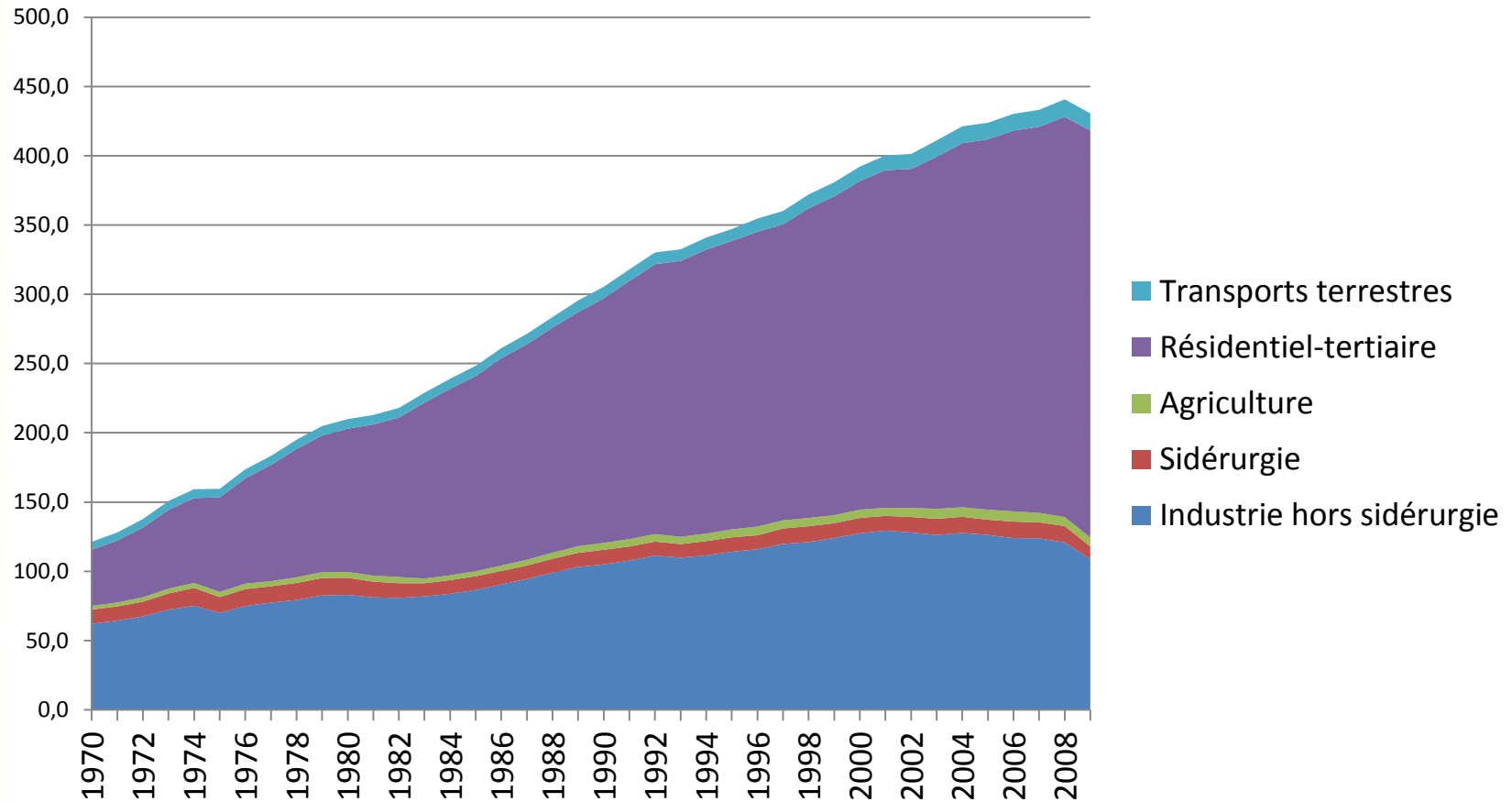


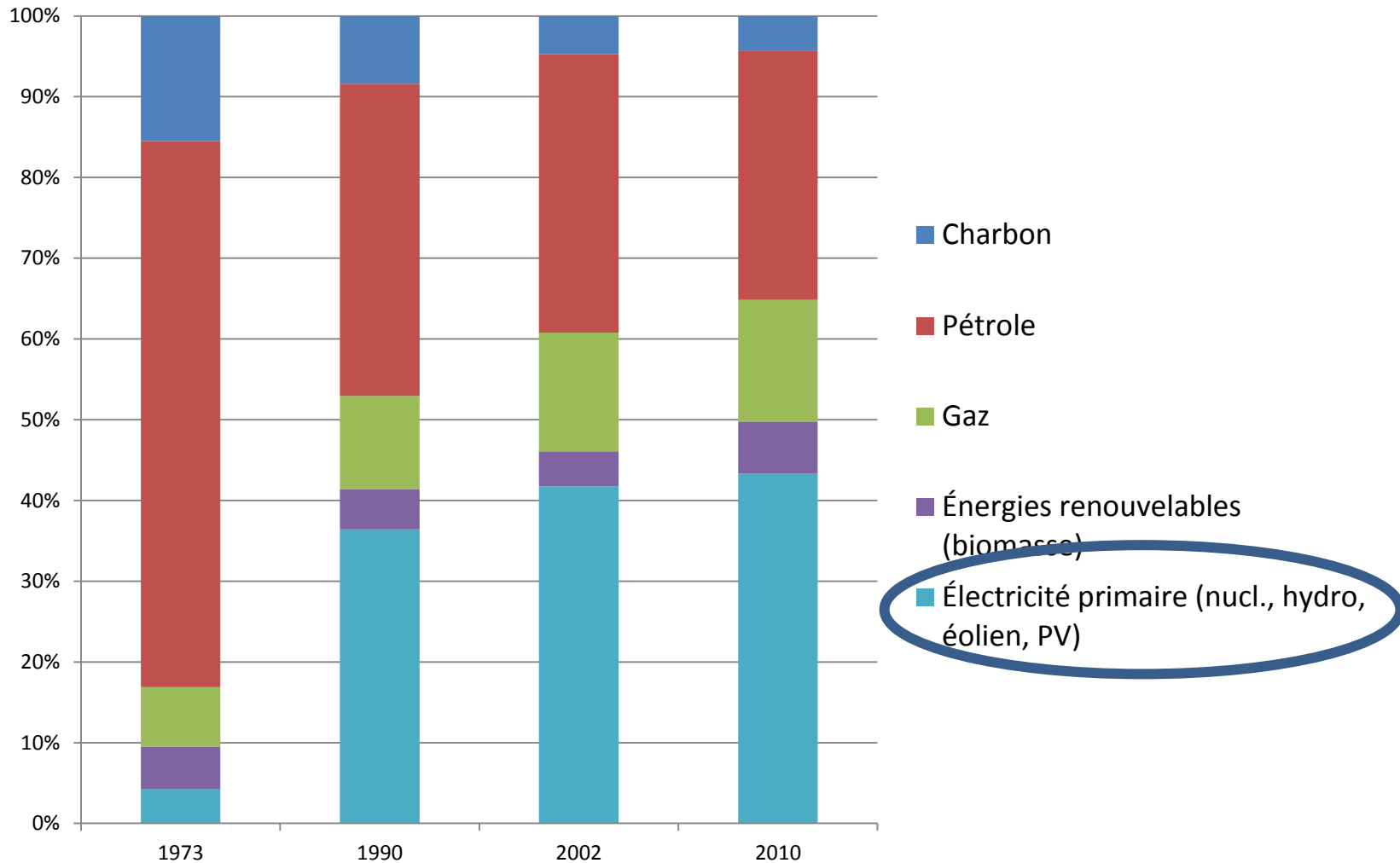
**Le programme PROGELEC  
Production renouvelable  
et gestion de l'électricité  
2011-2013**

# Le contexte : une demande électrique croissante, notamment dans le secteur résidentiel/tertiaire...



et peut-être dans les transports à l'avenir...

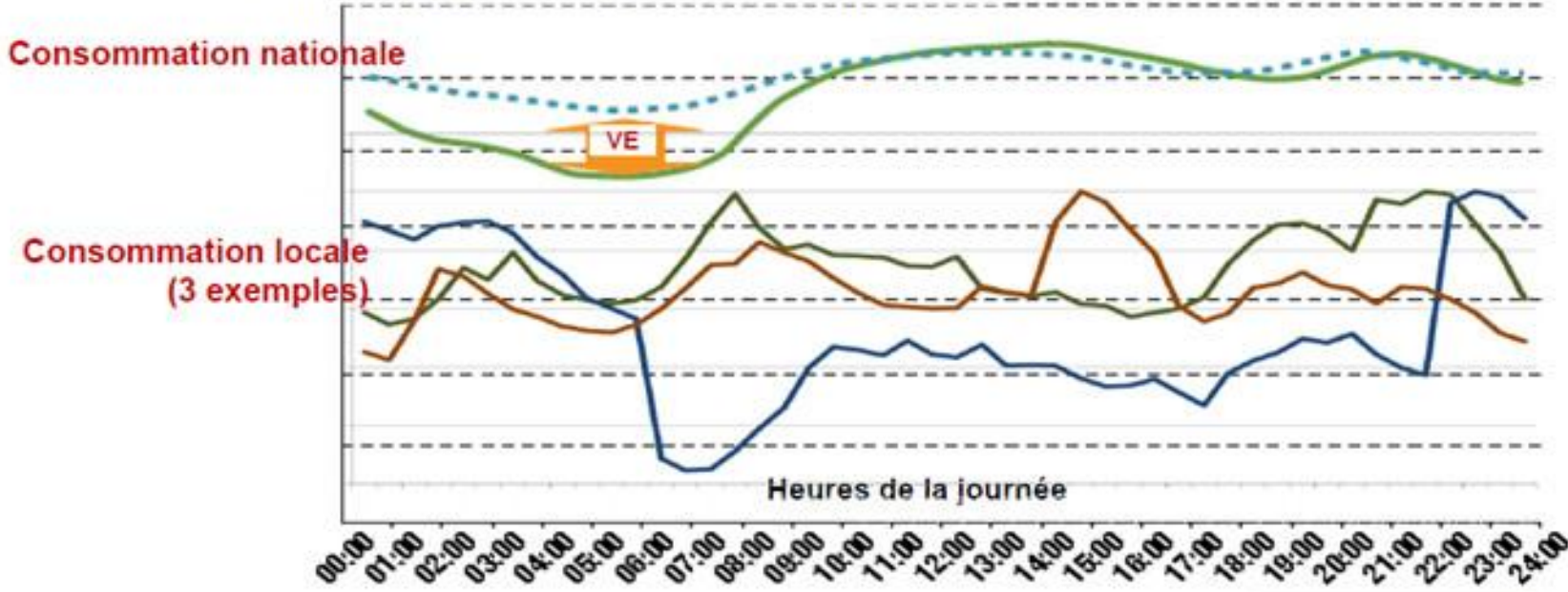
# ... et une part croissante dans le mix énergétique national



# Mais une demande fortement variable, selon les saisons et les heures

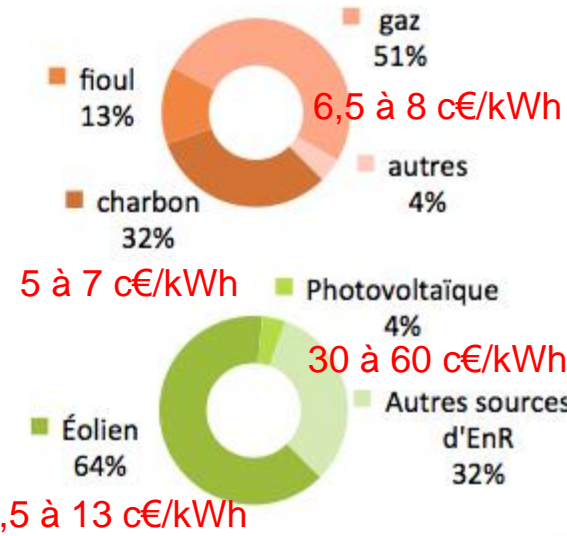
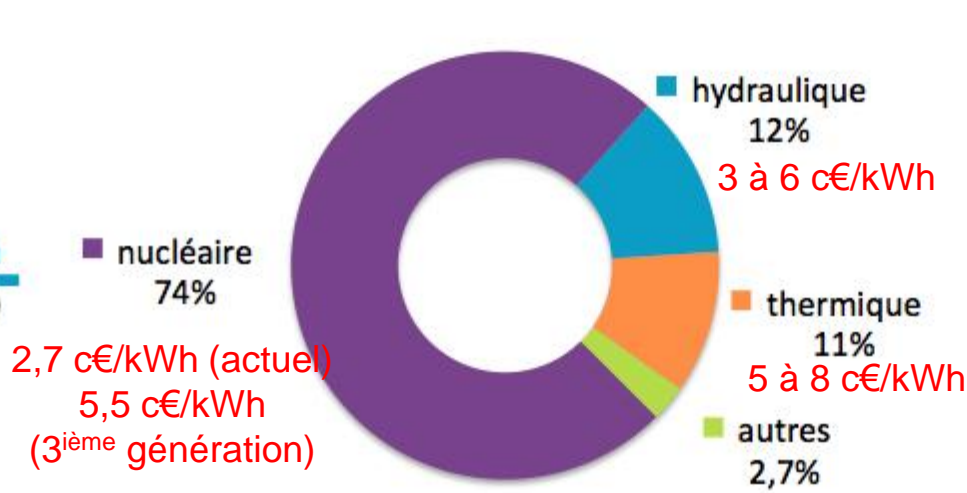


**Puissance appelée en fonction des heures de la journée**



# Moyens et coûts de production en France

**550 TWh**  
France<sup>(1)</sup>



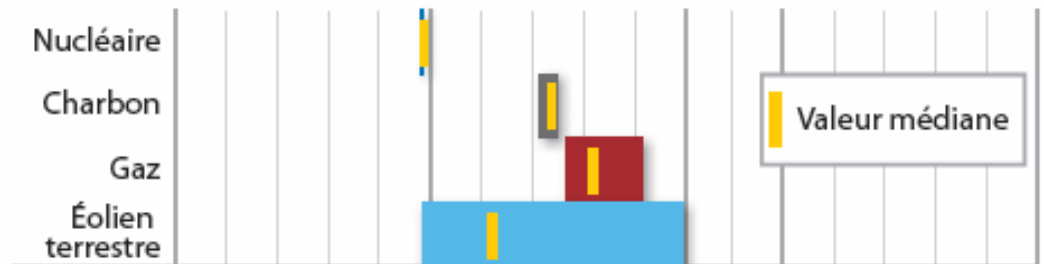
**19800 TWh**  
Monde<sup>(2)</sup>



Atlante & Cie  
atlante.fr

**Fourchettes régionales des LCOE pour les centrales nucléaires, à charbon et à gaz et les parcs éoliens terrestres.** (taux d'actualisation 5 %)

**Amérique du Nord**  
CAN, MEX, USA, EPRI



# Le programme PROGELEC - contexte et enjeux

- Une **montée en puissance de la part des énergies renouvelables** (engagement de la France: ~20%) qui produisent de l'électricité de manière intermittente (photovoltaïque, éolien), à accompagner et à bien intégrer dans le mix énergétique;
- Une **part de l'énergie électrique qui devrait encore croître fortement** dans le mix énergétique du 21<sup>ème</sup> siècle, notamment en raison de la fin du pétrole bon marché;
- Une **électrification croissante des transports** (systèmes de stockage adaptés, de dispositifs de recharge...);
- Assurer une meilleure **qualité de l'énergie électrique** distribuée et contribuer à la **sécurité des réseaux**, par une meilleure **gestion de l'offre et de la demande** et la mise en place de dispositifs de **stockage**.

# Le programme PROGELEC - objectifs

- développer des systèmes innovants de **production** d'électricité à partir des **énergies renouvelables**, notamment du **solaire photovoltaïque**
- gérer les **intermittences** de la production par le développement de dispositifs de **stockage tampon**
- développer des **systèmes embarqués et stationnaires** performants de **stockage et/ou de production**
- **piloter les usages** domestiques et mobiles de l'électricité
- concevoir des dispositifs **fiables** et « **intelligents** » de **gestion** de l'énergie à partir de sources multiples

à des coûts compétitifs vis-à-vis des moyens « classiques »

# Axes thématiques du programme

- **Axe thématique 1** : Production photovoltaïque d'électricité
- **Axe thématique 2** : Production par effet thermoélectrique
- **Axe thématique 3** : Vecteur hydrogène : production, stockage et conversion au sein d'une pile à combustible
- **Axe thématique 4** : Stockage électrochimique de l'électricité
- **Axe thématique 5** : Gestion des composants et hybridation des systèmes de production/conversion et de stockage
- **Axe thématique 6** : Gestion locale de l'énergie, systèmes électriques et intégration des moyens de production/conversion et de stockage

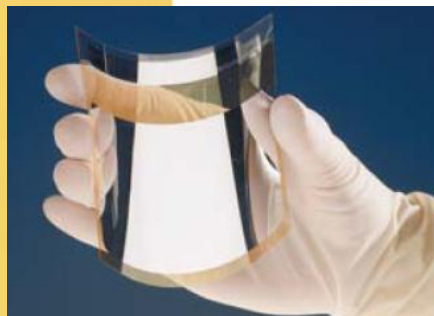
# Axe thématique 1: photovoltaïque

Objectif: coût système <20c€/kWh pour l'ensoleillement moyen en France

Thématiques:

Filière du silicium cristallin

- Augmentation des rendements (>20%), diminution de l'usage du silicium
- Élimination et gestion des impuretés pour le silicium métallurgique
- Innovation dans les équipements (fours, creusets...)
- Recherche de très haut rendements (>30%)
- Exploration de nouvelles voies sans découpe

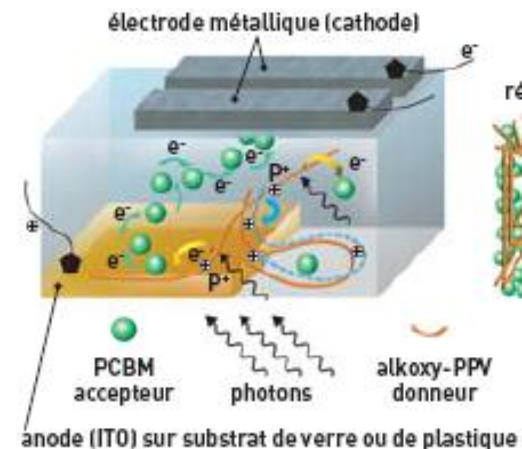


Filière des couches minces

- Développer des procédés à haut débit et bas coûts
- S'assurer de la stabilité des modules sur 20 à 30 ans (>10%)
- Dépôts sur substrats flexibles, à bas coûts

Concepts et procédés innovants

- Développer les modules organiques et hybrides
- Utiliser des nanostructures, des dispositifs optiques pour améliorer les performances
- Caractériser et comprendre les mécanismes d'élaboration des matériaux

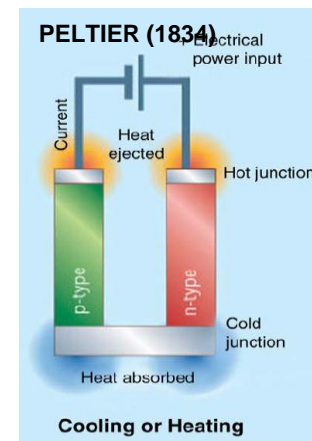
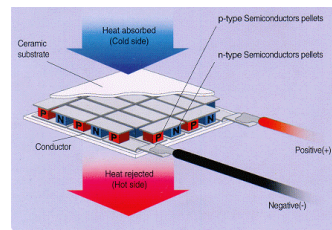
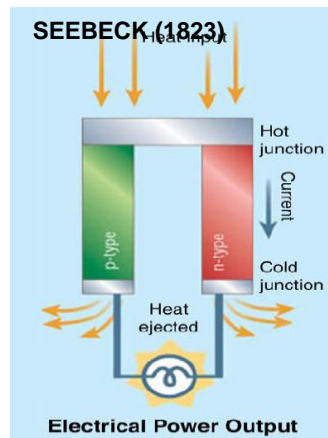


# Axe thématique 2: thermoélectricité

Objectif: accroître la figure de mérite thermoélectrique (ZT) pour rendre la technologie attractive

Thématiques:

- Nano-structuration des matériaux
- Techniques de mise en forme favorisant une forte densité et une optimisation de la tenue thermomécanique des matériaux
- Réduction de la résistance électrique et de la conductance thermique
- Mise en œuvre d'architectures nouvelles contribuant à un gain d'efficacité thermodynamique



“Regénérer la chaleur”

“Pomper la chaleur”

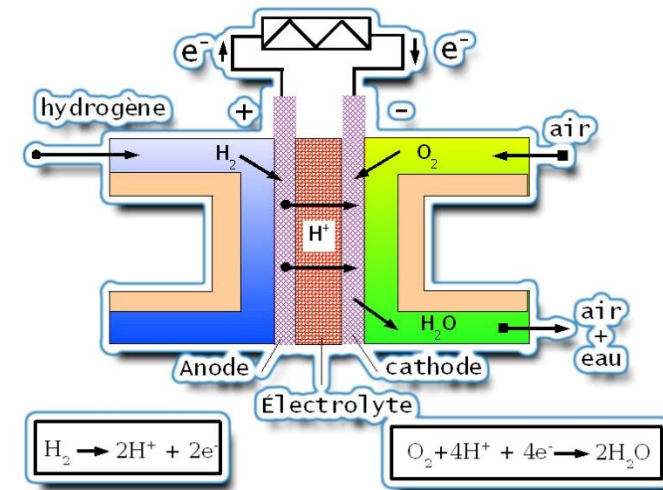
# Axe thématique 3: vecteur hydrogène, production, stockage et conversion au sein d'une pile à combustible

## Objectifs

- à moyen terme: contribuer à l'introduction de l'hydrogène et de la pile à combustible dans le bouquet énergétique;
- à plus long terme (horizon 2020 à 2030): introduire la PAC dans les groupes électrogènes embarqués à bord de véhicules comme source primaire (propulsion) ou secondaire (recharge de la batterie).
- Réduire les coûts, substituer les métaux nobles (platine...), augmenter la fiabilité

## Thématiques

- Production d'hydrogène par électrolyse de l'eau, haute et basse température
- Stockage de l'hydrogène
  - grande capacité
  - stockage solide
- Pile à combustible à membrane échangeuse de proton (PEMFC)



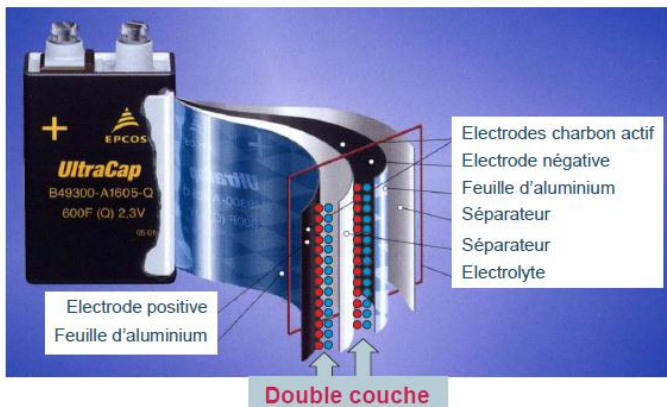
## Axe thématique 4: stockage électrochimique

### Objectifs:

- Applications **stationnaires et embarquées** :
  - réduire le coût du kWh restitué de 40 c€/kWh à 10 c€/kWh,
  - substituer les matériaux rares
  - augmenter la durée de vie des systèmes jusqu'à 20 ans
- Spécifiques aux accumulateurs pour **applications embarquées** :
  - augmenter la densité d'énergie (autonomie) et de puissance
  - augmenter les vitesses de recharge, le nombre de cycles possibles
  - assurer la sécurité intrinsèque

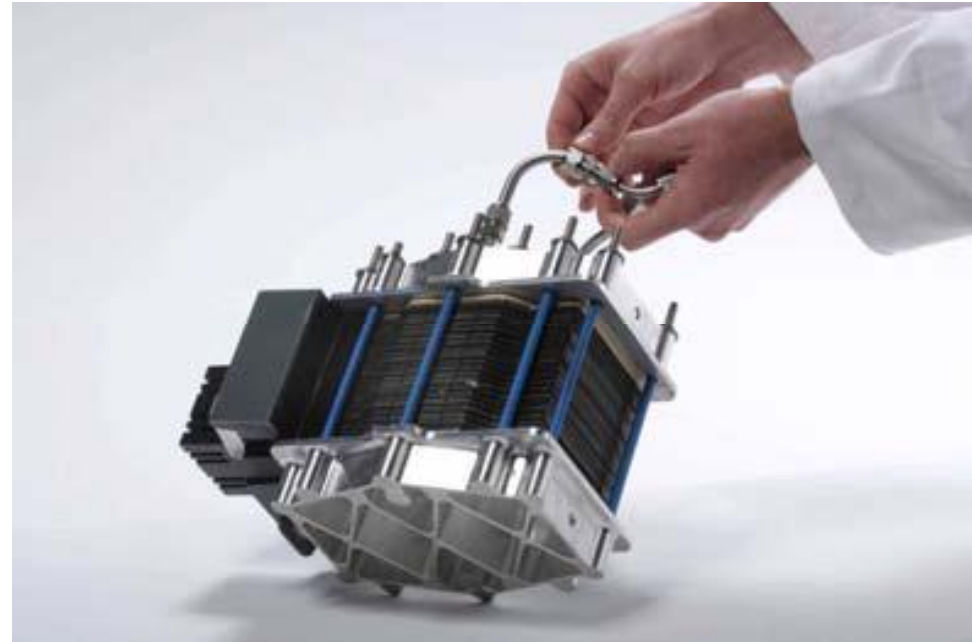
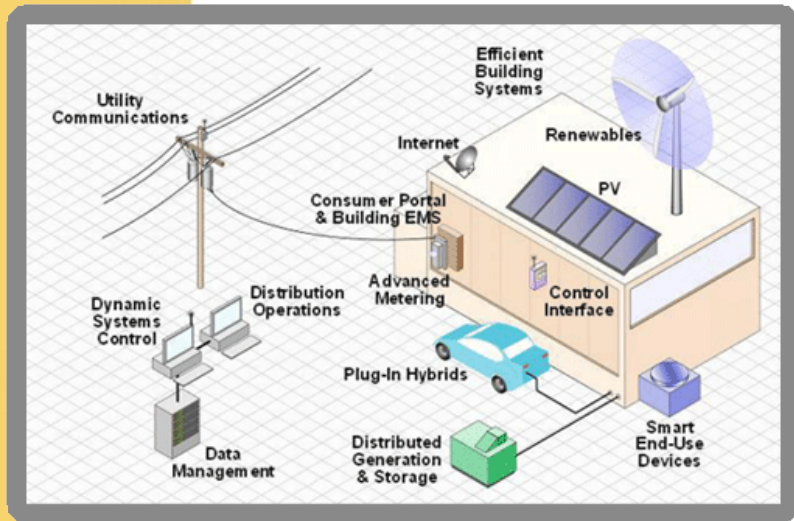
### Thématiques:

- Accumulateurs : lithium, métal-polymère, nickel/hydrure métallique (recherche incrémentale), systèmes plus prospectifs (métal-air, Li-soufre...)
- Supercondensateurs: électrolytes en phase aqueuse...



## Axe thématique 5 : gestion des composants et hybridation des systèmes de production/conversion et stockage

- Gestion du composant
- Hybridation des systèmes



## Axe thématique 6: gestion locale de l'énergie, systèmes électriques et intégration des moyens de production/conversion et de stockage

- Intégration des ENR dans les systèmes électriques
- Evaluations technico-économiques / smart-grids



# Des projets photovoltaïques alsaciens...

## Solaire photovoltaïque Silicium massif

- **PHARE** (LITEN, PHASE, UNAXIS, LPM, LPICM, LGEP, LCMTR, LPSC, PHOTOWATT, TECSEN, TOTAL) : procédés innovants pour cellules photovoltaïques à haut rendement

## Solaire photovoltaïque en « couches minces » silicium

- **RUBAN-SOLAIRE /CASIMIR** (SOLARFORCE, INESS, GEMPPM, IMEC, PHOTOVOLTECH, TOTAL) : ruban mince de silicium pour cellules solaires
- **CRISILAL** (LITEN, INESS, IMPHY ALLOYS, ANNEALSYS, PHOTOWATT) : recristallisation de couches minces de silicium déposées sur alliages métalliques

## Solaire photovoltaïque organique

- **SpirWind** (LIPHT, INESS, LCC, ICSI, INES, Arkema, Hutchinson): Développement de cellules photovoltaïques organiques à longue durée de vie et à absorption élargie dans l'infrarouge pour fenêtres solaires

## ... et des projets pile à combustible franc-comtois

### ■ **FLEXIPAC (H-PAC 2009)** - partenaire **LERMPS** (UTBM)

- Développement d'une pile à combustible flexible pour application de recharge mobile
- LERMPS:
  - ✓ Définition architecture cœur de pile
  - ✓ Dimensionnement et élaboration des collecteurs de courant
  - ✓ Caractérisations électrochimiques



### ■ **ICARE CSP (PAN-H 2008)** - coordinateur **FCLAB**

- Investigations et caractérisation de compresseurs pour systèmes PAC de puissance supérieur à 10 kW
- Etude du marché des compresseurs pour PAC (Coûts/performances)
- Approfondissement des connaissances sur le fonctionnement des compresseurs d'alimentation en air des systèmes PAC
- Consolidation des bancs de mesures au sein de FCLAB

**Merci de votre attention**

# PROGELEC – premier bilan de l'AAP 2011

- 72 propositions reçues (c'était l'estimation basse !)
- Aide demandée: 61,6 M€ (850 k€ d'aide/projets)
- 4,8 partenaires/projet
- 87,5% de projets partenariaux mais une répartition de l'aide organismes publics/entreprises: 80% / 20%

## Répartition des projets soumis

