

possibilité  
cible  
partager  
trouver  
cibler  
nécessité  
positionner  
perspective  
sud  
communauté  
développement  
public  
groupe  
relais  
évolution  
chine  
interne  
connaissance  
domaine  
espace  
poursuivre  
thématique  
action  
opinion  
effet  
appuyer  
qualité  
disposer  
approcher  
ressource  
actualité  
management  
france  
élu  
type  
finalité  
coopération  
réflexion  
complexité  
plateforme  
immatériel  
employeur  
social  
objectif  
objet  
soutien  
risque  
défi  
suivant  
association  
information  
conduire  
rapport  
nombre  
particulier  
importance  
ensemble  
comparatif  
internet  
stratégique  
progrès  
visibilité  
sentir  
durée  
issu  
culturel  
sensibiliser  
privé  
mission  
forme  
organisation  
production  
action  
témoigner  
mettre  
nouveau  
temps  
stratégie  
articulation  
également  
procédure  
rencontrer  
régional  
acte  
participant  
aiihest  
ancien  
identifier

# Quelle place pour l'hydrogène dans la transition énergétique ?

Rapport d'étonnement de l'atelier

*Une analyse collective sur la place stratégique que pourrait occuper l'hydrogène, vecteur énergétique, dans une transition énergétique décarbonée.*

Cycle national  
de formation  
2014-2015  
*Temps  
des sciences  
Trajectoires  
des sociétés*

  
INSTITUT DES  
HAUTES ÉTUDES  
POUR LA SCIENCE  
ET LA TECHNOLOGIE

## Les ateliers du cycles national de formation

*L'activité des ateliers du cycle national 2014-2015 a mis les auditeurs en situation de non expert, d'observateur-médiateur dans quatre débats mettant en jeu les relations science-société : Les univers persistants en ligne, quels nouveaux mondes pour quelle humanité ? L'utilisation des eaux usées retraitées pour l'irrigation ; Le véhicule autonome et Quelle place pour l'hydrogène dans la transition énergétique ?*

*L'exercice, conduit par un animateur, a permis, à chaque groupe d'auditeurs, de renforcer et de valider les compétences ciblées par l'ensemble du cycle de formation : compréhension des jeux d'acteurs, apprentissage de méthodes de débat public, de gestion de la controverse et de recherche de consensus entre acteurs aux intérêts divergents.*

*Les ateliers se sont conclus par la rédaction collective d'un rapport d'étonnement qui a été présenté et discuté lors de la séance officielle publique de clôture du cycle national, le 29 mai 2015, , animée par Nicola CHATEAUNEUF, journaliste.*

# Quelle place pour l'hydrogène dans la transition énergétique ?

Une analyse collective sur la place stratégique que pourrait occuper l'hydrogène, vecteur énergétique, dans une transition énergétique décarbonée.

## Membres du groupe d'auditeurs de l'IHEST

**Yannick BOURLES, Bernard BRAULT, Sylvane CASADEMONT, Antoine DULIN, Anne-Christine GANTIER, Jean-Michel HANNOUN-LEVI, Jérôme LEFEVRE, Jean-Emmanuel PAILLON, Stéphane PIMBERT, Thierry PINEAU, Pascale SOLERE**

## Animateur

**Philippe ROCHER** - Consultant EnR & Maîtrise de l'Energie, Directeur du Cabinet METROL

## Experts rencontrés ou interviewés par le groupe

**Jean-François FAUVARQUE**, titulaire de la chaire d'Électrochimie Industrielle au Cnam

**Thierry PRIEM**, directeur de recherche, Responsable Programme Hydrogène & Piles à Combustible à la direction de la recherche technologique au CEA

**Daniel CLEMENT**, directeur scientifique, Direction exécutive stratégie, recherche et international, Ademe

**Pierre-Etienne FRANC** vice-président, Advanced business and technologies, Air Liquide

**Etienne BEEKER**, France Stratégie

**Sylvain ERSBERG**, Direction de la stratégie et de la prospective à EDF

**Maryse ARDITTI**, membre de France Nature Environnement [interview conduite par Pascale SOLERE]

## 1 - Introduction

Dans le cadre du cycle de formation de l'IHEST, des groupes d'auditeurs, représentant la société civile dans sa diversité, sont saisis d'un sujet d'étude visant le rapprochement science-technologie-société (voir annexe 1). En 2015, l'IHEST a questionné onze auditeurs au sujet de la place de l'hydrogène dans la transition énergétique.

Le rôle des auditeurs a consisté à rencontrer des experts choisis (voir annexe 2) permettant d'aborder les questions techniques aussi bien

que les jeux d'acteurs. Pourquoi de telles controverses autour de ce potentiel vecteur énergétique ? Quels acteurs, quels intérêts, quels enjeux ? Quelles avancées en R&D ? Quels verrous pour le transfert industriel ? Quelle viabilité du modèle économique ? Où en sont la réglementation, les normes et la sécurité d'usage ? Quelles postures de concurrence fait naître ce vecteur énergétique ?

## 2 - Nature et perception des enjeux : éclairage et synthèse

Le projet de «loi de transition énergétique pour la croissance verte» a été voté par l'Assemblée nationale puis par le Sénat (<http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/0->). La seconde lecture est en cours à l'Assemblée. Cette loi met en œuvre la politique énergétique de la France conformément à cinq objectifs (voir annexe 3). En matière de sobriété énergétique et de respect de l'environnement, l'hydrogène peut être un candidat prometteur pour stocker et restituer de l'énergie. Il pourrait être développé comme vecteur énergétique du proche futur.

### Produire l'hydrogène

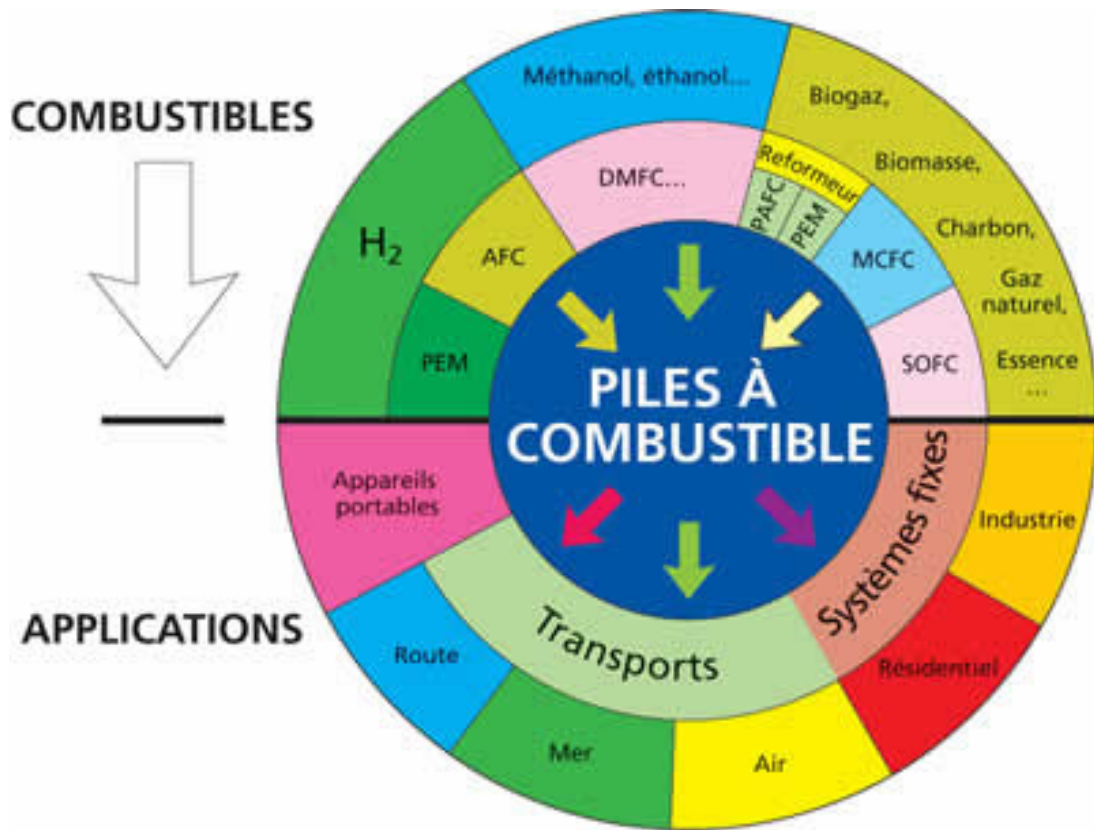
- L'hydrogène est actuellement produit essentiellement à partir des hydrocarbures fossiles (vaporeformage), mais cela entraîne une production de CO<sub>2</sub>.
- Il est possible de produire de l'hydrogène à partir d'eau (électrolyse) qui offre une piste plus intéressante pour stocker, sous forme chimique, de manière relativement efficace, une partie de l'énergie électrique issue de sources renouvelables, palliant le défaut de leur intermittence (photovoltaïque, éolien). L'électrolyse pourrait aussi être articulée à toute source décarbonée électronucléaire, hydroélectrique ou marée-mo-

trice dans leurs périodes d'excédent de production, nocturnes en particulier.

L'hydrogène issu d'électrolyse est obtenu à l'état gazeux. Son stockage est rendu possible par plusieurs méthodes :

- 1] la condensation après refroidissement (- 253 °C), à l'état liquide à pression atmosphérique, l'usage sous forme liquide est circonscrit aux applications spatiales ;
- 2] l'entreposage sous la forme d'un gaz comprimé à forte pression (700 bars) dans des récipients composites (fibre de carbone + aluminium) dont la technologie, maîtrisée, est au stade de l'industrialisation. C'est la forme actuellement retenue pour les applications de mobilité (automobiles) ;
- 3] l'entreposage solide sous forme d'hydrures interstitiels, en théorie optimal, n'offre pas les capacités requises pour les applications visées et nécessite encore beaucoup de recherches.

- Une fois stocké, l'hydrogène peut être transporté et utilisé pour produire de l'électricité.

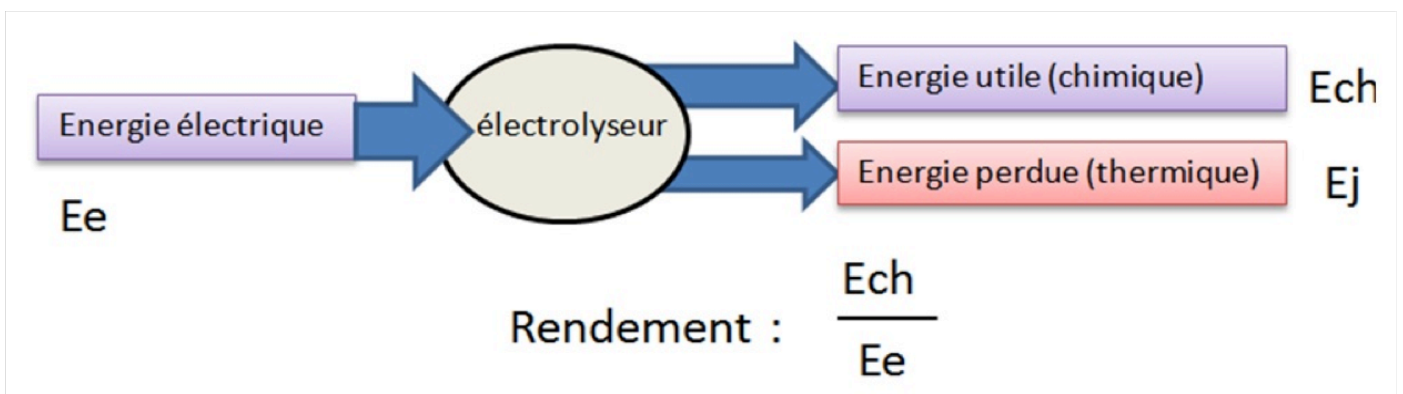


La chaîne « hydrogène » (document U.E., [http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/hlg\\_vision\\_report\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/hlg_vision_report_en.pdf))

### Notion de rendement énergétique

Le rendement énergétique de l'électrolyse de l'eau peut varier de manière importante. La gamme de rendement varie entre 50 et 70 %. Ces valeurs se réfèrent seulement au rendement de la conversion de l'énergie électrique en énergie chimique de l'hydrogène. L'énergie perdue lors du transport de l'hydrogène et de la génération de l'électricité n'est pas comptabilisée. Ainsi, lorsque l'on considère une centrale nucléaire convertissant la chaleur des réactions nucléaires en hydrogène par électrolyse, le rendement net (incluant la production, le stockage, le transport et la distribution) est de l'ordre de 25-40 %.

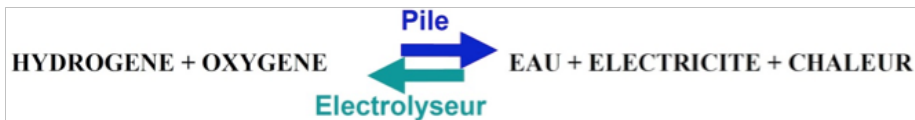
drogène et de la génération de l'électricité n'est pas comptabilisée. Ainsi, lorsque l'on considère une centrale nucléaire convertissant la chaleur des réactions nucléaires en hydrogène par électrolyse, le rendement net (incluant la production, le stockage, le transport et la distribution) est de l'ordre de 25-40 %.



Représentation schématique de l'équation permettant le calcul du rendement énergétique

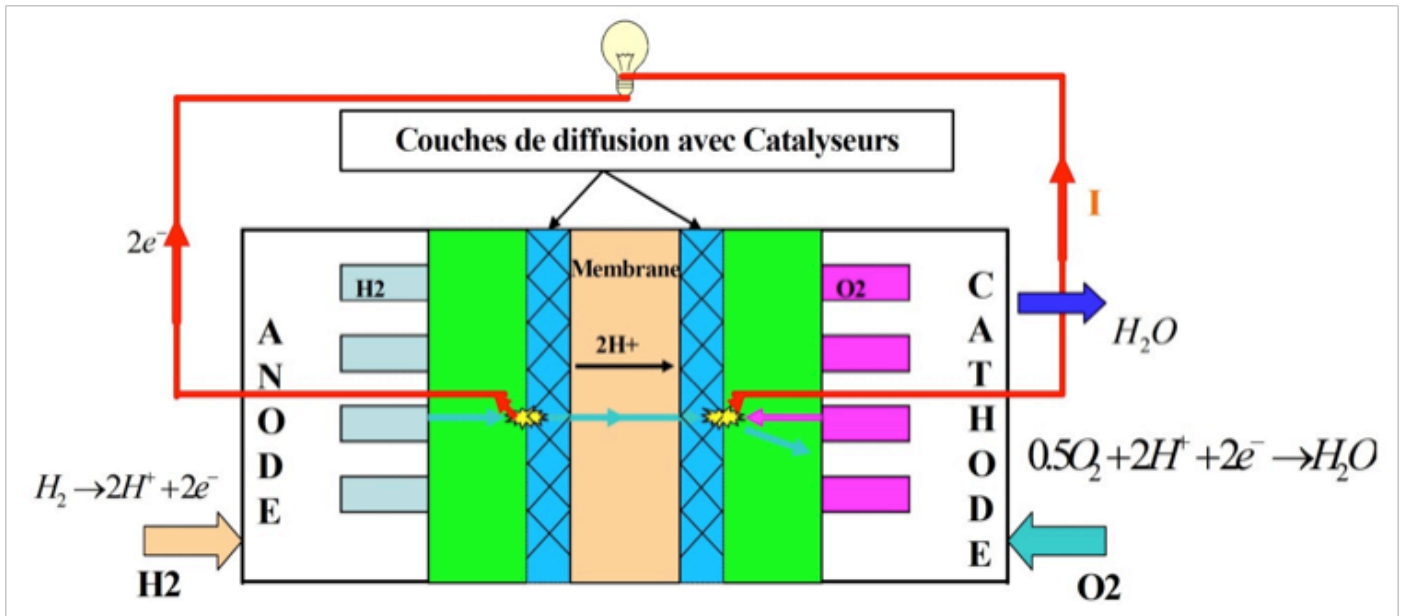


## La pile à combustible



La pile à combustible est un dispositif technologique qui met en œuvre un procédé électrochimique convertissant directement en électricité une partie de l'énergie chimique stockée dans des substrats variés, l'hydrogène étant le plus classique. Deux technologies à électrolytes solides, utilisant l'hydrogène, sont particulièrement prometteuses :

- les piles dites SOFC (Solid Oxide Fuel Cell), fonctionnant à haute température, elles co-génèrent une chaleur valorisable.
- les piles à membrane polymère échangeuse de protons dites PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell). Fonctionnant à température peu élevée, avec un rendement supérieur à 50%, elles font l'objet de développements pour les applications liées à la mobilité.



Constitution d'une cellule de Pile à Combustible PEM (Proton Exchange Membrane)

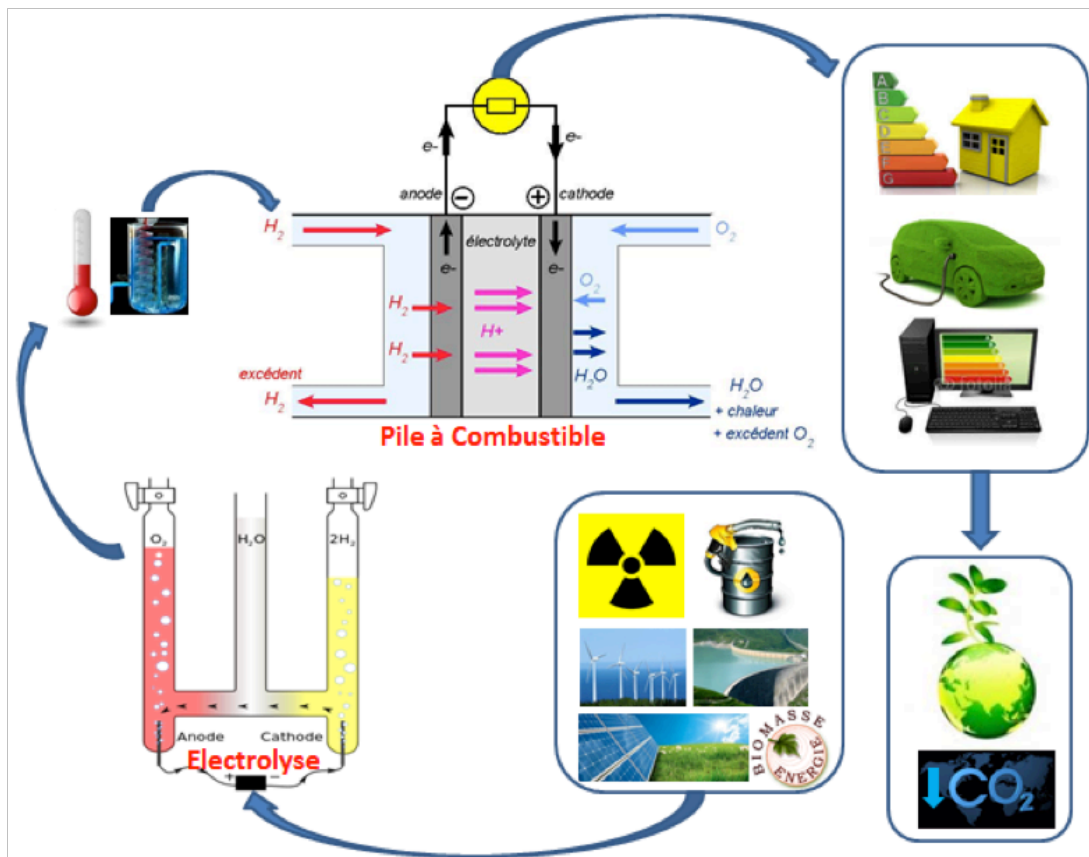
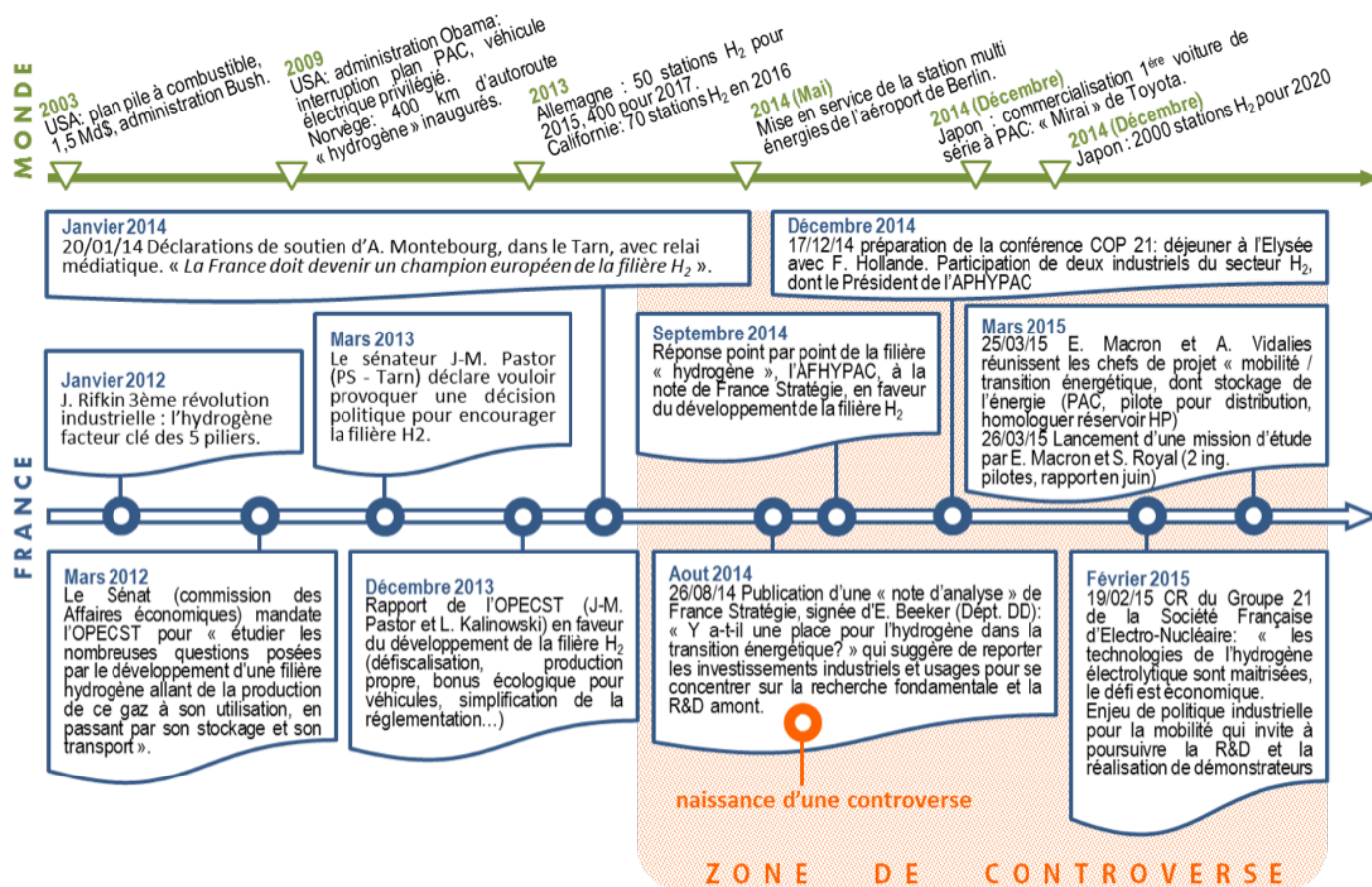


Schéma de synthèse de l'utilisation de l'hydrogène à des fins énergétiques

### 3 - Hydrogène : une chronologie d'événements et l'émergence d'une controverse



Une controverse sur l'avenir de l'hydrogène en France est apparue à la suite de la publication d'une note du commissariat général à la prospective et à la stratégie, France Stratégie, en août 2014 : « Y a-t-il une place pour l'hydrogène dans la transition énergétique ? » (<http://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/201-08-06na-fs-hydrogene-hd.pdf>.) France Stratégie (FS) est un organisme de réflexion, d'expertise et de concertation placé auprès du Premier ministre. Il succède au Centre d'Analyse Stratégique, issu lui-même du Commissariat Général au Plan. Il est en capacité de répondre à toute commande passée par le Premier Ministre, qu'il s'agisse d'éclairer l'avenir, de contribuer aux choix de politique publique, d'organiser des concertations ou d'évaluer des dispositifs et des politiques. La note sur l'hydrogène a suscité une controverse qui porte sur les thèmes suivants :

- Estimation des coûts pour générer de l'hydrogène-énergie. Ceci est techniquement possible. Les coûts sont encore élevés. Toutefois, la note semble minimiser les progrès techniques réalisés ;

- Les infrastructures : le déploiement d'une infrastructure de distribution serait d'un coût considérable, mais il faudrait considérer les économies engendrées en réduisant les importations de ressources fossiles ;
- La sécurité : l'évaluation de l'impact des solutions hydrogène doit prendre en compte les enjeux de sûreté, mais la note ne mentionne pas que les risques sont maîtrisés dans l'industrie depuis des années (voir annexe 6) ;
- Choix énergétique : la note recommande de ne pas investir massivement dans l'hydrogène, sans toutefois prendre en considération les enjeux énergétiques (intégration dans le mix énergétique) et environnementaux à venir.

Paradoxalement, les arguments échangés entre « spécialistes » ont été virulents, alors que les échos répercutés auprès du grand public ont été très limités. Nous avons cherché à décrire et à expliquer les déterminants de ce paradoxe et nous en avons tiré six principaux sujets d'étonnement.

### 4- Six étonnements du groupe d'auditeurs.

**Une controverse et des déplacements d'enjeux.** Le sujet de l'hydrogène semble centré sur des enjeux technologiques, industriels et économiques. Mais la controverse née de la note FS7 a révélé trois enjeux de positionnement des parties prenantes :

- l'arbitrage possible de l'autorité politique en faveur d'une filière hydrogène, le lobbying et l'influence à exercer pour y parvenir,
- la nature et l'ampleur des mesures incitatives pouvant assurer l'émergence de cette filière,

- le bien fondé d'engager ces mesures au regard de la maturité technologique de la filière, de sa contribution à une transition énergétique décarbonée et de son potentiel économique.

Les conditions de production, par FS, d'une note publique à fort impact et signée d'un unique auteur, ont interpellé les auditeurs. L'absence de requérant identifié de cette analyse, la simultanéité de sa publication avec le débat national sur la transition énergétique (24 août 2014), et le faible degré d'implication publique des administrations concernées durant la controverse [services du Premier Ministre, MEDDE], posent également question.

**Mesures d'efficacité, de rendements énergétiques, de sûreté : du substrat pour la controverse.** La mesure de ces paramètres diverge entre les parties prenantes rencontrées, en fonction des enjeux particuliers qui les préoccupent ou en fonction de leurs convictions. Les auditeurs sont étonnés qu'à ce stade, des faits établis, vérifiables et reconnus par les acteurs ne prévalent pas dans les échanges. C'est pourtant la condition préalable d'un débat éclairé.

**Avis d'experts/ état de l'art en R&D/ stratégies industrielles: d'évidentes discordances.** Nous constatons une absence d'alignement stratégique national. Entre les recommandations de FS7, les opinions et préconisations de la Société Française d'Énergie Nucléaire (GR21, [http://www.sfen.org/sites/default/files/public/atoms/files/quelle\\_place\\_pour\\_127hydrogene.pdf](http://www.sfen.org/sites/default/files/public/atoms/files/quelle_place_pour_127hydrogene.pdf)), les prototypes industriels en conception ou en déploiement [CEA, Air Liquide, Toyota], on observe d'évidentes discordances. Cependant, toutes ces positions résultent d'analyses de maturité de filière et de solvabilité de marché basées sur l'analyse et l'interprétation des mêmes faits. Cela révèle un consensus faible en matières de benchmarking et d'analyses stratégiques.

« Hollande invite l'hydrogène renouvelable à l'Elysée: rencontre historique », ainsi titrait Médiapart en référence à un déjeuner du 17 décembre 2014, qui réunissait, autour du Président de la République, 17 politiques et des représentants d'industries des énergies alternatives. Le Président de l'Association Française pour l'Hydrogène et les Piles à Combustible (Afhypac) et les entreprises McPhy

Energy et SymbioFCCell représentaient le secteur hydrogène (McPhy Energy & SymbioFCCell [hydrogène], DualSun & Exosun [solaire], Actility et Ijenko [smart grid], Saint Gobain et Schneider, étaient représentées à ce déjeuner). Cette bonne représentation de la filière, en dépit du contexte résultant de la note de FS, n'est certainement pas neutre. Était-ce une retombée de la réponse de l'Afhypac ([http://www.afhypac.org/images/documents/afhypac\\_r\\_ponse\\_france\\_strategie\\_detaillee\\_12\\_09\\_2014.pdf](http://www.afhypac.org/images/documents/afhypac_r_ponse_france_strategie_detaillee_12_09_2014.pdf)) à la note, ou le fruit d'une action de lobbying ?

**Enjeux non résolus au Parlement.** Étonnant aussi : le temps mis par le Parlement à adopter une position commune sur un tel sujet. Les désaccords entre Assemblée Nationale et Sénat évoquent des préoccupations partisanes d'acteurs politiques, qui siéent mal aux enjeux de durabilité de la politique énergétique de la France.

**Filière électronucléaire et hydrogène : un positionnement contre-intuitif. La France moins engagée que ses concurrents étrangers.** Le document de la SFEN et l'entretien avec un représentant d'EDF ont révélé un intérêt véritable de la filière électronucléaire pour l'hydrogène. La part de l'électricité éolienne et photovoltaïque augmente. La variabilité de ces sources rend indispensables des modes de stockage de ces énergies. La production d'hydrogène par électrolyse nous semble alors une piste solvable, notamment dans le contexte des usages dédiés aux transports et à la mobilité.

Il est notable d'ailleurs que les soutiens publics à la R & D, et les offres de marché, sont considérablement plus importants au Japon, en Corée du Sud, aux États-Unis, au Canada et en Allemagne qu'en France.

**Interactions science-société : la place de l'ingénieur dans l'enrichissement d'un débat éclairé ?** La stratégie nationale d'approvisionnement et de diversification énergétiques nous est apparue conçue et déployée par une population restreinte d'ingénieurs partageant une même doxa. Il nous semble bénéfique que les réflexions stratégiques intègrent la pluralité des points de vue sur le sujet, qu'elles soient conduites par des collectifs intégrant une diversité de formations et de métiers, et qu'elles nourrissent un débat public14.

## 5- L'hydrogène : une diversification décarbonée «économiquement» viable ?

L'hydrogène pourrait jouer un rôle prépondérant dans le futur mix énergétique. C'est une brique quasi incontournable pour l'inter-pénétrabilité des différentes sources d'énergie et des divers réseaux dans le paysage électrique global de l'Europe de l'énergie en train de se constituer.

La transition intégrera une réduction de la consommation, l'accroissement des énergies renouvelables - photovoltaïque, éolien, énergies marines, géothermie, etc... -, la réduction de la part du nucléaire et la diminution des émissions de gaz à effet de serre. L'hydrogène, vecteur décarboné capable de stocker l'énergie électrique intermittente des sources renouvelables mais aussi celle des productions en excès du nucléaire, peut constituer le pivot d'un nouveau mix énergétique.

Reste le problème de son coût, qui n'est pas consensuel dans le panel d'experts rencontrés. Cette solution, encore onéreuse, peut atteindre la viabilité économique sous l'effet d'un déploiement ample et volontariste, comme d'une taxation des émissions carbonées. La production d'hydrogène à partir d'hydrocarbures ne correspond plus aux attentes et le coût de la production électrolytique dépendra des tarifs de l'électricité dédiée. Les initiatives variées d'industrialisation de la filière (R&D sur électrolyse, piles à combustible à H<sub>2</sub>, déploiement dans réseaux de gaz (Power to gas), systèmes industriels et domestiques de co-génération, voitures à H<sub>2</sub>, stations-services H<sub>2</sub>,.....), depuis 20 ans, à l'étranger et en France, ont conduit à d'importantes avancées en termes de production, stockage, utilisation d'hydrogène décarboné.

Les financements de R&D sur les PAC croissent, tout en demeurant hétérogènes entre pays industrialisés ( 2010 à 2012 : 40 M€/an en France, 110 M€ en Allemagne, 200 M€ au Japon et 250 M€ aux USA. La recherche européenne a bénéficié de : 316 M€ au PCRD6 (2002-6), 470 M€ au PCRD 7 (2008-13) et 665 M€ pour H2020).

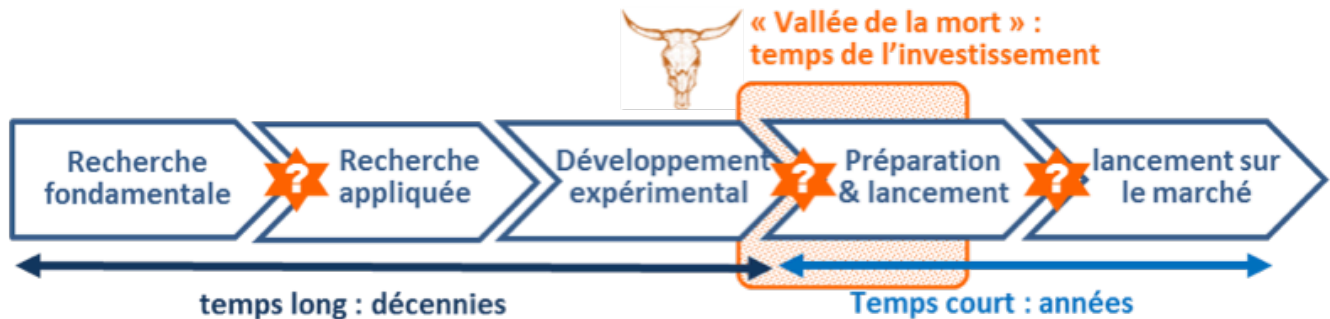
Plusieurs leaders français sont détenteurs de technologies sur l'électrolyse, le stockage de l'hydrogène et les PAC à H<sub>2</sub> (Air liquide, Total, Michelin, CEA). Cependant, les industriels de l'automobile se sont désengagés : Renault a basculé son programme sur Nissan au Japon et Peugeot a cessé d'investir. Au sujet d'une filière française du véhicule à hydrogène, les ministres de l'Écologie et de l'Industrie ont mandaté, en mars 2015, une mission d'étude (<http://voituredefutur.blogspot.fr/2015/03/la-france-se-reveille-sur-lhydrogene.html>).

La France produit plus d'électricité qu'elle n'en consomme. Le coût réel de cette électricité reste sous-évalué n'intégrant pas le coût de démantèlement des centrales nucléaires PWR, ni la valeur effective des réacteurs EPR de remplacement. Seules les centrales à gaz apportent la souplesse indispensable en appui au réseau nucléaire, plus rigide, et qui subit un bridage (suivi de charge) risquant de le fragiliser. Il faut donc bien développer des moyens de stocker l'électricité. L'hydrogène est une opportunité. Les efforts de R&D tireront le prix à la baisse. Le moment d'un engagement volontariste est peut-être venu, pour passer du stade de la motivation à celui de l'engagement industriel.

## 6 - Hydrogène, le temps de l'alignement stratégique : experts, société, décideurs politiques

À l'exception de l'expert de FS, les spécialistes rencontrés estiment que l'hydrogène a sa place dans le futur système énergétique diversifié. Ils reconnaissent que, si les technologies restent améliorables, la maturité technique est atteinte. La sécurité, autrefois préoccupante, leur apparaît maîtrisée par des avancées technologiques déployées dans l'industrie comme dans l'application automobile. Ils sont plus divisés sur les questions de coûts, de maturité industrielle, d'appui à

une décision de lancement de programme et de mise en débat de la prévalence de la filière électro-nucléaire. Les verrous technologiques semblants résolus, pour une majorité d'entre eux, se pose désormais la question du moment stratégique de la décision de l'engagement industriel, notamment sur le marché de la mobilité, à l'instar des déploiements en cours en Allemagne ou au Japon.



**Débat d'experts : où se situe la pile à combustible ? [ ? ]**

La question est de savoir où se situe la technologie de la PAC et de l'hydrogène électrolysé : les experts s'accordent tous sur le fait que la technologie n'a pas atteint le marché. Certains pensent qu'elle est mûre pour le faire, d'autres qu'elle atteint le stade de la « vallée de la mort ». Un seul affirme qu'elle n'a pas dépassé le stade de la recherche.

## 7 - Synthèse.

En conclusion, il apparaît aux auditeurs que la question est mûre pour une décision véritablement politique, engageant stratégiquement l'organisation de la Cité dans une perspective de décarbonation poussée des marchés de l'énergie. La nécessité de corréliser à cet objectif les conséquents investissements qu'il requiert, pose un dilemme aux décideurs publics. Ils ont récemment mandaté une mission d'étude dont les conclusions sont attendues pour juin 2015. Pour éclairer le contexte d'une décision politique, notre recommandation est de conduire une étape de concertation avec la société, autorisant un débat éclairé avec les experts et les citoyens, et permettant de poser les vraies questions et d'apporter des réponses. La saisine de la Commission Nationale du Débat Public [CNDP], ou l'organisation d'une conférence de consensus sur le déploiement de filières de l'hydrogène nous paraît déterminante : il s'agit au fond d'un choix de société ! Ce choix est crucial pour l'énergie de demain. Il suppose un virage fort par rapport à la politique

nucléaire menée depuis cinquante ans en France, dans un objectif de maîtrise des rejets de gaz à effet de serre et de contribution à la lutte contre le changement climatique.

Ce groupe d'auditeurs était constitué de citoyens néophytes, qui se sont engagés dans la compréhension des enjeux de ce secteur industriel. Si l'opportunité se présentait, le groupe serait particulièrement motivé pour témoigner, auprès de la CNDP, du travail d'analyse et de réflexion qu'il a conduit.

**En s'appuyant sur des éléments scientifiques convergents et sur une démarche de concertation, la décision politique pourra intervenir plus sereinement. Le temps des avis et des controverses d'experts doit être dépassé, celui de la concertation publique est à venir, celui des décisions politiques deviendra ensuite indispensable.**



## ANNEXES

### 1 Les 5 objectifs de la « loi de transition énergétique pour la croissance verte » :

1. « favoriser l'émergence d'une économie sobre en énergie et en ressources, compétitive et riche en emplois,
2. assurer la sécurité d'approvisionnement,
3. maintenir un prix de l'énergie compétitif,
4. préserver la santé humaine et l'environnement, en particulier en luttant contre l'aggravation de l'effet de serre,
5. garantir la cohésion sociale et territoriale en assurant l'accès de tous à l'énergie.

### 2 Tableau comparatif des arguments entre France Stratégie et l'APHYPAC

| Rapport France Stratégie  | Réponse de l'APHYPAC   |
|---|--|
| <p><i>En termes de coût</i></p> <p>Générer de l'hydrogène-énergie est techniquement possible, mais à des coûts élevés<br/>Le véhicule à hydrogène ne semble pas en mesure de concurrencer les véhicules thermiques (et même électriques) avant longtemps<br/>A la pompe, le prix HT est encore le double voire le triple de celui des carburants conventionnels</p> | <p>La note est une note à charge contre les technologies Hydrogène énergie</p> <p>La note méconnaît les progrès techniques</p> <p>Elle est imprécise, fait des amalgames entre des données ou des faits qui ne sont pas comparables</p>        |
| <p><i>En termes d'infrastructure</i></p> <p>Le déploiement d'une infrastructure de distribution serait d'un coût considérable<br/>Les stations services à hydrogène sont encore très chères</p>   | <p>Il faut mettre en balance les gains qu'une telle infrastructure apporte (économies d'importations de ressources fossiles de 100 Mds sur 40 ans pour l'UE)</p>   |
| <p><i>En termes d'acceptabilité sociale</i></p> <p>L'évaluation de l'impact des solutions hydrogène doit prendre en compte les enjeux de sûreté</p> <p>Sur le plan de la sécurité « grand public », les obstacles semblent difficilement surmontables (problème d'acceptabilité sociale)</p>  | <p>Les risques sont maîtrisés industriellement depuis de nombreuses années et donc parfaitement adaptables au grand public</p>   |
| <p><i>En termes de transition énergétique</i></p> <p>La note ne recommande pas d'investissements massifs dans l'hydrogène</p>   | <p>Elle ne prend pas en compte les enjeux énergétiques (intégration dans le mix énergétique) et environnementaux à venir</p> <p>La France a le potentiel de devenir leader dans l'hydrogène pour le transport (et le stockage énergétique)</p> |

**3 Interactions science-société : la place de l'ingénieur dans l'enrichissement d'un débat éclairé ?** Étonnamment, la stratégie nationale d'approvisionnement et de diversification énergétiques nous est apparue conçue et déployée par une population restreinte d'ingénieurs partageant une même doxa, voire des éléments de doctrine. Face au ressenti d'une certaine forme de consanguinité, il est nous est apparu primordial d'affirmer que l'ingénieur est une des parties prenantes au débat, qu'il a la responsabilité d'éclairer l'ensemble des acteurs du débat public, mais qu'il n'y a pas de « sujets d'ingénieur » par essence ; une opinion cependant exprimée par le représentant de France Stratégie. Ce principe pourrait conduire à admettre où à tolérer qu'en raison de leur importance, certains enjeux seraient discutés et résolus entre experts, échappant ainsi au débat public. De manière générale, nous considérons que tout rapport d'expertise gagne en pertinence et en impartialité lorsqu'il résulte d'une démarche collégiale, conduite dans des groupes recourant à une diversité de formations et débattant d'une pluralité d'opinions.

La note de France Stratégie<sup>7</sup> semble se concentrer sur une « instruction à charge ». Elle ne présente ni d'analyse stratégique comportant des volets « forces » ou « opportunités » (de type SWOT), ni de scénarios assortis d'avantages et d'inconvénients. De facto, elle confère aux

parties prenantes, comme l'APHYPAC, la légitimité et la responsabilité de l'instruction à décharge<sup>11</sup>. Nous avons trouvé cette attitude surprenante. Y a-t-il une intention sous-jacente ? Existe-t-il un souhait d'instrumentaliser les débats ? Nous nous sommes posé ces questions.

### 4 Hydrogène : focus au sujet des notions de danger, risque et précautions

Dans l'imaginaire collectif, l'hydrogène est associé à la destruction du dirigeable allemand Hindenburg en 1937. S'il doit devenir un vecteur énergétique répandu, son utilisation généralisée nécessitera des technologies de sûreté à toute épreuve au niveau de la production, du stockage, de la distribution et de l'utilisation.

L'acceptation publique passera par l'information et la démonstration que l'hydrogène n'est pas plus dangereux que le gaz naturel ou l'essence, qu'il est tout simplement différent. Le risque objectif associé est maîtrisable dès lors que la sécurité est intégrée dès la conception des installations et des systèmes.

Il est vrai que l'hydrogène est un gaz classé « extrêmement inflammable ». Il est caractérisé par un domaine d'inflammabilité très large, une flamme quasi invisible et peut provoquer une déflagration à partir d'un apport d'énergie d'activation très faible. L'hydrogène mélangé à

de l'oxygène est un explosif puissant. Des mesures de sécurité renforcées doivent donc être mises en œuvre dans son utilisation. Tous les experts l'affirment, et ce point ne fait plus débat, y compris parmi ses non partisans, les mesures de sécurité et les normes de sécurité renforcées qui sont mises en œuvre tant pour le stockage dans l'industrie depuis des années, que pour l'utilisation dans l'automobile, et notamment en cas d'accident, de passage dans les tunnels, ou de stationnement dans les garages ou parkings souterrains permettent d'assurer une sécurité maximale, au même niveau que les autres sources d'énergie.

Ainsi, pour limiter les risques il faut développer la normalisation des appareillages et développer une réglementation adaptée, soit en élaborant une réglementation spécifique à la diffusion grand public de l'énergie hydrogène, soit en adaptant l'actuelle réglementation appliquée dans l'industrie, pour le stockage, la distribution ou l'usage, notamment dans les installations utilisant des piles à combustibles. Pour les véhicules à hydrogène les instances internationales travaillent déjà sur des projets de réglementation.

Une fois le grand public bien informé, objectivement et concrètement rassuré sur la maîtrise des risques et la sécurité, il n'y aura plus d'obstacle à la perception commune des nombreux avantages attachés à l'énergie hydrogène, gaz non toxique qui se dilue très vite à l'air libre, combustible le plus flexible, non polluant, présentant un bilan environnemental positif, une stabilité de prix à la production et une facilité d'approvisionnement compte tenu de son mode de production.

### 5 Hydrogène pour la mobilité : trois actions lancées par le gouvernement

Le 25 Mars 2015, Emmanuel Macron et Alain Vidalies ont réuni les chefs de projet des plans industriels relatifs au secteur des transports et de la mobilité contribuant à la transition énergétique. Trois décisions relatives à la filière hydrogène ont été arrêtées :

- le développement d'une offre de « stack » (cœur de pile à combustible) française compétitive : un accord industriel est en cours de finalisation ;
- le stockage nomade de l'hydrogène avec le lancement d'un projet d'installation d'une ligne pilote en France ;
- le stockage haute pression de l'hydrogène avec le lancement du processus d'homologation d'un réservoir composite afin de faire émerger une offre française adaptée à la mobilité et à l'aéronautique.

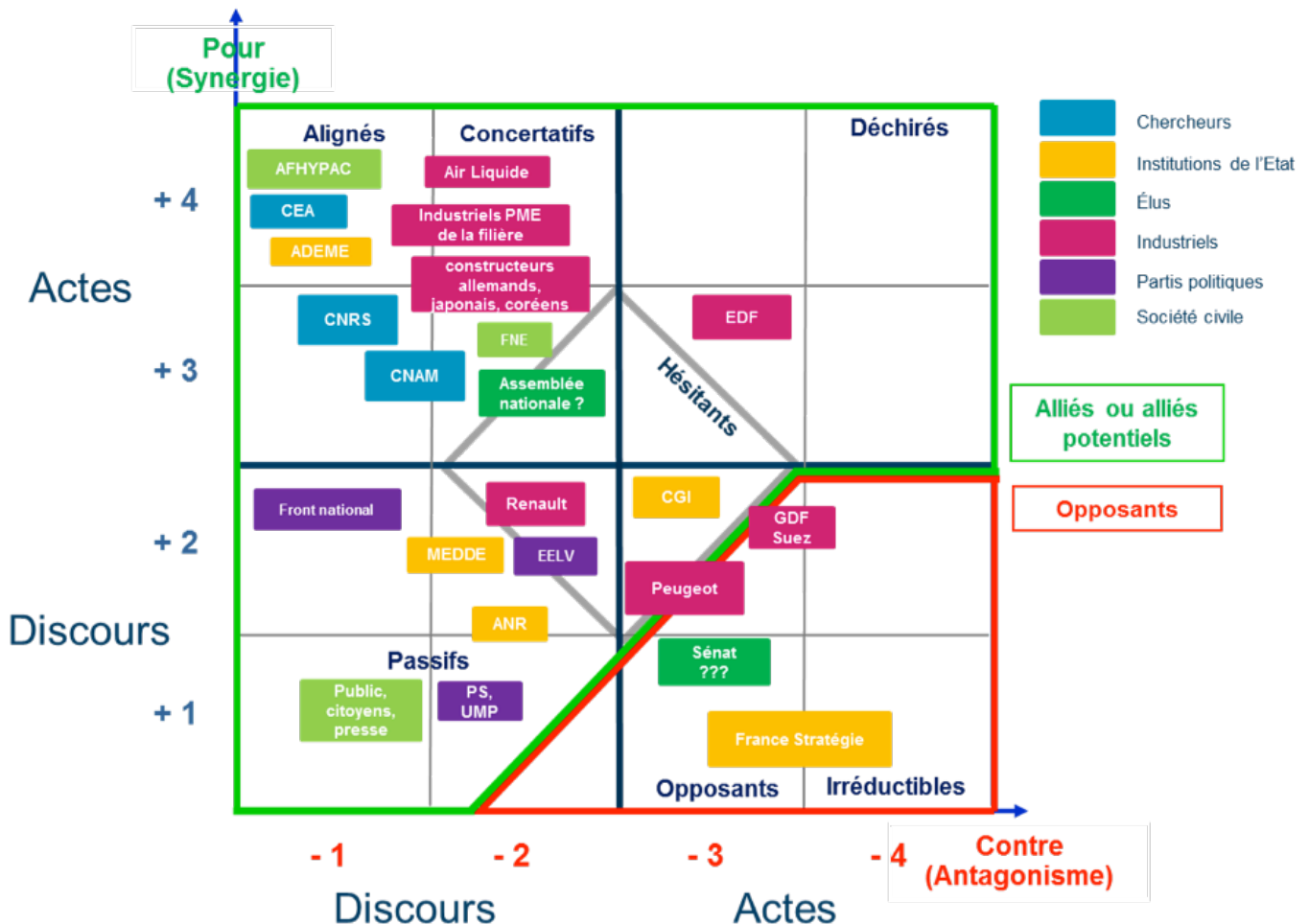
### 6 Positionnement des parties prenantes au déploiement de la PAC

#### L'outil de cartographie des partenariats

La Carte des Partenaires fait partie des outils de la sociodynamique, méthodologie d'accompagnement stratégique ou de conduite du changement, développée par Jean-Christian Fauvet, sociologue et consultant. La carte permet de mesurer l'implication des acteurs par rapport à un projet, en l'occurrence ici le développement de la filière hydrogène. Cet outil vise à identifier quel degré d'implication (= énergie positive ou synergie) ou d'opposition (= énergie négative ou antagonisme) ces acteurs manifestent sur cette question, et d'identifier les stratégies à mettre en œuvre pour les rallier au projet.

Parmi les synergiques, on trouve les **alignés** qui s'impliquent sans retenue et les **concertatifs** qui gardent suffisamment de recul pour apporter des critiques permettant des améliorations ou des inflexions. A l'inverse, les antagonistes se répartissent entre les **opposants**, qui développent une stratégie hostile au projet, mais restent toutefois sensibles au rapport de force, et les **irréductibles**, qui sont résolument contre et impossibles à convaincre.

Au centre, sur la diagonale, se placent les acteurs à convaincre : les **hésitants** qui, selon les circonstances et les arguments qu'on leur donne, sont susceptibles de soutenir ou de s'opposer au projet. Et les **déchirés** qui présentent la caractéristique d'être à la fois très synergiques et très antagonistes. Enfin, les **passifs** développent peu de sy-



nergie et peu d'antagonisme et constituent « la majorité silencieuse ». Comme ils sont très souvent les plus nombreux, ce sont eux qui ont en définitive le pouvoir de faire pencher la balance.

La ligne bleue de la synergie matérialise le niveau de synergie au-delà duquel un acteur s'engagera activement en prenant des initiatives concrètes en faveur du projet. La ligne rouge de l'antagonisme matérialise pour sa part le niveau d'antagonisme minimal à partir duquel un acteur manifesterait par des actes son opposition au projet.

On observe ainsi rapidement quels sont les alliés (alignés et concertatifs) et alliés potentiels, c'est-à-dire ceux que l'on peut convaincre par des arguments, à savoir les hésitants, les passifs et les déchirés.

Les seuls acteurs insensibles aux arguments sont les opposants et les irréductibles. Néanmoins, les opposants se tairont si le rapport de force est en leur défaveur.

### **Enseignements de la carte des acteurs appliqués à la filière hydrogène**

La carte peut permettre aux pouvoirs publics d'apprécier, d'un coup d'œil la position des acteurs sur la question du déploiement de la filière hydrogène. Nous les avons positionnés selon le soutien ou l'opposition qu'ils manifestent dans leurs écrits ou dans leurs dires.

D'emblée, on peut comprendre pourquoi les pouvoirs publics ont du mal à prendre une décision. Si l'on constate que le développement de la filière a très peu d'opposants, il a tout de même beaucoup de passifs et d'hésitants. Les alliés restent vraiment des spécialistes du sujet : acteurs de la R&D et les industriels qui déploient la technologie, AFHYPAC, - rejoint par une ONG très active : la FNE- même s'ils re-

présentent un pouvoir de lobbying non négligeable.

Les hésitants sont constitués des deux gros industriels de l'automobile français qui s'engageront certainement si ... la filière trouve son marché, et ne le feront pas dans le cas contraire !

EDF est dans une position paradoxale : alors que l'entreprise ne peut que défendre les investissements dans le nucléaire, concurrents, en temps de réduction budgétaire, avec ceux nécessaires pour développer l'hydrogène (ce qui devrait logiquement la placer en antagonisme), les experts rencontrés sont favorables au développement de la filière hydrogène : on est typiquement dans une position de déchiré.

Les opposants (irréductibles) se résument somme toute à ... France Stratégie ou à son représentant, seul à manifester une opposition franche sur tous les paramètres de la question : coût, infrastructure, production et rendement, sécurité...

Parmi les passifs, nous avons placé les citoyens et les leaders d'opinion : relativement peu d'échos dans la presse, pas de débat public sur la question de l'hydrogène, comme il y en a sur le nucléaire par exemple.

La carte montre donc un ensemble d'acteurs qui seraient plutôt favorables au développement de la filière, mais avec des inconnues sur les réactions des acteurs à la décision politique. Dans de telles circonstances, les passifs sont souvent les juges de paix : en l'occurrence ici le public et les leaders d'opinion. D'où notre préconisation d'organiser un débat citoyen, afin de rendre visible et lisible le débat, et de conforter ainsi les décideurs politiques.

## Quelle place pour l'hydrogène dans la transition énergétique ?

Vendredi 29 mai 2015

Avec la participation de :

**François BROTTES**, député de l'Isère, président de la Commission des affaires économiques, Assemblée nationale (vidéo)

**Daniel CLEMENT**, directeur scientifique, direction exécutive Stratégie, recherche et international, Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.



**Auditeur** : Nous allons commencer cette restitution par une présentation rapide du sujet avant de projeter le film de l'interview d'un député qui a accepté de réagir à notre rapport.

Conduire cette réflexion pendant le temps de la construction puis de la résolution d'une controverse a été pour nous une véritable opportunité. Pour pouvoir utiliser de l'hydrogène, il faut produire de l'hydrogène. Or pour produire cet hydrogène, il existe plusieurs solutions. Actuellement, 100% de l'hydrogène produit l'est à partir d'hydrocarbures, grâce à une technologie appelée vapo-reformage qui évidemment produit du CO<sub>2</sub> et que nous espérons donc voir abandonnée dans le futur au profit d'une autre solution plus vertueuse à nos yeux : l'électrolyse. En quoi consiste-t-elle ? Il s'agit de décomposer de l'eau, sous forme d'hydrogène gazeux capté et de re-larguer l'oxygène dans l'atmosphère. Mais pour produire cet hydrogène, il faut produire une certaine quantité d'énergie. Idéalement, il faudrait donc que cette énergie soit décarbonnée, qu'elle provienne du parc électronucléaire ou de sources renouvelables qui sont par définition intermittentes. Une fois que l'on possède cet hydrogène sous forme gazeuse, il faut donc pouvoir le stocker, soit sous forme liquide (plutôt réservé aux fusées), soit sous forme solide (les hydrures interstitielles ne sont toujours pas au point technologiquement). Actuellement, nous utilisons donc la compression à forte pression, soit 700 bars dans des réservoirs composites. Voilà pour le stockage de l'hydrogène. Il faut ensuite utiliser cet hydrogène. Pour ce faire, on reforme de l'eau en utilisant l'oxygène atmosphérique en dégageant une forte énergie qui peut être produite en particulier à faible température par des piles à combustible. On peut ainsi charger cette pile à combustible dans une automobile, charger le réservoir d'hydrogène et produire une énergie électrique qui va animer la voiture. Le député dont vous allez voir l'interview évoque une autre solution : l'utilisation de l'hydrogène produit dans une stratégie dite power to gas. Cette méthode consiste à ajouter une petite quantité d'hydrogène dans un réseau de gaz urbain pour doper les pouvoirs du gaz en matière énergétique. L'hydrogène peut donc être un vecteur prometteur pour stocker de l'énergie et la restituer.

L'émergence d'une controverse s'est située au moment de l'apparition d'une note produite en août 2014 par France Stratégie (qui est un loin-

tain parent du commissariat au plan), signée de M. Etienne Beeker. Nombre d'acteurs ont reproché à l'auteur de cette note d'avoir minimisé les progrès du secteur, remis en question la pertinence d'investir pour déployer de nouvelles infrastructures, sous-évalué la maîtrise industrielle actuelle des usages et mis l'accent sur les enjeux de sûreté. La recommandation globale était en effet de ne pas opérer d'investissements massifs alors que certains bénéfices énergétiques et environnementaux n'avaient pas été estimés à leur juste valeur. Suite à cette note de France Stratégie, l'association française des industriels du secteur a fait une réponse point par point, extrêmement détaillée. Fin 2014, un déjeuner en préparation de la COP 21 à l'Élysée a montré que la filière de l'hydrogène était très bien représentée.

Nous avons retenu six étonnements pour notre rapport :

. La note de France Stratégie a un auteur unique. Il n'y a pas plus de requérants très identifiés. Elle est étonnement intervenue à un moment clé dans le débat national sur la transition énergétique. On y découvre des enjeux de positionnement d'acteurs et des tentatives d'obtention d'un arbitrage politique en faveur des uns et des autres.

. L'absence de référence incontestée en matière de rendement énergétique et d'appréciation de sûreté. On se réfère toujours aux mêmes éléments et pourtant il existe de grandes variations dans les références, notamment sur les rendements.

. Les discordances dans l'appréciation de l'état de l'art. Les avis experts divergent, tout comme les stratégies industrielles. Il n'y a pas d'alignement stratégique national entre les acteurs (France Stratégie, la Société française d'énergie nucléaire autour de son groupe 21, les prototypes qui sont en développement au CEA, à Air Liquide, etc.). Le consensus global est donc très faible. La bonne représentation de cette filière lors du déjeuner à l'Élysée prouve le travail mené en parallèle par des lobbyings sous-jacents. Concernant le débat à l'Assemblée et au Sénat, nous nous sommes interrogés sur la possibilité de postures partisans autour de la loi de transition énergétique. Puis, d'une manière contre-intuitive pour nous, la filière électronucléaire française s'est dite intéressée par le sujet de la production de l'hydrogène, notamment comme un moyen de stockage de l'énergie. Enfin, en matière de stratégie nationale d'approvisionnement et de diversification



énergétique, nous avons vraiment eu le fort sentiment d'une influence marquée par une population assez consanguine d'ingénieurs. Or nous pensons que pour nourrir et éclairer le débat public, il serait nécessaire de rassembler une pluralité d'angles de vue et de formation.

. L'hydrogène nous est apparu comme pouvant potentiellement participer à un nouveau mix énergétique (sous réserve que l'on prenne en considération le coût réel de l'électricité électronucléaire). Dans un proche futur, ce coût va devoir intégrer le démantèlement des centrales qui, pour l'instant, n'est pas intégré, ainsi que le rachat de centrales de nouvelles générations qui sont beaucoup plus onéreuses que les premières.

. Nous avons rencontré une diversité d'acteurs et, à l'exception de France Stratégie, nous avons observé un consensus à peu près en place sur le futur mix énergétique, le degré de maturité technique de la filière, le degré de sécurité (au moins pour les applications de mobilité). Les opinions divergent dès lors qu'il s'agit de situer le degré d'avancement et de maturité de la filière, notamment par rapport à ce que l'on appelle la vallée de la mort (le temps où il faut investir massivement pour développer une infrastructure sans avoir l'espoir de retour sur investissement rapide).

. Nous avons construit un échiquier des parties prenantes réparties entre : alignés concertatifs, déchirés, opposants irréductibles et passifs.

La question de l'hydrogène dans la transition énergétique nous semble donc vraiment à maturité pour une décision politique dans un contexte de décarbonation poussée des marchés de l'énergie. Le dilemme concerne l'investissement : est-ce le bon moment ? Pouvons-nous escompter des retours sur investissements dans des délais raisonnables ?

Le moment nous semble désormais opportun pour engager une concertation avec la société, que ce soit dans le cadre de la Commission nationale du débat public, d'une conférence de consensus, ou autre. La question qui se pose actuellement est la suivante : la société est-elle prête à accepter un virage fort au regard de la politique électronucléaire fortement structurante de ces 40 dernières années ? Nous pensons que le temps des avis et des controverses d'experts doit aujourd'hui laisser la place à celui de la concertation publique et, dans un second temps, des décisions politiques qui vont structurer cette future filière.

**Nicolas CHATEAUNEUF** : Je vous propose que nous visionnions maintenant l'interview de François Brottes, député de l'Isère, que vous avez réalisée.

[Projection de l'entretien filmé avec François BROTTES]



**François BROTTES** : En préalable, permettez-moi de rappeler que je ne suis ni technicien, ni scientifique. Le problème de l'hydrogène est qu'il peut être produit de différentes manières qui ne sont pas toutes forcément vertueuses à l'égard de la lutte contre les gaz à effet de serre. Concernant les usages possibles de l'hydrogène, je n'en retiendrai que deux :

1) Le véhicule à hydrogène qui permet de faire du véhicule propre, à ceci près que la propreté obtenue ne l'a pas toujours été de manière très propre.

2) La capacité de stocker sous forme d'hydrogène le surplus d'électricité issue des renouvelables intermittents - pour le transformer en gaz et le réinjecter dans le réseau de gaz. Si ce principe est technologiquement au point, il n'a pas encore trouvé son modèle économique. Et pour cause, tout nouvel entrant dans un dispositif perturbe et suscite des interrogations sur les nouveaux équilibres à construire. Tant qu'on n'a pas trouvé à la fois l'assiette de déploiement et les industriels pour porter ce déploiement, il est courant de rencontrer des freins. Tandis que les allemands commencent à déployer des choses sur le plan industriel, nous souffrons en France de l'absence d'industriel s'étant porté candidat pour développer quelque chose. Il en a été de même sur les piles : personne n'y croyait et il a suffi que Tesla s'y mettent de façon mondiale et industrielle pour que tout le monde réalise que cela pourrait être très accessible tant sur le plan technique que sur le plan économique. C'est d'ailleurs l'objectif de la loi : je suis à l'origine d'une disposition qui vise à pousser le gouvernement à réfléchir à un modèle économique. Nous ne devons plus tarder. L'hydrogène constitue une vraie solution parmi d'autres. Il n'y a donc aucune raison qu'elle ne soit pas une solution d'avenir. Alors il est vrai qu'il existe encore des réticences dans un certain nombre de grands corps d'état qui sont des champions sur le plan technique. Pourquoi ces réticences ? C'est à eux qu'il faut le demander. Encore une fois, l'hydrogène n'est pas l'alpha et l'oméga des solutions. Tout dépend de la manière dont il est produit.

*Est-il pertinent d'exclure du débat l'hydrogène issu de source carbonée du fait de son incohérence avec l'objectif de la transition énergétique ?*

Oui, mais en même temps la filière carbonée peut aider à faire avancer sur la question des usages. Quand on a un usage à partir de l'hydrogène carboné, on peut très bien avoir le même usage à partir de l'hydrogène décarboné. Or trouver des débouchés significatifs sur les usages ouvre des portes pour l'hydrogène décarboné. Dans une filière, il faut toujours considérer l'amont et l'aval. Si l'aval couvre un champ plus large, peut être que l'amont décarboné pourra trouver des débouchés plus importants et que, du coup, le modèle économique sera plus robuste.

*Existe-t-il un débat parlementaire sur ce sujet ?*

Non, il y a un intérêt partagé pour le sujet, mais personne aujourd'hui n'a la solution. Nous devons donc réfléchir pour avancer vers plus de maturité. C'est pourquoi le texte contraint en quelque sorte à aller vers un modèle, d'abord économique puis décarboné.

*L'adaptation des réglementations était vraiment une urgence.*

C'est effectivement un dossier important mais il y en a d'autres. Je pense notamment aux problèmes de sécurité. Pour que cela puisse tourner techniquement et être rentable économiquement, il faut des unités importantes. Mais à ce stade de la réflexion, je ne crois pas qu'on puisse s'interdire quelque évolution que ce soit. Pourquoi décourager à l'avance ce qui est impossible ?

Je me souviens, dans le domaine des nanotechnologies, de modes de fabrication des puces qui, bien qu'initialement réservés à la défense et à l'aérospatial, sont en train de se banaliser pour l'ensemble des usages. Pourquoi ? Notamment parce qu'on a réussi à avoir des dispositions consommant moins d'énergie. Il ne faut donc rien s'interdire. Et en même temps, comme je vous le disais, il ne faut pas s'étonner qu'il y ait des réticences. Cela ne durera pas. La question du stockage est aujourd'hui la question majeure. Et pour cause, le jour où l'on sau-

ra stocker de façon plus massive, on aura réglé tout les problème de l'intermittence et on disposera alors d'une véritable autonomie dans le domaine des renouvelables. Il ne faut donc pas éliminer le gaz de l'ensemble du mix. Electricité et gaz sont en effet étroitement complémentaires.

**Daniel CLÉMENT** : Le travail qui a été présenté est très intéressant. Je ne reviendrai pas sur le volet technologique, je m'arrêterai plutôt sur la phrase : « Il fallait 9 pages au moins pour faire le constat de l'échec ». S'il y a échec de cette filière, ce ne sera assurément pas à cause de la technologie, ni des chercheurs qui, en à peine 10 ans, ont fait des progrès très importants et amené la filière à un niveau préindustriel, voire industriel pour certains aspects.

Je voudrais revenir sur ce qui me semble être la contribution la plus importante dans votre travail : comment faire pour passer de la controverse au débat et à la perception d'une vision partagée, positive ou négative ? Comment sortir de la croyance dont on voit combien les impacts sont forts dans la mise en œuvre d'innovations ?

Vous proposez de mettre en place des structures de médiation et d'échanges. J'ai compris que vous proposiez de les porter, à l'IHEST. Cette idée me semble excellente. Actuellement, tout ce qui est débat public est renvoyé à la Commission du débat public qui répond bien à l'implantation de grosses infrastructures. Sur le dossier de l'hydrogène, nous sommes quand même sur un domaine un peu différent. On ne parle pas que d'acier, de béton et de barrage. On parle d'innovation, d'une évolution de la société, de solutions qu'on se propose de mettre en œuvre ou pas. A ce niveau, je vous suggère donc de poursuivre la réflexion. Peut être que l'IHEST est une structure qui pourrait elle aussi évoluer. L'Institut contribue en effet à rassembler des personnes intelligentes, en poste ou appelées à avoir des postes de responsabilité. Bref qui ont toutes les compétences requises pour proposer des solutions. Votre analyse montre en effet des espaces pour ce type de structures et ces nouvelles fonctions de la démocratie.

**Nicolas CHATEAUNEUF** : Philippe Rocher vous avez animé cet atelier. On sent qu'il y a eu une inflexion assez rapide dans le travail des auditeurs, manifestement surpris de lire la note de France Stratégie et de découvrir le débat qu'elle a engendré.

**Philippe ROCHER** : En regardant une photo du déjeuner à l'Élysée avec l'ancien commissariat au plan, France Stratégie et huit industriels autour de la table, l'un d'entre eux s'est exclamé : mais qu'est-ce que c'est que ce bazar ! C'est à ce moment précis que le groupe a commencé à prendre du recul par rapport à ce sujet finalement très techno et à se demander ce qui avait bien pu se passer. Pourquoi donc tant de

signaux contradictoires au niveau de Matignon et de l'Élysée ? Telle a été la question de départ de ceux que j'ai commencé à appeler « Jury populaire », à savoir 12 hommes et femmes chargés de faire venir à la barre un certain nombre de témoins pour voir à qui profite le crime, qui il dérange, etc. François Brottes, a fait du politiquement correct. Le fond du problème est qu'il existe une loi de transition énergétique pour la croissance verte - en fait c'est une loi de révolution énergétique, une loi de révolution culturelle ! C'est pour cette raison qu'elle tarde tant à sortir. Le groupe a donc du naviguer entre de nombreux enjeux. D'un côté, nous étions complètement dans l'actualité et dans un jeu d'acteurs passionnant. De l'autre, nous étions freinés tant le sujet est brûlant. Nous sommes quand même face à une bonne grosse loi à la française comme nous savons si bien les faire. Quoi qu'il en soit, je tiens vraiment à les féliciter tous. Cela a été un vrai plaisir de travailler avec eux sur ce sujet qui, pour le coup, constitue vraiment un débat science-techno-politique-société. Thierry l'a très bien dit : les politiques doivent aujourd'hui s'emparer du sujet.

**Auditeur** : Je voudrais remercier Jean-François Fauvart car c'est grâce à son exposé que nous avons assez vite pu prendre du recul sur la technique, ce qui nous a grandement facilité la tâche pour avancer. Par ailleurs, s'il est vrai que le politique va devoir s'emparer de ce sujet, on ne peut nier l'importance des enjeux industriels dans ce sujet. Pétroliers, gaziers, électriciens : tous n'ont pas les mêmes intérêts. Renault a par exemple décidé de basculer cette activité de développement vers le Japon. PSA n'avait quant à lui plus les moyens de poursuivre. Le député n'a pas tort de dire qu'en France peu d'industriels ont été en mesure de porter les ambitions. Le travail des politiques n'est pas de créer l'industrie mais de faire des lois dans lesquelles l'industriel peut disposer de repères clairs.

**Auditeur** : Vous noterez que, suite à la tenue de notre groupe de travail, Emmanuel Macron et Ségolène Royal ont décidé de mettre en place une mission portant exactement le même titre que notre atelier. Nous espérons donc que notre rapport servira à cette mission et que la dynamique de conférence de consensus puisse être aussi une des propositions de ce rapport de mission auprès des deux ministres cités.

**Philippe ROCHER** : Emmanuel Macron et Ségolène Royal ont en effet confié cette missions à deux ingénieurs généraux des Mines, Benoit Leguet et Jean ? que j'ai essayé de faire venir pour témoigner. Evidemment, ils n'ont pas pu venir nous raconter des choses que les deux ministres attendent en priorité. Mais quoi qu'il en soit, le rapport de l'IHEST est sur leur bureau.

## Questions / Réponses

*Je voudrais juste faire un témoignage. J'ai eu la chance de travailler il y a une quinzaine d'années sur les piles à combustibles et la thématique de l'hydrogène aux Etats-Unis, à l'heure où tous les grands groupes de l'époque voyaient que ce serait une thématique majeure pour les 20 années à suivre. J'ai eu la chance de conduire un des premiers véhicules à pile à combustible avec notre partenaire United technologies. J'ai pu voir le DOE donner un cap à 20 ans sur la pile à combustible. Au Japon, la dynamique était la même. Or lorsque je suis venu en France, je me suis heurté auprès des industriels, si ce n'est à du scepticisme, au moins à un manque d'enthousiasme contrastant grandement avec ce que j'avais pu observer aux Etats-Unis. L'investissement ayant été réalisé il y a 20 ans, je comprends bien qu'aujourd'hui entrer dans cette arène là avec un tel retard n'est pas simple.*

**Daniel CLÉMENT** : Les décisions d'industrialisation sont une chose, le fait que les connaissances et la technologie continuent d'être dévelop-

pées en France en est une autre. En France, les connaissances et les technos sont au même niveau que dans le monde. C'est au moment de passer à l'industrialisation que nous manquons de soutien. A mon sens, ce sont les petites sociétés qui sont aujourd'hui en capacité de créer la surprise.

*En vous écoutant, j'ai une vraie surprise. Je suis élue de la région Nord-Pas-de-Calais. Nous travaillons sur la 3ème révolution industrielle dont l'un des piliers concerne le stockage de l'énergie et notamment l'hydrogène. Je peux vous assurer que, chez nous, le consensus est total concernant l'hydrogène. J'apprends donc en vous écoutant qu'il existe une controverse et j'en suis très surprise. Peut être cette dernière se joue-t-elle sur les différences d'intérêt industriel à s'engager de la part des différents acteurs de la filière ? Parce que, en ce qui nous concerne, nous attendons simplement les solutions et l'industrie pour le stockage des énergies intermittentes que nous considérons comme l'une des solutions de l'avenir.*

**Auditrice** : nous avons également eu cet étonnement au début de notre réflexion. Notre sentiment au terme de cette année est que ce ne sont pas tant les industriels qui résistent. Hésitants, ils attendent simplement de voir s'il y a un marché. Et s'ils trouvent un marché, ils se lancent. Notre sentiment est vraiment que le problème se situe au niveau des jeux d'acteurs, du lobbying. François Brottes a bien montré qu'il existait probablement des résistances au sein des grands corps de l'Etat. Alors il est vrai que le seul opposant que l'on ait véritablement rencontré a été France Stratégie. Mais il n'est certainement pas le seul. *Je voudrais donner un autre témoignage : celui de la recherche publique. Je suis à l'université technologique Belfort Monbéliard, nous avons une fédération de recherche qui travaille sur l'hydrogène et une structure de valorisation. Nous avons déjà piloté des projets situés dans cette vallée de la mort. Je pense notamment à Mobypost en partenariat avec la Poste. Sur le terrain on retrouve plusieurs des éléments que vous avez évoqués : d'une part le problème de l'investissement des industriels à nos côtés - cela nous paraît paradoxal de voir PSA, juste à côté, qui hésite -, d'autre part le fait que nous ayons été interpellés par la présidence de Région Franche Comté pour présenter notre stratégie pour l'hydrogène. Nous ne faisons que répéter ce qu'ils savent déjà : qu'il y a énormément d'incertitudes en termes de développement industriel et qu'il faudrait essayer de faire réfléchir les étudiants aux business model qu'ils pourraient développer sur l'hydrogène. Encore faudrait-il que nous disposions de quelques modèles performants !*

*En vous écoutant, je ne peux que penser à toute l'armada d'espaces de transfert intermédiaire que nous avons pu observer sur les territoires au niveau national entre le monde universitaire et l'industrie, l'innovation, la mise en place, etc. En 5 ans, ce paysage du transfert s'est beaucoup déployé en France. Cette profusion d'espaces intermédiaires a d'ailleurs fait l'objet de critiques. Nous n'avons pas un problème d'innovation. Nous avons un problème de transfert dans*

*l'espace industriel. Est-ce la faute des jeux d'acteurs ? Quel est le rôle de CEA Tech par exemple? Je ne les vois pas dans votre rapport.*

**Auditrice** : Je crois que les CEA Tech a plusieurs brevets, notamment pour le stockage de l'hydrogène avec de nouveaux matériaux.

*Ils sont aussi censés être des supports d'investissements et de facilitation pour accompagner un risque d'investissement dans telle ou telle industrie. Jouent-ils ce rôle ?*

**Auditrice** : Peut-être jouent-ils un rôle mais si derrière tu n'as ni Renault, ni PSA, pour ce qui est de la mobilité, tu es seul.

*En Lorraine, nous avons quand même vu des Open Lab mixtes entre Peugeot et d'autres acteurs sur des systèmes de production industrielle. Si Peugeot ne veut pas y aller tout seul, il existe des systèmes d'incubation hybrides avec d'autres acteurs. Manifestement vous ne les avez pas vus.*

**Philippe ROCHER** : Ce dont tu parles renvoie à un niveau d'investissement qui n'est pas accessible à ces facilitateurs intermédiaires. Ce dont tu parles se développe par exemple au Japon où il y a une volonté affichée d'installer par exemple un maillage de 2000 stations services hydrogène dans le pays pour mettre à disposition l'hydrogène et faire en sorte que les gens achètent des Mirail de Toyota et aillent ensuite dans des stations service pour pouvoir recharger. On parle alors d'investissements que CEA Tech n'est pas en mesure de décider.

**Auditrice** : Air qui nous a par exemple dit qu'ils avaient demandé une aide pour développer des stations pour les premiers véhicules automobiles mais qu'ils ne l'avaient pas obtenue.

## Le regard du grand témoin

**Dominique DESJEUX**, anthropologue, professeur émérite, université Paris Descartes :

Nous venons d'assister à une magnifique étude de cas. Quand on travaille sur la décision, ce qui me frappe le plus est l'importance des grands corps de l'Etat. Je n'ai rien contre eux, j'essaie simplement de comprendre une énigme : qu'est-ce qui fait que ces grands corps qui ont défendu en 1970 une politique industrielle (qu'on appelle maintenant colbertiste) se soient associés à la BNP pour privatiser l'industrie - et je ne discute pas si c'est bien ou mal ? Ont-ils encore un pouvoir par rapport à l'hydrogène ? C'est là une question de recherche. Bref, nous sommes donc là face à un cas d'école pour comprendre les processus de décisions politiques. Nous devons nous rendre compte que ce n'est certainement pas une forme de rationalité au-dessus de nous qui nous permettra de décider. Ce sont des batailles.



THÈMES | INTERVENANTS | COLLECTIONS | DOSSIERS | INTERNATIONAL

Accueil > La Médiathèque > Collections > Rapports d'étonnement

Rechercher

**RAPPORTS D'ÉTONNEMENT**  
Rapports d'étonnement des étudiants du cycle national sur les sujets qu'ils ont étudiés au cours des séminaires d'atelier.

**Rapports d'étonnement**

- Les drones
- Les cours en ligne ouverts et massifs
- La quantification de soi
- Le neuromarketing
- La neutralité d'Internet enjeux, défis et perspectives
- La crue centennale de la Seine
- Design pour l'intérêt général
- Identités numériques
- Maintien à domicile des personnes fragiles
- Obésité
- Résidus des produits pharmaceutiques dans l'eau
- Les serious games
- Les écoquartiers
- Les smart grids
- Le design : imposture ou chaînon manquant ?
- Le bâtiment à énergie positive
- L'étang de Berre
- Le patrimoine numérique
- Les cleantechs
- Les éoliennes
- La voiture propre
- Les tempêtes
- La sécurité de l'eau

**Promotion Boris Vian 2014**  
**Les drones**  
Les drones offrent un exemple de ce que le numérique et l'évolution de l'informatique peuvent apporter. En effet, les réponses à des besoins de plus en plus nombreux et les capacités d'autonomie croissantes expliquent le développement (...)  
10 septembre 2014

**Promotion Boris Vian 2014**  
**Les cours en ligne ouverts et massifs**  
Les MOOC, avec leur dimension « Massive », sont issus d'une version élargie et interactive du e-learning déjà connu, intégrant une approche connectiviste.  
10 septembre 2014

**Promotion Boris Vian 2014**  
**La quantification de soi**  
Popularisée par l'adhésion de « stars » de la Hi-Tech (le mathématicien Wolfram, par exemple), la quantification de soi est à un simple « buzzword », une mode, ou bien une mesure incontournable des rythmes de nos corps humains dans des (...)  
10 septembre 2014

**Promotion Boris Vian 2014**  
**Le neuromarketing**  
Les neurosciences peuvent être définies comme l'ensemble des disciplines permettant l'étude du système nerveux. Ce champ d'investigation est éminemment pluridisciplinaire. Le préfixe neuro se combine pour donner, entre autres, la neurobiologie, (...)  
10 septembre 2014

**Promotion Léonard de Vinci 2013**

Retrouvez tous les rapports d'étonnement des ateliers du cycle national de formation depuis 2007 dans la médiathèque du site internet de l'IHEST

<http://www.ihest.fr/la-mediathèque/>

- Les drones*
- La quantification de soi*
- La neutralité d'Internet enjeux, défis et perspectives*
- Les cours en ligne ouverts et massifs*
- Design pour l'intérêt général*
- Maintien à domicile des personnes fragiles*
- Le neuromarketing*
- La crue centennale de la Seine*
- Identités numériques*
- Obésité*
- Résidus des produits pharmaceutiques dans l'eau*
- Les écoquartiers*
- Le design : imposture ou chaînon manquant ?*
- L'étang de Berre*
- Les cleantechs*
- Les serious games*
- Les smart grids*
- Le bâtiment à énergie positive*
- Le patrimoine numérique*
- La voiture propre*
- La sécurité de l'eau*
- La traçabilité*
- L'eau*
- Le lait*
- Les tempêtes*
- Le climat*
- Le cerveau*
- Wikipédia*
- La question des nanotechnologies*
- Les éoliennes*
- La gestion des déchets ménagers*

Pour en savoir plus  
**www.ihest.fr**

Institut des Hautes Études pour la Science et la Technologie  
Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, 1 rue Descartes  
75231 Paris cedex 05, France