



**HAL**  
open science

## PC2A - Physicochimie des Processus de Combustion et de l'Atmosphère

Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. PC2A - Physicochimie des Processus de Combustion et de l'Atmosphère. 2009, Université Lille 1 - Sciences et technologies. hceres-02033488

**HAL Id: hceres-02033488**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02033488>**

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

# Rapport d'évaluation

Unité de Recherche :

Laboratoire de Physicochimie des Processus de

Combustion et de l'Atmosphère

de l'Université des Sciences et

Technologies de Lille



Mars 2009



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

Section des Unités de recherche

# Rapport d'évaluation

Unité de recherche

Laboratoire de Physicochimie des Processus  
de Combustion et de l'Atmosphère

de l'Université des Sciences et  
Technologies de Lille



Le Président  
de l'AERES

Jean-François Dhainaut

Section des unités  
de recherche

Le Directeur

Pierre Glorieux

mars 2009



# Rapport d'évaluation



## L'Unité de recherche :

Nom de l'unité : Physicochimie des processus de combustion et de l'atmosphère - PC2A

Label demandé : UMR

N° si renouvellement : 8522

Nom du directeur : M. Jean-François PAUWELS

## Université ou école principale :

Université des Sciences et Technologies de Lille

## Autres établissements et organismes de rattachement :

CNRS

Ecole des Mines de Douai

## Dates de la visite :

17 & 18 décembre 2008

# Membres du comité d'évaluation



## Présidente :

Mme Dany ESCUDIÉ, CETHIL, Lyon

## Experts :

Mme Brigitte ATTAL-TRETOU, ONERA, Palaiseau

Mme Frédéric BATTIN-LECLERC, DCPR, Nancy

M. Gilles GODARD Gilles, CORIA, Rouen

M. Horst HIPLER, Universität Karlsruhe, Allemagne

M. Stéphane LE CALVE, CGS, Strasbourg

M. Pierre MERCIER, LETH/CEA, Grenoble

## Experts représentant des comités d'évaluation des personnels:

M. Christian ANGELBERGER, CoNRS

M. Philippe SAUTET, CNU

# Observateurs

## Délégué scientifique de l'AERES :

Mme Marie Yvonne PERRIN

## Représentants de l'université ou école, établissement principal :

M. Isam SHAHROUR, Vice Président Recherche, Lille 1

M. Claude NODOT, IR, Lille 1

## Représentants des organismes tutelles de l'unité :

M. Denis VEYNANTE, DSA CNRS ST2I

M. Jean-Claude BARA, Directeur adjoint, Ecole des Mines de Douai

M. Eric DURIEUX, Directeur de la Recherche, Ecole des Mines de Douai

M. Jean-Claude DURIEZ, Directeur de l'Ecole des Mines de Douai

# Rapport d'évaluation

## 1 • Présentation succincte de l'unité

Le PC2A est une UMR CNRS qui dépendait au début du quadriennal 2006-2009 de trois tutelles : l'Université de Lille1, l'Université d'Artois, le CNRS. Depuis deux ans, et suite au retrait de l'Université d'Artois, son périmètre regroupe une vingtaine de permanents qui s'inscrivent principalement dans deux thématiques scientifiques qui ont donné leur nom à l'unité : la physicochimie de la combustion et de l'atmosphère.

Pour le prochain quadriennal 2010-2013, le PC2A propose l'intégration de deux départements (Département Chimie-Environnement-DCE et Département Energétique Industrielle-DEI) de l'Ecole des Mines de Douai qui devient donc nouvelle tutelle de l'unité aux côtés du CNRS et de Lille1. Ce futur périmètre, construit autour d'un élargissement des thématiques porteuses de l'ex-PC2A, conduit à un doublement du nombre des membres de l'unité et, globalement, à l'affichage de deux nouvelles équipes issues des deux départements de l'EMD. La première apporte une composante socio-économique et de santé publique à la physicochimie de l'atmosphère ; elle a pour but la construction de bases de données grâce à une métrologie embarquée et le développement d'activités associées à la problématique de la qualité de l'air. La deuxième rajoute aux thématiques qui assurent la notoriété de l'unité, un volet transferts thermiques convectifs.

L'unité devrait regrouper au total **54 permanents** dont :

- **26 Enseignants-Chercheurs** (10 Lille1, 1 Artois, 11 EMD-DCE, 4 EMD-DEI),
- **5 Chercheurs CNRS**,
- **23 ITA-IATOS** (5 Lille1, 5 CNRS, 13 EMD) dont 9 Ingénieurs (1 Lille1, 4 CNRS, 4 EMD), 11 Techniciens (3 Lille1, 1 CNRS, 7 EMD) et 3 Administratifs (1 Lille1, 2 EMD).

On compte, pour la nouvelle unité, **15 EC/C titulaires d'une HDR** (7EC+2C PC2A, 4 EMD-CE, 2 EMD-DEI), dont 12 encadrent des thèses (6 PC2A, 4 EMD-DCE, 2 EMD-DEI) et dont **7 bénéficient de la PEDR** (7 PC2A, les EC de l'EMD n'étant pas destinataires de cette prime).

Le nombre d'**EC/C publiants** est de **31** (16 PC2A, 11 EMD-DCE, 4 EMD-DEI). Les EC non publiants de l'EMD ne sont pas rattachés à la future entité PC2A.

Les EC/C du PC2A encadrent actuellement **35 Doctorants** (15 PC2A, 15 EMD-DCE, 9 EMD-DEI, dont 4 sont en codirection PC2A/EMD), tous financés (3 allocations Ministère, 2 BDI CNRS/Région NPDC, 8 bourses de l'EMD, 1 bourse EMD/fonds propres PC2A, 5 Programmes Européens, 7 Armines/organismes ou industriels, 5 CIFRE, 1 organisme régional, 1 ADEME/Région NPDC, 1 IRSN, 1 Politecnico di Milano).

Au cours du précédent quadriennal, **36 thèses ont été soutenues** (18 PC2A actuel, 12 EMD-DCE, 6 EMD-DEI) et 3 doctorants ont abandonné (1 PC2A, 2 EMD-DEI). La durée moyenne des thèses est proche de 3,4 ans. Le comité a aussi relevé la **soutenance de 3 HDR** (1 PC2A, 2 EMD-DCE).

## 2 • Déroulement de l'évaluation

L'évaluation du laboratoire s'est déroulée dans de très bonnes conditions. Les experts ont tout particulièrement apprécié la qualité de l'accueil qui leur a été réservé par les membres du laboratoire, qui se sont tous impliqués pour la réussite de ces deux journées. Il faut également noter que les débats et discussions tout au long de cette évaluation ont beaucoup bénéficié de l'envoi préliminaire de documents préparatoires précis, complets et très bien rédigés.



Traditionnellement, l'organisation des deux journées a fait une large part à des présentations et à la visite de plusieurs installations, réparties sur les différents sites occupés par les trois entités qui proposent de se regrouper dans le cadre du prochain quadriennal : les départements « Chimie et Environnement », « Energétique Industrielle » de l'Ecole des Mines de Douai et le PC2A UMR 8522.

### *Présentations*

Si tous les intervenants ont réalisé un effort pour présenter les activités de l'unité et des équipes qui la composent, le comité a cependant noté une certaine disparité. Quelques exposés se sont en effet résumés à dérouler un catalogue d'actions, avec le souci de faire apparaître les travaux de chaque individu, au détriment d'une vision synthétique. De même, le positionnement vis à vis de la communauté scientifique et l'analyse prospective basée sur une étude des forces et des faiblesses ont souvent fait défaut. Des présentations axées davantage sur les verrous scientifiques à lever et sur les stratégies mises en œuvre auraient facilité l'analyse globale de l'unité et de son projet, dans le cadre de son nouveau périmètre.

### *Visites*

Le comité d'experts a particulièrement apprécié les visites qui ont aidé à mieux cerner la nature et les objectifs des recherches poursuivies par les différentes composantes de l'unité. Le choix d'un libre parcours, un peu déroutant pour certains et conduisant parfois à réentendre une part des exposés, a cependant facilité le contact avec une grande partie des personnels du laboratoire.

## 3 • Analyse globale de l'unité, de son évolution et de son positionnement local, régional et européen

### *PC2A actuel*

Le PC2A est un laboratoire internationalement reconnu dans le domaine de la modélisation de la cinétique chimique et le développement de diagnostics expérimentaux avancés, tant en combustion qu'en chimie atmosphérique. Le point fort de ses activités scientifiques repose sur la mise au point et sur l'utilisation de techniques laser innovantes (CRDS, FAGE), en particulier dédiées à la mesure d'espèces minoritaires et de faibles quantités de polluants. L'unité s'appuie sur les compétences certaines de deux équipes (physicochimie de la combustion et physicochimie de l'atmosphère) qui participent, chacune à leur manière, à la notoriété du laboratoire et contribuent à la mise en œuvre d'une politique scientifique cohérente.

Avec 70 articles dans des revues à comités de lecture, la production du laboratoire est en nette augmentation (-1/an/EC), majoritairement dans des journaux à très bon impact. La participation à la formation doctorale est également très régulière (4 thèses soutenues/an en moyenne) et on peut noter que l'ouverture vers la valorisation et le milieu industriel est marquée, même si elle n'est pas accompagnée de dépôt de brevets.

Le PC2A bénéficie par ailleurs d'un environnement humain particulièrement propice. Il allie en effet un caractère jeune et dynamique, du fait des récents recrutements, à une gestion et une gouvernance remarquables, en lien avec la forte implication de son directeur. Le seul point faible relevé sur le précédent quadriennal est lié au retrait de l'Université d'Artois, qui a conduit à la perte de deux enseignants-chercheurs, affaiblissant de fait la thématique combustion et principalement ses activités « moteurs ».

### *Ecole des Mines de Douai (EMD)*

Les deux départements de l'Ecole de Mines de Douai, dont la stratégie scientifique est principalement guidée par une recherche applicative contractuelle ou sur commande des ministères, affichent des caractéristiques et des spécificités qui ont conduit le comité d'expert à porter une appréciation différenciée.



Le département « Chimie et Environnement », le plus proche des activités du PC2A relatives à la physicochimie de l'atmosphère (études cinétiques et métrologie atmosphérique), s'inscrit principalement dans le cadre d'une démarche guidée par la demande sociétale, affichant relativement peu de partenariats industriels. Avec environ 0.7 publications/an/EC, la production dans des journaux internationaux à comité de lecture reste moyenne. Néanmoins, la volonté de mettre en œuvre un lien avec les approches académiques développées au PC2A s'accompagne, sur la période récente, de publications communes et d'un accroissement significatif, même si les retombées en terme d'impact international sont encore à consolider.

Concernant le département « Énergétique Industrielle », les travaux sont jusque là basés sur une approche très globale, conduisant à une production scientifique extrêmement faible, et relevant essentiellement d'études contractuelles à caractère industriel.

### *Evolution*

Le nouveau périmètre de l'unité proposée pour le prochain quadriennal, regroupe le PC2A aux deux départements de l'Ecole des Mines. Il offre au PC2A la possibilité d'accroître significativement sa taille, principalement autour de deux thématiques relevant de la physicochimie. La première, « Physicochimie de la Combustion », s'appuie sur une équipe ER1 principalement issue du PC2A actuel. La deuxième « Physicochimie de Atmosphère » repose sur deux équipes (ER2 et ER3) qui renforcent l'activité du laboratoire dans les domaines de la réactivité atmosphérique et de la métrologie, en le dotant de personnels expérimentés et d'appareillage de pointe. Enfin, il faut noter l'apparition d'une nouvelle équipe « Transferts Thermiques Convectifs », qui résulte de l'intégration du département « Énergétique industrielle », dont une partie viendrait diversifier les activités de combustion via l'étude de la combustion hétérogène de particules de charbon, de biomasse, ou issues du broyage de déchets.

La collaboration ainsi concrétisée, entre la recherche académique réalisée au PC2A et celle plus appliquée des départements de l'EMD, pourrait être bénéfique au lien entre théorie et application, mais en réalité, cette nouvelle unité présente d'importantes hétérogénéités qui peuvent engendrer un affaiblissement de l'actuel PC2A. En effet, si le projet commun présente un potentiel certain d'enrichissement réciproque au niveau des équipes ER1, ER2 et ER3 (via le développement de techniques expérimentales avancées -CRDS, LII, LIF-, leur application à l'analyse de l'atmosphère et de la combustion, la modélisation de la chimie atmosphérique ou le développement de liens entre sources polluantes et évolutions ultérieures des émissions), en revanche, l'ambition affichée d'étudier en détail la combustion dans les foyers industriels hétérogènes où l'adossement d'activités liées aux transferts convectifs (ER4), ne paraissent pas vraiment pertinents.

### *Contexte local, régional, international*

Le PC2A est une unité bien positionnée dans les réseaux et fédérations de la région Nord Pas de Calais. Son implication dans les programmes régionaux est très forte en particulier via le CPER et le GIS IRENI qui a contribué à une meilleure structuration régionale en favorisant la connaissance respective des équipes locales et leur fédération au sein de projets communs (en particulier avec le département Chimie et Environnement de l'Ecole des Mines de Douai). L'unité a aussi participé avec le Laboratoire de Mécanique de Lille (LML) à la mise en place de la plate forme nationale de Métrologie Optique de Lille (MéOL). Elle propose dans ce cadre un atelier d'initiation aux méthodes de spectroscopie laser pour l'analyse des milieux réactifs qui recueille un franc succès.

Le PC2A affiche des collaborations solides tant avec les laboratoires français qu'euro péens. Le comité a pu noter une participation efficace aux projets européens (STREP jusqu'en 2006, coordination d'un site de formation Marie-Curie), même si une consolidation dans le cadre du FP7 serait souhaitable afin de maintenir cette dynamique. En parallèle, la mise en place d'un laboratoire commun avec l'IRSN atteste de sa volonté et de sa capacité à pérenniser des liens avec le monde de l'entreprise.





## 4 • Analyse équipe par équipe et par projet

### ER1: Physicochimie de la Combustion (7 EC, 2Ch)

Cette équipe, qui s'organise en deux thématiques, "Cinétique chimique et combustion dans les moteurs automobiles" et "Diagnostics laser et mécanismes chimiques", développe des recherches de tout premier plan, en particulier sur la chimie de la combustion des hydrocarbures et de certains produits oxygénés. Ses deux points forts sont l'analyse des produits en Machine à Compression Rapide (MCR) et les diagnostics optiques par laser dans les flammes. Notons par ailleurs qu'il y a un très bon équilibre entre les activités expérimentales et celles de modélisation.

- Cinétique chimique et combustion dans les moteurs automobiles

L'étude de l'auto-inflammation de divers carburants dans la MCR constitue l'atout de cette thématique. Les données acquises sont une nécessité pour la validation et le développement de schémas cinétiques décrivant ce phénomène, primordial pour les nouveaux modes de combustion (HCCI, CAI et autres LTC). Les résultats acquis, utilisés de façon régulière par nombre de chercheurs aux niveaux national et international, ont conduit à une production scientifique conséquente et de grande qualité. La poursuite de cette activité est donc fortement souhaitable et prévue dans le projet présenté. La caractérisation des incertitudes liées à la présence de turbulence et à la non adiabaticité de la chambre complètera utilement le travail expérimental mais ne doit pas devenir l'objectif principal de cette thématique. Il est à noter que le départ de deux chercheurs de l'U. Artois (retraite, mutation) de deux chercheurs, jusque-là non remplacés, conduit à un déficit auquel il est nécessaire de rapidement pallier par un recrutement qui permette aussi la relance de thèses sur ce sujet.

Le travail de modélisation cinétique, se basant sur les études expérimentales dans la machine à compression rapide, complète de façon très pertinente l'approche retenue et contribue également à la reconnaissance scientifique de cette thématique. Le projet présenté propose l'utilisation de la chimie théorique pour tenter d'accéder à des constantes non accessibles de façon expérimentale. Cette activité naissante semble de fait judicieuse, il faudra cependant veiller à engager, autant que possible, des collaborations avec des chercheurs experts, tant au niveau local que national, afin de profiter de leur expérience dans ce domaine.

Un second volet expérimental mené dans cette thématique, concerne l'étude sur un moteur entraîné installé au LAMIH (site de Valenciennes). Il s'agit d'identifier les espèces mineures formées lors de la combustion, grâce à la possibilité d'accumuler ces espèces, ce qui n'est pas réalisable en MCR. Malgré l'intérêt évident de ces identifications pour la compréhension des modèles cinétiques, cette activité peut sembler de moindre importance au regard des autres travaux de la thématique. D'abord d'un point de vue scientifique, les conditions dans un tel dispositif ne sont ni isobares, ni isochores, ni isentropiques, ce qui complexifie singulièrement la modélisation des données acquises; d'autre part, il faut prendre en compte les très faibles ressources mobilisables par le laboratoire. Dans un tel contexte, le maintien de cette activité ne paraît pas justifiée et le comité considère qu'il serait plus raisonnable que l'unité focalise cette partie de l'activité sur la MCR dont l'intérêt scientifique est plus évident.

On peut noter qu'aucune des activités de recherche des départements de l'EMD ne va contribuer à cette thématique dans le projet présenté.

- Diagnostics laser et mécanismes chimiques

Le développement de techniques laser et leur couplage avec des méthodes de prélèvement et d'analyse spectroscopique pour l'étude des flammes est une activité scientifique phare du laboratoire. L'utilisation et le développement de techniques innovantes, telles la CRDS ou la mesure de température par fluorescence atomique de l'indium, lui permettent de réaliser des contributions originales dans ce domaine. Ces approches sont en particulier de toute première importance pour la validation et le développement de schémas cinétiques et de modèles décrivant la formation de matières particulaires dans les brûleurs et/ou les moteurs, principalement relatifs aux oxydes d'azote, mais aussi à la formation des HAP et des suies. Depuis plusieurs années, une partie de ce travail est réalisée en collaboration avec GDF pour le développement du schéma GDF-Kin pour l'oxydation du gaz naturel. Ces travaux seront poursuivis dans le projet présenté, en particulier au sein de l'ANR blanc SOOT piloté par le PC2A.



Dans ce domaine, les résultats du PC2A sont du meilleur niveau mondial et ils donnent lieu à une production scientifique de très grande qualité. Ils couvrent l'analyse et le dosage de gaz à l'état de traces dans les flammes jusqu'à la comparaison avec les calculs de cinétique chimique réalisés par l'équipe elle-même. La nature des mesures (LIF, LII, CRDS) place le groupe dans les 10 meilleurs laboratoires mondiaux. Plus précisément, on notera qu'au cours des quatre dernières années l'équipe a obtenu des résultats expérimentaux inédits, ouvrant de très nombreuses perspectives :

- le dosage de N-C-N comme radical intermédiaire de la formation du NO précoce, récemment prédit mais non observé en combustion, et sa comparaison avec les autres espèces OH, CH et NO (déjà mesurées par l'équipe) sur des flammes de méthane et acétylène,
- la comparaison in situ des cartes de PAH et de suies (LIF couplée à la LII) et la première observation du seuil de nucléation des suies primaires en fonction de la pression (entre 50 et 200mb). Seule cette approche, conduisant à une analyse quantitative, sera à même de lever les verrous importants relatifs aux processus de formation des nanoparticules carbonées en combustion.

L'originalité de ces sujets est évidente dans le contexte d'une recherche amont de qualité, mais de surcroît l'activité est aussi clairement appliquée pour produire des connaissances indispensables aux motoristes, notamment en termes de qualité/efficacité des combustibles. Ainsi l'analyse optique est effectuée sur des flammes de laboratoires mais aussi sur des foyers d'intérêt pratique. Le sujet en émergence où ces techniques peuvent apporter des informations précieuses est l'analyse fine des flammes à base de nouveaux combustibles (bio fuels). Ces derniers sont encore mal connus en termes de rendement. Leur propension à former des NOx et des suies devra être caractérisée optiquement. Les résultats étant comparés aux calculs de cinétique du laboratoire, des prédictions de comportement originales sont envisageables aux termes de ces études.

Le domaine d'application du savoir-faire reconnu du PC2A en techniques laser et spectroscopiques, ainsi qu'en modélisation cinétique, sera étendu au travers d'une étude contractuelle avec l'IRSN sur la réactivité de produits de fission. Dans ce contexte, la création d'un laboratoire commun CNRS/PC2A/IRSN permettra de pérenniser et d'étendre cette activité novatrice.

Une nouvelle ouverture de cette thématique est proposée via le regroupement avec des chercheurs du département "Énergétique industrielle" de l'EMD. Le but serait d'appliquer les diagnostics avancés, développés au PC2A pour des combustions homogènes, à la combustion hétérogène de particules de charbon ou de déchets broyés. L'intérêt réside dans la complémentarité des expertises, l'EMD apportant sa connaissance des foyers industriels et des équipements expérimentaux dédiés, le PC2A sa maîtrise des diagnostics de pointe et son savoir-faire en modélisation cinétique. Néanmoins, alors que le sujet de la modélisation des écoulements turbulents se trouve depuis quelques années en fort développement, à l'occasion de l'apparition des nouvelles méthodes de type LES (Large Eddy Simulation), le positionnement de la recherche de l'EMD par rapport aux réels enjeux scientifiques de cette thématique n'est clairement apparu, ni dans les documents fournis, ni dans les présentations orales. D'autre part, le développement d'une activité scientifique solide au sein de cette équipe nécessiterait l'utilisation des cinétiques développées dans des simulations complètes (tridimensionnelles) de brûleurs industriels. Or, ni l'équipe ER1 dans sa configuration actuelle, ni le département de l'EMD, ne disposent des compétences nécessaires en combustion turbulente et en mécanique des fluides numérique pour atteindre ces objectifs. En outre, le point particulier relatif à la validation des modèles physiques par des expériences spécifiques, qui doit également faire l'objet d'une attention particulière, n'a jamais été explicité.

La volonté d'ouverture vers la combustion de combustibles solides est une opportunité qui n'apporte pas pour l'instant de véritable plus. Cette équipe, éloignée thématiquement, dont la valorisation scientifique (via des publications) est insuffisante engendre de la dispersion et l'affaiblissement d'un projet consistant par ailleurs. La méconnaissance des verrous encore à lever conforte le sentiment d'un projet insuffisamment abouti pour une intégration réussie dans l'unité et qui mettrait en péril la cohérence visible et reconnue de l'équipe actuelle.

Pour résumer, il est clair que l'activité de la thématique 2 est florissante (forte production scientifique, nombreux contrats industriels et régionaux, 2 projets ANR acceptés, plusieurs doctorants en cours) et tout à fait novatrice. Le travail est réalisé grâce à une forte interaction entre les membres de l'équipe au sein de laquelle les compétences sont complémentaires et partagées. En revanche l'activité



« moteur entraîné », pour laquelle la production scientifique est plus faible, peine à exprimer son plein potentiel. Son projet scientifique apporte peu d'ouvertures vraiment nouvelles (le projet d'étude optique en machine à compression rapide est nécessaire pour améliorer la modélisation de cet appareillage, mais ne constitue pas un projet scientifique en lui-même) et il n'y a plus de doctorant en cours (la soutenance du dernier ayant eu lieu le 12 décembre). Il est vrai que cette thématique a été fragilisée par les problèmes avec l'Université d'Artois (en relation aussi avec la situation difficile d'un enseignant-chercheur), mais il serait dommage de voir périr cette équipe dont l'activité relative à la MCR, qui permet d'accéder aux valeurs expérimentales des délais d'auto-inflammation et aux flammes froides, est un atout pour le développement de modèles thermocinétiques. Le comité d'évaluation suggère d'engager une réflexion approfondie sur la stratégie à mener. Il préconise le recrutement d'un nouveau leader expérimenté sur ce thème et considère que l'arrêt des activités sur le moteur entraîné serait souhaitable. Dans ce contexte, un redécoupage des thématiques de cette équipe conduisant à l'affichage d'un seul thème sur la physico-chimie de la combustion, incluant les analyses en MCR, est à envisager.

Par ailleurs, la proposition d'ouverture vers la combustion industrielle et les grands foyers est à revoir. La création de cette nouvelle activité pose un certain nombre de problèmes relatifs à la dispersion des activités de l'équipe, alors que certaines de ses actions centrales sont à conforter.

| Note de l'équipe | 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                      |

### ER2 : Réactivité Atmosphérique Homogène et Hétérogène (6 EC, 1Ch)

Cette équipe, reposant principalement sur la notoriété du PC2A actuel, développe des recherches de grande qualité sur les espèces présentes dans l'atmosphère et sur leurs réactions chimiques. Grâce à la plate-forme de métrologie optique MéOL et à la fédération CERLA, elle dispose d'importants moyens expérimentaux pour la détection des espèces d'intérêt atmosphérique, ce qui lui permet de mener à la fois des études fondamentales sur la cinétique des réactions en phase homogène et hétérogène, et quelques travaux plus appliqués sur la métrologie des polluants. Cette structuration, qui donne une bonne visibilité à l'équipe, s'accompagne de la mise en place d'un binôme de jeunes chercheurs dont les résultats théoriques devraient consolider les développements expérimentaux en cours.

- Cinétique et mécanismes de réactions atmosphériques en phase gazeuse homogène

Le travail expérimental de cette thématique s'appuie sur des techniques analytiques de très haut niveau :

- la technique FAGE qui permet de mesurer simultanément les radicaux OH et HO<sub>2</sub>, deux espèces radicalaires particulièrement importantes,
- les techniques de photolyse laser couplées à la CRDS ou la fluorescence induite par laser,
- le couplage de la CRDS avec une chambre de simulation de 120 litres (Douai), qui est unique aux niveaux national et international.
- Le comité a noté le grand intérêt du projet expérimental développé pour mesurer avec plus de précision les radicaux atmosphériques (OH, HO<sub>2</sub>). Il a aussi salué la perspective, extrêmement novatrice, d'adapter la méthode FAGE à l'étude cinétique de réactions de combustion ; les données sur les réactions impliquant le radical HO<sub>2</sub> sont en effet encore beaucoup trop rares.



- Cinétique et mécanismes de réactions atmosphériques en phase hétérogène

Cette thématique a vu son effectif complètement renouvelé au cours du précédent quadriennal grâce au recrutement de deux EC auxquels s'ajoute celui d'un EC de l'EMD. Cette jeune structure développe des moyens expérimentaux à fort potentiel qui visent une analyse à l'échelle de la particule. Dans ce but, des réacteurs à écoulement seront couplés, par exemple, à la fois à un SMPS pour la mesure de la granulométrie de particules et à un AMS (second appareil de ce type en France) pour déterminer la composition chimique de la particule avec une résolution temporelle compatible avec des cinétiques rapides d'oxydation. Ce développement technologique devrait permettre à terme d'étudier la réactivité et le vieillissement des aérosols troposphériques (aérosols marins, sulfates, etc.), ainsi que la formation des Aérosols Organiques secondaires (AOS). Ces recherches sont d'un intérêt majeur pour mieux définir le rôle de la phase condensée atmosphérique et la composition chimique de l'atmosphère, mais aussi dans le cadre du réchauffement climatique (grande incertitude actuelle sur l'effet des aérosols).

- Dégradation des COV par photocatalyse et plasmas froids

Ce nouveau thème, basé sur l'utilisation de la photocatalyse en phase hétérogène et des plasmas froids en phase homogène pour le traitement et l'élimination des COV dans l'air, est abordé principalement du fait du recrutement d'un jeune MCF qui avait développé cette compétence dans son précédent laboratoire. Les réactions de dégradation des COV présentent des similitudes avec celles existant dans l'atmosphère puisque la photocatalyse permet de générer des concentrations très élevées du radical OH, qui est le principal oxydant atmosphérique. La formation des produits secondaires et les cinétiques des réactions sont en outre transposables. L'utilisation de la technique FAGE pourrait permettre, notamment, de déterminer les concentrations en radicaux OH en fonction de la distance au support photocatalytique, ce qui semble encore pas ou peu exploré.

- Groupe thématique de modélisation chimie atmosphérique et combustion

L'unité développe une compétence transversale (ER1-ER2) sur la modélisation physico-chimique, autour des travaux de quatre EC de Lille1 et d'un de l'Université Artois. L'activité principale est centrée sur les mécanismes cinétiques détaillés par une approche combinée expérience-théorie pour la combustion à basse température dans les moteurs, et à haute température dans les flammes. Cette combinaison directe au niveau de l'unité est très pertinente et devra être encouragée. Le recrutement et la reconversion thématique d'un EC, a permis la création d'une composante très active de modélisation à l'échelle moléculaire, qui reçoit de multiples sollicitations de la part des expérimentateurs du laboratoire ou de l'université. Les projets sont larges et les idées nombreuses : réactivité homogène (aromatiques,  $N_2 + CH$ , composés iodés pour la sûreté nucléaire), plasmas, réactivité hétérogène (gaz liquide, solvatation, gaz solide, NaCl, oxydes de fer...). Les méthodes utilisées ou envisagées sont très diversifiées (dynamique moléculaire classique, calcul ab initio, dynamique moléculaire ab initio, calcul périodique, QM/MM). Il faudra cependant veiller à focaliser sur un nombre raisonnable d'objectifs et de méthodes, afin d'approfondir les sujets, d'obtenir une visibilité dans le domaine et une expertise reconnue au sein de la communauté des chimistes théoriciens. Le développement de collaborations avec des groupes spécialisés en chimie théorique, qui est envisagé, doit être aussi encouragé au niveau Lillois, national ou international, afin d'assurer un contact avec les méthodes et leurs évolutions. Cette thématique commence à porter ses fruits en terme de publications dans de très bons journaux et de participation à des conférences internationales. Il faudra poursuivre cet effort en associant des doctorants à cette thématique.

Pour résumer, on peut dire que le bilan de cette équipe (principalement issue du PC2A actuel) est très bon. Son activité, reconnue internationalement, est très soutenue, et il est important de noter que le lien entre réactions homogènes et hétérogènes est très pertinent et source de progrès. Les très bons résultats obtenus reposent sur le développement d'une métrologie originale utilisant des sources nouvelles à hautes fréquences dans des applications pertinentes. Ils ont conduit à une forte production scientifique, à l'encadrement de plusieurs doctorants en cours et à la coordination d'un programme Européen Marie Curie (TOTECAT). Dans les deux thématiques, il y a un bon équilibre entre les activités expérimentales et la modélisation. Ainsi, il est intéressant de noter que les mesures réalisées au cours de ce quadriennal sont particulièrement originales, de même que les travaux de modélisation qui incluent à la fois des calculs de chimie théorique (ER2) et des modélisations atmosphériques à l'échelle régionale (ER3).



Les perspectives de l'équipe s'appuient sur un projet complet et très cohérent. Il intègre trois jeunes EC du département « Chimie et environnement » de l'EMD dont les compétences sont complémentaires de celles existantes dans la précédente configuration de l'équipe et sur la base d'actions communes matérialisées par la codirection de plusieurs thèses.

| Note de l'équipe | 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                      |

### ER3 : Métrologie et Qualité de l'Air (9 EC, 2 Ch)

Cette équipe repose principalement sur le département « Chimie et Environnement » de l'EMD, qui a une expertise reconnue dans l'analyse des polluants atmosphériques et en particulier des Composés Organiques Volatils (COV). Elle possède une grande expérience des campagnes de terrain et de l'analyse de traces, qui est reconnue en France et en Europe. C'est un « laboratoire référence », accrédité par le ministère pour l'analyse des COV, des méthodes de prélèvements et disposant d'une expertise en contrôle qualité. L'équipe a également acquis des compétences dans l'analyse des particules, tant sur la spéciation des métaux que sur la matière organique particulaire.

- Métrologie des polluants atmosphériques

L'équipe recherche l'exhaustivité dans la mesure de ces composants (métrologie précise et détaillée qui permet la détermination de la limite d'utilisation des capteurs). Elle examine aussi les particules et les métaux dans leur forme élémentaire ou spéciation (oxydes, nitrates...) dont les impacts sont différents. Enfin, elle est spécialisée dans les techniques de prélèvement et d'analyse à différentes échelles qui permettent d'alimenter des bases de données spatiales et temporelles d'une grande finesse, dont l'exploitation par des modèles sources-récepteurs est bien plus riche et originale que celle liée aux modèles déterministes. Son accréditation en fait un laboratoire privilégié pour les demandes du ministère et des industriels du domaine, ces derniers ayant accès à des mesures originales, difficiles à obtenir et qui enrichissent la connaissance sur ces espèces toxiques mais aussi sur l'origine de leur formation et les moyens de les neutraliser.

Suite au recrutement récent de quatre EC, cette équipe dispose d'un effectif jeune et dynamique, complété par un nombre conséquent de doctorants. Les recherches développées étant davantage orientées par une réponse à une attente sociétale, l'équipe possède une solide expérience de terrain, à travers des campagnes de mesures françaises et européennes. Dans ce contexte, de nombreux moyens analytiques extrêmement conséquents et performants ont été développés, dont certains sont uniques en France (spectromètre de masse pour l'analyse des aérosols -AMS haute résolution). En revanche, même si le comité a bien saisi l'importance de l'activité contractuelle liée à la surveillance de la qualité de l'air dans un contexte de santé publique, il a aussi pu évaluer la difficulté d'un affichage stratégique structuré. Ceci nuit au liant thématique et participe probablement à l'analyse d'une production scientifique plus limitée, qui n'a pas non plus bénéficié de l'implication des EC de l'ex-PC2A, eux-mêmes en position délicate sur ce point. Le nombre réduit de HDR en mesure d'encadrer des doctorants, tout comme la faible implication dans les projets et réseaux européens, constituent tout autant de points faibles qu'il conviendra de surveiller. Pour remplir les objectifs affichés du quadriennal en termes de recherche et de publications, l'équipe a donc prévu de réduire son activité contractuelle. Il faudra également veiller à la définition de priorités, dans un contexte lié à l'accréditation et aux aspects normatifs.



- Qualité de l'air

Dotée d'une expertise pointue en métrologie, l'équipe s'intéresse à plusieurs thématiques sociétales relevant de la qualité de l'air intérieur ou extérieur, en vue d'estimer l'impact de la pollution sur la santé (effet des poêles à pétrole sur la qualité de l'air intérieur, effets des nanoparticules sur la santé).

- Dans le cas de l'air intérieur (logements, écoles, véhicules), l'objectif est la détermination des sources et des facteurs d'influence des polluants tels que les COV. Ceci requiert des mesures de terrain et l'utilisation de différentes méthodes statistiques multidimensionnelles (ACP, PMF).
- Concernant l'air extérieur, les recherches sont développées en particulier dans le cadre de l'observatoire MERA. Elles visent à étudier les relations sources-récepteurs en milieu rural ainsi que la diffusion des émissions industrielles dunkerquoises, en fonction des conditions météorologiques, par le biais de mesures de terrain et de modélisations inverses simplifiées.

De par la nature des espèces dosées et les techniques optiques utilisées, l'équipe métrologie et qualité de l'air a de nombreux points communs avec les équipes de physico-chimie de la combustion et de l'atmosphère (ER1-ER2). Une nouvelle piste commune de développement du savoir faire pourrait être envisagée en complétant les mesures de petites particules (effectuées aujourd'hui par prélèvement) par des mesures optiques de type LII (sur le terrain à température ambiante). De même, dans la nouvelle configuration du PC2A, les équipes ER2 et ER3 devraient pouvoir former un continuum allant de l'étude fondamentale de la réactivité atmosphérique jusqu'à des travaux plus appliqués en lien direct avec la mesure de polluants et la modélisation de leur transport à l'échelle régionale. Le comité a ainsi noté que la dégradation de COV par traitement photocatalytique ou par plasma froid pourrait être rattachée à l'ER3. Inversement, les travaux portant sur la meilleure compréhension de la formation des radicaux OH, par exemple en présence de TiO<sub>2</sub>, auraient pu faire l'objet d'un affichage transverse ER2-ER3.

**En résumé**, cette équipe, qui a l'avantage de s'inscrire dans un contexte sociétal prégnant, s'appuie sur un potentiel humain réellement important aussi bien au niveau des chercheurs que des personnels techniques. L'équipe dispose de moyens analytiques conséquents tant au niveau des méthodes spectroscopiques (FAGE, Diode Laser accordable) que des méthodes chromatographiques (UPLC-MS, chromatographie ionique, multitude de GCs dédiés aux analyses de traces de COV). Néanmoins le comité a relevé un défaut de fil conducteur thématique, qui guiderait davantage les développements métrologiques, pour les mettre au service d'une analyse développée en réponse à des questions physiques. Ce manque de structuration des opérations scientifiques au sein de l'équipe induit un manque de visibilité au niveau de sa stratégie de recherche.

| Note de l'équipe | Qualité scientifique et production | Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement | Stratégie, gouvernance et vie du laboratoire | Appréciation du projet |
|------------------|------------------------------------|---|--|------------------------|
| A                | B                                  | A   | A  | A                      |

#### **ER4 : Transferts Thermiques Convectifs (4 EC)**

Cette équipe est essentiellement constituée de membres du département « Energétique industrielle » de l'EMD. Regroupant un faible nombre d'EC, elle affiche néanmoins un nombre important de sujets traités, principalement autour des échangeurs et pour partie dans le domaine de la combustion, thématique qui a été intégrée dans l'équipe ER1.

La mise en parallèle des activités de cette équipe avec celles d'autres équipes de recherche du PC2A n'est pas cohérente avec les objectifs de l'unité. Les perspectives ne s'inscrivent pas dans la stratégie du laboratoire et font perdre de la cohérence au dispositif mis en œuvre. Les forces en présence, tout comme les moyens à disposition, ne permettent pas de dégager une ouverture sérieuse et pertinente qui consoliderait le laboratoire dans son domaine de compétence ou qui pourrait lui offrir des possibilités de développer au plus haut niveau des thématiques nouvelles. Outre le fait que cette équipe présente un défaut notoire de publications, notamment par rapport au nombre de thèses soutenues, on peut regretter le manque de positionnement clair de son activité dans le paysage de la recherche, qu'elle soit française ou internationale. Celui-ci doit en effet être mûri au regard des activités déjà



menées depuis de nombreuses années par des laboratoires internationalement reconnus. L'apport contractuel, qui dans d'autres cas pourrait se substituer à cette défaillance, ne peut dans ce contexte répondre à l'exigence imposée pour une association au CNRS.

Le comité recommande à ce département de l'EMD de se positionner en tenant compte, d'une part, de la recherche réalisée dans les meilleures universités françaises et d'autre part, des compétences du monde industriel. Le département dispose en effet des capacités requises pour s'afficher à l'interface entre le milieu de la recherche et celui de l'industrie. Mais ceci nécessite d'abord une analyse objective de son activité en comparaison des travaux menés par la communauté, déjà très avancée dans la plupart des domaines scientifiques abordés dans le département. C'est la seule voie raisonnable pour, par exemple, être en mesure de porter un avis éclairé sur la validité des nombreux modèles LES existants, dans le domaine spécifique des transferts thermiques et dans des géométries industrielles complexes. Il conviendrait ensuite de mettre en place des collaborations plus soutenues avec des partenaires du milieu académique et de pérenniser des liens scientifiquement plus structurés avec le milieu industriel, ce qui est déjà en partie engagé. Dans ce contexte, le rapprochement avec des équipes françaises (voire locales), en pointe sur les méthodes de simulations d'écoulements turbulents, pourrait offrir au département une dynamique nouvelle en matière de recherche.

En résumé, le comité d'évaluation voit peu de pertinence à intégrer les activités « Transferts thermiques convectifs » de l'EMD au sein du laboratoire PC2A. Même si le comité reconnaît l'intérêt de certains sujets développés en particulier dans le cadre d'un partenariat étroit avec le milieu industriel, les thématiques dans ce domaine sont trop éloignées des travaux des équipes ER1-ER2-ER3. Son rattachement, qui ne fait gagner ni en cohérence scientifique ni en visibilité, apparaît donc inapproprié.

| Note de l'équipe | Qualité scientifique et production | Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement | Stratégie, gouvernance et vie du laboratoire | Appréciation du projet |
|------------------|------------------------------------|---|--|------------------------|
| C                | C                                  | B   | B  | C                      |

## 5 • Analyse de la vie de l'unité

Même si les documents et les visites permettent d'apprécier globalement ce qu'est la vie de l'unité, ce chapitre a particulièrement été abordé lors des rencontres avec les différentes catégories de personnels. Ces discussions nous ont permis d'évaluer de façon plus réaliste et concrète le fonctionnement du laboratoire.

### *En termes de management*

Le management de l'unité PC2A actuel est unanimement reconnu comme étant exemplaire. Le directeur de l'unité, de par sa disponibilité et son écoute, a la capacité de fédérer tous les membres du laboratoire en leur proposant des voies d'épanouissement à tous les échelons et dans toutes les missions

de l'unité. Ceci engendre un très bon environnement de travail et une vie harmonieuse de l'unité accompagnée par un directeur apprécié par toutes les catégories de personnels, ainsi que par les tutelles. Néanmoins, il est clair que l'élargissement du périmètre du laboratoire sur trois sites distincts, le quasi doublement des effectifs et la nouvelle diversité des personnels regroupés conduiront probablement à une évolution des pratiques.



### *En termes de ressources humaines*

Le PC2A et l'EMD ont bénéficié d'un accroissement important du nombre de chercheurs permanents ces dernières années (recrutements ou remplacements - PC2A : 5 EC/C+3 ITA ; EMD : 5 EC). Ceci confère au PC2A un effectif relativement jeune, encadré par quelques chercheurs confirmés. De ce point de vue, la gestion des ressources humaines semble satisfaisante et même si certains points sont encore à revoir (besoins en personnel technique), les améliorations sont significatives. Les recrutements sont stratégiquement pertinents et visent des thématiques porteuses.

Malgré tout, il faut souligner deux difficultés importantes que l'unité devra surmonter.

- La première relève d'un déséquilibre des forces d'EC dans la thématique en charge du banc moteur et de la machine à compression rapide, induit par le retrait de l'Université d'Artois. Cette insuffisance met en défaut la pérennité d'au moins une composante de la thématique et le PC2A devra clairement définir sa stratégie scientifique sur ce point et pouvoir compter sur un accompagnement des tutelles pour la pérennisation de la solution retenue.
- La deuxième, qui constitue un véritable point noir dans le fonctionnement du laboratoire, est relative au secrétariat et à la gestion. Ceux-ci sont assurés par une seule personne, particulièrement efficace et dévouée, mais qui se trouve dans une situation parfaitement anormale avec une charge de travail très importante ne correspondant ni à son statut, ni à sa rémunération. L'augmentation du périmètre de l'unité, mais aussi son évolution en termes de montants financiers à gérer, imposent de trouver impérativement une solution rapide à ce problème, à travers une implication déterminante des tutelles actuelles et futures.

Le processus de rapprochement a été engagé depuis presque un an. Les EC/C du PC2A actuel et du département « Chimie et Environnement » de l'EMD affichent une véritable motivation pour collaborer, et participent déjà à la concrétisation des liens. En revanche, les relations avec le département « Energétique Industrielle » paraissent, elles, bien moins évidentes. De même, le contact entre les ITA/IATOS des deux entités (PC2A-EMD) n'est pas encore engagé. L'écoute des personnels sur ce point, tout comme la visite, ont fait apparaître une absence totale de connaissance réciproque. Ceci engendre une certaine inquiétude quant à la répartition ultérieure des charges et des travaux de l'unité, d'autant qu'on peut s'interroger sur l'absence d'intégration des services techniques généraux de l'EMD dans le nouvel organigramme du PC2A. Si dans un premier temps il est probable que chaque entité conserve ses personnels sur son site, des mobilités ponctuelles pourraient être envisagées, voire même encouragées par les tutelles pour un ré-équilibre des forces. Enfin il est important de souligner l'implication des doctorants qui contribuent fortement à la vie et au dynamisme de l'unité en préparant des journées scientifiques et en participant à de nombreux séminaires internes. Les doctorants des deux sites ont quant à eux déjà créé des liens. Ils envisagent des actions communes et seront certainement le ciment de la nouvelle unité.

### *En termes de communication*

La communication interne au PC2A actuel apparaît comme intense (réunions régulières avec l'ensemble des personnels) tant sur des aspects scientifiques (20 séminaires par an) que pour le volet formation et sécurité qui fait l'objet d'une attention toute particulière (formation du personnel, travaux de mises en conformité, etc.). Par ailleurs, le conseil de laboratoire semble bien jouer son rôle d'information, de concertation et de prise de décision pour tout sujet en lien avec la vie du laboratoire. Il a participé à la démarche démocratiquement menée et acceptée par l'ensemble des personnels d'évolution du périmètre de l'unité.

Sur les plans, tant local que national, le laboratoire PC2A organise un grand nombre de journées d'échanges scientifiques, participe à de nombreux réseaux et fait état d'une bonne participation aux congrès internationaux.





## 6 • Conclusions

Le PC2A est une très bonne unité qui propose un renforcement de ses deux thématiques prioritaires (la cinétique de la combustion et de l'atmosphère) par un changement de périmètre intégrant deux départements de l'Ecole des Mines de Douai.

### *Points forts*

Le PC2A se distingue principalement par la qualité de ses moyens expérimentaux ainsi que par la diversité de ses diagnostics optiques, pour les plus récents à la pointe de la technologie (laser à cascade quantique et laser colorant haute cadence). Ces investissements montrent le dynamisme du laboratoire et en particulier de ses équipes maintenant regroupées sous les étiquettes ER1, ER2, ER3. Les deux premières se positionnant déjà à un très bon niveau tant national qu'international, le regroupement avec la troisième, principalement relevant d'un département de l'EMD devrait situer le laboratoire parmi les premiers laboratoires européens en termes de métrologies laser et laisse entrevoir une synergie potentielle très importante pour le futur.

L'équipe ER1 dispose d'une expertise et d'un positionnement au meilleur niveau international pour sa partie physico-chimie de la combustion. Ce potentiel doit être conservé dans la nouvelle structure, malgré un plus faible effectif de cette équipe comparé au volet chimie atmosphérique. De ce fait, son ouverture vers des activités de combustion trop éloignées de son centre de compétence, ne sont actuellement pas bienvenues.

L'ensemble des forces relatives à la chimie de l'atmosphère (20p, ER2 + ER3), réunies dans un même laboratoire, constitue un potentiel du plus haut niveau même s'il apparaît, par certains aspects, assez inhomogène. Grâce à ce nouveau périmètre intégrant le département « Chimie et environnement » de l'EMD, l'unité est en mesure de couvrir un spectre très large, de l'analyse des mécanismes fondamentaux à leur valorisation. Le PC2A s'engage ainsi dans un projet ambitieux qu'il devra s'assurer de mener à terme.

Sous l'impulsion de son directeur, qui joue un véritable rôle d'animateur et dont les qualités humaines font l'unanimité, le laboratoire a bénéficié d'un soutien appuyé des tutelles et de la Région, soutien qu'il a su utiliser de façon pertinente et qui a joué un véritable rôle de levier. Le recrutement récent de nombreux jeunes chercheurs, l'acquisition de moyens analytiques très performants et l'augmentation significative du nombre de publications offrent très clairement à la nouvelle unité un contexte de développement très favorable. Elle dispose maintenant d'un fort potentiel qui lui permet de susciter d'autres collaborations qui s'avèrent déjà très prometteuses (laboratoire commun avec l'IRSN).

### *Points à améliorer*

La direction a bien pris la mesure de l'importance des liens humains dans le cadre d'une restructuration. Elle devra poursuivre dans ce sens en favorisant les échanges à tous les niveaux et tout particulièrement pour les ITA/IATOS qui ont exprimé un besoin d'éclaircissement des tâches respectives dans la nouvelle configuration.

Si les complémentarités entre les équipes ER1, ER2 et ER3 existent sur le papier, leur mise en œuvre reste encore à consolider. Pour y arriver, le laboratoire devra s'engager à inciter des collaborations transverses et des projets de recherche communs.

Dans le contexte du projet de restructuration, la stratégie scientifique du laboratoire devra être affinée, en particulier en dégagant plus clairement les priorités du prochain quadriennal et en réfléchissant aux mécanismes à mettre en place pour s'assurer que l'unité mixte résultante soit capable d'assurer l'ensemble des missions que se doit de remplir une UMR CNRS. Les actions relatives au banc moteur entraîné (de Valenciennes) doivent être revues dans un contexte local et national plus large et une décision quant à leur poursuite, ou non, doit être prise. Ceci conduit alors à un redéploiement des sous-thématiques et des moyens de l'équipe ER1 qu'il faut clairement analyser. De même la vision prospective et le positionnement des actions de l'équipe ER3 en lien avec ER2 reste à définir de façon plus précise. Cette réflexion sur les thèmes essentiels à afficher doit s'accompagner d'une progression dans le volet analyse en lien avec une augmentation de la production scientifique. Pour ce qui concerne le positionnement de l'équipe ER4, une réflexion plus approfondie est à mener quant à la pertinence de son positionnement au sein de l'unité.



Enfin, si la visibilité du PC2A est certaine, on peut cependant noter sa marge de progrès quant aux conférences invitées qui caractérisent la visibilité internationale et qui devraient augmenter dans le prochain quadriennal compte tenu de la reconnaissance des équipes (ER1-ER2) et de la notoriété grandissante de jeunes chercheurs prometteurs.

Les projets de fédération qui accompagnent le projet du PC2A n'ont pas convaincu le comité, qui a vu davantage une juxtaposition d'actions sans réelle analyse des complémentarités.

### *Recommandations*

La première implication visible du nouveau périmètre du PC2A est de redessiner ses contours scientifiques en modifiant les poids relatifs de la chimie de la combustion (ER1) et de la chimie atmosphérique (ER2-ER3). Cette évolution, qui s'accompagne pour l'équipe ER1 du désengagement de l'Université d'Artois en conjonction avec un départ à la retraite, menace d'abord la viabilité de la thématique « moteurs ». Le développement des activités et l'encadrement de doctorants poseront problème. Le comité recommande au laboratoire de recentrer cette thématique sur son volet machine à compression rapide et de revoir son positionnement au sein de la thématique ER1. En parallèle, le laboratoire devra veiller au ré-équilibre des forces via un soutien à la combustion qui a constitué le cœur de la compétence du laboratoire.

L'équipe ER2 est centrée sur la réactivité atmosphérique homogène et hétérogène, et les projets sont très bien positionnés. On peut s'interroger cependant sur la connexion du projet « plasma froid » avec les autres thématiques de cette équipe. Le développement des plasmas froids doit être envisagé avec prudence. Il repose sur le recrutement récent d'un EC qui doit mener en parallèle des activités de photocatalyse. Le laboratoire devra se positionner assez rapidement sur l'avenir de cette thématique qui ne pourra survivre que si elle bénéficie d'un véritable soutien.

L'équipe ER3 a son centre de gravité sur Douai et développe une thématique métrologie des polluants et capteurs et une thématique qualité de l'air. Les projets de cette équipe sont nombreux. Il est nécessaire de mettre en œuvre une stratégie qui se focalise sur les verrous essentiels à lever, en adéquation avec les objectifs du laboratoire. L'équipe devra veiller à augmenter son nombre de publications, en particulier en s'ouvrant davantage à la communauté européenne et en constituant des études de référence (benchmark).

Au-delà de ces remarques sur les équipes, le comité considère que la transversalité interne constituera le socle d'un développement harmonieux de la nouvelle configuration du PC2A. Celle-ci peut s'organiser autour de plusieurs axes fédérateurs qui assureront un lien entre des aspects très académiques et leurs volets en prise avec des aspects socio-économiques.

- La synergie entre ER1 et ER3 pourrait être mise en œuvre via un nombre limité d'actions, afin de respecter les activités en cours et éviter de déstabiliser les recherches amont de qualité poursuivies par ER1, très porteuses pour l'avenir du laboratoire. Ainsi les mesures de suies de très petite taille (ER1) pourraient être utilisées pour renforcer les analyses relatives à qualité de l'air.
- Le lien thématique transversal physicochimie de l'atmosphère, métrologie capteurs (ER2 et ER3) doit aussi être encouragé. En particulier pour ce qui concerne la mise en œuvre de technologies de pointe (ER2) pour l'analyse d'espèces variées (qualité de l'air). Des choix pertinents seront à faire dans la lignée des actions déjà engagées avec la méthode FAGE. L'équipe ER3 doit pouvoir identifier les besoins spécifiques des modèles à explorer, dans le cadre des développements très fins réalisés dans ER2.
- Une réflexion stratégique globale incluant les collaborations entre ER1, ER2 et ER3 serait également souhaitable. Si les trois thématiques des trois équipes sont bien identifiées (combustion, réactivité atmosphérique et métrologie), il n'existe pas à ce jour de thèmes transversaux affichés. Pour tirer le meilleur profit de leurs complémentarités potentielles, le laboratoire pourrait développer, par exemple, une action autour des suies/HAP et de la cinétique hétérogène.

L'équipe ER4 confère au PC2A une hétérogénéité sur de nombreux plans, dont en particulier une dispersion scientifique qui affaiblit la structure proposée. Dans ce contexte, le comité recommande de



réduire le périmètre du nouveau PC2A sur la base d'une consolidation des deux thématiques principales constituées par les équipes ER1-ER2-ER3, avant d'envisager un autre élargissement non maîtrisé. Le comité suggère que le département « Energétique Industrielle » de l'EMD poursuive les quelques relations existantes avec le PC2A dans un cadre moins formel. Il l'engage aussi à rechercher de nouvelles collaborations avec d'autres laboratoires de l'université de Lille, plus proches thématiquement (LML).

Globalement, si le comité a bien noté l'existence de collaborations aux niveaux européen et international, il considère que leur volume mériterait d'être augmenté pour que le rayonnement au-delà des frontières nationales soit plus en adéquation avec la grande qualité des recherches réalisées. Enfin, l'avenir du laboratoire repose aussi sur son potentiel d'encadrement, c'est pourquoi le comité encourage les enseignants chercheurs à présenter une HDR.

De façon générale, le nouveau périmètre de l'unité engendre une augmentation des effectifs qui pourrait modifier les rapports de force, les équilibres, les relations humaines. S'ajoute à cela la difficulté d'éloignement des sites. Le comité recommande au laboratoire de bien prendre la mesure de cette nouvelle gestion, et de mettre en œuvre des actions concrètes en vue de promouvoir un réel échange scientifique et une mobilité régulière des personnels EC/Ch et ITA/IATOS de Douai vers Lille et réciproquement.

Par ailleurs, et alors que le CNRS et le Ministère s'orientent vers une diminution du nombre de tutelles des unités, le PC2A l'étend maintenant à l'EMD. Le comité engage le laboratoire à examiner ce nouvel environnement avec prudence, compte tenu des différences de fonctionnement de chacune des tutelles. L'EMD a la nécessité d'assurer ses propres ressources (via Armines) et cette contrainte pourrait s'avérer parfois difficilement conciliable avec les missions confiées à une UMR CNRS. Le PC2A devra s'assurer d'un fonctionnement clair et pérenne entre les différentes tutelles, tout particulièrement pour ce qui concerne la définition de la politique scientifique de l'unité et le rôle de son directeur.

Néanmoins, il faut souligner la volonté unanime et affichée des tutelles pour un soutien et un accompagnement du laboratoire dans son évolution.

- Ainsi l'université de Lille 1 devra contribuer à trouver une solution aux problèmes soulevés par l'unique secrétaire gestionnaire, mais aussi par la situation incertaine d'un EC de l'Université d'Artois. Elle aura aussi pour mission de poursuivre la rénovation des locaux et d'examiner avec le laboratoire les différentes possibilités d'extension qui seront nécessaires. Elle a par ailleurs précisé que la mise en place d'un Institut ne modifiera pas le soutien à l'entité que constitue le laboratoire. L'Institut préservera l'intégrité du laboratoire comme une entité indépendante financièrement et destinatrice de moyens.
- Concernant l'EMD, il apparaît clair que le directeur du PC2A participera à la structure d'orientation stratégique de l'Ecole des Mines et disposera d'une visibilité de l'ensemble de la politique et des contrats des départements impliqués dans le laboratoire. L'EMD bénéficie, de par son statut, d'une souplesse d'embauche sur fonds propres qui peut servir l'unité.
- Enfin, le CNRS, qui a significativement soutenu le laboratoire lors du quadriennal en cours, tentera de poursuivre en fonction des moyens qui lui seront affectés. Un rattachement secondaire au département EDD du CNRS pourrait contribuer à ce soutien.

| 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  | B                      |



Villeneuve d'Ascq, le 6 avril 2009

Philippe ROLLET, Président de l'Université de Lille 1  
Jean-Claude DURIEZ, Directeur de l'Ecole des Mines  
de Douai

à

**Monsieur Jean-François DHAINAUT**  
Président  
Agence d'Evaluation de la Recherche et de  
l'Enseignement Supérieur  
20 rue Vivienne  
75002 PARIS

**Objet : Réponse au rapport du comité de visite  
Laboratoire de Physicochimie des Processus  
de Combustion et de l'Atmosphère (PC2A, UMR 8522)**

Monsieur le Président et Cher collègue,

Nous tenons à remercier le comité de visite pour l'analyse fouillée du bilan et du projet du Laboratoire PC2A.

Le rapport d'évaluation représente un outil précieux pour le pilotage et le positionnement de ce laboratoire.

Vous trouverez ci-joint la réponse du laboratoire à ce rapport. Elle comporte :

- des demandes de correction d'erreurs factuelles,
- des observations et commentaires sur le rapport d'évaluation.

Nous vous prions de croire, Monsieur le Président et Cher collègue, à l'assurance de nos sentiments les meilleurs.

**Le Président  
de l'Université de Lille 1**

  
**P. ROLLET**

**Le Directeur  
de l'Ecole des Mines de Douai**

  
**J.C. DURIEZ**



UMR 8522

PHYSICOCHIMIE DES PROCESSUS DE COMBUSTION  
ET DE L'ATMOSPHERE

CNRS - Université Lille 1 Sciences et Technologies

Villeneuve d'Ascq, le 2 avril 2009

Physicochimie des Processus de Combustion et de l'Atmosphère - PC2A- UMR 8522 CNRS-  
Lille1  
Université Lille 1 - Sciences et Technologies

Départements "Chimie et Environnement" (DCE) et "Energétique Industrielle" (DEI)  
Ecole des Mines de Douai

Objet : Evaluation des bilans 2005-2008 du PC2A, du DCE et du DEI  
Evaluation du projet scientifique 2010-2013 PC2A-DCE-DEI

### Réponse au rapport du Comité de Visite AERES

Le laboratoire PC2A de l'Université de Lille 1 et les départements "Chimie et Environnement" et "Energétique Industrielle" de l'Ecole des Mines de Douai remercient le comité de visite pour ses nombreux commentaires et suggestions d'évolution. Nous entendons les demandes qui nous sont adressées par le comité AERES. La réflexion est d'ores et déjà entreprise.

Quelques erreurs factuelles relevées dans le rapport sont rapportées dans un document séparé (tableau en pièce jointe). Nous vous serions très reconnaissants qu'elles puissent être corrigées dans le rapport final.

Concernant les appréciations et conclusions rapportées par le comité, nous lui sommes reconnaissants de ses efforts pour nous aider à progresser vers l'excellence. Dans ce qui suit nous exprimons nos observations et notamment des remarques quant à la formulation de certaines phrases concernant l'analyse du Département Energétique Industrielle (DEI) telles qu'elles sont apparues en concertation avec les équipes et le conseil de laboratoire des 27 Mars 2009, 1<sup>er</sup> et 2 Avril 2009.

En annexe, nous passons en revue les différents commentaires de l'analyse du DEI.

Nous vous en souhaitons bonne réception et restons à votre disposition pour toute information complémentaire, nous vous prions de bien vouloir agréer, monsieur le Directeur, l'expression de nos sentiments distingués



J.F. PAUWELS

PhysicoChimie des Processus de Combustion et de l'Atmosphère

PC2A - UMR 8522 - FR CNRS 2416 CERLA  
Plate-forme Nationale de Métrologie Optique de Lille  
Université Lille1 Sciences et Technologies  
Bâtiments C11/C5 - F. 59655 VILLENEUVE D'ASCQ Cedex  
Téléphone : (33) 3.20.43.49.31 Télécopie : (33) 3.20.43.69.77



## Annexe

### Réponses du département "Énergétique Industrielle" de l'Ecole des Mines de Douai sur des questions de fond

*"Or, ni l'équipe ERI dans sa configuration actuelle, ni le département de l'EMD, ne disposent des compétences nécessaires en combustion turbulente et en mécanique des fluides numérique pour atteindre ces objectifs"* (Page 8 - Paragraphe 4)

Le comité AERES souligne à très juste titre le développement très fort lié à *"l'apparition des nouvelles méthodes de type LES"*. Ces méthodes sont utilisées à l'EMD-DEI. Une thèse (2002) antérieure à la période de référence du bilan 2005-2008 a été dédiée à des simulations LES associées à des mesures expérimentales PIV et de concentration de CO<sub>2</sub> dans des mélanges air-CO<sub>2</sub> pour une configuration de type brûleur coaxial de section carrée. Par ailleurs, pendant la période 2005-2008, la thèse de S. TABLOUL (2006) portait également sur des simulations LES dans une configuration particulière d'accroissement de transfert de chaleur. Une thèse en cours (Vincent KUBICKI) codirigée avec le LEGI de Grenoble intègre également des simulations LES et, de plus, DNS. De plus, trois thèses en cours dans l'axe combustion de DEI mettent en œuvre des simulations numériques, évaluées par rapport à des mesures expérimentales, et intégrant la dynamique fluide turbulente, les transferts radiatifs et des modèles simplifiés de cinétique de combustion (référence ACL5). D'autre part, les autres activités de recherche à l'EMD-DEI intègrent toutes des simulations numériques (références ACL 1,2,5,6 et la très large majorité des ACTI et ACTN).

Le département DEI considère que la phrase *"l'EMD, ne disposent pas des compétences nécessaires en combustion turbulente et en mécanique des fluides numérique"* semble, en comparaison à ces éléments, pour le moins très sévère, voir disproportionnée.

Un des éléments de cohérence du projet proposé porte par ailleurs précisément sur la compétence numérique apportée par l'EMD-DEI. Le recrutement complémentaire d'un EC venant renforcer ces compétences est prévue en 2009; il est mentionné dans le projet.

*"Concernant le département Énergétique Industrielle, les travaux sont jusque là basés sur une approche très globale, conduisant à une production scientifique extrêmement faible, et relevant essentiellement d'études contractuelles à caractère industriel."*(Page 6 - Paragraphe 2)

La faible production scientifique pointée par le Comité est réelle et indéniable. Elle est clairement identifiée et mise en avant dans l'autoévaluation. Le Département DEI considère que l'*"approche très globale"* semble cependant très réductrice. Pour les transferts thermiques convectifs (ER4), les recherches intègrent des aspects locaux et amonts : méthode infrarouge locale et approche entropique (2 références ACL), quantification de la dissipation des tourbillons issue de promoteurs. Pour l'érosion éolienne de matières granulaires (ER3), les recherches intègrent des aspects locaux liés à l'influence de la répartition granulométrique (1 référence ACL).

D'autre part la formulation *"relevant essentiellement d'études contractuelles à caractère industriel"*, et notamment *"études contractuelles"* laisse à penser à des études ponctuelles, sans cohérence et sans continuité. Or, les différents partenariats industriels sont basés pour la très large majorité, sur les recherches pluriannuelles, pour certaines dans le cadre de thèses CIFRE (3 sur la période de référence du bilan) ayant conduit, pour l'une d'entre elles, à un dépôt de brevet international. Ce dernier point n'est par ailleurs pas repris dans l'évaluation du DEI.

*"Dans ce contexte, le rapprochement avec des équipes françaises (voire locales), en pointe sur les méthodes de simulations d'écoulements turbulents, pourrait offrir au département une dynamique nouvelle en matière de recherche"* (Page 12 - Paragraphe 4)

L'EMD-DEI a en fait anticipé cette proposition, par ailleurs très judicieuse, par le rapprochement (thèse codirigée en cours depuis octobre 2006) avec le LEGI (UMR 5519) de Grenoble (quantification de la dissipation des tourbillons issus de promoteurs, ER4). Par ailleurs, une thèse codirigée a débuté en 2008 avec le GEPEA- EM Nantes (UMR CNRS 6144) sur le transfert convectif sur surfaces mobiles.

*"Mais ceci nécessite d'abord une analyse objective de son activité en comparaison des travaux menés par la communauté, déjà très avancée dans la plupart des domaines scientifiques abordés dans le département"* (Page 12 - Paragraphe 4)

Cette formulation laisse entendre que l'EMD-DEI développe ses activités non seulement sans réflexion ou sans analyses, mais également sans connaissances des activités menées ailleurs dans leurs domaines. Toutes les activités menées donnent lieu à des publications, certes, comme justement identifié par le comité AERES, trop peu nombreuses, mais également à des communications en Congrès Internationaux (29) et nationaux (10). Les travaux menés dans les communautés scientifiques liées aux différents domaines scientifiques sont d'une part identifiés et d'autre part, les travaux du département DEI sont acceptés et publiés.

Par ailleurs, un certain nombre de collaborations existent avec des laboratoires et les activités de l'EMD-DEI sont intégrées à des réseaux régionaux ou nationaux (IRENI, Mines Paris, LEGI, GDR AMETH..., page 10 du Bilan 2005-2008).