



Agence Nationale de la Recherche

Appel à Projets de Recherche et d'Innovation 2006

**Plan d'Action National sur
l'Hydrogène et les piles à combustible**

PAN-H

**Ouverture de l'appel à projets : 3 février 2006
Clôture de l'appel à projets : 22 mars 2006 à minuit
(date limite de dépôt des dossiers)**



Plan d'Action National sur l'Hydrogène et les piles à combustible (PAN-H)

Appel à Projets de Recherche et d'Innovation 2006

Sommaire

1. CADRE DE L'APPEL A PROJETS

2. CHAMPS DE L'APPEL A PROJETS

2.1 Thème "Production d'hydrogène"

Lot 1 : Composants haute température

Lot 2 : Modules et stacks d'électrolyseurs à haute température

Lot 3 : Cycles thermochimiques et composants associés

Lot 4 : Production décentralisée à partir d'énergies renouvelables intermittentes

Lot 5 : Générateurs d'hydrogène à caractère multi-combustible

2.2 Thème "Approvisionnement en hydrogène"

Lot 1 : Réseaux d'hydrogène gazeux

Lot 2 : Stockage de l'hydrogène

2.3 Thème "Système pile"

A - Filière " Pile à membrane polymère" (PEMFC)

Lot 1 : Assemblage Membrane-Electrodes (AME)

Lot 2 : Plaques bipolaires, et éléments de connexion

Lot 3 : Auxiliaires et intégration de prototypes (pile et système)

Lot 4 : Electronique, capteurs, contrôle-commande

Lot 5 : Évaluation de la sensibilité aux contaminants

Lot 6 : Expérimentation

B - Filière "Pile à oxydes solides" (SOFC)

Lot 1 : Composants innovants

Lot 2 : Evaluation technico-économique de la filière SOFC

2.4 Thème "Activités transverses"

Lot 1 : Sécurité

Lot 2 : Acceptabilité sociale

3. MISE EN ŒUVRE ET PROCEDURES

3.1 Critères de recevabilité

3.2 Critères d'évaluation

3.3 Critères de sélection

3.4 Règles de financement

3.5 Procédures de soumission

1. CADRE DE L'APPEL A PROJETS

L'hydrogène vecteur multi-énergie apparaît comme une solution attractive pour limiter les émissions de gaz à effet de serre et contribuer à la sécurité énergétique à long terme. C'est le combustible de choix pour la pile à combustible qui présente des avantages potentiels importants, notamment en raison de son rendement énergétique élevé et de l'absence de rejets polluants. La pile à combustible s'adresse à différents marchés tels que les transports, les applications stationnaires, les applications portables et les marchés de niches. Cependant, un développement significatif des utilisations de l'hydrogène énergie nécessite des efforts de recherche très importants pour relever les défis technologiques et économiques identifiés.

Le plan d'action national sur l'hydrogène et les piles à combustible (PAN-H) vise à développer une filière industrielle de l'hydrogène et des piles à combustible compatible avec les contraintes de l'usage automobile sur le long terme. Il favorisera également le déploiement de ces technologies dans des marchés considérés comme moins exigeants à plus court terme (applications stationnaires de cogénération, groupe de secours, production électrique décentralisée, transports collectifs, autres marchés de niches comme les applications portables, les groupes auxiliaires de puissance, etc.) qui permettront, en créant des filières industrielles ayant leur propre dynamique, de préparer le marché automobile.

Ce plan d'action a pour ambition de construire un programme français de R&D à finalité économique et industrielle, en s'appuyant sur les atouts et spécificités nationaux, dans un cadre pluriannuel (2005-2010, dans un premier temps), qui s'intégrera à la démarche européenne. Le cofinancement des premiers projets de R&D du programme PAN-H par l'ANR en 2005 (liste des projets financés consultable sur le site l'ANR : www.agence-nationale-recherche.fr) traduit la volonté des pouvoirs publics d'intensifier le développement d'une filière hydrogène en France.

L'appel à projets (AAP) 2006 du programme PAN-H de l'ANR est structuré en 4 **Thèmes** de recherche et d'innovation :

- Production d'hydrogène ;
- Approvisionnement en hydrogène ;
- Système pile ;
- Activités transverses.

Le programme PAN-H de l'ANR finance des projets de recherche et d'innovation qui relèvent de la recherche fondamentale (RF)¹, de la recherche industrielle (RI)² et du développement pré-concurrentiel (DPC)³, selon la terminologie du Journal officiel de l'Union européenne (JOCE 28/02/2004, L 63/23). Ils ne couvrent pas les étapes en aval de démonstration industrielle et de déploiement commercial, qui ne sont pas du ressort de l'ANR, mais doivent en permettre la préparation.

Les projets de l'AAP 2006 peuvent être pluriannuels avec une durée minimale de 1 an et une durée maximale de 4 ans. Ils visent les applications aux transports, aux systèmes stationnaires ou restent génériques.

¹ Activité visant à un élargissement des connaissances scientifiques et techniques non liées à des objectifs industriels et commerciaux.

² Recherche planifiée ou enquête critique visant à acquérir de nouvelles connaissances, l'objectif étant que ces connaissances puissent être utiles pour mettre au point de nouveaux produits, procédés ou services ou entraîner une amélioration notable des produits, procédés ou services existants.

³ Concrétisation des résultats de la recherche industrielle dans un plan, un schéma ou un dessin pour des produits, procédés ou services nouveaux, modifiés ou améliorés, qu'ils soient destinés à être vendus ou utilisés, y compris la création d'un premier prototype qui ne pourrait pas être utilisé commercialement.

Le développement pré-concurrentiel peut en outre comprendre la formulation conceptuelle et le dessin d'autres produits, procédés ou services ainsi que des projets pilotes, à condition que ces projets ne puissent pas être convertis ou utilisés pour des applications industrielles ou une exploitation commerciale.

2. CHAMPS DE L'APPEL A PROJETS

2.1 Thème "Production d'hydrogène"

Ce thème est doté d'une enveloppe budgétaire indicative de l'ordre de **20% de l'enveloppe budgétaire globale de PAN-H** pour cet appel à projets.

Le programme PAN-H donne la priorité à la **production "propre" d'hydrogène** : i) la production massive d'hydrogène à haut rendement sans émissions de CO₂, nécessaire au déploiement d'une économie "hydrogène" pour les transports en zone urbaine ; ii) la production décentralisée à partir d'énergies renouvelables ou de reformage de combustibles, en privilégiant les biocombustibles, pour les applications stationnaires ou embarquées.

Le programme vise à développer des technologies de production massive d'hydrogène à partir de procédés à haute température (HT) innovants et non émetteurs de CO₂ (électrolyse de l'eau à haute température (EHT), cycles thermochimiques, etc.) qui pourront utiliser, à terme, la chaleur fournie par un réacteur nucléaire, un incinérateur industriel, une centrale solaire à concentration ou une source géothermique.

Les technologies de production décentralisée d'hydrogène pourraient permettre d'assurer le déploiement de solutions de transition avant la mise en place d'un réseau de distribution d'hydrogène à partir d'unités de production centralisées.

L'appel à projets est composé de 5 lots : composants haute température (lot 1) ; modules et stacks d'électrolyseurs à haute température (lot 2) ; cycles thermochimiques (lot 3) ; production décentralisée à partir d'énergies renouvelables intermittentes (lot 4) ; générateurs compacts à caractère multi-combustible (lot 5).

Lot 1 : Composants haute température

Lot 1.1 : Développement de cellules d'électrolyse à haute température

Ce lot concerne en particulier le développement d'électrolyseurs anioniques (par ions O⁻) fonctionnant à température élevée (entre 700 et 1000 °C) pour lesquels les travaux déjà engagés doivent être poursuivis. En complément, **l'effort doit porter sur des voies plus innovantes contribuant à améliorer les performances techniques et économiques de l'électrolyseur dans la perspective d'un fonctionnement à une température intermédiaire 500-600 °C**. En particulier, des travaux de recherche sont à engager en priorité sur les céramiques à conduction protonique.

Les solutions proposées doivent prendre en compte dès la conception les contraintes d'une industrialisation (faisabilité, coûts) et devront également mettre en avant **les synergies possibles avec les piles à combustible à oxydes solides de type SOFC (§ 2.3, section B, lot 1)**.

Ce lot comportera les thèmes suivants :

- développement de céramiques conductrices pour électrolytes et électrodes répondant au cahier des charges d'une cellule industrielle (conductivité ionique de l'ordre de 10⁻² S/cm, conductivité électronique supérieure à 100 S/cm, tenue thermomécanique, stabilité chimique...) ; la recherche vise les conducteurs anioniques (par ions O⁻) fonctionnant entre 700°C et 1000°C, ainsi que les conducteurs protoniques fonctionnant dans le domaine de température 500-600 °C ;
- développement de procédés innovants d'élaboration et de mise en forme des matériaux (électrolyte, électrodes, assemblage membrane-électrodes) permettant en particulier d'accroître les performances et donc de baisser les coûts sans affecter significativement les caractéristiques des cellules.

Lot 1.2 : Echangeurs à haute température

Ce lot permettra d'étudier les verrous technologiques liés aux échangeurs HT en vue de leur utilisation dans les procédés de production d'hydrogène à haute température, que ce soit les cycles thermochimiques ou l'électrolyse à haute température, qui nécessitent presque tous une source thermique avec des niveaux de température dépassant dans la plupart des cas 800°C.

Les problèmes de matériaux à utiliser sont à identifier : tenue des matériaux sous chargement, problèmes de corrosion en milieu chimique agressif, problèmes de mise en œuvre et d'assemblage de ces matériaux, etc.

Lot 2 : Modules et stacks d'électrolyseurs à haute température

Les projets viseront à :

- concevoir et réaliser des empilements et des stacks de puissances variables (de la centaine de watts à plusieurs dizaines de kilowatts) ;
- développer des matériaux pour les plaques d'interconnecteurs (conductivité, étanchéité, stabilité, facilité de mise en œuvre pour abaisser le coût, etc.) ;
- développer des architectures innovantes intégrant les composants céramiques et les interconnecteurs permettant de répondre aux problèmes de thermique, de mécanique et de fluïdique, et ouvrant des perspectives vers les électrolyseurs de forte puissance (> 100 kW).

Lot 3 : Cycles thermochimiques et composants associés

Les projets devront comporter une analyse économique et de cycle de vie, ainsi qu'une analyse environnementale et réglementaire. Ils devront également intégrer le dimensionnement en termes de génie chimique et donner des éléments sur la mise à l'échelle industrielle de tels procédés.

Lot 3.1 : Cycles alternatifs

Ce lot comportera les thèmes suivants :

- réalisation d'une évaluation thermodynamique et technologique des cycles à base de soufre (800°C-1000°C) ; cette étape complétera les travaux déjà engagés sur le cycle Iode/Soufre et contribuera à proposer des alternatives à ce cycle, en permettant un choix entre plusieurs procédés présentant chacun des verrous technologiques susceptibles d'avoir un impact significatif sur le coût de l'hydrogène produit ;
- étude de nouvelles voies de décomposition de l'eau par des cycles thermochimiques alternatifs fonctionnant à des températures intermédiaires situées entre 500°C et 800°C par couplage à des réacteurs ou incinérateurs industriels, ou au-delà de 1000°C par l'utilisation de la chaleur de concentrateurs solaires ; ces travaux intégreront une étude de faisabilité thermodynamique et une première approche énergétique du procédé.

Lot 3.2 : Membranes de séparation

Il s'agira de développer des procédés membranaires permettant de séparer les constituants produits lors des différentes étapes des cycles thermochimiques dans des conditions sévères de pression, température, corrosivité et complexité des mélanges. Des innovations sur les matériaux sont attendues pour apporter des solutions, tant au niveau des performances de filtration que celui de la taille des surfaces effectives de membranes.

Lot 4 : Production décentralisée à partir d'énergies renouvelables intermittentes

L'objet de ce lot est de développer les procédés, les technologies et l'intégration système des solutions de production décentralisée d'hydrogène à partir de sources d'énergies renouvelables intermittentes telles que l'éolien et le photovoltaïque.

Des innovations technologiques sont attendues en particulier sur l'électrolyseur à basse température en termes de compacité, rendement énergétique et coût. Dans le cas de technologies suffisamment matures, il est souhaitable que des projets d'expérimentation de terrain permettant la validation technique et économique de ces solutions soient proposés.

Une attention particulière est à porter à la gestion du caractère intermittent des sources primaires, au rendement global et au coût du système à travers les choix de dimensionnement. La modélisation du système et son optimisation sont à ce titre recevables, ainsi que les analyses technico-économiques.

Une approche système intégrant le couplage du moyen de production à la source électrique intermittente, les moyens de stockages rationnels et la réinjection de la capacité électrique sur le réseau via des piles de puissance est souhaitée.

Lot 5 : Générateurs d'hydrogène à caractère multi-combustible

L'objet de ce lot est de développer des générateurs d'hydrogène compacts à **caractère multi-combustible, en privilégiant les biocombustibles**, pour les applications stationnaires ou

embarquées. Le caractère multi-combustible doit permettre de répondre au besoin croissant en flexibilité d'approvisionnement des ressources en combustible.

Une attention particulière sera portée sur la maîtrise de la qualité de l'hydrogène produit afin d'appréhender le couplage avec les piles à combustible ainsi que sur le rendement. Les aspects modélisation, intégration système et expérimentation sont également recevables dans ce lot.

2.2 Thème "Approvisionnement en hydrogène"

Ce thème est doté d'une enveloppe budgétaire indicative de l'ordre de **20% de l'enveloppe budgétaire globale de PAN-H** pour cet appel à projets.

Le programme s'articule en 2 volets: les réseaux de transport et de distribution de l'hydrogène gazeux (lot 1) ; le stockage de l'hydrogène (lot 2).

Le premier lot s'inscrit dans la détermination des meilleures solutions de déploiement des infrastructures pour la livraison d'hydrogène gazeux par des canalisations, notamment à partir des réseaux existants de gaz naturel. Le cas du réseau de transport (haute pression, canalisation en acier) doit être dissocié de celui du réseau de distribution (basse pression, canalisations en acier et polymères). L'AAP 2006 met la priorité sur le réseau de distribution compte tenu des travaux déjà engagés sur le réseau de transport.

Le deuxième lot vise à mener des actions de recherche et développement dans le domaine du stockage de l'hydrogène pour d'une part, en augmenter la densité énergétique volumique par une meilleure compacité du réservoir et d'autre part, en augmenter l'énergie spécifique par une diminution du poids du réservoir par rapport à la masse d'hydrogène stockée.

Lot 1 : Réseaux d'hydrogène gazeux

Lot 1.1 : Réseaux de distribution

Les réseaux de distribution de gaz naturel sont aujourd'hui constitués de matériaux polymères qui présentent une certaine perméabilité aux gaz. Les projets viseront à :

- développer de nouvelles solutions présentant de meilleures propriétés de barrière à l'hydrogène, soit à partir de nouveaux matériaux, soit à partir d'une combinaison de matériaux (multicouches par exemple) ; ces solutions devront être compétitives, faciles à mettre en œuvre, ainsi que leurs accessoires (piquages...) et les moyens de raccordement (soudures, collages...);
- caractériser les nouvelles formulations en conditions de vieillissement par compression et décompression, y compris sur les soudures et accessoires, en présence d'hydrogène pur ou de proportions élevées de celui-ci ; l'ensemble de la problématique des joints d'étanchéité devra aussi être évaluée.

Lot 1.2 : Modèle de déploiement et données technico-économiques

Il s'agit d'élaborer un modèle économique permettant d'évaluer les coûts des réseaux de transport de gaz (coûts d'investissements requis pour la réalisation des réseaux et infrastructures projetés, coûts opératoires d'exploitation de ces réseaux, coûts de maintenance correspondants) et de déterminer l'impact des coûts "réseaux" sur le coût final de l'hydrogène distribué. Ce modèle sera développé en harmonie avec le projet "HyWays" (développement de la "roadmap" technico et socio-économique européenne de l'hydrogène "vecteur d'énergie") et son projet national partenaire "HyFrance".

Lot 2 : Stockage de l'hydrogène

Le développement des réservoirs doit répondre au cahier des charges fixé par les industriels pour des applications mobiles et stationnaires (capacités de stockage, coûts, temps de remplissage, température de fonctionnement, débit, tenue aux cycles, facilité d'intégration, recyclage, etc.). En outre, le système de stockage doit garantir à la fois une durée de vie minimale, c'est-à-dire un niveau maximal de fuite d'hydrogène, et un certain niveau de sécurité, pendant les opérations normales de remplissage et de soutirage de l'hydrogène, ainsi que dans les situations accidentelles, contre les risques d'inflammation et d'explosion.

Lot 2.1 : Stockage sous forme de gaz comprimé à très haute pression

L'objectif est de développer une fabrication industrielle de réservoirs composites à très haute pression (> 350 bars), ainsi que les composants associés (vannes, détendeurs, soupapes, connecteurs). Le concept de réservoirs intelligents, par l'utilisation de capteurs capables de renseigner sur l'intégrité de

la structure, sera expérimenté et évalué de façon à en permettre autant que possible l'industrialisation. Le développement de méthodologies de tests, de contrôle et de requalification des réservoirs est également recevable dans ce lot.

Lot 2.2 : Stockage solide sous forme d'hydrures

Parmi la grande variété de matériaux permettant un stockage d'hydrogène à faible pression, seuls les **hydrures réversibles** (composés complexes tels que les alanates, les nitrures métalliques...) et les **hydrures chimiques** libérant de l'hydrogène par hydrolyse, tels que les borohydrures, sont retenus dans l'appel à projets 2006. Les composés carbonés sont exclus.

Les équipes relevant du domaine de la chimie et de la thermodynamique sont appelées à faire des propositions d'actions coordonnées pour engager un programme de R&D mobilisateur sur ces différents sujets.

Une attention particulière sera portée sur les méthodes d'élaboration des composés et les méthodes d'analyses afin de quantifier les impuretés qui peuvent jouer un rôle non négligeable dans les mécanismes d'absorption et de désorption de l'hydrogène. De plus, les dispositifs sous atmosphère inerte pour la manipulation des composés devront être décrits avec précision car leur grande réactivité à l'air peut entraîner une dégradation partielle du composé et fausser les résultats obtenus. Les capacités volumiques devront être mesurées afin de prévoir l'encombrement des réservoirs de stockage.

La recherche devra aussi intégrer la compréhension et la modélisation des mécanismes d'émission d'hydrogène soit par désorption thermique soit par hydrolyse (en incluant ici la problématique de la catalyse).

Au delà des matériaux de stockage, les projets devront proposer des solutions technologiques pour optimiser l'efficacité des systèmes.

Lot 2.3 : Stockage à partir de composés organiques liquides

Ce thème vise à développer des actions de recherche sur des composés organiques liquides hydrogénés (exemple non exclusif : cycloalcanes, etc.) qui peuvent stocker chimiquement et de manière réversible l'hydrogène et le restituer sur demande par déshydrogénation. Ce type de composés doit permettre un transport facile sous forme liquide (à température et pression ambiantes) et subir des cycles d'hydrogénation-déshydrogénation sélectives dans des conditions modérées de pression et de température.

L'objectif est d'étudier de nouveaux composés organiques liquides, catalyseurs et procédés, permettant de réaliser ces opérations de déshydrogénation sur un site stationnaire ou embarqué sur véhicule et de prendre en compte le recyclage des composés récupérés (aromatiques...). Le procédé sera optimisé en termes de compacité, poids et efficacité énergétique (réacteurs, échangeurs, purification de l'hydrogène produit, réactions catalytiques).

Des analyses technico-économiques, de cycle de vie, d'impact environnemental, de production, de distribution de ces composés devront pouvoir consolider cette filière de stockage-production d'hydrogène.

Lot 2.4 : Réservoirs de stockage à bas coût et systèmes associés pour les applications stationnaires

Les projets devront apporter de fortes innovations permettant une **optimisation globale du système de stockage et une réduction notable du poids et des coûts**. Ils viseront à :

- augmenter la capacité de stockage des matériaux, en étudiant des composés intermétalliques de nouvelle génération à base d'éléments légers ;
- améliorer les cinétiques d'absorption et de désorption de l'hydrogène ;
- optimiser la gestion thermique des systèmes ;
- améliorer la durée de vie des systèmes, par une meilleure compréhension des phénomènes de vieillissement.

2.3 Thème "Système pile"

Ce thème est doté d'une enveloppe budgétaire indicative de l'ordre de **55 % de l'enveloppe budgétaire globale de PAN-H** pour cet appel à projets. Il est principalement consacré à la **filière des piles à membrane polymère échangeuse de protons (PEMFC)**.

Le thème "Système pile" traite de la maîtrise et du développement de l'ensemble des éléments du système pile. Il vise les applications aux transports, aux systèmes stationnaires ou les marchés de niches.

Les projets proposés devront contribuer à lever les principaux verrous techniques et économiques identifiés ainsi qu'à respecter le cahier des charges des applications visées :

- amélioration des performances, notamment du rendement global de la pile ;
- augmentation de la durée de vie en fonctionnement (> 4 000 h dans des conditions automobiles ; > 40 000h dans des conditions stabilisées avec des cycles d'arrêt/démarrage) ;
- plage de température de fonctionnement compatible à terme avec une application automobile (de - 20 °C à 120 ou 150 °C) et pour l'utilisation optimale de la chaleur en co-génération (> 120°C pour une filière PEMFC) ;
- réduction du coût (cœur de pile, système) pour amener ces technologies à un niveau compétitif par rapport aux technologies en concurrence (applications stationnaires ou automobiles) ;
- amélioration de l'immunité aux contaminants (air, combustible, matériaux, système) qui passe dans un premier temps par une meilleure connaissance des mécanismes de contamination du cœur de pile.

A - Filière " Pile à membrane polymère" (PEMFC)

Lot 1 : Assemblage Membrane-Electrodes (AME)

Les équipes sont appelées à faire des propositions pour engager un programme de R&D amont sur les matériaux de cœur de pile (membranes, catalyseurs) permettant notamment d'améliorer les caractéristiques de la cellule et de conduire à une réduction significative des coûts de l'AME.

Lot 1.1: Compréhension des mécanismes

Ce lot comportera les thèmes suivants :

- compréhension approfondie des différents mécanismes (fonctionnel, réactionnel) à l'origine des performances des AMEs et des phénomènes de dégradation et/ou de vieillissement ;
- réduction de la polarisation cathodique ;
- développement d'une instrumentation "fine" et d'outils de modélisation de la zone réactionnelle.

Lot 1.2 : Matériaux et concepts innovants

Ce lot comportera les thèmes suivants :

- développement de nouvelles membranes polymères et, en parallèle, d'électrodes permettant de réaliser des AMEs respectant le cahier des charges des applications en termes de température de fonctionnement, de durée de vie et de taux d'humidification ; les voies prioritaires seront, en complémentarité, basées sur l'amélioration des matériaux existants (polymères modifiés et/ou hybridés) et sur des solutions de rupture présentant un plus fort risque scientifique ;
- développement de nouveaux catalyseurs et nouveaux procédés de fabrication des couches actives permettant de réduire la teneur en platine (< 0.1 mg Pt/cm²) ;
- conceptions d'architectures, matériaux et procédés de fabrication innovants d'AME (y compris la couche de diffusion), incluant la réduction de la teneur en platine.

Lot 2 : Plaques bipolaires, et éléments de connexion

Ce lot comportera les thèmes suivants :

- développement de matériaux innovants (résistance électrique faible, stables en milieu pile notamment du point de vue de la corrosion, etc.) et de procédés de fabrication robustes et reproductibles permettant d'optimiser le coût et les performances ;

- augmentation des performances en améliorant par la modélisation les transferts fluidiques, thermiques et électriques, et validation expérimentale des modèles développés (écoulement diphasiques, etc.) ;
- conception et étude de petits prototypes très innovants en rupture par rapport aux architectures actuelles.

Lot 3 : Auxiliaires et intégration de prototypes (pile et système)

Ce lot comportera les thèmes suivants :

- développement et/ou qualification d'auxiliaires spécifiques pour le "système pile", et évaluation de leur influence sur la dégradation des performances du système ;
- développement d'architectures (pile et système) intégrées et optimisées (en termes de gestions fluide, thermique, électrique et énergétique) ;
- développement de générateurs à piles à combustible de forte puissance (> 100 kW) pour des applications stationnaires (injection d'électricité sur le réseau) ou le transport lourd.

Lot 4 : Electronique, capteurs, contrôle-commande

Ce lot comportera les thèmes suivants :

- développement de méthodes de diagnostic fiables utilisant des capteurs adaptés, permettant de limiter l'instrumentation, en vue de la surveillance, la régulation et la maintenance conditionnelle (par exemple : auto-diagnostic en utilisant la pile comme capteur) ;
- étude des modes de défaillance et de fonctionnement en mode dégradé.

Lot 5 : Évaluation de la sensibilité aux contaminants

Ce lot comportera les thèmes suivants :

- étude de l'influence des contaminants sur les réponses du système pile ;
- développement de mesures préventives renforçant l'immunité aux contaminants ;
- développement de méthodes analytiques adaptées.

Lot 6 : Expérimentation

Il s'agira ici de :

- réaliser des expérimentations de laboratoire pour valider des prototypes et développer des protocoles reproductifs d'essai permettant de qualifier les composants et les "stacks" dans une démarche d'assurance qualité, contribuant aux efforts pré-normatifs européens et internationaux des procédures de fonctionnement ;
- réaliser des expérimentations de terrain sur des objets en vraie grandeur en visant prioritairement les cibles suivantes :
 - système pile adapté aux transports et intégré dans des véhicules (incluant les transports lourds et les applications ferroviaires, aéronautiques, maritimes, spatiales ou militaires) ;
 - système pile répondant au cahier des charges des groupes de secours, de l'électrification de sites isolés, de la production décentralisée, de la micro-cogénération ou d'autres marchés de niches.

B - Filière " Pile à oxydes solides" (SOFC)

Une évaluation des potentiels de la filière française SOFC sera menée dans le courant de l'année 2006. Les travaux soutenus par PAN-H, accompagnant cette réflexion, porteront sur les lots ci-après.

Lot 1 : Composants innovants

L'objectif est de conduire des recherches exploratoires sur les composants du cœur de pile (électrolytes, électrodes, interconnecteurs). Les projets présentés devront être particulièrement innovants en ce qui concerne la nature et les propriétés des matériaux proposés. **Ils devront être**

menés en relation avec les projets visant à développer des cellules d'électrolyseurs à haute température (§ 2.1, lot 1.1).

Lot 2 : Evaluation technico-économique de la filière SOFC

L'objet de ce lot est de réaliser une évaluation comparative technico-économique de la filière SOFC (décomposition de la structure de coût en matériaux et procédés, assemblage, auxiliaires, intégration du système, etc.). L'application visée sera le stationnaire, en utilisant comme combustible le gaz naturel ou un gaz issu de la biomasse et en explorant différentes gammes de puissance, par exemple, un système de petite puissance (1 kW à 20 kW) couplé au réseau pour applications résidentielles et un système de plus forte puissance (500 kW à 2 MW) couplé à une turbine visant le marché du stationnaire décentralisé, avec ou sans utilisation de la chaleur.

Cette étude devra prendre en compte des éléments de coûts réalistes obtenus à partir de données industrielles existantes (dans d'autres applications ou dans des productions en série existantes), notamment pour les procédés de mise en œuvre des matériaux et des assemblages. Les projets retenus devront comporter des acteurs industriels susceptibles de fournir ces données, même s'ils ne sont pas actuellement impliqués dans le domaine des SOFC. Ils devront également utiliser une méthodologie d'établissement des structures de coûts rigoureuse et indiscutable afin d'obtenir des résultats comparatifs permettant de guider des choix techniques et d'aboutir aux objectifs de coûts.

2.4 Thème "Activités transverses"

Ce thème est doté d'une enveloppe budgétaire indicative de l'ordre de **5 % de l'enveloppe budgétaire globale de PAN-H** pour cet appel à projets.

Lot 1 : Sécurité

Lot 1.1 : Expérimentation, modélisation et analyse des risques d'explosion

Les projets couvriront des analyses de risques incluant des expérimentations et des simulations numériques, en cohérence avec le réseau d'excellence européen "Hysafe" et le projet européen "Naturalhy", pour décrire :

- les mécanismes de fuites et le comportement de l'hydrogène en milieu confiné ou partiellement confiné ;
- les risques d'explosion ou de transition entre déflagration et détonation, par l'élaboration de critères ou à l'aide de simulations et d'expérimentation ;
- l'impact sur le niveau de sécurité relatif à un réseau de canalisation d'hydrogène pur ou en mélange avec du gaz naturel ;
- les systèmes de détection permettant d'assurer une surveillance active de l'intégrité des réseaux.

Lot 1.2 : Méthodes et moyens de tests

Des méthodes et moyens de tests de composants dédiés aux équipements et aux installations de stockage et de distribution d'hydrogène (matériaux, vannes, compresseurs...) seront proposés. Les projets visant à développer des détecteurs d'hydrogène sont également recevables.

Les outils et méthodes actuels d'évaluation des conséquences des scénarios accidentels devront être évalués et améliorés. Des recommandations (guides de bonnes pratiques) devront être proposées pour la mise en œuvre de l'hydrogène et de mélange gaz naturel-hydrogène.

Lot 2 : Acceptabilité sociale

L'acceptabilité sociale de la "filiale hydrogène" est un thème central pour le développement des technologies de l'hydrogène. Le développement d'actions de sensibilisation du public permettra en particulier d'accompagner les futurs projets de démonstration et de déploiement.

Ce lot fait appel aux recherches menées en sociologie mais aussi, de manière plus large, aux autres disciplines des sciences humaines et sociales.

3. MISE EN ŒUVRE ET PROCEDURES

Les projets sont essentiellement partenariaux publics-privés. Ils mettent en jeu plusieurs partenaires : industriels, organismes de recherche publics, établissements d'enseignement supérieur, universités ou associations. Pour des projets relevant de la recherche fondamentale, la condition de partenariat public/privé n'est pas exigée dès lors que le projet est présenté conjointement par plusieurs laboratoires publics sur la base d'un cahier des charges industriel.

Les partenariats avec des industriels ou des centres de recherche européens ou internationaux sont fortement encouragés.

Chaque projet sera animé par un coordinateur unique désigné par les partenaires. Il sera responsable de la mise en place et de la formalisation de la collaboration entre les partenaires, ainsi que de l'établissement, de la production des livrables, de l'exécution du projet, de la préparation des documents scientifiques pour son suivi et de la communication des résultats.

3.1 Critères de recevabilité

Une proposition est recevable si elle s'inscrit dans le cadre de cet appel à projets. Elle peut concerner un lot ou un ou plusieurs sous-lot(s) de PAN-H.

3.2 Critères d'évaluation

Les projets seront évalués selon plusieurs aspects :

- pertinence de la proposition au regard de l'appel à projets et son intégration dans la structure projets ;
- excellence de chaque partenaire dans le domaine proposé (compétences, publications, brevets, collaborations, valorisation de projets antérieurs) ;
- qualité du partenariat⁴ ;
- présence de partenaires européens ;
- caractère novateur du projet au regard de l'état de l'art, du "benchmarking" international et de la propriété intellectuelle ;
- perspectives de retombées scientifiques, industrielles et économiques (brevets, innovations, potentiel de réduction des coûts, normalisations, publications, perspectives d'industrialisation et de marchés, impact sur l'emploi, création d'entreprises, etc.) ;
- intégration des aspects liés à l'impact sur la santé, la sécurité et l'environnement (gestion du cycle de vie) ;
- adéquation du plan de travail et du budget avec les objectifs du projet ;
- rigueur de la définition des résultats intermédiaires et finaux (clarté et pertinence de l'analyse des risques, notion d'obligation de résultats) ;
- clarté de rédaction du dossier (clarté des réponses apportées à chacune des rubriques indiquées dans le formulaire annexé au document) ;
- complémentarité, sans redondance, avec des projets retenus dans le précédent appel à projets.

La cohérence des projets, avec les évolutions et recommandations de la plate-forme européenne sur l'hydrogène et les piles à combustible (HFP) et son déploiement dans le 7^{ème} programme cadre, sera également un critère d'appréciation. Par ailleurs, la liste des projets européens existants pour les différents thèmes de l'AAP est donnée, à titre indicatif, en annexe et consultable via le lien http://europa.eu.int/comm/research/energy/pdf/h2fuell_cell_en.pdf.

⁴ Pour un projet partenarial public/privé, la labellisation du projet par un pôle de compétitivité est considérée comme un indicateur de qualité du partenariat. Cet indicateur sera pris en compte dans le cadre de l'examen par le comité de deuxième niveau (cf. § 4). Il est rappelé qu'il n'est pas nécessaire que tous les partenaires d'un projet soient membres du pôle ou localisés dans sa région pour que ce projet puisse bénéficier du label de "projet de pôle".

3.3 Critères de sélection

Le processus de sélection des projets comprendra les étapes suivantes :

- validation de la recevabilité des projets par le comité d'évaluation et choix des deux experts extérieurs au comité et appartenant si possible l'un à la sphère publique et l'autre à la sphère privée ;
- examen des projets par les experts ;
- examen et classement des projets par le comité d'évaluation sur les critères de qualités scientifique et technique ;
- sélection des projets par un comité de deuxième niveau qui établit un classement des projets proposés à un financement par l'ANR ;
- décision de financement par l'ANR ;
- finalisation du dossier administratif et financier pour les projets retenus.

La composition des comités est affichée sur le site de l'ANR (www.agence-nationale-recherche.fr).

Les acteurs impliqués dans ce programme (experts, membres des comités) sont tenus à la confidentialité vis-à-vis des projets soumis et doivent respecter la charte de déontologie consultable sur le site de l'ANR.

3.4 Règles de financement

Les projets retenus seront financés par l'ANR, l'aide attribuée sera apportée sous forme de subventions. Les aides de l'ANR ne pourront bénéficier qu'à des partenaires résidant en France.

L'objectif de l'ANR est que la majorité des projets reçoivent un financement d'un montant compris entre 1 et 2 M€. Toutefois l'ANR n'exclut pas de financer des projets d'un montant inférieur ou supérieur. Par ailleurs l'ANR n'attribuera pas d'aide d'un montant inférieur à 20 k€ à un partenaire d'un projet.

Pour les entreprises et les associations, le taux maximum d'aide de l'ANR (appliqué aux dépenses éligibles hors taxes) sera le suivant :

Dénomination	Taux maximum d'aide pour les PME	Taux maximum d'aide pour les entreprises autres que PME
Recherche fondamentale	50 % des dépenses éligibles	50 % des dépenses éligibles
Recherche industrielle	50 % des dépenses éligibles	50 % des dépenses éligibles
Développement pré-concurrentiel	35 % des dépenses éligibles + 10 % (pour projets faisant appel à une collaboration effective avec une ou des organisations publiques de recherche)	25 % des dépenses éligibles (+ 5 % pour projets faisant appel à une collaboration effective avec une ou des organisations publiques de recherche)

Pour les organismes publics de recherche et les fondations de recherche, les règles de financement sont définies par le règlement financier de l'ANR, consultable sur son site (<http://www.agence-nationale-recherche.fr/documents/reglementANR.pdf>).

Les dépenses sont calculées hors taxes, majorées le cas échéant, pour les laboratoires publics de recherche, de la TVA non récupérable.

Les bénéficiaires pourront commander des travaux à des tiers extérieurs (en France ou en Europe) dans le respect des modalités fixées par le règlement financier de l'ANR.

Les dépenses relatives au recrutement de personnel sous contrat à durée déterminée (CDD) sont éligibles.

Pôles de compétitivité

Le porteur de projet pourra mentionner si le projet fait partie des projets labellisés (ou en cours de labellisation) par un pôle de compétitivité (ou par plusieurs, en cas de projet inter-pôle).

Les partenaires d'un projet labellisé par un pôle de compétitivité et retenu par l'ANR dans le cadre de cet appel à projet pourront se voir attribuer un complément de financement par l'ANR.

Le porteur de projet devra fournir :

- la (les) attestation(s) de labellisation signée(s) par un (des) représentant(s) habilité(s) de la (des) structure(s) de gouvernance du (des) pôle(s) concerné(s) ;
- une fiche descriptive du projet (contenant au minimum le résumé du projet, le nom des partenaires, le montant total du projet et les financements demandés) visée par un (des) représentant(s) habilité(s) de la (des) structure(s) de gouvernance du (des) pôle(s) concerné(s).

Ces documents devront être transmis à la structure support, dans un délai maximum de deux mois après la clôture de l'appel à projets, en exemplaire original par courrier (cachet de la poste faisant foi) et par courrier électronique.

Faute de réception de ces documents dans les délais indiqués, aucun complément de financement ne sera accordé.

3.5 Procédures de soumission

Les projets seront soumis à partir des formulaires téléchargeables mis en ligne sur le site de l'ANR aux alentours du 15 février 2006.

- Date limite de soumission des dossiers : 22 mars 2006 à minuit

- Soumission :

- par courrier électronique à l'adresse suivante :

pan-h.anr@cea.fr

- et par voie postale en 3 exemplaires papier à l'adresse suivante (cachet de la poste faisant foi) :

**CEA Siège
ANR/NTE
31-33 rue de la Fédération
75752 PARIS Cedex 15**

Un accusé de réception du projet sera envoyé au coordinateur.

Les dossiers incomplets ne seront pas pris en considération.

La mise en œuvre de l'appel à projets PAN-H est réalisée par le CEA, organisme support, à qui l'ANR a confié la conduite opérationnelle de l'évaluation et de la gestion des dossiers de subvention.

Correspondants pour toute information

Aspects scientifiques		Aspects financiers
Françoise BARBIER	Jean-Marc AGATOR	Fahimeh ROBIOLLE
Tel. 01 40 56 23 97	Tel. 01 40 56 24 30	Tel. 01 40 56 24 72
Fax. 01 40 56 26 80	Fax. 01 40 56 26 80	Fax. 01 40 56 26 80
Mail : francoise.barbier@cea.fr	Mail : jean-marc.agator@cea.fr	Mail : fahimeh.robiolle@cea.fr

Annexe

Projets européens sur l'hydrogène et les piles à combustible en rapport avec l'appel à projets PAN-H

Production d'hydrogène

- **Hydrosol II** - Solar Hydrogen via Water Splitting in Advanced Monolithic Reactors for Future Solar Power Plants
- **Nemesis** - New Method for Superior Integrated Hydrogen Generation System
- **Hythec** - High Temperature Thermochemical Cycles
- **GenHypem** - Proton-Exchange Membrane-based Electrochemical H₂ Generator
- **Hi2H2** - Highly Efficient, High Temperature, Hydrogen Production by Water Electrolysis
- **InnoHyp CA** - Innovative high temperature routes for Hydrogen Production

Approvisionnement en hydrogène

- **StorHy** - Hydrogen Storage Systems for Automotive Application
- **Hytrain** - Hydrogen Storage Research Training Network
- **NessHy** - Novel Efficient Solid Storage for Hydrogen
- **Naturalhy** - Investigating infrastructure requirement for H₂ and natural gas mixes

Système pile

- **Real-SOFC** - Realising Reliable, Durable, Energy Efficient and Cost Effective SOFC Systems
- **SOFC 600** - SOFC stack technology for operation at 600 ° C
- **GENFC** - Generic Fuel Cell Modelling Environment
- **Felicitas** - Fuel Cell Power-Trains and Clustering in heavy-duty Transport
- **Celina** – Fuel Cell Application in a New Configured Aircraft
- **New H Ship** - Assimilation of Fuel Cells in marinetime applications
- **Furim** - Further Improvement and System Integration of High Temperature Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells
- **Autobrane** - Automotive High Temperature Fuel Cell Membranes
- **PEM tool** - Development of novel, efficient and validated software-based tools for PEM fuel cell component and stack designers
- **Hytran** – Hydrogen and Fuel Cell Technologies for Road Transport
- **Hysys** - Fuel Cell Hybrid Vehicle System Component Development
- **Viessmann** – Residential FC System
- **EPiCO** - Development of Fuel Cells in Spain
- **Hyfleet:Cute** – Hydrogen for Clean Urban Transport in Europe
- **DEMAG** – Domestic Emergency Multipurpose Advanced Generator
- **Femag** - Flexible Ecological Multipurpose Advanced Generator

Activités transverses

- **Hysafe** – Safety of Hydrogen as an Energy Carrier
- **Hyapproval** – Handbook for Approval of Hydrogen Refuelling Stations
- **HarmonHy** - Harmonisation of Standards and Regulations
- **FC TESQA** - Fuel Cell Testing, Safety, Quality Assurance
- **HyCo** - Hydrogen and Fuel Cell Coordination Action
- **Hyways** - The development and detailed evaluation of a harmonised “European Hydrogen Energy Roadmap”