netherlands Universities) projets et centres de recherche. La qualité du recrutement des doctorants et des post-doctorants, étrangers pour la plupart, traduit la forte attractivité que l'unité exerce en France et hors frontières.

L'ensemble des indicateurs précités soulignent combien les acteurs et animateurs du domaine scientifique couvert par l'unité apprécient l'excellence de sa contribution.

### Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

De nombreux travaux de l'unité sont motivés par des objectifs technologiques. Cette orientation ne constitue en aucune manière un obstacle à la créativité et au développement de nouveaux concepts scientifiques. Au contraire, le laboratoire sait s'inspirer de problématiques industrielles importantes pour proposer des programmes de recherches originaux et ambitieux. La qualité et le nombre de collaborations industrielles est exceptionnelle: 35% du budget consolidé du laboratoire sont le fait de financements industriels (2,5M€ sur 7,0M€). Le fort partenariat et la pérennité des échanges avec le monde de l'entrepreneuriat manifestent la pleine satisfaction de celui-ci. Elle est le fruit de l'originalité et de l'intérêt technologique des travaux menés, dont la protection des résultats s'est traduite par la publication de 21 brevets et le dépôt de 7 autres brevets non encore publiés. Des produits issus des recherches de l'unité sont déjà au stade de l'industrialisation. Il s'agit pour la plupart d'applications liées à des marchés importants (polymères auto-cicatrisants, alliages nanostructurés) et les étapes d'industrialisation sont logiquement assurées par de grands groupes chimiques. Le laboratoire a su rendre crédible les applications de la chimie supramoléculaire, ce qui était loin d'être évident, ne serait-ce qu'il y a quelques années. Cette étape majeure dans l'histoire des polymères et de leurs applications s'accompagnera certainement d'un fort impact socio-économique.

Le laboratoire fait aussi preuve d'un grand dynamisme en termes de diffusion des connaissances auprès du grand public. En effet, l'unité répond aux sollicitations fréquentes de commenter les stratégies qu'elle développe et les applications qui en dérivent (presse écrite, internet, TV, expositions, Palais de la découverte...), aussi bien en France qu'à l'étranger. Ces activités de vulgarisation et de communication sont particulièrement importantes pour accroître non seulement l'attractivité du laboratoire auprès des jeunes chercheurs et de l'environnement socio-économique mais aussi pour la diffusion de la culture scientifique et de ses progrès auprès du grand public.

### Appréciation sur l'organisation et la vie de l'unité

A l'évidence, la relativement petite taille de l'unité et sa constitution en une seule équipe permettent un fonctionnement harmonieux, souple et efficace à la satisfaction de tous ses membres permanents et non-permanents. Le comité d'experts a noté l'accent mis tout particulièrement sur la sécurité qui est une préoccupation constante du directeur et de tous les personnels.

Conformément au règlement intérieur, le directeur de l'unité assume pleinement la responsabilité de la politique scientifique. Il inspire et impulse les différents projets de recherche et en diffuse avec maîtrise les aboutissements. L'organisation de la vie du laboratoire reste néanmoins très collégiale. Les moyens financiers sont mutualisés et une relation de confiance mutuelle existe entre tous les personnels.



La vie scientifique de l'unité est rythmée par des séminaires hebdomadaires des doctorants et post-doctorants qui apprécient grandement cette opportunité de discuter régulièrement du progrès de leur recherche avec tous les chercheurs du laboratoire. La présence régulière de conférenciers invités et de chercheurs de renom en séjour plus ou moins longs est l'occasion de débats scientifiques stimulants et enrichissants.

Sur le plan technique, l'unité souffre d'un support insuffisant. Un agent supplémentaire devrait alléger la prise en charge par les chercheurs eux-mêmes de la maintenance des nombreux équipements et du développement de nouvelles manipulations.

### Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

L'unité a une excellente activité de formation au travers de diverses actions.

En premier lieu, ses membres enseignants-chercheurs interviennent largement dans la formation des étudiants de l'ESPCI. Ils sont en charge de cours, de travaux pratiques et de tutorat des étudiants de deuxième année, dans le module de chimie des matériaux inorganiques, et des étudiants de troisième année, dans les modules de chimie inorganique avancée, de chimie des polymères, et de matière molle et développements. Ils assurent également l'accueil des étudiants étrangers dans le cadre du programme international ATHENS. Un chercheur dispense par ailleurs un enseignement (master M2) de dynamique et rhéologie moléculaires des polymères à l'UPMC. L'unité a accueilli, de 2007 à 2012, un total de 64 étudiants en stage, dont 39 de l'ESPCI et 18 de l'UPMC.

L'implication de l'unité dans la formation par la recherche est très forte via l'encadrement de doctorants et post-doctorants, financés sur contrats académiques mais, le plus souvent, sur contrats industriels négociés par l'unité. Les doctorants sont rattachés à l'ED397 « Physique et Chimie des Matériaux » de l'UPMC. Sur les 14 thèses de doctorat soutenues du 1er janvier 2007 au 30 juin 2012, 10 ont bénéficié d'une bourse CIFRE. La grande majorité de ces étudiants a donc été directement confrontée aux problématiques et au mode de fonctionnement de l'industrie. De plus, 9 de ces thèses étaient accompagnées de publications et/ou brevets au moment de leur soutenance, ce qui témoigne de leur qualité et du dynamisme de leur auteur. De façon générale, les sujets de thèse couvrent l'ensemble du spectre de la recherche, depuis la synthèse chimique, en passant par la caractérisation, jusqu'à l'étude des propriétés macroscopiques. L'acquis d'une telle polyvalence est un atout certain dans le curriculum vitae des jeunes docteurs. Des responsabilités sont attribuées à chacun, et les étudiants sont fortement sensibilisés à la sécurité à un niveau au moins équivalent à celui existant dans l'industrie. De plus, chaque doctorant expose régulièrement ses travaux (souvent en anglais) lors des séminaires hebdomadaires, ce qui le prépare à les présenter ensuite à l'occasion de conférences nationales et internationales. Une telle formation à l'interface entre science fondamentale de haut niveau et préoccupations du monde industriel est le meilleur garant de l'avenir des doctorants, dont la très grande majorité trouve un emploi en-dehors des milieux académiques.

### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Le projet de l'unité s'inscrit dans le style de recherche et dans les thématiques qui ont conduit à des succès exceptionnels durant les dernières années. Le projet, qui intègre les aspects allant de la synthèse macromoléculaire aux études des propriétés mécaniques et rhéologiques des matériaux créés, trouve de nouveau son unité et son enrichissement dans le cadre de la thématique Réseaux et Verres.

Plusieurs questions d'un grand intérêt scientifique sont identifiées. Parmi d'autres, on citera le rôle de la microstructure dans la dynamique des systèmes supramoléculaires, la formulation de systèmes à rhéologie contrôlée fondée sur l'architecture moléculaire et les composites à base de vitrimères. Il est évident que l'équipe maîtrise l'essentiel des techniques nécessaires à de telles études. Toutefois, la présentation très succincte du projet ne permet pas d'identifier clairement les directions prioritaires et les objectifs scientifiques principaux, ni les méthodes qui seront mises en œuvre. Il semble qu'un approfondissement de certaines idées et caractérisations physiques au niveau des matériaux bénéficierait avantageusement d'une interaction plus poussée avec des équipes maîtrisant des techniques récentes de nano-caractérisation spatiale ou temporelle. En dépit de ces quelques réserves, l'inventivité et le degré d'innovation dont l'équipe a fait preuve dans le passé est la meilleure garantie que le projet débouche sur des résultats novateurs.



## 4 • Déroulement de la visite

Date de la visite :

Début : 28 Novembre 2012 à 9h00

Fin : 28 Novembre 2012 à 19h00

Lieu de la visite : ESPCI , bâtiment E, 3<sup>ème</sup> étage

Adresse : 10 rue Vauquelin, 75005 Paris

Locaux spécifiques visités : Laboratoires, plateformes expérimentales et services de soutien

Déroulement ou programme de visite :

09h00-9h30	Réunion du comité d'experts
09h30-10h15	Exposé du directeur
10h15-10h45	« Colloïdes concentrés » M. Michel CLOITRE
10h45-11h15	« Polymères supramoléculaires » M <sup>me</sup> Corinne SOULIÉ-ZIAKOVIC
11h15-11h40	Pause
11h40-12h10	« Initiateurs cationiques déclenchables » M. Thomas VIDIL
12h10-12h30	Polythiols » M. Renaud NICOLAY
12h30-14h30	Déjeuner et discussions autour des posters Liste des posters : « Vitrimères » « Matériaux polymères combinant polycondensation et chimie supramoléculaire » « Nouveaux caoutchoucs » « Polymères et composites nanostructurés »
	<i>Enseignement</i>
14h30-15h00	Visite du laboratoire
15h00-15h30	Réunion avec les permanents
15h30-16h00	Réunion avec les doctorants et post-doctorants
16h00-16h30	Réunion avec les tutelles
16h30-19h00	Réunion du comité d'experts à huis-clos

La visite s'est déroulée sur une journée. Après l'accueil par le directeur de l'unité, le comité d'experts s'est réuni à huis-clos, puis a été rejoint par les personnels permanents pour écouter 4 exposés représentatifs des recherches menées par l'unité et présentés par un chercheur, 2 maîtres de conférence et un doctorant.

Après une pause, la matinée s'est conclue par un exposé du directeur, suivi d'une discussion, portant sur l'organisation de l'unité et la politique scientifique, ses résultats et ses perspectives d'avenir.

La discussion s'est poursuivie avec l'ensemble des personnels dans le cadre d'un «walking-lunch» avec le support de 5 affiches, dont 4 exposaient les résultats des travaux de recherche et la 5<sup>ème</sup> détaillait l'activité d'enseignement notamment des enseignants-chercheurs.



L'après-midi a été consacrée à une visite du laboratoire et de son parc instrumental, suivie de 3 réunions successives du comité d'experts (hors présence du directeur) avec les personnels permanents, les doctorants et post-doctorants et finalement les représentants des tutelles. Une discussion générale du comité d'experts à huis-clos a conclu la journée.

Le comité d'experts s'est déclaré satisfait par la qualité de l'information reçue sous la forme de documents écrits préalablement mis à sa disposition et par voie orale lors de la visite parfaitement organisée. Comme déjà mentionné, un exposé plus circonstancié du projet eût été apprécié.



## 5 • Statistiques par domaine : ST au 10/06/2013

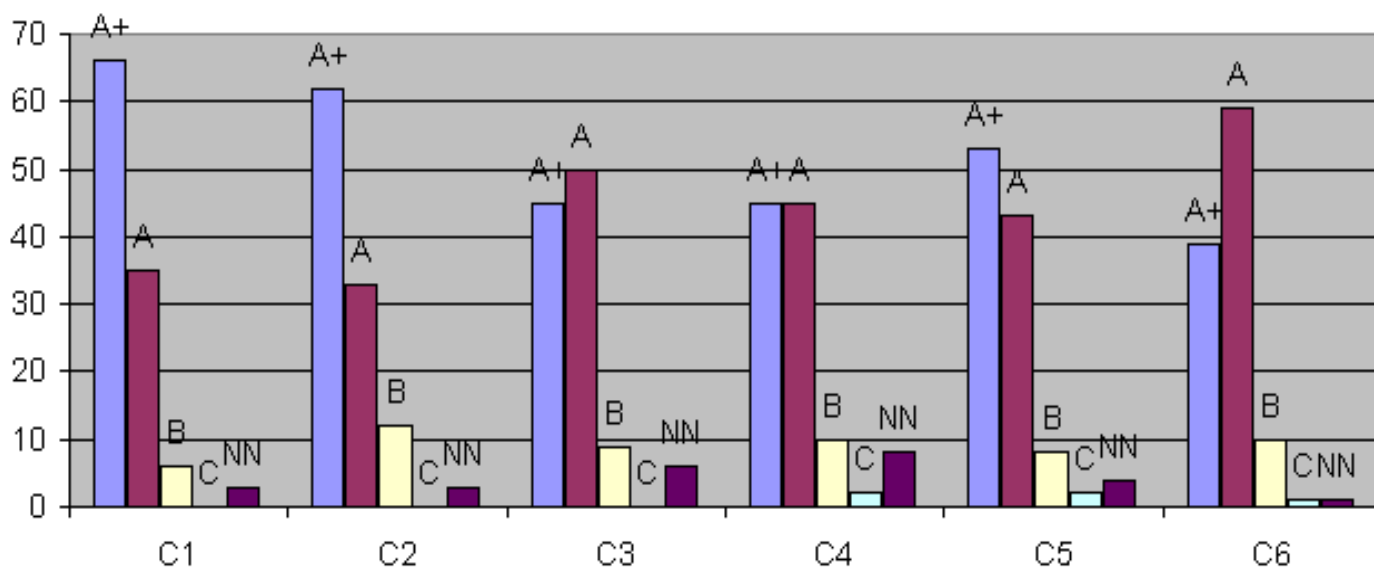
### Notes

Critères	C1 Qualité scientifique et production	C2 Rayonnement et attractivité académiques	C3 Relations avec l'environnement social, économique et culturel	C4 Organisation et vie de l'entité	C5 Implication dans la formation par la recherche	C6 Stratégie et projet à cinq ans
A+	66	62	45	45	53	39
A	35	33	50	45	43	59
B	6	12	9	10	8	10
C	0	0	0	2	2	1
Non Noté	3	3	6	8	4	1

### Pourcentages

Critères	C1 Qualité scientifique et production	C2 Rayonnement et attractivité académiques	C3 Relations avec l'environnement social, économique et culturel	C4 Organisation et vie de l'entité	C5 Implication dans la formation par la recherche	C6 Stratégie et projet à cinq ans
A+	60%	56%	41%	41%	48%	35%
A	32%	30%	45%	41%	39%	54%
B	5%	11%	8%	9%	7%	9%
C	0%	0%	0%	2%	2%	1%
Non Noté	3%	3%	5%	7%	4%	1%

Domaine ST - Répartition des notes par critère







## 6 • Observations générales des tutelles



ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHYSIQUE ET DE CHIMIE INDUSTRIELLES  
DE LA VILLE DE PARIS

Jacques Prost  
01 40 79 45 00  
jacques.prost@espci.fr

**AERES**

Paris, le 20 mars 2013

L'ESPCI Paris Tech a pris bonne note du rapport  
d'évaluation de l'unité "Matière Molle et Chimie (S2PUR  
140006117 Matière Molle et Chimie - 073429V).

Ce rapport ne suscite aucune remarque particulière.

Jacques Prost,  
Directeur Général  
Membre de l'Académie des Sciences