



**DÉLIBÉRATION N°2016-07-01-18**  
**du Conseil d'Administration de l'Université de Nantes**

**Séance du 1<sup>ER</sup> juillet 2016**

**POINT 18 : APPROBATION DE LA CREATION DU GROUPEMENT D'INTERET SCIENTIFIQUE (GIS) POLE D'EXCELLENCE DE LA RECHERCHE LIGERIENNE EN ENERGIE (PERLE), DE L'ADHESION DE L'UNIVERSITE DE NANTES ET DE LA CONVENTION DE CREATION**

**LE CONSEIL D'ADMINISTRATION**

- VU** le code de l'Éducation ;
- VU** les statuts de l'Université approuvés par le Conseil d'Administration du 6 juin 2014 et modifiés le 30 janvier 2015 et le 3 juin 2016 ;
- VU** l'avis de la Commission de la Recherche du 13 juin 2016 ;

**APRÈS EN AVOIR DÉLIBÉRÉ,**

**APPROUVE** à l'unanimité avec 29 voix pour, la création du Groupement d'Intérêt Scientifique GIS PERLE ainsi que sa convention de création et autorise le Président de l'Université de Nantes à la signer.

À Nantes, le 1<sup>er</sup> juillet 2016

Le Président de l'Université de Nantes

Olivier LABOUX

Pour le Président et par délégation  
Le 1<sup>er</sup> Vice - Président

  
Mohamed BERNOUSSI

---

Convention de création d'un  
Groupement d'Intérêt Scientifique

---

**PERLE**

Pôle d'Excellence de la Recherche  
Ligérienne en Energie

**GIS PERLE**

---

---

# Convention de création D'un groupement d'intérêt scientifique

Entre

L'Université de Nantes, Établissement Public à caractère scientifique, culturel et professionnel, dont le siège est situé 1 quai de Tourville BP13522 Nantes Cedex 1, représentée par son Président, M. Olivier LABOUX, ci-après dénommée "l'UN",

Et

L'Université d'Angers, située 40 rue de Rennes, BP 73532 – 49035 ANGERS CEDEX, représentée par son Président, Christian ROBLEDO et ci-après désignée « U.Angers »

Et

L'Université du Maine, située avenue Olivier Messiaen – 72085 Le Mans CEDEX 09, représentée par son Président, Rachid EL GUERJOURA et ci-après désignée « U.Maine »

Et

Le CENTRE NATIONAL de la RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS), Établissement Public National à Caractère Scientifique et Technologique, dont le siège est 3 rue Michel Ange 75794 PARIS Cedex 16, n° SIREN 180089013, code APE 7219Z, représenté son Président, M. Alain FUCHS, qui a délégué sa signature pour le présent contrat à Madame Clarisse DAVID, Déléguée régionale Bretagne-Pays de la Loire, 1 rue André et Yvonne Meynier CS26936 35069 RENNES Cedex

Et

L'Ecole Centrale de Nantes, située 1 Rue de la Noë, 44300 Nantes, représentée par son Directeur, Arnaud POITOU et ci-après désignée « ECN »

Et

L'Ecole des Mines de Nantes, située à La Chantrerie 4, rue Alfred Kastler B.P. 20722 - F-44307 NANTES Cedex 3, représentée par sa directrice Anne BEAUVAL et ci-après désignée « EMN »

## **Préambule**

La constitution de ce GIS s'inscrit dans la continuité des projets PERLE 1&2 faisant tous les deux l'objet d'une subvention régionale d'une durée de 4 ans chacun. Ainsi les projets PERLE 1&2 ont permis à des axes scientifiques liés à l'énergie de se développer alors que la volonté au niveau national était parfois de les supprimer. C'est notamment le cas, par exemple, pour l'hydrogène et les piles à combustible. De plus, le projet PERLE 2 a également permis de faire naître d'autres projets scientifiques et a amené différentes thématiques scientifiques à travailler ensemble pour ainsi créer des collaborations pluridisciplinaires alors inédites.

De ce fait, l'ensemble du Comité de Pilotage du projet PERLE 2 a ressenti la nécessité de faire perdurer le projet PERLE 2 sous une forme nouvelle suite à sa clôture en octobre 2014. L'idée de créer un Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS) qui serait un bon « catalyseur de projets » est alors née.

Ce GIS PERLE proposera des réponses sur certains aspects complémentaires aux EMRs (Intégration, Stockage de l'énergie). De plus, pour s'assurer que la création de ce GIS intègre un panel de disciplines scientifiques complet et cohérent par rapport aux acteurs régionaux, la décision de rajouter un axe thématique en plus des 6 axes déjà présents dans le projet PERLE 2 a été prise. Cet axe portera sur « *Les systèmes énergétiques, composants et intégrations (comprenant les Smart Grids)* ».

Ainsi le programme scientifique du GIS PERLE sera divisé en 7 axes représentés comme suit :

- Axe Bioénergies - Mohand Tazerout et Khaled Loubar ;
- Axe Photovoltaïque - Fabrice Odobel et Mihaela Girtan ;
- Axe Pile à Combustible – Bruno Auvity et Philippe Lacorre ;
- Axe Stockage de l'Énergie - Charles Cougnon ;
- Axe Efficacité Énergétique - Cathy Castelain et Jean-François Hetet ;
- Axe Aspects Sociétaux - Volet sociologie - Dominique Pecaud et Cyria Emelianoff ;
- Axe Systèmes Énergétiques, Composants et Intégrations - Mohamed Machmoum et Jean-Marc Menaud.

- **Article 1 – Objet, forme et composition du GIS**

### **1.1 Objet**

Il est créé par les Parties entre ses membres un Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS) intitulé PERLE (Pôle d'Excellence de la Recherche Ligérienne en Énergie), dont l'objet est de :

- Faire perdurer les collaborations pluridisciplinaires nées via PERLE 2 afin de faire de ce GIS un catalyseur de projets comme a pu l'être PERLE 2 ;
- Affirmer la spécialité « énergie » en Pays de la Loire en continuant les collaborations fortes avec les pôles de compétitivité ;
- Améliorer le positionnement national et international des acteurs du GIS PERLE alors impliqués sur PERLE 2.

Voir l'Annexe 1 qui précise les modes d'actions et les axes de recherche, destinés à atteindre ces objectifs.

### **1.2 Forme**

Le GIS ne peut en aucun cas constituer une autorité supérieure à celle de ses membres. Il ne constitue pas une structure opérationnelle de recherche, au sens du CNRS. Il n'a pas de personnalité morale.

### **1.3 Composition du GIS**

#### **1.3.1 Membres du GIS**

Le GIS est formé des membres listés en Annexe 2, jointe à la présente convention.

D'autres membres peuvent adhérer au GIS. Leur adhésion est soumise à une décision unanime du Comité Directeur ci-après défini. Toute nouvelle adhésion fera l'objet d'un avenant à la présente convention, signé des Parties.

L'activité du GIS est assurée par les laboratoires de recherche ou les structures dont la liste est jointe en Annexe 2 à la présente convention (liste non limitative pouvant être modifiée par avenant sur proposition du Comité Directeur).

### **1.3.2 Partenaires ponctuels**

Des organismes publics ou privés, concernés ou intéressés par les questions traitées par le GIS, peuvent participer à des actions spécifiques qu'ils ont décidé de soutenir ou auxquelles ils auront décidé de participer. Les modalités de ce partenariat sont définies par des conventions particulières conclues avec ces organismes au nom du GIS par l'un de ses membres, mandaté à cet effet par les autres membres signataires de la présente convention.

- **Article 2 – Les instances du GIS**

Les organes de fonctionnement du GIS sont les suivants :

- le Comité Directeur ;
- le Conseil Scientifique ;
- le Directeur.

### **2.1 Le Comité Directeur**

#### **2.1.1 Composition**

Il est créé un Comité Directeur réunissant un représentant de chaque membre listé en Annexe 2, désigné par ce membre.

Le Comité Directeur élit en son sein son Président à la majorité simple des membres présents ou représentés, pour deux ans, renouvelable.

Le Directeur du GIS et le Président du Conseil scientifique assistent aux réunions du Comité Directeur avec voix consultative.

Les fonctions des membres du Comité Directeur sont bénévoles.

#### **2.1.2 Fonctionnement**

Le Comité Directeur se réunit au moins une fois par an, sur convocation de son Président qui peut également le réunir à la demande d'un de ses membres ou du Directeur du GIS.

En plus des réunions formelles prévues à l'alinéa ci-dessus, le Président peut consulter les membres du Comité Directeur par tout moyen de télécommunication que celui-ci aura approuvé.

Il délibère à la majorité qualifiée des 2/3 du nombre de présents ou de représentés, sous réserve des décisions décrites aux articles 1.3.1, 3.2, 3.3, 8.2 et 8.3.

Des personnalités extérieures peuvent être invitées à la demande du Président, du Directeur ou de l'un des membres du Comité, selon l'ordre du jour, à participer aux réunions du Comité Directeur en qualité d'experts avec voix consultative.

L'ordre du jour de chaque réunion du Comité Directeur est établi par le Directeur du GIS après consultation des membres du Comité et diffusé au minimum quinze jours avant la date de la réunion.

Le Directeur du GIS établit le compte rendu de chaque réunion et l'adresse aux membres du Comité pour approbation avant diffusion.

#### **2.1.3 Compétences**

Le Comité Directeur a notamment pour fonction de :

- Décider des orientations scientifiques en concertation avec le Conseil scientifique, les projets de

recherche, de réalisation d'opérations spécifiques, de propositions d'actions pour le GIS sur proposition du Conseil Scientifique et du Directeur du GIS ;

- Discuter et approuver le programme annuel d'activité ;
- Veiller à l'utilisation optimale des éventuels moyens du GIS ;
- Approuver l'éventuelle adhésion de nouveaux membres au GIS, en conformité avec l'article 1.3.1 de la présente convention ;
- Proposer des modifications à apporter à la présente convention, celles-ci étant constatées par des avenants ;
- Désigner les membres du Conseil Scientifique ;
- Examiner le rapport d'activité prévu à l'article 6 ci-après, et l'avis du Conseil scientifique sur celui-ci.

## **2.2 Le Conseil Scientifique**

### **2.2.1 Composition**

Il est créé un Conseil Scientifique qui se compose de personnalités scientifiques reconnues dans les diverses disciplines concernées par l'activité du GIS, membres ou non du GIS, désignées pour la durée de la convention par le Comité Directeur sur proposition du Directeur du GIS. Le nombre de membres ne peut être inférieur à 5 ni supérieur à 10. Ces membres du Conseil Scientifique ont un mandat de 4 ans, renouvelable.

Le Conseil élit en son sein, à la majorité simple, son Président pour quatre ans renouvelable.

Le Directeur du GIS participe aux réunions du Conseil Scientifique avec voix consultative.

Les fonctions de membre du Conseil Scientifique sont bénévoles.

### **2.2.2 Fonctionnement**

Le Conseil Scientifique se réunit au moins une fois par an sur convocation de son Président ou du Directeur du GIS.

### **2.2.3 Compétences**

Le Conseil Scientifique est un organe consultatif garant de la pertinence et de la qualité scientifique des activités du GIS.

Le Conseil peut faire des propositions d'actions, présenter des recommandations sur les orientations scientifiques, étudier les programmes de recherche et les contrats à entreprendre et les modalités de leur réalisation et examiner les résultats obtenus.

Le Conseil étudie et donne son avis au Comité Directeur sur le rapport d'activité scientifique et financier élaboré par le GIS, tel que précisé à l'article 6 ci-après.

## **2.3 Le Directeur du GIS**

### **2.3.1 Désignation**

Le Directeur du GIS est désigné d'un commun accord par les membres du GIS, pour la durée de la convention. Son mandat peut être renouvelé. Sa nomination figure en Annexe 3 à la présente convention. Il peut être assisté d'un Directeur Adjoint.

### 2.3.2 Compétences

Le Directeur du GIS assure la responsabilité de la mise en œuvre des décisions du Comité Directeur et de l'utilisation des moyens mis à disposition du GIS.

A cette fin, il :

- Coordonne l'activité des laboratoires de recherche listés en Annexe 2 pour la mise en œuvre de l'objet de la présente convention ;
- Est responsable de la mise en œuvre des orientations définies par le Comité Directeur et de l'utilisation des moyens éventuels mis à la disposition du GIS ;
- Propose au Comité Directeur la représentation du GIS au sein de toute instance nationale ou internationale ayant à traiter de questions relevant des domaines de compétence du GIS ;
- Prend en charge l'organisation de manifestations, la diffusion d'informations, la mise en place des relations entre les membres du GIS et avec les partenaires ;
- Rapporte au Comité Directeur l'avancement des travaux de recherche et les résultats obtenus au sein du GIS ;
- Rédige le rapport d'activité scientifique et financier, tel que défini à l'article 6 ci-après, le présente au Conseil scientifique et le transmet au Comité Directeur, assure l'interface entre le Comité Directeur et le Conseil Scientifique ;
- Est responsable des procès-verbaux des réunions du Comité Directeur et du Conseil Scientifique ;
- Prépare et présente le programme annuel d'activité au Comité Directeur.

- **Article 3 – Financement et gestion du GIS**

#### 3.1. Financement

Les ressources du GIS sont constituées par des moyens en nature (personnels, locaux, équipement...) et/ou des moyens financiers que chaque membre du GIS décide d'allouer au GIS.

Des financements complémentaires peuvent être recherchés auprès de tiers. Les contrats ou conventions conclus à cet effet sont signés par l'établissement gestionnaire au nom et pour le compte des autres membres à la présente convention. L'établissement gestionnaire soumet, pour avis, les contrats et conventions aux autres membres avant de les signer. Ces dernières disposent d'un délai quinze jours pour faire connaître leur avis, passé ce délai, l'absence de réponse vaut avis favorable. Une copie des contrats et conventions signés est transmises aux membres du GIS.

#### 3.2. Moyens propres mis en œuvre directement par les Parties

Chaque membre du GIS gère directement les moyens propres, humains, matériels et financiers, qu'elle mobilise pour les besoins du GIS.

##### 3.2.1 Moyens mis en commun

Les membres du GIS peuvent mettre à disposition annuellement des moyens en commun pour des dépenses ou actions communes, pour la durée du GIS, sous réserve de l'exercice du droit de retrait

prévu à l'article 8.1, et selon les modalités ci-après.

Si des moyens sont mis en commun, la gestion de ceux-ci s'opèrera par l'établissement dont dépend le directeur du GIS, qui agira comme mandataire commun aux membres du GIS.

Ce dernier agit en ce domaine pour le compte du GIS dans les limites de l'état prévisionnel des recettes et des dépenses approuvé par le Comité Directeur et s'engage à tenir une comptabilité analytique correspondante. Il présente un rapport annuel de gestion devant le Comité Directeur.

### **3.3 Décisions budgétaires**

Le budget prévisionnel et l'arrêté des comptes sont soumis à l'approbation unanime du Comité Directeur.

- **Article 4 – Communication d'informations, confidentialité, publications**

Chaque membre du GIS s'engage à transmettre aux autres membres les informations nécessaires à l'exécution de la présente convention dans la mesure où elle peut le faire librement au regard des engagements contractés antérieurement avec des tiers.

Chaque membre s'interdit de diffuser ou de communiquer à des tiers des informations qui lui auront été désignées comme confidentielles par l'autre membre du GIS dont elles proviennent et dans ce cas s'engage à ce que ces informations désignées comme confidentielles :

- Ne soient divulguées de manière interne qu'aux seuls membres de son personnel ayant à les connaître et ne soient utilisées par ces derniers que pour l'exécution de l'objet de la présente convention ;
- Ne soient ni divulguées, ni susceptibles de l'être, soit directement, soit indirectement aux tiers ou à toute personne autre que celles mentionnées à l'alinéa ci-dessus, sans le consentement préalable et écrit du membre du GIS propriétaire ;
- Ne soient ni copiées, ni reproduites, ni dupliquées totalement ou partiellement lorsque de telles copies, reproductions ou duplications n'ont pas été autorisées par le membre du GIS de qui elles émanent et ce, de manière spécifique et par écrit.

Les obligations définies ci-dessus cessent de s'appliquer aux informations qui :

- Sont dans le domaine public ou qui y tombent autrement que par le fait du membre du GIS destinataire de l'information ;
- Sont déjà en la possession ou sont communiquées au membre du GIS destinataire par des tiers non tenus au secret.

Il est expressément convenu que la divulgation par les membres du GIS, entre eux, d'informations au titre de la présente convention, ne peut en aucun cas être interprétée comme conférant, de manière expresse ou implicite, au membre du GIS qui les reçoit, un droit quelconque (au terme d'une licence ou par tout autre moyen) sur les matières, les interventions ou les découvertes auxquelles se rapportent ces informations.

Les publications et communications des études accomplies dans le cadre de la présente convention font apparaître le nom du GIS et le lien avec les membres du GIS.

Pendant la durée du GIS et les deux ans qui suivent, chaque membre du GIS s'engage à soumettre ses



éventuels projets de diffusion pour les publications issues des travaux du GIS à l'accord des autres membres. Si le membre du GIS qui soumet ne reçoit pas une réponse dans les trente (30) jours après la réception du projet de publication ou de présentation, elle peut procéder à sa publication ou présentation.

Au cas où une invention potentiellement brevetable serait identifiée dans un manuscrit pour publication ou présentation, les membres du GIS conviennent que la publication de ce manuscrit peut être retardée afin de permettre le dépôt approprié de brevet sur cette invention pendant un délai ne pouvant pas excéder dix-huit (18) mois à partir de la date où la publication du manuscrit est soumise pour avis. Durant ce délai, un dépôt de brevet est préparé ou la décision de ne pas déposer un tel brevet est prise.

Les dispositions du présent article ne peuvent faire obstacle à l'obligation qui incombe aux chercheurs impliqués d'établir leur rapport annuel d'activité pour le membre du GIS dont ils relèvent, cette communication à usage interne ne constituant pas une divulgation au sens des lois sur la propriété industrielle.

- **Article 5 – Propriété, protection et exploitation des résultats**

On entend par “ Résultats issus du GIS “, toutes les connaissances issues de travaux du GIS et susceptibles ou non d’être protégées au titre de la propriété intellectuelle, y compris les bases de données, les logiciels, ainsi que le savoir-faire.

### **5.1 Connaissances non issues du GIS**

Chacun des membres du GIS conserve la propriété exclusive des résultats des travaux, brevetés ou non, du savoir-faire, des connaissances et des droits de propriété intellectuelle et/ou industrielle lui appartenant, développés ou acquis antérieurement à l’entrée en vigueur de la présente convention ou indépendamment de celle-ci.

Sous réserve des droits des tiers, chaque membre du GIS dispose d’un droit d’usage non exclusif, non transférable sur les résultats, brevetés ou non, savoir-faire et connaissances visés au précédent nécessaires à l’accomplissement de l’objet du GIS.

### **5.2 Résultats issus du GIS**

Les Résultats issus du GIS sont réputés être la copropriété des membres du GIS ayant participé à leur obtention à proportion de leurs moyens intellectuels, financiers et matériels. Les éventuelles demandes de brevets sont déposées aux noms conjoints des membres du GIS copropriétaires.

Dans ce cas, un règlement de copropriété est établi entre les membres du GIS copropriétaire, en matière de protection et d'exploitation de ces résultats d'une part, de répartition des redevances d'autre part. Ce règlement définit en particulier les quotes-parts de copropriété des résultats et des retours financiers correspondants en cas d'exploitation et désigne l'un des membres du GIS pour assurer la maîtrise d'œuvre de la gestion des droits de propriété et des contrats d'exploitation, pour le compte commun.

Les membres du GIS propriétaires de résultats issus du GIS s’engage à les mettre à la disposition des autres membres du GIS, qui peuvent les utiliser librement pour leurs besoins de recherche, à l’exclusion de toute exploitation commerciale.

- **Article 6 – Evaluation**

Tous les ans, le GIS présente un rapport d'activité scientifique. Ce rapport, rédigé par le Directeur du GIS, est présenté au Conseil Scientifique du GIS pour information et avis, et transmis au Comité Directeur. Lors de la réunion du Comité Directeur suivant l'envoi du rapport, le Comité examine l'avis du Conseil Scientifique.

L'activité du GIS est évaluée régulièrement par les instances compétentes des membres du GIS, selon les règles respectivement en vigueur dans ces organismes.

- **Article 7 – Durée**

La présente convention est conclue pour une durée de quatre ans à compter de sa date de signature. Elle peut être renouvelée pour des périodes de même durée par voie d'avenant à la présente convention.

Nonobstant l'échéance ou la résiliation de la présente convention, les dispositions des articles 4 et 5 resteront en vigueur.

- **Article 8 – Retrait, exclusion, résiliation, litiges**

### **8.1 Retrait**

Un membre du GIS peut se retirer du GIS à la fin de chaque exercice, avec un préavis de six mois dûment notifié à l'ensemble des autres membres du GIS par lettre recommandée avec avis de réception. L'exercice de cette faculté de retrait par un membre du GIS ne le dispense pas de remplir les obligations contractées jusqu'à la date de prise d'effet dudit retrait.

Nonobstant ce retrait, les dispositions des articles 4 et 5 resteront en vigueur.

### **8.2 Exclusion**

Le Comité Directeur peut prononcer l'exclusion d'un des membres du GIS en cas de manquement grave à l'une quelconque de ses obligations, après un préavis d'un mois notifié à ce membre par lettre recommandée avec avis de réception précisant le motif d'exclusion. L'exclusion doit être votée à l'unanimité des membres du GIS présents ou représentés, le membre du GIS concerné étant préalablement entendu et ne prenant pas part au vote.

Nonobstant l'exclusion, les dispositions des articles 4 et 5 resteront en vigueur.

### **8.3 Résiliation**

La présente convention est résiliée de plein droit par l'arrivée du terme de sa durée contractuelle. Sa résiliation peut aussi être décidée à l'unanimité des membres du Comité Directeur convoqués sur un ordre du jour précisant que la résiliation est demandée.

### **8.4 Litiges**

Pour toute difficulté susceptible de naître à l'occasion de l'exécution ou de l'interprétation de la présente convention, les membres du GIS s'efforcent de régler leur différend à l'amiable. Si ce différend subsiste plus de 6 mois, est porté devant les juridictions compétentes de droit français.

Fait à Nantes, le                    en 6 exemplaires originaux.

Pour l'Université de Nantes,

Pour l'Université d'Angers .....,

Pour le CNRS,

Pour l'Ecole Centrale de Nantes,

Pour L'Université du Maine,

Pour l'Ecole des Mines de Nantes ,

## ANNEXE 1 PROGRAMME SCIENTIFIQUE

### ■ Axe Bioénergies

#### Contexte

La biomasse dont les déchets (déchets agro-alimentaires, résidus agricoles, les bois et les boues, les déchets des matériaux composites...) représentent une quantité significative dans l'ouest de la France. La majeure partie de ce potentiel ne dispose actuellement d'aucune technique de valorisation viable. Cette biomasse possède un contenu énergétique important pour peu qu'une solution de valorisation fiable soit mise en œuvre. Elle peut constituer une source intéressante d'élaboration de biocarburants et de biocombustibles à haute valeur ajoutée.

#### Thématique des Bioénergies

Parmi les différentes matières premières étudiées, on s'intéressera particulièrement à la valorisation des biomasses :

- Liquides : (graisse d'origine animale, huiles usagées ...)
- Gazeux : (biogaz, gaz de process)
- Solides : (bois pollués, déjections animales, déchets plastiques et composites, résidus pétroliers...)

Pour être considéré comme efficace, un système de valorisation doit pouvoir traiter globalement l'ensemble des problèmes, sans conséquence négative pour l'environnement (dissémination des polluants...). La conception d'un système de valorisation doit donc prendre en compte l'ensemble de la filière : purification/séparation des résidus (gazeux, liquides ou solides), valorisation énergétique et traitement/séparation des effluents issus de la valorisation ainsi que l'adaptation du vecteur énergétique élaboré avec le mode de valorisation en énergie de celui-ci.

S'il est indispensable que la solution technique adoptée soit capable de résoudre l'intégralité du problème, "le principe de proximité" et le souci de ne pas rajouter des coûts liés au transport doivent aussi être pris en considération. La réalisation de petites installations paraît, donc être une opportunité pour cette filière.

Parmi les technologies mises en œuvre on distinguera :

- Pour les biomasses solides :
  - La gazéification et la pyrolyse pour les biomasses sèches ;
  - La solvolysse pour les biomasses humides.
- Pour les biomasses liquides :
  - Le craquage catalytique ;
  - Les émulsions des graisses ;
  - La transésterification des lipides.

Les caractéristiques des biomasses sont extrêmement variables car elles dépendent de la nature des effluents et du type de traitement appliqué. Leur caractérisation passera ainsi par la détermination des paramètres tant chimiques qu'énergétiques (pH, humidité, pourcentage de matière organique, pouvoir calorifique inférieur, composition...).

Par ailleurs et afin de déterminer la technologie la plus rentable, il sera nécessaire de faire des essais d'orientation pour caractériser le comportement de la biomasse considérée du point de vue de son potentiel énergétique. Cette caractérisation aura pour objectif de montrer s'il sera nécessaire ou non de les mélanger afin de mettre au point un biocombustible offrant les meilleures caractéristiques en lien avec le procédé de valorisation adopté.

Enfin l'étude thermodynamique du fonctionnement des moteurs à combustion interne et son champ applicatif portant sur l'adaptation combustible – système moteur – émissions, cœur de cette activité de recherche apporte des éléments de réponses à des problèmes importants tant sur le plan des enjeux de sociétés que sur le plan scientifique. Elle répond, de plus, à un besoin industriel régional. Ces recherches s'appuient sur la plateforme PREVER (Plateforme de Recherche et d'Etude sur la Valorisation Energétique des Résidus) qui rassemble sur un même site à l'Ecole des Mines de Nantes, des prototypes de recherche adaptés.

## ■ Axe Photovoltaïque

### Contexte

#### a) International

L'intégration de systèmes qui captent les photons et convertissent l'énergie lumineuse en énergie électricité ou en carburant est crucial pour les futures utilisations de l'énergie solaire.<sup>1</sup> Dans le domaine de la conversion et du stockage électrochimique de l'énergie solaire les ruptures technologiques seront fortement liées aux progrès de la recherche sur les nouveaux matériaux (basés sur des éléments abondants, stables et bon marché) et au potentiel de développement des nanotechnologies.<sup>2 3 4 5</sup> Les semi-conducteurs organiques et les matériaux inorganiques synthétisés à basse température, associés aux nouvelles approches de fabrication, permettent le développement de nouveaux types d'applications, qui se résument sous le vocable "Organic and Large-Area Electronics" (OLAE). La principale nouveauté est que les dispositifs semi-conducteurs sont mis sous forme de films minces sur des substrats flexibles de grande surface par des techniques de production à faible coût et les procédés d'impression utilisant des matériaux hautement fonctionnels. Les champs d'applications concerne les dispositifs nécessitant une faible intensité et une basse tension et sont particulièrement adaptés lorsque aucune connexion avec le réseau électrique est disponible : feux de détresse dans le secteur automobile ou en environnement isolé, la technologie numérique portable, mais également l'électronique imprimé ou les électrodes conductrices et transparentes pour fenêtres pour n'en citer que quelques-uns.

Le projet Photovoltaïque proposé dans le cadre du GIS, s'inscrit dans cette démarche et vise au développement technologique de cellules solaires photovoltaïques de troisième génération : que sont les cellules organiques (OPV) et les hybrides organique-inorganique (DSSC : dye sensitized solar cells).

<sup>1</sup> P. V. Kamat, K. Tvrđy, D. R. Baker, and J. G. Radich, Chem. Rev. 2010, 110, 6664–6688.

<sup>2</sup> A.J. Nozik, J.R. Miller, Chem. Rev. 2010, 110, 6443–6445.

<sup>3</sup> A. Chemseddine, T. Moritz, Eur. J. Inorg. Chem. 1999, 235.

<sup>4</sup> G. K. Mor, O.K.Varghese, M. Paulose, K. Shankar, C. A. Grimes, Sol. Energy Mater Sol Cells, 2006, 90, 2011.

<sup>5</sup> A. I. Hochbaum, and P.g Y., Chem. Rev. 2010, 110, 527–546.

Ces dernières années ont vu une amélioration considérable de l'efficacité des OPV et l'émergence de nouvelles technologies telles que les cellules solaires à base d'halogénures organométalliques de type perovskite. Au stade du laboratoire, les cellules perovskite (matériaux hybrides organique-inorganique comme absorbeur) possèdent des rendements supérieurs à 20% sur de petites surfaces (i.e  $< 1 \text{ cm}^2$ ). Bien que de nombreux matériaux aient été utilisés dans des dispositifs nanostructurés, l'objectif d'accéder à des cellules solaires en couches minces et à haut rendement n'a toujours pas été atteint. Les recherches dans ce domaine montrent que, si l'avènement de nouveaux types de cellules solaires ne peut pas être prédit, il peut être aidé et stimulé par l'innovation, et par des recherches audacieuses, créatrices de nouveaux matériaux.

## **b) Européen**

La coordination européenne des activités de recherche dans le domaine du photovoltaïque est gérée par le CEA-INES et par Karlsruhe Institute of Technology (KIT) pour le stockage de l'énergie, par le biais des programmes conjoints EERA<sup>6</sup>. Si les récents développements confirment le diagnostic du dynamisme dans le domaine de l'OLEA, comme de nouvelles technologies à forte valeur ajoutée pour les économies européennes, des améliorations sont encore nécessaires. La stratégie européenne des technologies de l'énergie et de l'innovation nécessite d'accélérer l'innovation dans les technologies de pointe à faible impact carbone avec des solutions innovantes et de combler le fossé entre la recherche et le marché.<sup>7</sup> Dès que cette technologie deviendra assez mature et fera la démonstration des performances comparables à d'autres technologies en couches minces (efficacité  $> 10\%$ , durée de vie de 20 ans), l'OPV entrera sur le marché des applications de grande surface et le photovoltaïque intégré aux bâtiments (BIPV).

Pour améliorer les coûts de structure et de compétitivité de l'industrie photovoltaïque européenne, la recherche sur toute la chaîne de valeur, de la transformation de la matière première, aux cellules et la fabrication de modules, à l'électronique de puissance et l'intégration dans les systèmes, y compris les options de stockage local, est nécessaire. La poursuite de la réduction des coûts dans la fabrication de cellules solaires imprimées nécessite des technologies nouvelles et innovantes, qui offrent la possibilité de réduire les coûts en capital de nouvelles usines de fabrication, d'augmenter le débit et le rendement et de fournir des options flexibles de conception pour créer de nouveaux produits pour l'industrie de la construction en Europe. Ces technologies de production offrent également des réductions substantielles de temps en récupération d'énergie, le renforcement de la crédibilité de l'industrie à créer une source d'électricité respectueuse de l'environnement.

## **c) National**

Le projet Photovoltaïque proposé dans le cadre du GIS, s'inscrit parmi les Axes Stratégiques d'Innovation (ASI) soutenus par le CNRS. Bien que les principaux laboratoires, impliqués sur l'axe OPV, soient localisés sur Strasbourg et Bordeaux, le cumul des activités du LPhiA, Moltech et CEISAM (DSSC) place la Région Pays de la Loire au tout premier rang des acteurs du photovoltaïque en France. A noter la formation d'un réseau actif institutionnel/industriel principalement centré sur le CEA-INES en charge de la coordination européenne des activités de recherche dans le domaine du

<sup>6</sup> EERA Joint Programme Solar Photovoltaic130306\_eera\_jppv; EERA Joint Programme Energy Storage 20140124\_eera\_jpes.

<sup>7</sup> 2013 Communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions, Energy Technologies and Innovation, comm\_2013\_0253, [http://ec.europa.eu/energy/technology/strategy/doc/comm\\_2013\\_0253\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/technology/strategy/doc/comm_2013_0253_en.pdf)

photovoltaïque. Il est remarquable de constater que la thématique intégrant Photovoltaïque & Photobatterie n'est pas abordée dans aucun de ces laboratoires.

Les activités autour de l'OPV et plus largement OLEA sont reconnues par le CNRS comme des technologies émergentes à privilégier et susceptibles de créer de nouveaux marchés. Les efforts de R&D sont à maintenir sur les verrous identifiés : rendement, durée de vie, coût, impact environnemental. Ceci devrait se traduire par un renforcement de l'interdisciplinarité et un accroissement des partenariats avec l'industrie afin de favoriser les échanges de compétences. L'objectif est d'optimiser la valorisation des compétences du CNRS. Devront être intégrés dans la feuille de route, i) l'existence d'une filière pour l'approvisionnement en matière première, ii) l'analyse et la caractérisation des nanomatériaux à travers le cycle de vie des produits.

## Positionnement du projet

### a) Europe

Il convient de souligner que, Nanotechnologies, Matériaux avancés, Biotechnologie et Procédé de Fabrication Avancés sont clairement identifiés comme des éléments clés, par la Commission européenne, permettant l'acquisition d'un leadership industriel sur ces technologies à l'horizon 2020.<sup>8</sup> Le développement industriel des cellules OPV et batteries sur substrats flexibles nécessite toujours un contrôle complet des différentes étapes tout au long de la chaîne de production. Cela comprend la préparation des matériaux, la formulation de solutions colloïdales adaptées aux procédés d'impression, l'assemblage des dispositifs et leur encapsulation.<sup>9</sup>

### b) National et régional

Le projet Photovoltaïque du GIS fait partie d'un programme plus large dont l'objectif est de contribuer au développement industriel de cellules solaires impliquant des processus à faible coût, des cellules photovoltaïques et *in fine* de la photocatalyse pour la production d'hydrogène par voie solaire. Grâce à des partenariats récents, l'expertise acquise en chimie douce (organique et inorganique), nanomatériaux à base d'oxydes métalliques et matériaux avancés développés en Pays de la Loire (Moltech, LPhiA, CEISAM), a été intégré à un consortium national dirigé par le CEA-INES, selon les différents niveaux de la chaîne de valeur TRL :

- **Matériaux Avancés**
- **Validation de nouveaux concepts**
- **Essai, preuve et transfert de technologie**
- **Prototypes, conception et procédés**
- **Transfert**

Les activités R&D sur les cellules photovoltaïques CIGSe, OPV, DSSC, Perovskite devraient trouver un plus large développement avec des transferts industriels probables dans les deux prochaines années. A la lecture des paragraphes précédents, il apparaît clairement que la mise en place d'une thématique pérenne autour du Photovoltaïque nécessite une coordination des actions collectives. La mise en synergie des activités Industrielles et de R&D des laboratoires académiques en Pays de la Loire sera

<sup>8</sup> HORIZON 2020 – WORK PROGRAMME 2014-2015, European Commission Decision C(2013)XXX of 10 December 2013.

<sup>9</sup> Organic Photovoltaics (OPV) 2012-2022: Technologies, Markets, Players, Thin film, printed/vacuum processed, flexible/rigid: costs and rival analysis by Khasha Ghaffarzadeh, Harry Zervos and Raghu Das.

renforcée dans les prochaines années principalement à travers des actions communes entre le GIS et ATLANSUN. La feuille de route commune vise à atteindre les objectifs suivants :

- Recenser et diffuser l'information sur les retours d'expériences sur les systèmes énergétiques performants ;
- Valoriser les résultats des projets de R&D et les innovations ;
- Renforcer les capacités d'innovation de la filière : intégrer les évolutions réglementaires dans le développement des produits et procédés, identifier les besoins des industriels et des laboratoires, favoriser l'émergence de projets collaboratifs.

## ▪ Axe Pile à Combustible

### Contexte

Les considérations économiques, sociales, énergétiques et surtout environnementales actuelles stimulent la recherche de solutions permettant d'augmenter les performances, la durabilité et l'efficacité énergétique des offres innovantes de production d'électricité en associant l'ensemble des acteurs de la filière académiques et industriels. L'hydrogène devient stratégique car c'est un gaz que l'on peut produire à partir d'électricité renouvelable, qui va aider à réguler les réseaux et que l'on peut utiliser directement et efficacement dans une pile à combustible. Que cela soit pour la production d'électricité stationnaire ou mobile, les déploiements industriels et commerciaux des différents types de d'électrolyseurs et de piles à combustible seront d'autant plus rapides et importants que des innovations technologiques permettront de poursuivre la diminution des coûts de production, de mise en œuvre et l'amélioration de la durabilité.

Les bons résultats des équipes impliquées dans PERLE, le dynamisme des acteurs locaux académiques (IMN, LTN, IREENA, IMMM), institutionnels (MH2, Polyjoule, Nantes Métropole, pôle de compétitivité S2E2) et industriels (DCNS, SEMITAN, S3D, TRONICO, SUNGAZ...) associés à l'effet structurant de la région Pays de la Loire a permis l'émergence de la reconnaissance nationale (implantation du GdR HysPàC à Nantes et projets nationaux subventionnés par l'ADEME) et internationale (congrès IDHEA) de la communauté hydrogène ligérienne. PERLE a aussi permis notamment l'embauche de doctorants et techniciens, de nouveaux projets subventionnés (VALORPAC, NAVHYBUS), l'amélioration de l'équipement des laboratoires mais aussi une production scientifique conséquente. Il paraît donc extrêmement important de continuer à conjuguer les efforts de recherche des équipes ligériennes universitaires et CNRS reconnues internationalement, pour leurs travaux sur les différents constituants des cœurs de cellules (membranes polymères, électrolytes céramiques, catalyseurs, couches de diffusion, plaques bipolaires, etc.) et les systèmes (auxiliaires, gestion électrique, modélisation, diagnostic, hybridation, etc.) impliquées dans les piles à combustible basse température (PEMFC) et haute température (SOFC), et dans l'électrolyse de l'eau (PEMEC, SOEC).

### Thématique de l'axe Pile à Combustible

Dans le futur GIS, les projets de l'axe "Hydrogène" s'appuient sur les directions de recherches prioritaires des instances nationales du CNRS définies dans le cadre du GdR "HySPàC". Dans le GIS, les acteurs de l'axe Hydrogène et Piles à Combustible proposent de développer les actions suivantes :



- La gestion thermique et fluide des cœurs de piles à combustibles basse température (PEMFC). Plus particulièrement, l'écoulement gaz/liquide dans l'ensemble couche de diffusion (GDL)/ canaux de distribution des gaz (flow field) sera étudié essentiellement de manière expérimentale. L'objectif est une meilleure compréhension et maîtrise de l'évacuation de la phase liquide depuis les couches catalytiques jusqu'à la sortie de la pile via les canaux. Les propriétés de surface des GDL et des canaux (caractère hydrophile/hydrophobe) ont un effet prépondérant sur les mécanismes de transport notamment via les effets de capillarité (projet développé au LTN).
- Le diagnostic de stack PEMFC : une méthode de détection de l'état de santé des cellules d'un stack a été développée récemment. Cette méthode couple des mesures de spectroscopie d'impédance à une modélisation multi physique des phénomènes de transfert et de transport en cœur de pile. Il s'agit maintenant de se servir de cette méthode en la couplant à d'autres mesures (densité de courant, hygrométrie notamment) afin d'établir un diagnostic le plus précis possible sur l'influence des différents composants de cœur de pile sur la performance globale. L'objectif est d'optimiser les performances et de les fiabiliser en faisant le choix pertinent des composants et des conditions opératoires (projet développé au LTN et IREENA).
- L'Intégration d'un stack PEMFC dans une chaîne énergétique complète : on s'intéresse ici à l'amélioration de l'efficacité globale d'un système d'utilisation de l'hydrogène. Les deux axes qui seront explorés concernent le couplage d'un stack PEMFC avec un dispositif de stockage de l'énergie tel que les supercapacités (modélisation de la chaîne énergétique complète, dimensionnement des composants) et l'utilisation efficace de l'hydrogène en investiguant différents modes d'alimentation en hydrogène (recirculation passive, mode pulsé, ...) (projet développé au LTN et IREENA).
- Nouveaux matériaux pour le stockage de l'hydrogène: des fluorures nanocristallisés à haute surface spécifique obtenus par synthèse solvothermale assistée par chauffage micro-onde, et des fluorures hybrides 3D à structure ouverte, association d'une charpente inorganique (assemblage de polyèdres inorganiques délimitant des cavités ou tunnels) et de molécules organiques (projet développé à l'IMMM).
- L'utilisation de l'hydrogène : recherche de nouveaux oxydes conducteurs anioniques ou protoniques, ou conducteurs mixtes ionique-électronique plus performants que les matériaux actuels pour application comme électrolytes ou matériaux d'électrodes dans des dispositifs types pile à combustible SOFC ou PCFC, entre autres (projet développé à l'IMMM).

La création du GIS va permettre aux équipes souhaitant fortement travailler de façon coordonnée, de structurer l'ensemble des acteurs académiques, de bénéficier des effets de synergie d'un tel regroupement et ainsi d'asseoir la place de la région Pays de la Loire dans le domaine de l'hydrogène.

## ▪ Axe Stockage de l'Énergie

### Contexte

Dans la tendance actuelle de développement des énergies renouvelables et décarbonées, un des défis majeurs consiste en la mise au point de systèmes de stockage de l'énergie. En effet, qu'il s'agisse de la mobilité (véhicule électrique) ou du lissage des pics de production de l'éolien (par exemple), la

réussite d'une telle recherche impactera fortement le bilan global environnemental et l'efficacité de ces solutions d'avenir. La définition d'un axe « Stockage de l'énergie » apparaît donc naturelle et primordiale dans la constitution du GIS PERLE.

Déjà existant dans le cadre des projets régionaux PERLE 1 et PERLE 2, cet axe s'inscrit dans la continuité par rapport aux thématiques définies dans ces projets. Les deux projets ont permis de structurer et renforcer ces thématiques qu'il conviendra de poursuivre pour maintenir leur niveau d'excellence. Il ne s'agit pas ici de constituer une liste exclusive mais bien plutôt de définir le socle sur lequel pourra se fonder cet axe, d'autres thématiques pouvant à terme être incorporées.

Les laboratoires partenaires ont, au cours des projets PERLE 1&2, noué de fortes relations qui ont permis de présenter des projets ANR ou Européens couronnés de succès en grande partie grâce à la mise en commun de ces compétences diverses et de chercheurs de premier plan. Citons par exemple le projet européen BACCARA (FP7, début : 01/10/2013) rassemblant des compétences en batteries au lithium et supercondensateurs, compétences qui étaient initialement peu connectées. Citons aussi le projet ICROSS (ANR, début : 01/11/2013) rassemblant deux laboratoires ligériens (IMN, MOLTECH) pour un impact maximal dans le domaine du stockage organique, thématique émergente et très concurrentielle.

C'est donc dans ce paysage bien constitué, pour le pérenniser et le renforcer que l'axe « Stockage de l'Énergie » prend toute sa part dans le GIS PERLE. Rassemblant les principaux acteurs en Région, il a vocation à être l'interlocuteur académique principal dans le domaine. En outre, des relations privilégiées avec des partenaires industriels ayant été développées au cours des 10 dernières années, l'axe « Stockage de l'Énergie » gardera et encouragera de forts liens avec le milieu non académique.

Dans un premier temps, l'Axe se concentrera sur les thématiques développées ci-après.

## **Thématique de l'axe Stockage de l'Énergie**

Les thématiques principales de l'axe « Stockage de l'Énergie » rassemblent d'ores et déjà un vivier de compétences qui peuvent être réparties sur trois grands domaines : le premier consacré à la propulsion hybride, le deuxième à l'augmentation de puissance des dispositifs de stockage et le troisième à la recherche de nouveaux matériaux.

La thématique propulsion hybride a fédéré dans les projets PERLE 1&2 les savoir-faire de 4 laboratoires (IREENA, IMN, IRCCyN, LHEEA) autour d'une approche de type système en vue d'optimiser la chaîne de motorisation d'un véhicule électrique ou hybride au regard des performances, de la consommation et des émissions polluantes. Les acteurs académiques ont identifié à travers leurs nombreux échanges scientifiques les compétences spécifiques existant en Région. Elle concerne notamment l'interface entre la partie stockage (batterie, supercondensateur) et les sollicitations énergétiques du système complet en vue de l'implémentation des modèles de fonctionnement de batterie pour utilisation dans la partie système. Dans le GIS PERLE, l'axe poursuivra ses actions dans cette approche très spécifique à la Région. Notons que le vieillissement des accumulateurs concomitant à leurs utilisations « réelles » dans des véhicules hybrides constituera un autre pan de cette thématique. L'action réalisée dans le cadre de PERLE 2 a permis de concevoir des systèmes de

surveillance suffisamment élaborés pour permettre le diagnostic et la maintenance de systèmes de stockage à base de supercondensateurs. Cette action pourrait être poursuivie à la fois sur le plan de la compréhension des phénomènes physiques intrinsèques, de la conception de systèmes de surveillance et du transfert de technologie vers un industriel. Les aspects « matériaux » sont aussi ici très présents. Des discussions système – matériaux feront donc partie de la constitution de l'axe Stockage de l'énergie du GIS PERLE.

La problématique de l'augmentation de puissance des accumulateurs et d'augmentation de l'énergie des supercondensateurs revenant de façon récurrente dans les préoccupations scientifiques et industrielles, elle sera le cœur de la deuxième thématique identifiée comme forte en Région. Des solutions originales à ces problèmes ont consisté à lier les matériaux actifs dans les batteries à un support carboné (utilisé dans les supercondensateurs), combinant ainsi la conductivité électronique du carbone (puissance) et la capacité du matériau actif (énergie). La recherche d'une synergie entre les études sur les batteries et celles sur les supercondensateurs constituera donc un domaine fédérateur pour l'axe. Des avancées ont ainsi été obtenues en effectuant ce couplage par greffage ou pontage moléculaire. Le succès de ces recherches repose essentiellement sur un vivier de compétences développées en Région. Les performances des systèmes de stockage électrochimique ont pu ainsi être améliorées par la préparation de matériaux d'électrodes innovants et par une meilleure compréhension des phénomènes aux interfaces électrode/électrolyte. L'axe « stockage », dans le cadre du GIS PERLE, poursuivra les actions entreprises sur la synthèse de nouveaux matériaux d'électrodes et la synthèse ou la formulation de nouveaux électrolytes.

Une troisième thématique est davantage orientée vers les aspects « matériaux », autre force de la recherche dans le domaine en Région. Les préoccupations actuelles concernant la pérennité du lithium au niveau des ressources naturelles trouveront ici un écho. Le sodium, dont les ressources naturelles sont nettement supérieures à celles du lithium, semble être une alternative de choix, et la recherche de nouveaux matériaux optimisés pour batteries au sodium sera ici poursuivie. Une alternative consisterait à trouver nouveaux concepts de batterie qui permettraient d'atteindre des potentiels plus élevés et/ou des capacités massiques ou volumiques plus importantes, à faible coût, dans des conditions sûres et durables d'utilisation. A ce titre, des performances remarquables sont attendues des batteries à l'état solide à ions fluorure. Ce concept proposé il y a une trentaine d'années n'a pas donné lieu, mis à part quelques applications très spécifiques à coût prohibitif, à développement commercial en raison surtout d'une faible conductivité ionique de l'électrolyte. Récemment, les résultats obtenus avec des fluorures nanostructurés ont donné un regain d'intérêt à ce concept, avec de hauts potentiels et de fortes capacités théoriques (1000-2000 Wh.kg<sup>-1</sup> ou 2000-5400 Wh.L<sup>-1</sup>). L'utilisation de telles batteries pourrait conduire à une percée significative dans le domaine des dispositifs de stockage d'énergie. Dans cet axe, nous nous efforcerons donc dans un premier temps de trouver les meilleures combinaisons de matériaux fluorés (électrodes et électrolyte) avec comme finalité la mise au point industrielle de ces batteries tout solide.

Encore une fois, ces trois thématiques composent l'ossature sur laquelle d'autres partenaires, ou ceux déjà ci-dessous identifiés, pourront faire émerger de nouvelles orientations. Elles forment le socle, solide car déjà éprouvé dans les projets PERLE 1&2 qui permettra de pérenniser, dans un premier temps, les collaborations et les réalisations.

## ▪ Axe Efficacité énergétique

*Mots clés : intensification des transferts, systèmes énergétiques, optimisation énergétique, thermodynamique, échangeurs innovants*

*Applications : toutes industries et particulièrement les transports, l'habitat, et la production d'énergie*

### Contexte

L'objectif de cet axe est de réunir les acteurs régionaux complémentaires autour de l'efficacité énergétique, qu'ils travaillent soit par une approche locale ou globale. L'efficacité énergétique et l'optimisation des systèmes énergétiques par une approche à trois échelles (local, composant et système) va de la conception d'échangeurs- réacteurs- mélangeurs jusqu'à l'intégration de systèmes énergétiques à partir de différentes sources d'énergies (renouvelables ou non), en passant par l'optimisation de tout type de procédés.

### Thématique de l'axe efficacité énergétique

Utiliser l'énergie de façon plus raisonnable ou efficace, passe par une première étape : une meilleure connaissance des transferts, voire dans certains cas, une intensification de ces derniers. Les travaux de recherche portent donc sur la compréhension des phénomènes de transfert au sein des milieux solides, ou des milieux fluides dans des situations d'écoulements classiques ou complexes. L'écoulement est rendu complexe par sa nature (instabilité, transition vers la turbulence, advection chaotique...) et/ou par sa géométrie (effet de courbure, petites échelles...). Dans certaines situations, le fluide peut être complexe, c'est à dire avec un comportement rhéologique non-newtonien ou diphasique (liquide/gaz, liquide/solide). Dans ce dernier cas, les phénomènes de transferts ont souvent lieu en présence de changement de phase. Les géométries peuvent être de taille conventionnelle, mais aussi miniaturisées. D'autres travaux peuvent porter sur l'optimisation énergétique et l'amélioration des transferts locaux (minimisation du réchauffement, des points chauds, rôle des résistances thermique de contact) dans des applications variées. D'une manière générale, l'obtention d'une meilleure efficacité énergétique est un souci présent dans tous les procédés industriels (mise en forme de matériaux, procédés en agroalimentaire, en chimie, domaine du transport...).

Lors de l'étude des systèmes énergétiques, l'accent est mis sur l'optimisation des performances, la fiabilité et la flexibilité du fonctionnement des systèmes de production d'énergie. Ces préoccupations recouvrent des objets d'études très différents portant sur des machines à combustion, des cycles thermodynamiques et des réacteurs électrochimiques, les machines thermo-acoustiques. Les phénomènes de transferts de chaleur et de masse se produisant au cœur de ces systèmes (approche locale) méritent des études dédiées car leur compréhension fine constitue bien souvent un verrou scientifique et technologique qu'il est indispensable de lever pour atteindre de meilleures performances à l'échelle du système. Les recherches sont effectuées sur un spectre qui commence par une approche locale, jusqu'à la mise en œuvre dans des pilotes de laboratoire.

Différents sujets de recherche sont abordés au sein des laboratoires partenaires autour de l'efficacité énergétique :

- Conception d'échangeurs-mélangeurs innovants (multifonctionnels, compacts, miniaturisés);

- Intégration des différentes étapes de transformation d'énergie, depuis le captage à la source jusqu'à l'utilisation finale dans un procédé intégré ;
- Optimisation énergétique et exergetique,
- Optimisation énergétique à toutes les échelles d'un procédé ;
- Machines thermiques ;
- Amélioration et développement des procédés de traitement des déchets, en vue de l'utilisation de ces derniers comme source d'énergie ;
- Stockage thermique.

## ▪ **Axe Aspects Sociétaux – Volet Sociologie**

### **Contexte**

Les deux précédents programmes (PERLE 1 et 2) ont fait ressortir un intérêt pour les SHS. Ils ont aussi montré la marginalisation de ces sciences dans la production scientifique à propos des énergies. Dans le cadre d'une future collaboration SHS-sciences de la nature-sciences de l'ingénieur, trois difficultés doivent être impérativement dépassées. La première concerne la reconnaissance de la scientificité particulière des SHS par l'ensemble des partenaires de recherche. Celle-ci ne se décrète pas, elle se construit en développant des approches interdisciplinaires, impliquant notamment une réflexion épistémologique partagée et des choix de méthodes collaboratrices. La deuxième porte sur les attentes des chercheurs qui représenteront majoritairement les sciences de la nature et les sciences de l'ingénieur au sein du futur GIS. Il ne s'agit pas de cantonner les SHS dans un rôle de recherche du seul degré d'acceptabilité sociale des connaissances et surtout de leurs applications. La troisième porte sur les conditions de production des connaissances du domaine des SHS. Jusqu'à présent, elles ont été limitées, souvent pour des raisons de moyens alloués à la recherche (financement de stages de master 2 pour PERLE 1 et 2). Nous souhaitons que quelques objets de recherche en SHS puissent faire l'objet de thèses et que les chercheurs SHS puissent travailler sur des durées équivalentes à celles de leurs collègues.

### **Thématique de l'axe Aspects Sociétaux – Volet Sociologie**

Jusqu'à présent, les éclairages apportées par les SHS ont concerné différents états des lieux ou des pratiques à propos des modes de consommation d'énergie, des conditions sociales de réduction de consommation, de l'opposition entre différentes formes de rationalité (technique d'usage, pathique...). Les travaux menés n'ont pas toujours été suffisamment articulés les uns avec les autres, ayant été réalisés plus par juxtaposition que par coopération pluridisciplinaire. La future activité de recherche des SHS doit maintenir et accentuer la compréhension de l'action collective, en l'élargissant au plus grand nombre de partenaires possibles : chercheurs impliqués directement dans les projets, industriels, membres de la société civile, etc.. L'activité du futur axe doit s'appuyer le plus possible sur une coopération interdisciplinaire, mais aussi sur une participation des populations concernées d'une certaine manière par les recherches engagées (recherche-action).

La création d'un GIS PERLE doit donc être l'occasion de redéfinir les objectifs et les méthodes de travail concernant les SHS. L'Institut de l'Homme et de la Technologie en tant que plate-forme de projets de recherches innovants sur le plan de l'interdisciplinarité comme sur celui des méthodes de

recherche-action compte y jouer un rôle majeur. Il souhaite la création d'un axe transversal SHS au sein du GIS dont la finalité serait d'aborder, en lien avec les autres axes de travail du GIS, les rapports de coopération entre chercheurs et/ou laboratoires représentants d'une discipline propre, mais aussi les rapports entre le monde de la recherche et la société civile en général, notamment dans le cadre de l'avancée des innovations entraînées par les résultats de la recherche appliquée. Deux grands sous-axes peuvent être envisagés. Le premier concerne l'organisation collective de l'activité de recherche à travers la compréhension et la construction des objets traités. Dans ce cas, les SHS, à travers la prise en compte de ces objets mais aussi des méthodes qui président à leur invention et à leur diffusion, devraient contribuer à la régulation des formes de coopération entre les différents partenaires scientifiques des futurs programmes de recherche. Leur rôle serait de comprendre, et dans certains cas, d'aider à construire, grâce à leurs préconisations, les artefacts et/ou processus en lien avec les questions touchant aux énergies (production et consommation). Le second vise la construction sociale de la connaissance théorique et pratique produite par les chercheurs avec les populations concernées. Il s'agirait de participer directement à des rapprochements entre les chercheurs dont l'activité est inscrite dans des logiques de recherche centrées sur l'excellence théorique et technique et des populations ou groupes de populations attendant de la recherche des résultats pratiques répondant à des usages ou fonctionnalités qu'ils souhaitent ou à la protection des environnements dans lesquels ils agissent. Au-delà de fonctionnalités attendues, l'analyse des risques et des représentations serait abordée. Pour atteindre ces objectifs, les deux sous-axes feraient appel le plus possible à des méthodes participatives de recherche, mais aussi de régulation sociale, telles celle préconisée par la recherche-action et plus précisément la sociologie de la traduction.

La participation de l'IHT au GIS PERLE se donne pour objectif de favoriser l'application de deux principes de recherche : la prise en compte du paradigme de la *complexité* d'une part, celui de la *recherche-action* de l'autre. Ces deux paradigmes ne sont pas étrangers l'un à l'autre. Structurer les travaux de recherche confiés ou organisés par l'IHT à partir de leur respect doit les rendre éclairants et utiles pour les chercheurs du futurs GIS et pour la société civile. En tant que plate-forme de recherche, l'IHT peut mobiliser tout un réseau de laboratoires. Parmi eux, le Centre François-Viète de l'université de Nantes, le Centre d'Etude et de Recherche sur les Risques et les Vulnérabilités (CERReV) de l'université de Caen, le Centre de recherche sur les risques Mines Paris-Tech.

## ▪ **Axe Systèmes Energétiques, Composants et Intégrations (Smart Grids)**

*Mots clés : compacité, conception, intégration, mixte énergétique, disponibilité et tolérance aux fautes, énergies renouvelables, stockage, efficacité, architectures, optimisation, fiabilité, pilotage, commande robuste, réseaux électriques, réseaux embarqués, réseaux intelligents.*

*Applications : Conversion d'énergie, EnR et intégration de la production d'énergie au réseau, Transports, Habitat.*

### **Contexte**

L'objectif de cet axe est de réunir les acteurs régionaux complémentaires autour de l'optimisation de systèmes énergétiques par une approche à trois échelles (local, composant et système) et d'aller jusqu'à l'intégration à partir de différentes sources d'énergies (renouvelables ou

non). Les principales difficultés de ces travaux sont liées, d'une part, à la grande diversité des domaines scientifiques concernés et d'autre part, à la nécessité d'optimiser simultanément le dimensionnement et le pilotage de ces systèmes.

## Thématique de l'axe Systèmes Energétiques, Composants et Intégrations (Smart Grids)

**Chaînes de conversion** : pour les chaînes de conversion d'énergie, l'accent sera mis sur le dimensionnement du cycle de vie intégrant le vieillissement et l'optimisation du contrôle de systèmes complexes en milieu sévère (immérgé, offshore, embarqué...). Cela nécessitera la conception de chaînes de conversion fiables (à l'échelle des composants), compacts et à haute tolérance aux défauts, capables de fonctionner en mode dégradé et l'élaboration de stratégies de surveillance et de contrôle robuste et reconfigurables.

**Mixte énergétique** : l'objectif est l'étude et la mise au point de nouvelles technologies combinant les nouveaux systèmes de production (PV, éolien, pile à combustible, thermique ...), les éléments de stockage (nouvelles batteries, super-condensateurs...), actionneurs innovants et interfaces d'électronique de puissance dédiées. Cette étude (à l'échelle de chaînes ou de parcs) ainsi que leur interconnexion posent des problèmes complexes de qualité de l'énergie distribuée, de gestion de l'énergie, d'autonomie, d'optimisation technique et économique d'architectures en vue d'améliorer l'efficacité énergétique, la disponibilité et la fiabilité des systèmes aussi bien pour les réseaux embarqués qu'ilôtés tout en tenant compte des contraintes liées à l'usage.

**Propulsions hybrides** : pour certains modes de transport, la production et la gestion de l'énergie thermique sont aussi critiques que celles de l'énergie mécanique. Ceci est particulièrement vrai pour le secteur naval et, dans une moindre mesure, pour le secteur automobile, en fonction du contexte climatique. En outre, la thermique présente toujours un impact fort sur l'efficacité, la fiabilité et la durée de vie des organes qui composent les chaînes de conversion d'énergie. Il est donc nécessaire d'aborder le dimensionnement et le pilotage de ces chaînes, de manière globale, en considérant simultanément les aspects thermique, électrique et mécanique. La finalité ultime de l'optimisation recherchée est de minimiser le coût annuel moyen du système (en y intégrant les investissements, mais aussi les coûts de fonctionnement) sur son cycle de vie complet.

Pour le mix énergétique, comme pour les propulsions hybrides, les approches méthodologiques de dimensionnement, d'optimisation, de contrôle des systèmes énergétiques et de gestion de l'énergie dans les systèmes hybrides incluant des dispositifs de stockage qui seront développées doivent être validées sur des plateformes expérimentales.

**Habitat intelligent et TICE** : le secteur résidentiel est un élément clé du réseau électrique du futur (selon le concept du smart grid ou encore micro grid). Il occupe une des premières places dans les problématiques de l'utilisation rationnelle de l'énergie, en visant notamment l'habitat à énergie positive, avec une maîtrise de la consommation, une exploitation des énergies renouvelables, tout en facilitant le comportement éco responsable et en assurant un environnement confortable et sûr. L'objectif est l'élaboration de modèles et de méthodologies, généralement stochastiques, d'optimisation du dimensionnement et de gestion des flux d'énergie pour la mise en œuvre d'un habitat autonome en énergie électrique. Plusieurs verrous scientifiques, techniques et sociétaux sont



posés tels que l'effacement des pointes de consommation, la caractérisation et la gestion intelligente des charges et son intégration dans la démarche de dimensionnement optimisé, l'estimation des courbes de charges dynamiques électriques et thermiques, l'utilisation du concept V2G (recharge du véhicule électrique), la modélisation de l'utilisateur vis à vis de son confort thermique et sa consommation énergétique. Notons que l'utilisation des TICE est incontournable pour une meilleure gestion de l'énergie et de l'information. Les TICE interviendront dans un premier temps sur la remontée d'information via des capteurs intelligents (smart metering), l'analyse des grands volumes de données (bigData), l'automatisation de procédures (Autonomic computing) et les actionneurs permettant de mettre en place les politiques énergétiques.

**Réseaux énergétiques « smart »** : l'association efficace des réseaux énergétiques et des technologies de communication, avérée dans le cas des réseaux électriques (Smart Grid), n'est encore pas à la hauteur des enjeux concernant les réseaux thermiques qu'ils soient industriels et/ou urbains.

Leur évolution nécessite une transition qui va au delà d'une transposition du savoir faire acquis dans le cas des réseaux électriques. En effet, malgré des similarités descriptives en première approche, les réseaux thermiques ont leurs spécificités propres. La diversité des ressources et systèmes connectés, l'intermittence de certaines sources, la variabilité de la demande, les limites et le coût des solutions des stockages... sont autant de points communs alors que l'inertie thermique, l'influence des niveaux de températures, les contraintes liées aux écoulements, la taille plus limitée, les dimensions plus locales, ... sont spécifiques aux réseaux thermiques.

Les travaux de modélisation des réseaux énergétiques thermiques par une approche intégrée incluent la modélisation de la demande, des différentes sources connectées au réseau qu'elles soient permanentes ou intermittentes, locales ou centralisées, renouvelables, fatales ou classiques. Ils incluent par ailleurs l'influence des niveaux de températures, ainsi que l'interaction avec d'autres réseaux énergétiques (thermiques ou autres). Par ailleurs, la complémentarité et le couplage de cette modélisation avec les solutions de monitoring et de contrôle qu'offrent les TIC, permettent d'accompagner la transformation « smart » de ces réseaux.

Différents sujets de recherche sont abordés autour des réseaux énergétiques :

- Intégration et efficacité des systèmes et procédés
- Interaction réseaux thermiques-réseaux électriques
- Couplage modélisation et TIC pour la gestion des réseaux
- Modélisation intégrée des réseaux
- Modélisation de la demande énergétique



## ANNEXE 2

LISTE DES LABORATOIRES DE RECHERCHE ET DES STRUCTURES PARTICIPANT  
AUX ACTIVITÉS DU GIS EN TANT QUE MEMBRE**Chambre de Commerce de d'Industrie Pays de la Loire**

Centre des Salorges  
16 quai Ernest Renaud  
CS 70515  
44105 Nantes Cedex 4  
Contact : Philippe Jan

- Pôles de compétitivité :

- **EMC2 (partenaire ponctuel)**  
Chemin du Chaffault – 44340 BOUGUENNAIS  
Contact : Anne-Cécile Moquet
- **ID4CAR**  
Technocampus Composites, Chemin du Chaffalut – 44340 BOUGUENNAIS  
Contact : Laurent Seigner
- **S2E2**  
10 rue Thalès de Milet – 37071 TOURS  
Contact : Jérôme Finot et Rachel Guilloteau

- Laboratoires :

- Laboratoire de Thermocinétique (**LTN**)  
Etablissement de rattachement : Université de Nantes/ CNRS – UMR 6607  
Directeur : Cathy Castelain  
Contact : Cathy Castelain
- Institut des Molécules et Matériaux du Mans (**IMMM**)  
Etablissement de rattachement : Université du Maine/ CNRS – UMR 6283  
Directeur : Jean-Marc Greneche  
Contact : Philippe Lacorre
- Institut de l'Homme et de la Technologie (**IHT**)  
Etablissement de rattachement : Université de Nantes  
Directeur : Dominique Pecaud  
Contact : Dominique Pecaud
- Chimie Et Interdisciplinarité : Synthèse, Analyse, Modélisation (**CEISAM**)  
Etablissement de rattachement : Université de Nantes/ CNRS – UMR6230  
Directeur : Bruno Bujoli  
Contacts : Fabrice Odobel et Hamada Boujtita

- Laboratoire de recherche en Hydrodynamique, Energétique et Environnement Atmosphérique (**LHEEA**)  
Etablissement de rattachement : Ecole Centrale de Nantes/ CNRS – UMR6598  
Directeur : Pierre Ferrant  
Contact : Jean-François Hetet
- Laboratoire de Photonique d'Angers (**LPhIA**)  
Etablissement de rattachement : Université d'Angers/ EA 4464  
Directeur : François Sanchez  
Contact : Mihaela Girtan
- **MOLTECH Anjou**  
Etablissement de rattachement : Université d'Angers/ CNRS – UMR 6200  
Directeur : Marc Sallé  
Contact : Charles Cougnon
- Institut de Recherche en Energie Electrique de Nantes (**IREENA**)  
Etablissement de rattachement : Université de Nantes/ EA 1770  
Directeur : Mohamed Machmoum  
Contact : Mohamed Machmoum
- GEnie Procédés Environnement Agroalimentaire (**GEPEA**)  
Etablissements de rattachement : Université de Nantes/ CNRS – UMR6144/ Mines Nantes  
Directeur : Jack Legrand  
Contacts : Mohand Tazerout et Agnès Montillet
- Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine (**LAUM**)  
Etablissement de rattachement : Université du Maine/ CNRS – UMR 6613  
Directeur : Joël Gilbert  
Contact : Pierrick Lotton
- Espaces et Sociétés Le Mans (**ESO LE MANS**)  
Etablissements de rattachement : Université du Maine/ CNRS – UMR 6590  
Directeur : Vincent Goueset  
Contact : Cyria Emelianoff
- Institut de Recherche en Communications et Cybernétique de Nantes (**IRCCyN**)  
Etablissements de rattachement : Université de Nantes/ ECN/ EMN/ CNRS – UMR 6597  
Directeur : Michel Malabre  
Contact : Bogdan Marinescu
- Laboratoire d'informatique de Nantes Atlantique (**LINA**)  
Etablissements de rattachement : Université de Nantes/ EMN/ CNRS – UMR 6241  
Directeur : Pierre Cointe  
Contact : Jean-Marc Menaud

ANNEXE 3  
NOMINATION DU PRESIDENT DU COMITÉ DIRECTEUR, DU PRESIDENT DU  
CONSEIL SCIENTIFIQUE, DU DIRECTEUR ET DU DIRECTEUR ADJOINT DU GIS

**Philippe JAN** a été proposé pour assumer le poste de Président du Comité directeur.

**Agnès Montillet** a été proposée pour assumer le poste de Présidente du Conseil scientifique.

**Jérôme Bellettre** a été proposé pour assumer le poste de Directeur du GIS.

**Jean François Hetet** a été proposé pour assumer le poste de Directeur Adjoint du GIS