



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

Section des Unités de recherche

Rapport de l'AERES sur l'unité :  
Laboratoire de Thermodynamique et d'Energétique  
des Fluides Complexes (LTEFC)  
sous tutelle des  
établissements et organismes :  
Université de Pau et des Pays de l'Adour  
CNRS  
TOTAL

Mai 2010



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

Section des Unités de recherche

## Rapport de l'AERES sur l'unité :

Laboratoire de Thermodynamique et d'énergétique  
des Fluides Complexes (LTEFC)

sous tutelle des établissements et  
organismes :

Université de Pau et des Pays de l'Adour

CNRS

TOTAL

Le Président  
de l'AERES

Jean-François Dhainaut

Section des unités  
de recherche

Le Directeur

Pierre Glorieux

Mai 2010



## Unité

**Nom de l'unité :** Laboratoire de thermodynamique et d'énergétique des fluides complexes (LTEFC)

**Label demandé :** UMR

**N° si renouvellement :** UMR 5150

**Nom du directeur :** M. Alain GRACIAA (actuel), M. Gilles PIJAUDIER-CABOT (proposé pour le prochain quadriennal)

## Membres du comité d'experts

**Président :**

M. Michel SARDIN, ENSIC-INPL, Directeur du LSGC-CNRS

**Experts :**

Mme Valérie CABUIL, Directeur du Laboratoire PECSA, Université de Paris 6

M. Philippe HUCHON, Directeur de l'iSTeP, Université de Paris 6

M. Jean-Noël JAUBERT, LTMP, Institut National Polytechnique de Lorraine

M. Djimedo KONDO, LML, Université de Lille 1

M. Philippe UNGERER, IFP

**Experts proposés par des comités d'évaluation des personnels :**

M. Michel CHAMPION, au titre du CNU

M. Gilles FLAMANT, au titre du CoNRS

## Représentants présents lors de la visite :

**Délégué scientifique représentant de l'AERES :**

Mme Marie Yvonne PERRIN

**Représentants des établissements et organismes tutelles de l'unité :**

Mme Béatrice BISCANS, CNRS

M. Philippe GIRARD et Francis LUCK, TOTAL

Mme Anna CHROSTOWSKA et M. Mohamed AMARA, UPPA



# Rapport

## 1 • Introduction

- Date et déroulement de la visite :

La visite s'est déroulée les 25 et 26 novembre dans les locaux de l'UPPA, salle des conseils de l'UFR de Lettres. Elle a suivi le programme défini initialement. Le mercredi 25 novembre 2009, après une réunion des experts à huis clos de 30 mn en présence du représentant de l'AERES, a été consacré à l'audition du directeur, des différentes équipes, à la visite de différentes expérimentations, à la présentation de la nouvelle équipe qui devrait intégrer l'unité, à la présentation du projet par le futur Directeur et à la rencontre avec les tutelles. Les membres du laboratoire ont assisté à toutes les parties scientifiques, le déjeuner s'est fait sur place avec les personnels. Le jeudi 26 a été consacré, le matin, à une réunion à huis-clos du comité, à l'audition des représentants personnels enseignants, ITA-IATOS, et doctorants post-doctorants, à la présentation de la fédération de Recherche IPRA par sa directrice. Le comité s'est réuni à huis-clos l'après-midi du jeudi pour une préréaction du rapport de visite. Le comité tient à remercier le directeur et l'ensemble des participants pour la qualité de l'organisation, des présentations et des documents fournis. Le comité a aussi apprécié la qualité des discussions que ce soit à l'occasion des exposés ou pendant les visites et rencontres avec le personnel.

- Historique et localisation géographique de l'unité et description synthétique de son domaine et de ses activités :

Le Laboratoire des Fluides Complexes, créé en 2000, est né de la fusion de deux laboratoires de l'Université, le laboratoire Hautes Pressions et le Laboratoire de Thermodynamique des États Métastables et de Physique Moléculaire. Le laboratoire a changé de nom pour devenir le laboratoire de Thermodynamique et Energétique des Fluides Complexes et a obtenu le statut d'UMR en 2003. Cette UMR a l'originalité d'avoir, outre les tutelles d'Etat habituelles, la tutelle de la société TOTAL qui met à disposition du laboratoire quatre de ses ingénieurs experts scientifiques pour une partie de leur temps (25%). L'activité de l'unité est principalement dévolue au développement des sciences de bases et méthodes de mesures nécessaires au développement du Génie Pétrolier amont en conditions difficiles : extraction de gaz dans des milieux peu perméables fissurés, extraction de bruts lourds, captage et stockage géologiques de gaz acide. A ces fins, le laboratoire est structuré en 4 équipes et 2 axes transversaux. L'équipe 1 « Colloïdes et interfaces » développe des travaux sur les émulsions eau-pétrole brut (formation et rupture des émulsions, modélisation des propriétés des interfaces), et sur les hydrates de gaz (confinement en milieu poreux, transport). L'équipe 2 « Propriétés de transport » s'intéresse aux mesures de masse volumique et viscosité de mélanges complexes et à la modélisation moléculaire en particulier elle s'est concentrée sur les mélanges de gaz acides. L'équipe 3 « comportements de phase » est dédiée à la conception de dispositifs expérimentaux (tensiomètre, tension interfaciale sous pression, thermodiffusion sous pression), à l'acquisition de données expérimentales, au développement de nouveaux procédés de récupération (hybrides par exemple) au développement de modèles capables de prédire le comportement de phase des fluides. L'équipe 4, ancien axe transversal, s'est constituée en équipe autour du thème « Géomécanique - milieu poreux » et développe des travaux en mécanique des géomatériaux, couplages en géo-mécanique, et sur les effets interfaciaux dans les milieux poreux et les écoulements en milieu poreux, avec des applications aux « Tight Gas reservoirs » et au couplage endommagement et perméabilité dans les milieux quasi-fragiles. L'équipe est installée sur deux campus ; Pau et Anglet.

En parallèle de ces activités de base qui constituent les fondements scientifiques et le savoir faire du laboratoire, se sont organisés deux axes transversaux ; l'un consacré à l'étude des « Bruts lourds » est en particulier dédié aux **procédés de récupération assistée** dans les gisements d'huiles lourdes et à la visualisation directe des fluides dans des conditions représentatives des milieux réels afin d'en déduire une analyse précise et rigoureuse. Il concerne les équipes 1 à 3. Le second « Gaz acides » concerne toutes les équipes et est dédié au **Captage et stockage géologique** des gaz acides.

Le laboratoire est membre de la fédération de recherche IPRA constituée en 2005 et qui a été reconnue dans le précédent quadriennal par le ministère et le CNRS. Elle regroupe 3 unités mixtes de recherche UPPA-CNRS, dont



deux associées à TOTAL, le LTEFC et le MIGP. Cette dernière unité, spécialisée dans la modélisation et l'imagerie en Géosciences, disparaît à la fin de ce quadriennal, n'étant plus reconnue par l'INSU. Le troisième unité, la plus importante en effectif est dédiée aux mathématiques et à leurs applications, et a fait l'objet d'une visite parallèle.

- **Equipe de Direction :**

Alain Graciaa, Directeur, entouré d'un bureau composé de membres de tous les corps et des représentants de chaque équipe

- **Effectifs de l'unité sur la base du dossier déposé à l'AERES :**

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	20	23
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	2	0
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs (cf. Formulaire 2.2 et 2.4 du dossier de l'unité)	4 (4 à quart-temps)	6 (4 à quart-temps)
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	7,7	7,7
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	1	2
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.7 du dossier de l'unité)	11	8
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	16	15

## 2 • **Appréciation sur l'unité**

- **Avis global :**

L'Unité, s'appuyant sur des compétences historiques en thermodynamique fondamentale et mesures expérimentales des propriétés de transport de fluides complexes (pétrolier) en conditions extrêmes, s'est fortement développée depuis sa création en 2003. Depuis sa dernière évaluation en 2005, elle a, avec le soutien de ses tutelles, amplifié notablement son impact scientifique. Elle a su attirer à l'initiative de son directeur des compétences nouvelles et assurer leur maintien au sein de l'unité. L'organisation en 3 équipes assurant une recherche de base, alliée à une organisation transversale a permis d'aborder les problématiques dans leur complexité et de maintenir une forte orientation « sciences pour l'ingénieur » dans les perspectives scientifiques. L'existence d'axes transversaux « géomécanique - milieu poreux » a ouvert des opportunités pour la création d'une nouvelle équipe à partir de l'un de ces axes et d'accueillir dans de bonnes conditions un enseignant - chercheur de niveau international, bénéficiaire d'une dotation conséquente de l'European Research Council. Les travaux réalisés par les trois équipes fondatrices sont d'un très bon voire excellent niveau scientifique et technologique. Les plateformes expérimentales mériteraient une meilleure mise en valeur (nouveaux bâtiments), mais constituent dès aujourd'hui un ensemble remarquable et unique en France. La relation tutélaire avec Total a été, dans ces quatre années, très positive et le soutien du CNRS



(affectation d'un CR1, et d'un AI) et de l'Université de Pau et des pays de l'Adour (2 IGE - 2 postes de Professeurs et 1 PAST - 1 mutation sur 1 poste vacant) a permis une croissance remarquable de l'activité et de la notoriété des équipes. L'activité scientifique du laboratoire est globalement très bonne et se situe dans une perspective claire de développement vers un affichage « sciences du génie pétrolier ». Le projet du laboratoire, présenté par le futur directeur Gilles PIJAUDIER-CABOT, est structurant et formalise les évolutions constatées depuis quatre ans par l'accueil au sein de l'unité de personnalités scientifiques de haut niveau. Seul l'accueil de l'équipe de géophysicien, après disparition de leur laboratoire, pose souci au comité qui a vu d'un œil critique les thématiques proposées.

- **Points forts et opportunités :**

- Développement de plateforme de mesures thermodynamiques et de propriétés de transport en conditions extrêmes

- Capacités à attirer d'excellents enseignants-chercheurs et chercheurs

- Développement d'outils théoriques et/ou numériques d'estimation des propriétés thermophysiques et de transport

- Présence de fortes personnalités de renommée internationale dans leur domaine. Les liens internationaux sont traditionnels et divers. Les équipes bénéficient de soutien de l'ANR en particulier dans le domaine du stockage de CO<sub>2</sub> et d'une ERC. La qualité de sa production scientifique est notable et le laboratoire bénéficie d'un bon taux de publiants. Ses membres ont bénéficié récemment de plusieurs prix scientifiques.

- Thématiques du laboratoire à forte connotation sociétale, et n'hésitant pas à aborder des questions complexes et difficiles

- Une originalité expérimentale : la capacité à observer la formation d'hydrate de gaz

- Capacité à développer des approches expérimentales et numériques couplant les processus d'endommagement et la perméabilité des milieux

- Bonne prise en charge des doctorants et excellente insertion de ceux-ci dans le monde professionnel et de la recherche.

- Forte implication des personnels dans la vie universitaire

- Opportunité de la relation tutélaire avec Total qui s'avère très positive : le laboratoire profite d'un soutien permanent de la société Total qui lui soumet des problèmes complexes présentant des aspects fondamentaux de haut niveau.

- Développement de réelles capacités pour le changement d'échelle : résolution de verrou à l'échelle microscopique pour résoudre des problèmes à l'échelle du champ

- La thématique « captage et stockage de CO<sub>2</sub> » est une véritable opportunité pour le laboratoire (important soutien de l'ANR) pour s'insérer dans les nouvelles technologies de l'énergie

- Le laboratoire a bénéficié d'un appui permanent de ses tutelles et a obtenu des créations de postes de la part de son Université de tutelle (BIATOS, ITA, Professeurs, CR CNRS) qui lui a permis d'augmenter son potentiel technique.

- **Points à améliorer et risques :**

- D'un point de vue scientifique, il reste du chemin à accomplir pour une prise en compte plus approfondie de la complexité à la petite échelle et une meilleure prise en compte des transitions d'échelle. C'est un beau défi.

- Avec 15 permanents HDR, le laboratoire a une marge de progression en ce qui concerne la formation par la recherche.

- Il y a nécessité d'adapter les locaux de recherche vétustes à la qualité des travaux réalisés. La tutelle hébergeante doit trouver rapidement les moyens d'améliorer cette situation en offrant des conditions d'accueil préservant les synergies mises en place.



- Le laboratoire risque de vivre une crise de croissance et de changement de génération. Il faudra veiller à poursuivre l'effort de soutien en personnel chercheurs (recrutement) et enseignants chercheurs (remplacement). Ce laboratoire ne tient que par des enseignants-chercheurs.

- L'arrivée de l'équipe de géologues peut être vue comme une opportunité mais aussi comme un risque car elle introduit une nouvelle discipline scientifique et de nouvelles méthodes.

- **Recommandations au directeur de l'unité :**

- Veiller à trouver de bons candidats pour le CNRS afin de renforcer le potentiel de recherche
- Définir la politique scientifique de recrutement afin de consolider les acquis récents
- Veiller à la pertinence des critères thématiques des questionnements en amont
- Consolider la nouvelle organisation et veiller à l'intégration des personnels nouvellement inclus
- Développer des collaborations avec les laboratoires de physico-chimie de Bordeaux
- Favoriser la participation des doctorants à des congrès nationaux puis internationaux
- Ne pas abandonner la bataille de l'hygiène et de la sécurité dans les locaux actuels

- **Données de production :**

A1 : Nombre de producteurs parmi les chercheurs et enseignants chercheurs référencés en N1 et N2 dans la colonne projet	22
A2 : Nombre de producteurs parmi les autres personnels référencés en N3, N4 et N5 dans la colonne projet	2
A3 : Taux de producteurs de l'unité $[A1/(N1+N2)]$	96 %
Nombre d'HDR soutenues	7
Nombre de thèses soutenues	14
Autre donnée pertinente pour le domaine (à préciser...)	

### 3 • **Appréciations détaillées :**

- **Appréciation sur la qualité scientifique et la production :**

Les travaux réalisés sont particulièrement pertinents pour le domaine pétrolier. A partir de travaux de thermodynamique et de mesures expérimentales de propriétés de transport dans des conditions extrêmes, le laboratoire a développé une forte compétence qui le positionne d'une manière originale dans le domaine de la thermodynamique et de la mesure. La qualité de ses résultats en Génie Pétrolier en fait un laboratoire de référence, dont l'impact international est croissant.

La plupart des publications sont d'un excellent niveau scientifique et sont éditées dans les meilleurs journaux scientifiques du domaine. Avec une moyenne annuelle de 35 publications dans des revues internationales à comité de lecture par an, le laboratoire se situe parmi les meilleurs laboratoires français dans le domaine du génie des procédés et/ou génie pétrolier. On remarquera un effort particulier pour équilibrer les publications dans les journaux de Génie pétrolier (domaine à faible impact), et des journaux de physicochimie fondamentale à fort impact.



La création de l'unité en 2003 s'est fondée sur un lien privilégié avec Total qui depuis assure un soutien pérenne sous forme de moyens de fonctionnement, accès aux moyens de son laboratoire de Pau et encadrement scientifique par des experts de Total. Du fait de sa notoriété croissante le laboratoire est amené à répondre à des sollicitations d'autres industriels auxquels jusqu'à présent il a pu répondre sans obstacle de sa tutelle industrielle.

- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'unité de recherche dans son environnement :**

On compte 21 invitations dans des conférences internationales, l'organisation de 7 conférences internationales, l'obtention de 4 prix et récompenses. Le laboratoire obtient ainsi une reconnaissance internationale certaine.

Il faut souligner la capacité de la direction du laboratoire à attirer d'excellents éléments que ce soit en tant que professeurs et maîtres de conférences qu'en tant que CR CNRS. Pour les doctorants l'effort d'attractivité est à poursuivre et le nombre de doctorants est à améliorer, en conservant la même qualité de recrutement et de placement qu'actuellement. Avec plus ou moins 3 post-docs par an, l'unité se situe dans une bonne moyenne.

Les 4 dernières années ont été remarquables du point de vue de la capacité de l'unité à obtenir des financements externes ( et à répondre ainsi aux recommandations formulées par le précédent comité d'évaluation) que ce soit au niveau local avec le soutien de Total, au niveau national avec un large succès dans les appels d'offres ANR autour de la thématique « captage et stockage de CO<sub>2</sub> », enfin au niveau européen avec l'obtention d'une allocation européenne de l'ERC (1,5 M€ sur 5 ans). L'unité est impliquée dans le pôle de compétitivité, MOV'EO et le projet de pôle AVENIA.

On compte plus de vingt actions internationales ayant conduit à des publications communes, à l'accueil de chercheurs, avec 14 pays. Citons surtout l'obtention d'une dotation sur cinq ans pour l'équipe « Géomécanique - milieu poreux » venant de l'European Research Council (15 en France en 2008 dans le domaine des Sciences Physiques et de l'Ingénierie).

L'essentiel de la valorisation des travaux se fait dans le cadre de la collaboration tutélaire avec Total.

- **Appréciation sur la stratégie, la gouvernance et la vie de l'unité:**

Le laboratoire est actuellement structuré en 4 équipes (un axe transversal en début de quadriennal est devenu équipe), ainsi que 2 axes transversaux. Outre un conseil de laboratoire, le laboratoire a bénéficié d'un pilotage par un comité de suivi composé des tutelles et de membres extérieurs (réunion trimestrielle avec séminaire scientifique). Cette structure a bien fonctionné, malgré l'existence de deux sites éloignés de 100 km (Pau et Anglet). L'arrivée d'une cinquième équipe en « sciences de la terre » n'est pas sans poser quelques interrogations.

Les questions liées à la pertinence des initiatives visant à l'animation scientifique, à l'émergence, et à la prise de risques, sont essentiellement gérées par le comité de suivi, qui offre un lieu de réflexion et d'échange pertinent. Il permet en particulier de définir le degré d'exploration des domaines scientifiques de base afin de répondre aux objectifs des axes transversaux.

Les membres du laboratoire sont très fortement impliqués dans l'enseignement du fait de la petite taille de l'Université, en licence générale et master spécialité Génie Pétrolier. Citons également la formation doctorale avec 14 doctorants recensés le jour de la visite (4 à 5 par an).

La vie de l'unité, du fait de sa croissance récente, et de l'arrivée de nouveaux ITA et IATOS est en pleine évolution. La rencontre avec les personnels a montré que cette évolution était vue comme très positive, en particulier pour les personnels techniques et d'assistance aux équipes (IGE et AI). Un effort doit être fait pour élargir le champ de discussion et d'intervention des doctorants.

- **Appréciation sur le projet:**

Le projet est de qualité et est porté par un enseignant chercheur, professeur de renommée internationale.

Le projet s'inscrit dans des enjeux sociétaux qui sont des priorités nationales et maintient l'implication de Total dans l'appui scientifique et technologique et l'orientation scientifique. L'enjeu est de rendre accessible à la production des pétroles dit à « haut contenu technologique ». Les problématiques scientifiques fondamentales qui en





résultent sont dégagées dans le projet et viennent alimenter la réflexion des équipes. Le projet avec le soutien avéré des tutelles est tout à fait faisable et devrait voire monter encore en puissance les équipes concernées.

Le projet fait état de 5 équipes et non plus de 4, par intégration de géologues de l'ancien MIGP (modélisation et imagerie en géophysique de Pau). L'avis du comité est réservé sur l'intégration (en partie imposée par les restructurations au niveau du site) de cette nouvelle équipe compte tenu du manque de cohérence introduit par l'éclatement de l'UMR 5212 MIGP. Le point positif est sans doute de rapprocher des géologues et des physiciens travaillant avec des échelles de temps et d'espace très différentes sur un même objet, le réservoir pétrolier.

Dans le cadre des appels d'offres ANR et européens le laboratoire a remporté plusieurs succès qui témoignent de sa capacité à aller chercher des moyens. Le soutien de Total reste constant avec, semble-t-il, la mise en place future d'une affectation de personnels « jeunes ingénieurs » allant au-delà des engagements actuels (4 x 0,25 soit 1 temps plein). Le soutien des tutelles a été confirmé à condition de poursuivre une politique de recrutement d'excellents scientifiques.

Dans le domaine d'activité du laboratoire, la prise de risque reste constante, car les fluides et milieux étudiés sont particulièrement complexes et demande des moyens technologiques de haut niveau. L'appui de Total est nécessaire pour poursuivre « en sécurité » ce développement.

## 4 • Analyse équipe par équipe

**Intitulé de l'équipe :** Colloïdes et Interfaces

**Responsable(s) :** M. Jean LACHAISE (actuel), M. Christophe DICHARRY (futur)

- Effectifs de l'équipe (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	7	7
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	1 CDD	0
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs (cf. Formulaire 2.2 et 2.4 du dossier de l'unité)	0	0
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	2	2
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	0	0
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.7 du dossier de l'unité)	5	3
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	6	6



- **Appréciation sur la qualité scientifique et la production :**

L'activité recouvre trois grands aspects : une activité sur les émulsions (centrée autour des questions du domaine pétrolier), une activité de modélisation et une activité expérimentale lourde sur les hydrates. Si l'on exclut l'année 2006, la production est de l'ordre de 2 ACL par personnes/an. Il faut noter que l'équipe ne contient que des Enseignants Chercheurs et un DR CNRS contractuel qui publie beaucoup mais qui va changer d'équipe. Il ne semble pas qu'il y ait de forte implication de chercheurs de TOTAL. Les publications se répartissent entre quelques bons journaux emblématiques de la chimie physique (Langmuir, PCCP, J. Phys Chem.), et des journaux plus spécifiques et à plus faible facteur d'impact ce qui est compréhensible. Le positionnement est très spécialisé en ce qui concerne les parties émulsions et hydrates, plus général en ce qui concerne la modélisation. Le nombre de doctorants dans cette équipe semble supérieur à la moyenne du laboratoire. Les personnels sont quasiment tous habilités.

- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'équipe ou du projet dans son environnement :**

L'équipe bénéficie de 3 contrats ANR, principalement sur la thématique transversale gaz acide. Elle a présenté quelques conférences invitées. Il faut souligner une forte implication des personnels dans les tâches collectives et prises de responsabilités notamment d'enseignement.

- **Appréciation sur la stratégie, la gouvernance et la vie de l'équipe ou du projet :**

La stratégie de l'équipe est difficile à évaluer en dehors de la démarche globale du laboratoire. Le questionnement est principalement porté par les préoccupations du secteur aval et se traduit assez peu en termes de questionnement scientifique général.

- **Appréciation sur le projet :**

L'équipe change fortement de configuration en termes de personnels avec le départ d'un collègue gros publiant et les départs en retraite de deux autres collègues importants. Elle dispose d'outils théoriques et expérimentaux lourds mis en place lors du précédent contrat (la microtomographie par exemple). Le projet manifeste la volonté d'utiliser ou implémenter ces outils, et propose des thématiques pertinentes dans le cadre d'une feuille de route très centrée sur les applications pétrolières, sans toutefois que le projet apparaisse clairement structuré. Les travaux proposés dans le domaine des huiles lourdes et du captage du CO<sub>2</sub> retiennent l'attention.

- **Conclusions :**

Le comité est très favorable à la poursuite des activités de cette équipe historique, dont les points forts et opportunités sont :

- Des thématiques en adéquation avec les missions du laboratoire et menée à un bon niveau.
- Une forte implication des personnels dans la vie de l'Université et l'enseignement
- Une très bonne capacité d'encadrement (HDR)
- Un parc expérimental de qualité
- Il reste à améliorer les points suivants et à en analyser les risques :
  - Le départ de personnes à fort poids scientifique
  - Le caractère très ciblé des questions posées
  - L'absence dans l'équipe de chercheurs CNRS ou TOTAL
  - Une visibilité internationale à améliorer



Le comité recommande à l'équipe de veiller à bien positionner ses thématiques dans des questionnements scientifiques plus généraux et de mieux faire ressortir sa stratégie globale. Il l'encourage à maintenir ses efforts sur le niveau des publications car il est persuadé qu'elle est à même de se situer à un niveau international de façon plus explicite.

**Intitulé de l'équipe :** Propriétés de transport

**Responsables :** M. Christian BONED (actuel), M. Guillaume GALLIÉRO (futur)

- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	2	2
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	1	0
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs (cf. Formulaire 2.2 et 2.4 du dossier de l'unité)	0	0
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	1	1
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	0	0
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.7 du dossier de l'unité)	2	3
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	3	2

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

L'équipe met au point des dispositifs expérimentaux sophistiqués destinés à mesurer la masse volumique et la viscosité de systèmes complexes sous hautes pressions (jusqu'à 1400 bar et bientôt jusqu'à 3000 bar). L'originalité de cette équipe est qu'elle utilise la dynamique moléculaire et qu'elle développe des modèles thermodynamiques basés sur la thermodynamique statistique comme l'équation SAFT afin de représenter les résultats expérimentaux acquis. Les résultats obtenus sont excellents sur le plan expérimental et très bons en modélisation. La recherche menée est de qualité et les résultats obtenus ont de nombreuses applications concrètes en génie pétrolier.

La production scientifique est très bonne: huit articles/an pour 2 enseignants-chercheurs et un chargé de recherches. Les journaux sont les meilleurs du domaine.

Les fortes interactions avec le groupe Total permettent à cette équipe de pouvoir développer son activité de qualité. Cette étroite collaboration devrait encore durer de nombreuses années.

- Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'équipe ou du projet dans son environnement :

L'équipe participe au projet Nadia Bio piloté par Renault et soutenu par le pôle de compétitivité Mov'eo. Elle a de fortes collaborations avec le Japon, l'Allemagne, l'Espagne et le Danemark.



- **Appréciation sur la stratégie, la gouvernance et la vie de l'équipe ou du projet :**

L'équipe a une très bonne communication externe avec la participation à l'organisation de plusieurs congrès internationaux. Certains de ses membres s'impliquent dans l'enseignement et dans les structures de l'Université.

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet est bien construit et s'inscrit dans la continuité des recherches antérieures avec un renforcement de l'aspect dynamique moléculaire. Suite au départ en retraite d'un membre de l'équipe et à l'embauche par Total d'un autre membre, cette équipe va voir son effectif diminuer. Elle a donc fait le choix judicieux d'accroître ses collaborations avec les autres composantes de l'unité. Le soutien financier de Total et l'implication dans le projet NADIA\_bio permettront à l'équipe d'avoir les moyens financiers nécessaires pour réaliser son projet. Le projet est original avec le développement de nouveaux appareils et le renforcement de la thématique dynamique moléculaire, utilisée à la fois comme outil de compréhension et de corrélation.

- **Conclusions :**

L'équipe effectue une recherche de haute qualité reconnue nationalement et internationalement aussi bien sur le plan expérimental que sur la partie modélisation. Ses points forts et opportunités résident principalement dans sa double compétence, mesures expérimentales et modélisation. Mais suite au départ de la moitié des permanents de l'équipe, il est vital que cette équipe se rapproche de l'équipe "comportement de phases" afin d'éviter une masse sous critique.

Le comité recommande d'essayer de trouver de nouveaux membres de qualité afin de renforcer cette équipe.



**Intitulé de l'équipe :** Comportement de phases

**Responsable :** M. Jean-Luc DARIDON

- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	6	3
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	0	0
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs (cf. Formulaire 2.2 et 2.4 du dossier de l'unité)	0	1
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	1	1
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	0	0
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.7 du dossier de l'unité)	3	1
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	5	3

- **Appréciation sur la qualité scientifique et la production :**

L'équipe développe des dispositifs expérimentaux originaux et sophistiqués destinés à estimer le comportement de phase de fluides complexes à haute température et très haute pression. Il ne fait aucun doute que l'équipe possède un niveau de compétence dans la maîtrise et dans la conception de ces appareillages tout à fait remarquable. La recherche menée est de qualité et les résultats obtenus ont de nombreuses applications concrètes en génie pétrolier.

La production scientifique est bonne : une dizaine de publications/an pour 6 enseignants-chercheurs. Les journaux sont les meilleurs du domaine. Malheureusement, la moitié des membres de l'équipe a une activité très faible voire inexistante de publications. Deux membres de l'équipe, qui ont organisé plusieurs congrès internationaux, sont en fait les vrais moteurs de la structure.

Les fortes interactions avec le groupe Total permettent à cette équipe de développer une activité de qualité. Cette étroite collaboration devrait encore durer de nombreuses années.

- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'équipe ou du projet dans son environnement :**

L'un de ses doctorants a obtenu le Prix "Chris Wormald" de la meilleure thèse européenne en thermodynamique. Plusieurs conférences invitées sont à mettre au crédit de cette équipe qui développe de très fortes collaborations avec le Portugal.

En termes de valorisation, l'expertise acquise dans le domaine des hautes pressions a permis de développer des manipulations de travaux pratiques de thermodynamique sous pression.



- **Appréciation sur la stratégie, la gouvernance et la vie de l'équipe :**

Citons une très bonne communication externe avec l'organisation de plusieurs congrès internationaux et la forte implication des différents membres dans l'enseignement et dans les structures de l'Université.

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet est très bien construit et s'insère dans la problématique sociétale de la raréfaction des réserves pétrolières. De nouveaux dispositifs expérimentaux, spécifiques des fluides pétroliers difficiles à extraire vont être pensés et construits.

Le départ en retraite de 2 membres de l'équipe devrait être compensé par des recrutements. Ce nouveau potentiel humain devrait permettre à l'équipe de mener à bien son projet. Le soutien financier constant de Total permettra de construire les nouveaux appareillages.

Le projet est original et fortement tourné vers les enjeux sociétaux des prochaines années.

- **Conclusions :**

L'équipe effectue une recherche de haute qualité reconnue nationalement et internationalement. L'arrivée d'un membre de l'équipe « Colloïdes et Interfaces » et le départ en retraite de deux membres non publiants doivent être vus comme des opportunités pour l'équipe de conforter sa recherche de qualité.

L'expertise acquise au niveau de la conception d'appareillages travaillant dans des conditions extrêmes est sans nul doute le point fort de cette équipe.

En termes d'amélioration, il serait souhaitable de renforcer la partie modélisation qui à l'heure actuelle est un peu faible en comparaison de la partie expérimentale.

Le comité recommande à l'équipe de continuer à mener une recherche de qualité dans le domaine du génie pétrolier qui va devoir résoudre des problèmes de plus en plus complexes.



**Intitulé de l'équipe :** Géomécanique – Milieu poreux

**Responsable :** M. Gilles PIJAUDIER-CABOT

- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet sur la base du dossier déposé à l'AERES :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	5	7
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	0	0
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs (cf. Formulaire 2.2 et 2.4 du dossier de l'unité)	0	0
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	0	0
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	0	0
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.7 du dossier de l'unité)	1	1
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	2	2

- **Appréciation sur la qualité scientifique et la production :**

L'équipe s'est constituée depuis 2006 suite à l'arrivée d'un nouveau professeur dans le laboratoire. Outre ce professeur, elle comporte 4 maîtres de conférences dont 1 HDR, tous très investis dans la vie de l'unité ou de leur établissement respectif. Cette équipe vise en premier lieu à étudier le couplage entre endommagement (microfissuration) et perméation de géomatériaux ainsi que les propriétés des fluides dans les Tight Gas Reservoir (TGR). Des expérimentations avancées, combinées à des outils de modélisation mettant en jeu des concepts de mécanique non linéaire et de simulations moléculaires, sont développées. Un aspect intéressant de la démarche suivie est précisément de simuler les écoulements dans les réservoirs peu perméables à l'aide d'approches de type Monte-Carlo ou de dynamique moléculaire. Ces approches sont déjà bien répertoriées par ailleurs (comportement des fluides confinés en chimie physique), mais l'objectif consistant à évaluer la qualité des modèles macroscopiques de perméation disponibles est tout à fait original. Les expériences de microfissuration par onde de choc électrique sont uniques en mécanique des roches pétrolières et doivent être fortement encouragées. Sur un plan tout à fait complémentaire, l'équipe a mis au point des dispositifs permettant de mesurer des micro quantités adsorbées dans les réservoirs, sur des intervalles de [température, pression] adéquats pour l'étude des TGR. L'ensemble des travaux ont fait l'objet d'une collaboration soutenue avec l'équipe « Colloïdes et interfaces » et avec l'équipe « Propriétés de transport » qui adaptent des modélisations par dynamique moléculaire pour des simulations d'écoulements. On notera que les thèmes étudiés par l'équipe sont dans l'ensemble très porteurs et de nature pluridisciplinaire, avec des retombées importantes pour le génie pétrolier.

La production scientifique des membres de cette équipe dans des revues d'excellente qualité est très bonne, ce qui participe de son bon positionnement au plan international.

Comme pour les autres équipes elles sont assurées par la relation avec Total et par la reconnaissance au niveau de l'ANR et de la Communauté Européenne.



- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'équipe ou du projet dans son environnement :**

C'est une équipe dont la renommée est assurée par celle de son responsable qui a fait l'objet de nombreuses invitations à des congrès. Sa capacité à recruter des chercheurs, post-doctorants ou étudiants de haut niveau est très bonne et devrait être poursuivie et amplifiée. Elle bénéficie de financements auprès de l'ANR et de l'ERC.

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet de l'équipe est principalement articulé autour des actions suivantes : i) les TGR (Tight Gas Reservoir ; ii) la poromécanique en conditions statiques et dynamiques, action soutenue par le contrat européen Failflow (coordonné par le responsable de l'équipe) impliquant 6 chercheurs du Laboratoire; iii) la caractérisation géophysique et interaction ondes-fluides en milieu poreux. L'étude du confinement sur les écoulements monophasiques, ainsi que les modélisations multi-constituants sont autant de thématiques du projet qui sont de nature à renforcer les liens avec les équipes « Colloïdes et interfaces » et « Propriétés de transport ». En raison du grand intérêt scientifique et pratique des expériences de microfissuration par onde de choc électrique, l'équipe devra songer à leur interprétation appropriée en développant des outils théoriques et/ou numériques nouveaux, ce qui n'est malheureusement pas explicité dans le document de synthèse présenté.

Cette équipe récente bénéficie d'appui nationaux et internationaux conséquents, qui ne sont d'ailleurs pas sans poser de problème dans le futur du fait de recrutement de plusieurs CDD sur l'ERC.

La prise de risque est importante du fait des milieux étudiés et de la complexité des problématiques fondamentales qu'ils sous-tendent.

- **Conclusions :**

Compte tenu de l'évolution de ce groupe, auparavant transversal, vers une configuration d'équipe (pluridisciplinaire), il faudra veiller à concrétiser les interactions disciplinaires au sein même de l'équipe. C'est, avec le maintien du bon niveau de l'activité expérimentale, une des conditions-clé de la réussite du projet de l'équipe. En modélisation, le succès exigera de tenir compte au mieux de la structure moléculaire des fluides, de la structure des surfaces et des différents types d'interactions car ces aspects sont souvent essentiels dans le comportement des fluides confinés. Enfin, il conviendra de faire en sorte que l'implication des (3) membres de l'équipe sur le projet ERC ne mette pas en difficulté ou déséquilibre le projet collectif ambitieux de l'équipe.





**Intitulé de l'équipe :** Réservoirs géologiques

**Responsable :** M. Damien DHONT

- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	5	4
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)		
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs (cf. Formulaire 2.2 et 2.4 du dossier de l'unité)	2	1
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)		
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)		
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.7 du dossier de l'unité)	7	3
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	3	2

- **Appréciation sur la qualité scientifique et la production :**

L'équipe proposée est constituée de 5 des 6 enseignant-chercheurs de l'équipe « Modélisation et imagerie en géologie » de l'UMR 5212 MIGP (Laboratoire de modélisation et imagerie en Géosciences de Pau). Elle mène des recherches en géologie structurale sur divers chantiers, principalement les Andes et les Pyrénées, en utilisant une approche basée sur la télédétection, la géomorphologie et la géomodélisation. Sa production scientifique a augmenté au cours du présent quadriennal et a atteint un bon niveau moyen, avec toutefois de fortes disparités. Cette production se traduit cependant par un faible niveau de citations dans la littérature internationale.

- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'équipe ou du projet dans son environnement :**

L'appréciation est bonne. L'équipe a encadré un nombre raisonnable de doctorants, avec publications à la clé et un bon placement professionnel. Les projets ont été financés aussi bien au niveau local (région) que national (industrie) ou international (coopération interuniversitaire) ce qui démontre une bonne intégration.

- **Appréciation sur la stratégie, la gouvernance et la vie de l'équipe ou du projet :**

Il faut noter une forte charge d'enseignement.

- **Appréciation sur le projet :**

En l'absence de spécialistes du réservoir et en particulier de l'imagerie sismique, le projet, axé sur la géomorphologie et la géomodélisation pseudo-3D (basée uniquement sur les données de surface), apparaît comme relativement déconnecté de l'objet d'étude. L'idée que les changements de surface (érosion, sédimentation) peuvent influencer la maturation et la migration des fluides est cependant pertinente et mérite d'être testée sur des cas bien



documentés, mais cela nécessitera de développer des collaborations avec les équipes déjà actives sur ce sujet. Le devenir des recherches en sismotectonique n'est pas clair.

- **Conclusion :**

L'avis du comité est assez réservé compte tenu du manque de cohérence introduit par l'éclatement de l'UMR 5212 MIGP. Le point positif est sans doute de rapprocher des géologues et des physiciens travaillant avec des méthodes très différentes sur un même objet, le réservoir pétrolier. Mais, la distance scientifique avec le LTEFC est grande et l'intégration de cette petite équipe prendra certainement du temps.

Le comité recommande un rapprochement avec l'équipe « Géomécanique - milieux poreux » qui pourrait favoriser les échanges entre approches physiques et géologiques. Une ré-intégration des géologues à mi-parcours est également à étudier.

## Analyse des actions transversales

Les deux thèmes transversaux du laboratoire correspondent à deux enjeux technologiques, économiques et environnementaux importants relatifs à la gestion et l'exploitation des ressources pétrolières actuelles. Ils concernent le traitement des gaz acides (CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>S) présents dans les gisements de gaz naturel (thème « gaz acides ») et l'exploitation des hydrocarbures de très grande viscosité (thème « bruts lourds »).

- « Gaz acides »

Les études sont tournées principalement vers :

- La résolution des problèmes de stockage dans les couches géologiques, en relation très directe avec les recherches fondamentales faites au laboratoire sur les propriétés physiques et mécaniques des milieux poreux (équipe 4) mais aussi celles sur les interfaces (équipe 1). Ces recherches, souvent annoncées comme des priorités, en particulier dans le cadre de la lutte contre le réchauffement climatique, sont très soutenues par des contrats ANR (débutés entre 2004 et 2007). Les thèses (3) sur le stockage géologique des gaz acides ont donné lieu en particulier à trois articles dans les revues internationales sur la période 2007-2008

- Des études concernant un nouveau procédé de captage de CO<sub>2</sub> par formation d'hydrates solides (projet effectué dans le cadre d'un contrat ANR) ont débuté en 2007. Ce projet n'en est qu'à ses débuts mais son importance est confirmée dans les perspectives 2011-2014.

Seul le responsable du thème est cité dans le rapport. Via les publications, il apparaît qu'un chercheur de l'équipe TOTAL et des chercheurs des équipes 1 et 3 participent aux travaux sur ce thème technologique. En revanche l'implication de la nouvelle équipe 4 (géomécanique milieux poreux) dans le thème transversal, ou son positionnement par rapport au thème, ne sont pas faciles à évaluer. La stratégie du laboratoire concernant cette activité essentielle sur les milieux poreux devra être clairement établie au cours du nouveau mandat du LTEFC.

- « Bruts lourds »

Le thème « bruts lourds » est relativement récent au laboratoire (2003). L'objectif est de répondre aux problèmes technologiques posés par l'exploitation des gisements hydrocarbures de très forte viscosité. L'activité dans ce thème concerne la structure et la caractérisation (propriétés physiques et mécaniques) des huiles ultra lourdes, ainsi que les procédés permettant leur extraction. Là aussi seul le responsable du thème est cité mais, via la liste des publications de l'unité on constate que des chercheurs des équipes 1, 3 et 4 ainsi qu'un chercheur de l'équipe TOTAL, ont effectivement participé à la production scientifique sur ce grand thème sur la période 2007-2009. Sept publications dans les revues internationales à Comité de lecture sont annoncées explicitement sur ce thème dans le rapport. Par ailleurs le thème a donné lieu à 5 financements de thèses sur la période.

- **Perspectives**

La présentation de la structure du laboratoire pour les quatre années à venir met encore plus en exergue ces deux thèmes transversaux.



Les liens avec le groupe « milieux poreux et géomécanique » sont clairement annoncés dans le cadre de trois projets sur les matériaux géologiques.

Les perspectives présentent un large spectre d'études sur les propriétés des hydrocarbures lourds et les procédés d'extraction par injection d'eau ou de gaz. Dans ce domaine difficile, mettant en jeu des milieux bi ou triphasiques, le laboratoire aura besoin non seulement des recherches amont effectuées par les cinq équipes mais aussi de collaborations extérieures. L'annonce de ce type de collaborations dans le domaine des écoulements diphasiques va tout à fait dans le bon sens.

Il faut aussi encourager les études engagées ou prévues sur les changements d'échelles dans l'analyse des propriétés physiques et mécaniques des matériaux géologiques, et de leur modélisation. En plus de la synergie des équipes annoncée sur ce sujet, des collaborations avec des laboratoires extérieurs spécialisés dans l'étude des milieux poreux (à Bordeaux, Toulouse ou Poitiers par exemple) pourraient être intéressantes.

Note de l'unité	Qualité scientifique et production	Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement	Stratégie, gouvernance et vie du laboratoire	Appréciation du projet
A	A	A	A+	A+



## REPONSE DU LTEFC AU RAPPORT D'EVALUATION DE L'AERES

Le laboratoire a pris connaissance du rapport d'évaluation de l'AERES, évaluation du bilan et du projet à venir. Nous souhaitons tout d'abord remercier les membres du comité pour la pertinence de leur analyse et pour les nombreux conseils prodigués. Nous sommes d'accord avec les avis émis. Nous partageons globalement la même vision des atouts de notre unité et des risques que nous prenons pour le futur.

### Présidence

Les réserves du comité concernant l'intégration de nos collègues géologues sont mentionnées à plusieurs reprises. Il est vrai que cette intégration constitue un « beau défi » qui requiert une synergie renforcée avec l'ensemble du laboratoire et notamment l'équipe géomécanique, mais aussi une ouverture de l'unité aux thématiques couvertes par l'INSU pertinente dans notre domaine scientifique.

Nous pensons tout d'abord que cette ouverture sera aidée par les collaborations potentielles entre les équipes de recherche au sein de la fédération IPRA. De plus, l'élargissement des collaborations dans le domaine des sciences de l'ingénieur offert par la création de SIAME est un facteur de développement dans une dynamique d'intégration collective. L'évaluation très positive de la fédération IPRA constitue pour nous un facteur de succès et de confiance en l'avenir.

Nous envisageons aussi l'intégration de nos collègues géologues comme une valeur ajoutée au périmètre de l'unité. Nous sommes conscients que cette intégration prendra du temps. C'est un risque mesuré que nous sommes prêts à prendre et qui doit aussi être assumé collectivement avec nos tutelles. Nous aurons besoin en particulier du soutien du CNRS qui a souhaité que l'activité des chercheurs du MIGP se poursuive au sein d'unités mixtes pour les quatre années à venir.

Nous tenons enfin à rappeler que la reconnaissance internationale de nos chercheurs est aujourd'hui un facteur de visibilité de nos travaux et d'innovation dans les sujets abordés. Cette dynamique permettra à court terme de renforcer certaines thématiques du fait d'une attractivité largement améliorée de nos approches expérimentales et théoriques, et devrait se concrétiser par l'arrivée de nouveaux enseignants-chercheurs et chercheurs de qualité. Le couplage des thématiques avec la formation en Master II spécialisée dans le génie pétrolier sera également un facteur d'excellence pour le recrutement d'étudiants de haut niveau.

Pau, le 23 Février 2010

Le Président de l'Université,  
Jean-Louis GOUT

Alain GRACIAA et Gilles PIJAUDIER-CABOT