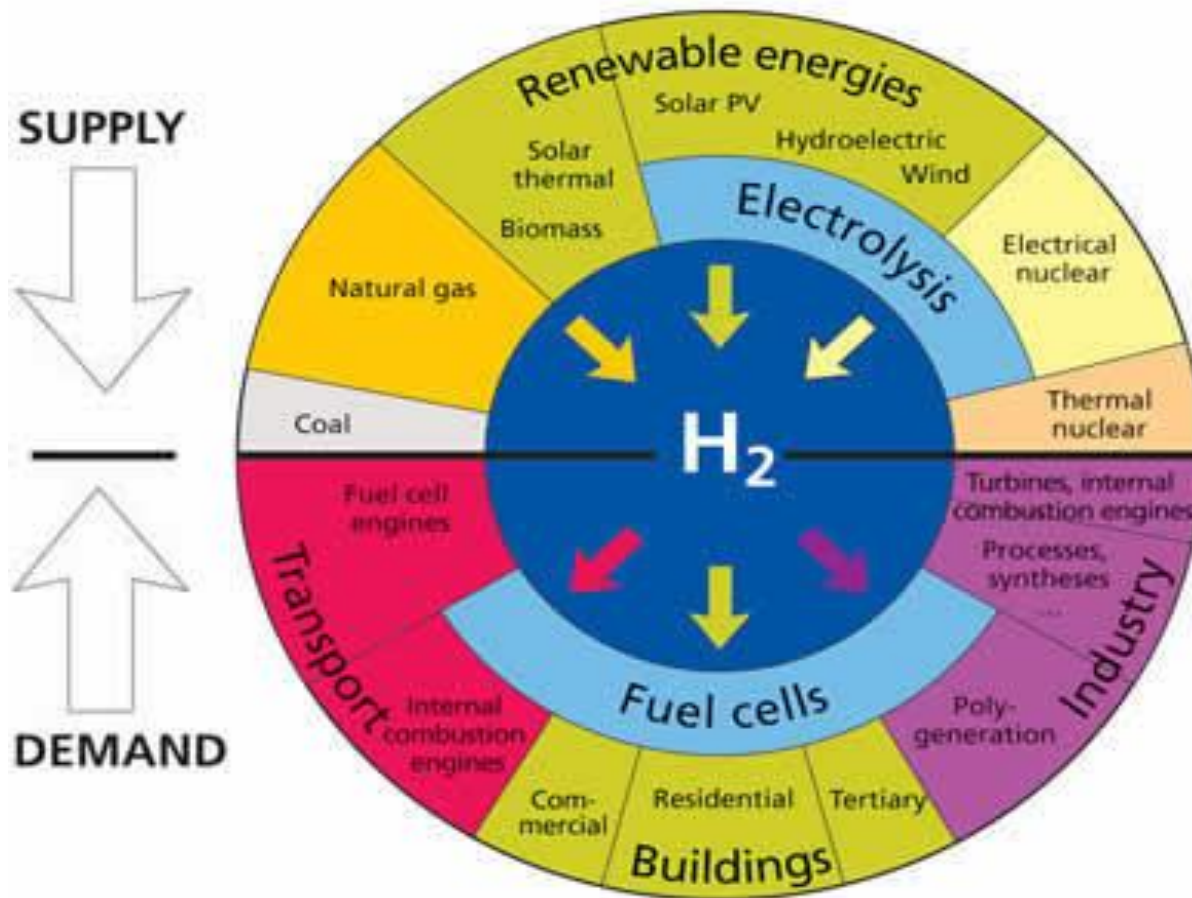
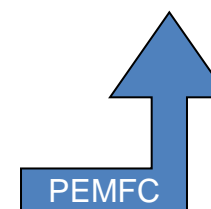
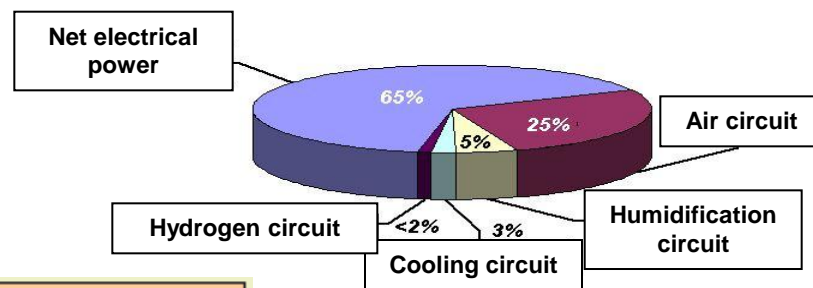
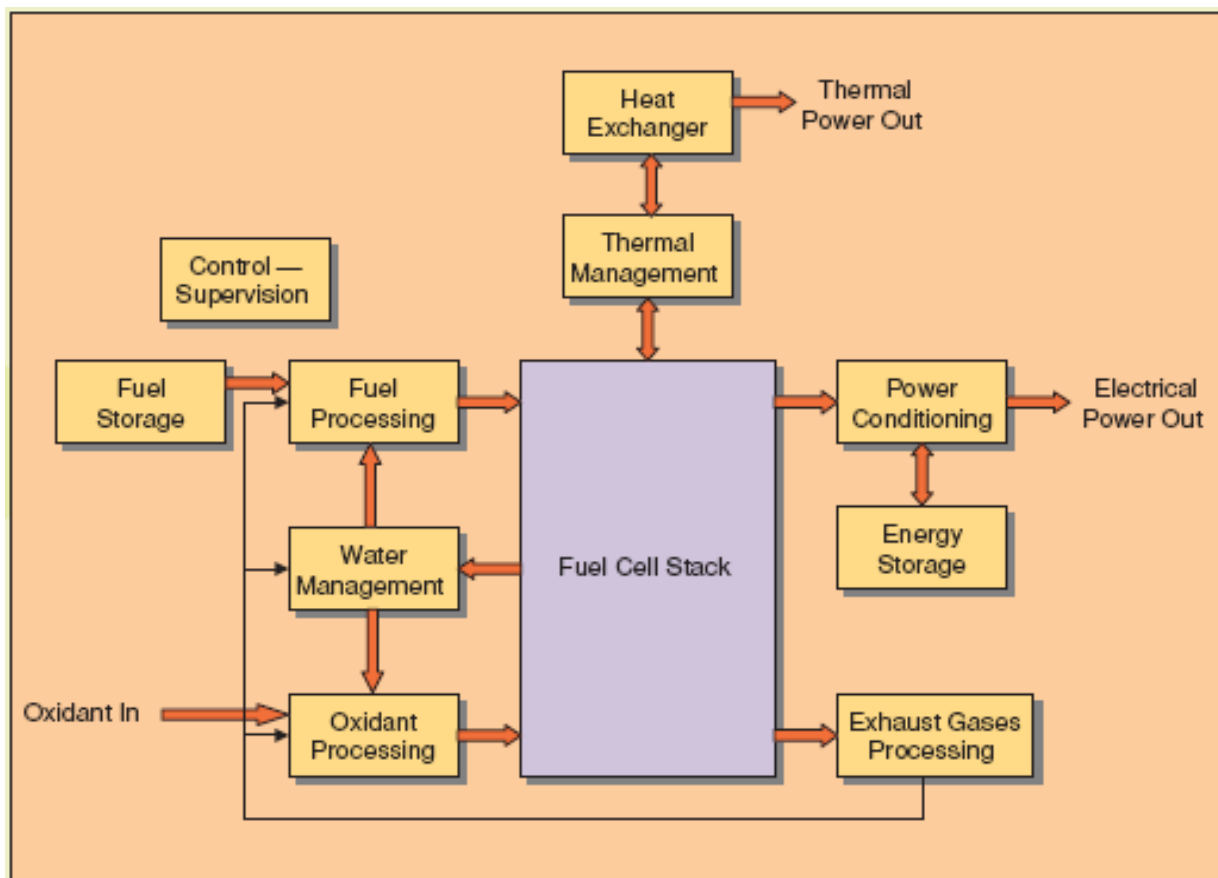


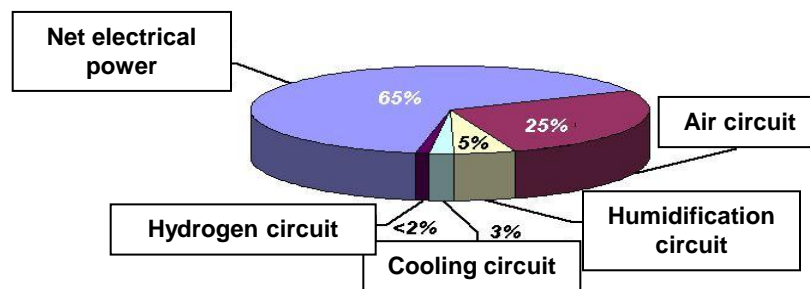
"Vers des systèmes pile à combustibles efficaces Applications véhicules et stationnaires"

Marie-Cécile Péra

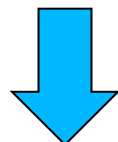


http://ec.europa.eu/research/rtdinfo/42/01/article_1315_en.html

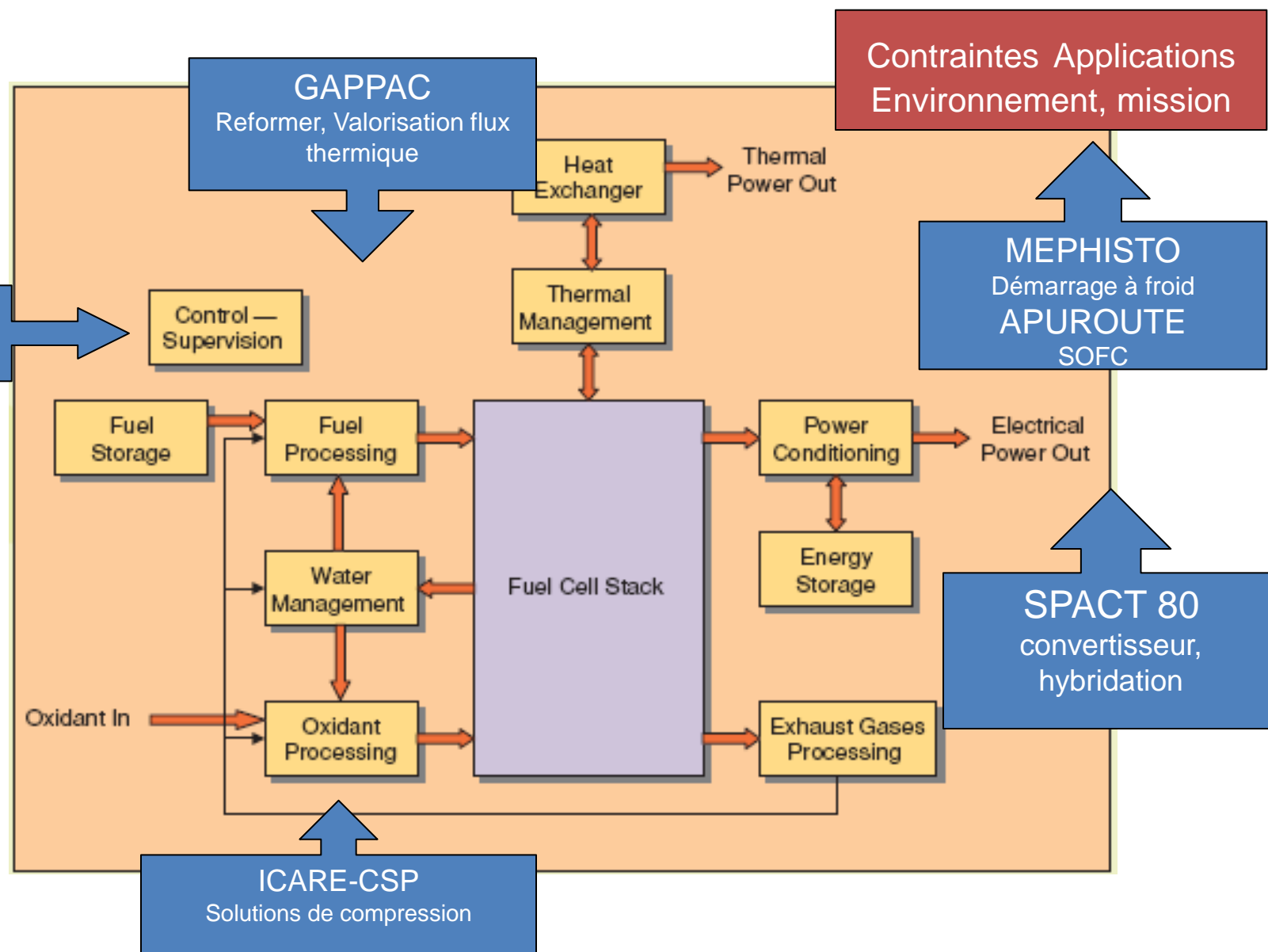




- ❑ Performances du convertisseur électrochimique → à l'échelle du stack
- ❑ Augmentation des performances nettes du générateur → à l'échelle du générateur
- ❑ Fiabilité → à l'échelle du stack et du système
- ❑ Durabilité → à l'échelle du stack et du système

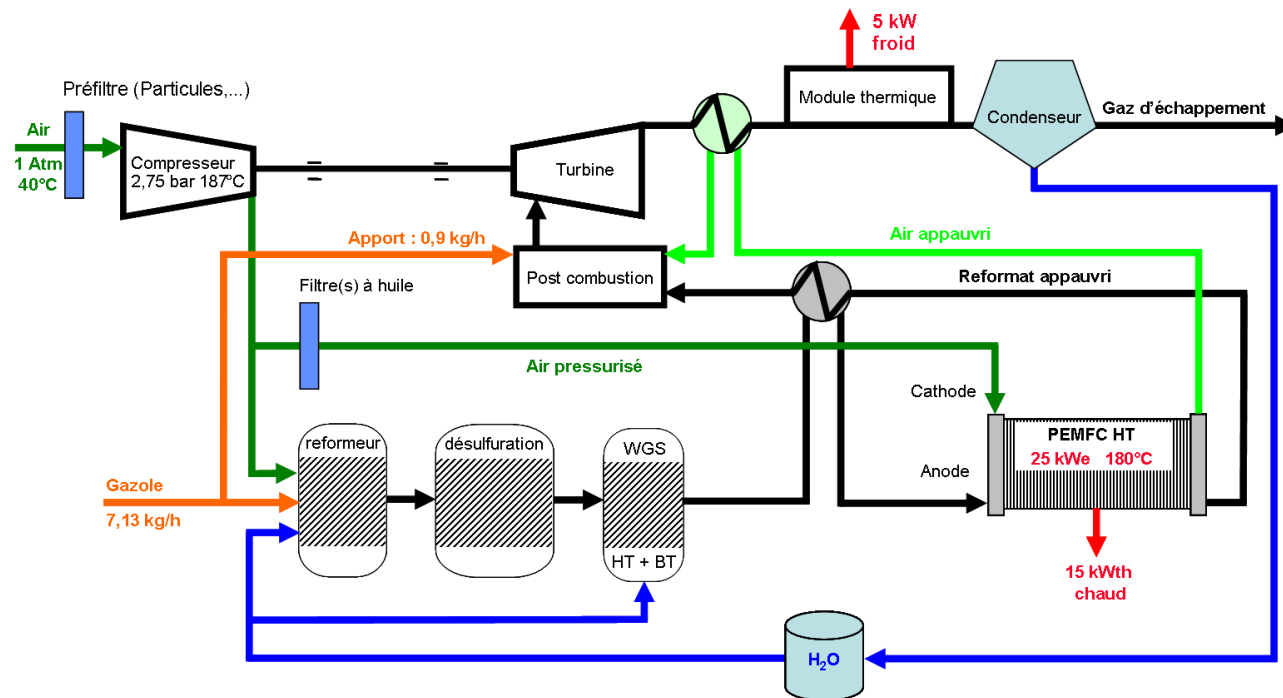


- ❑ Baisse des coûts
 - ❑ Coût des matériaux, coût de l'industrialisation pour réduire le coût du stack
 - ❑ Réduire le coût des auxiliaires
 - ❑ Augmentation de la puissance massique et volumique du système → performances
 - ❑ Coût d'exploitation (fiabilité, durabilité)
- ❑ Acceptabilité du public (liée à la fiabilité)

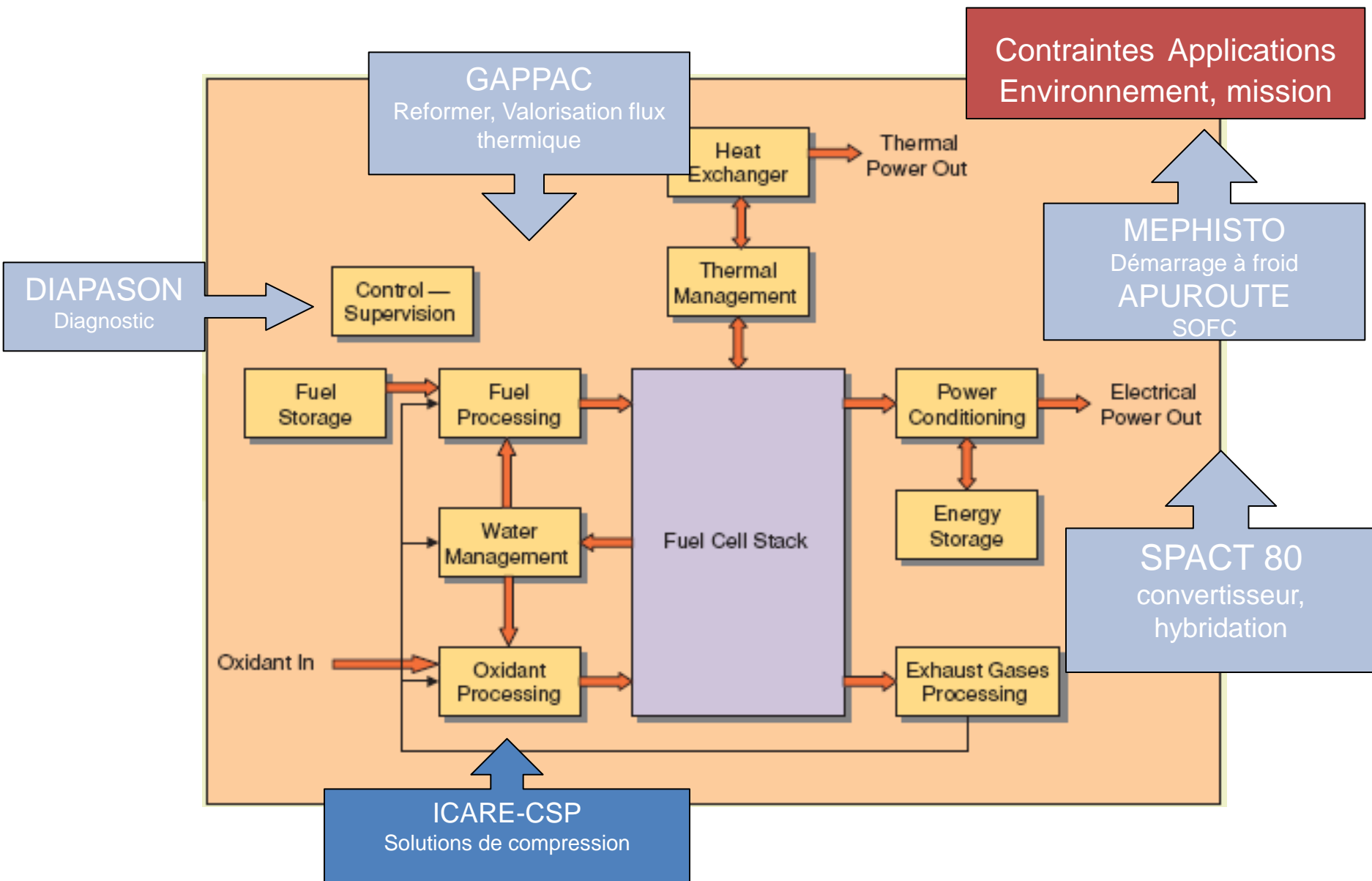


Groupe Auxiliaire de Puissance à Pile à Combustible

- Projet ANR – Programme PAN-H (décembre 2006 – avril 2010)
- Partenaires Nexter System, NGhy, Airbus France, Ecole Centrale de Lyon (LMFA), Armines, CNAM (IFFI), INRETS (LTN), FCLAB(FEMTO-ST)
- Enjeux :
 - ❑ Validation d'un reformeur multicarburant
 - ❑ Evaluation du potentiel de pile HTPEM/ pile BTPEM
 - ❑ Couplage reformeur pile
 - ❑ Trigénération : électricité, chaleur, froid
 - ❑ Optimisation de l'architecture d'un système complexe



- Architecture optimale identifiée avec une PEMFC Haute Température
 - Compatible avec l'encombrement et performances des capteurs CO
- Amélioration du générateur d'hydrogène
- Développement de capteurs spécifiques pour le CO
- Développement d'un outil de modélisation multiphysique systémique : Représentation Energétique Macroscopique



ICARE-CSP : Investigations, CARactérisation et dEveloppement de Compresseurs pour Systèmes Pac de puissance supérieure à 10 kW

- Projet ANR – Programme PAN-H (janvier 2009 – avril 2011)
- Partenaires FCLAB(FEMTO-ST), Ineva, LMFA, Hélion

Enjeux :

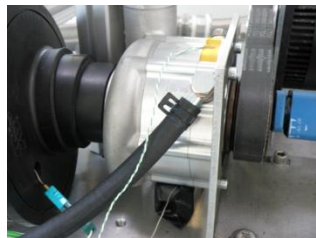
- ❑ Comparaisons de différentes solutions possibles de compression et analyse comparative en fonction de critères de qualité propres à l'alimentation en air des PEMFC (ondulation de pression, qualité de l'air, ...)
- ❑ Caractérisation expérimentale de solutions de compression sur banc de test
- ❑ Application à la compression d'air du banc ECCE
- ❑ Modélisation et optimisation de la commande en utilisant le formalisme REM
- ❑ Analyse technico-économique

- Caractérisations stationnaires et dynamiques de trois technologies de compresseur sur banc de test :

1) Double-vis



2) Centrifuge (turbocompresseur)

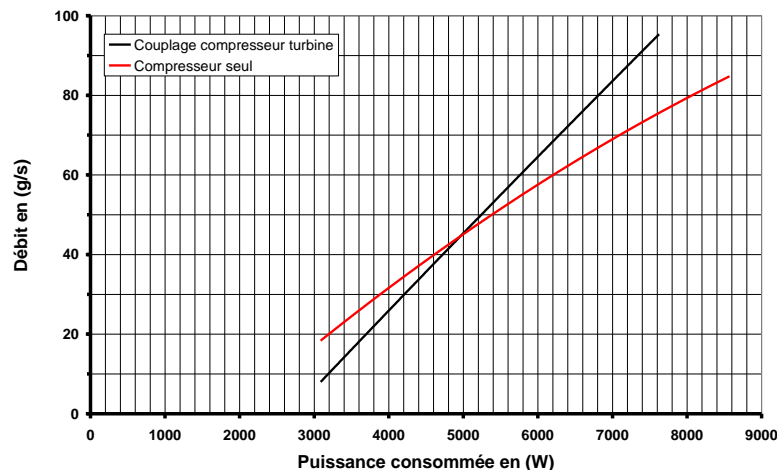


3) Spirale (Scroll)



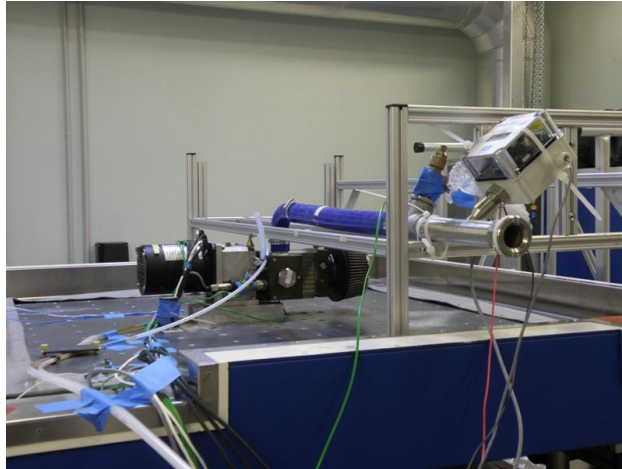
- Etude d'une solution de couplage avec une turbine froide

Débits en fonction de la puissance consommée ($P_s = 1,9 \text{ bar}$)
(avec et sans couplage de la turbine)

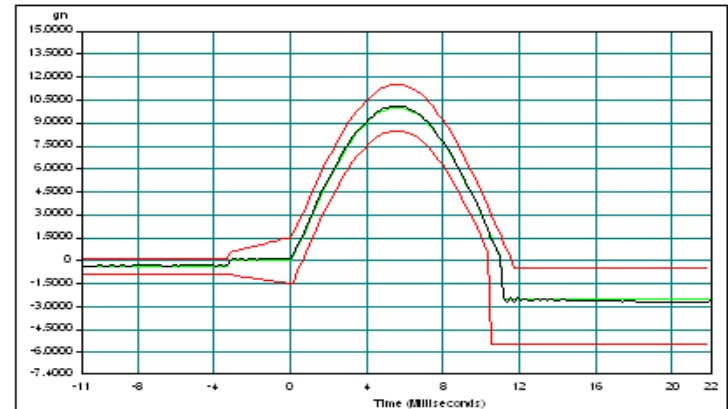


**Gain énergétique de 15 à 22%
avec la turbine pour un débit
supérieur à 70 g/s.**

- Tests à la tenue en vibrations du groupe moto-compresseur en vue de son intégration dans la plate-forme mobile ECCE



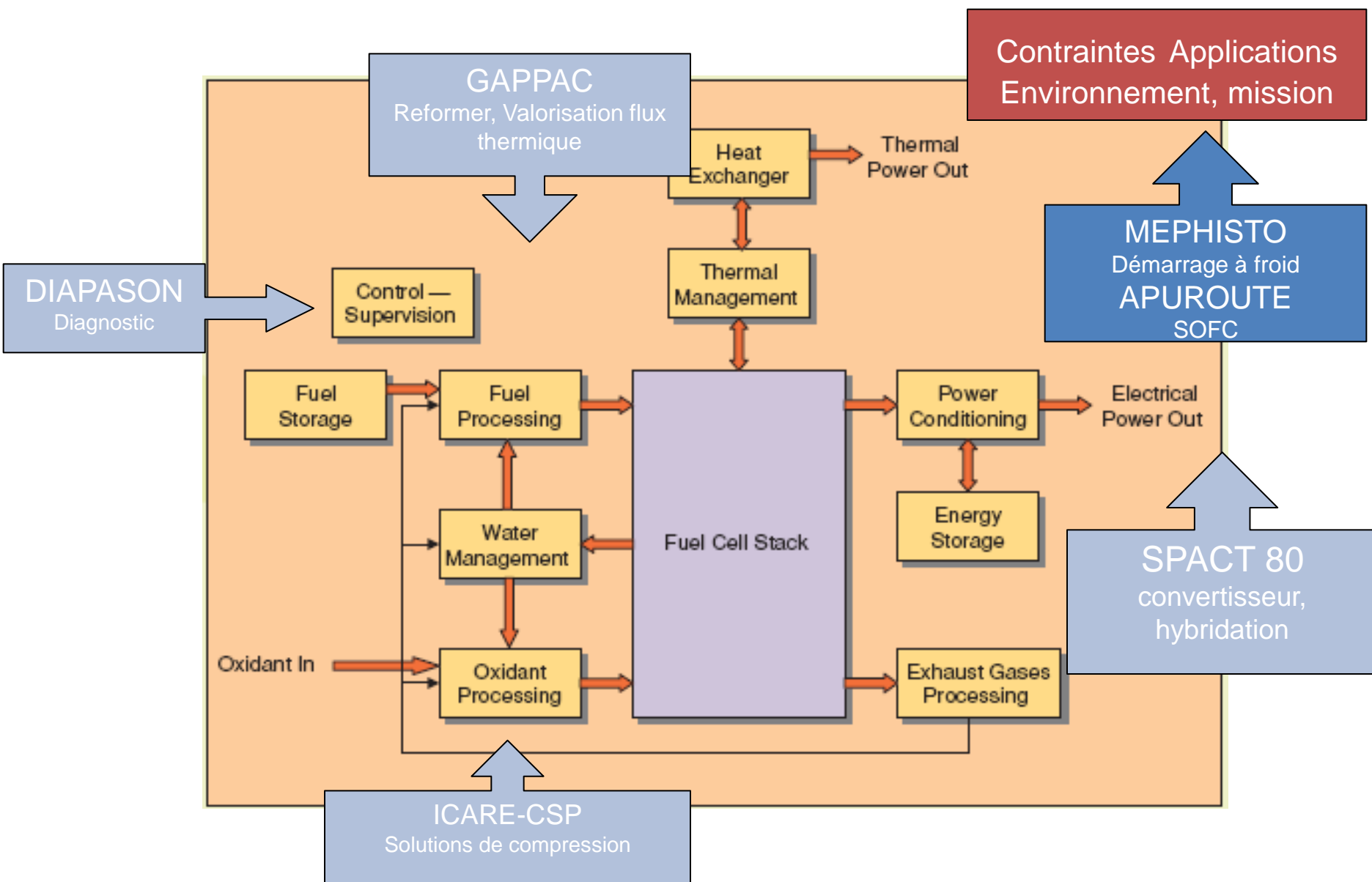
Choc à 10 g



- Modèle REM et sa commande pour optimiser la consommation énergétique du groupe moto-compresseur
- Couplage d'un compresseur avec un système PAC réel (compresseur Scroll de la société AirSquared et une PAC Héliion)

Avancées réalisées grâce au projet

- Définition de critères et d'une méthodologie de comparaison de solutions de compression pour l'alimentation en air de PEMFC > 10 kW
- Meilleure connaissance de l'état actuel des solutions de compressions existantes sur le marché, de leurs performances, de leurs limites et de leurs coûts



Pile à combustible à Membrane Echangeuse de Protons en conditions Hivernales : démarrage, fonctionnement et STOckage

- Projet ANR – Programme PAN-H (décembre 2005 – novembre 2008)
- Partenaires INEVA, CEA, PSA, FCLAB(FEMTO-ST), SOLVICORE (Allemagne)

- Objectifs :

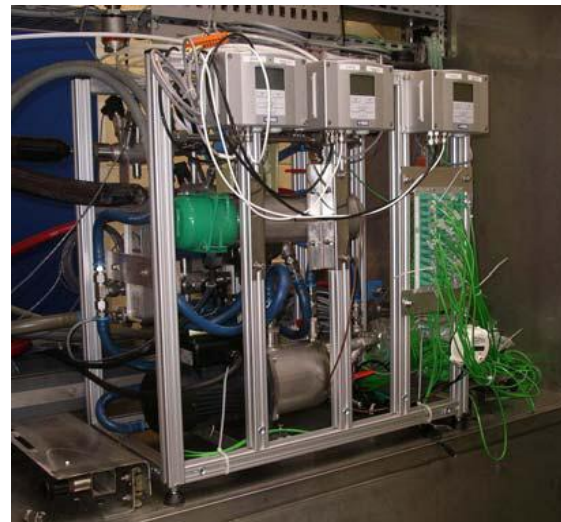
Optimisation du démarrage de pile à combustible PEMFC en conditions de températures négatives.

- Enjeux :

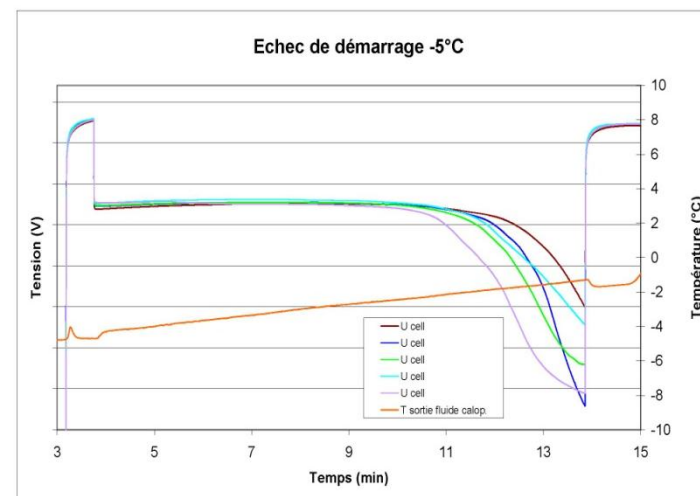
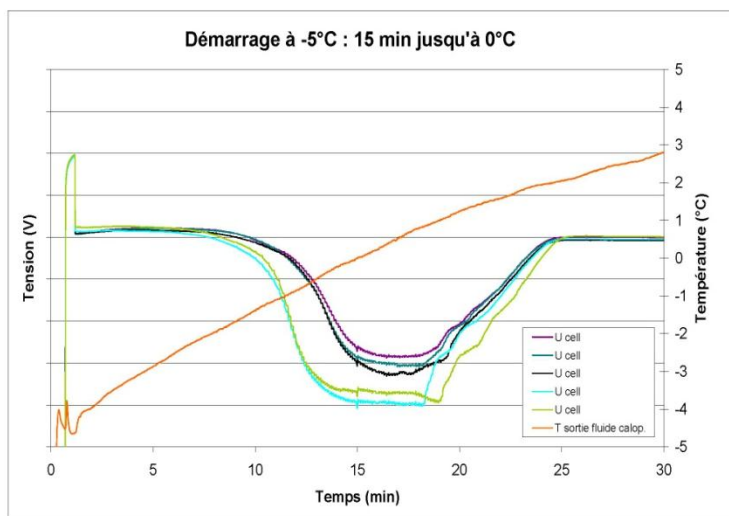
- ❑ Compréhension des phénomènes gouvernant la réponse d'un stack lors des phases de démarrage à froid
- ❑ Détermination de stratégies optimales de démarrage et d'arrêt
- ❑ Etude de l'impact des démarrages à froid jusqu'à -30°C sur le vieillissement des composants de la pile
- ❑ Recommandations d'architectures, de composants et de montage de pile mieux adaptés au fonctionnement à basse température d'un système complexe



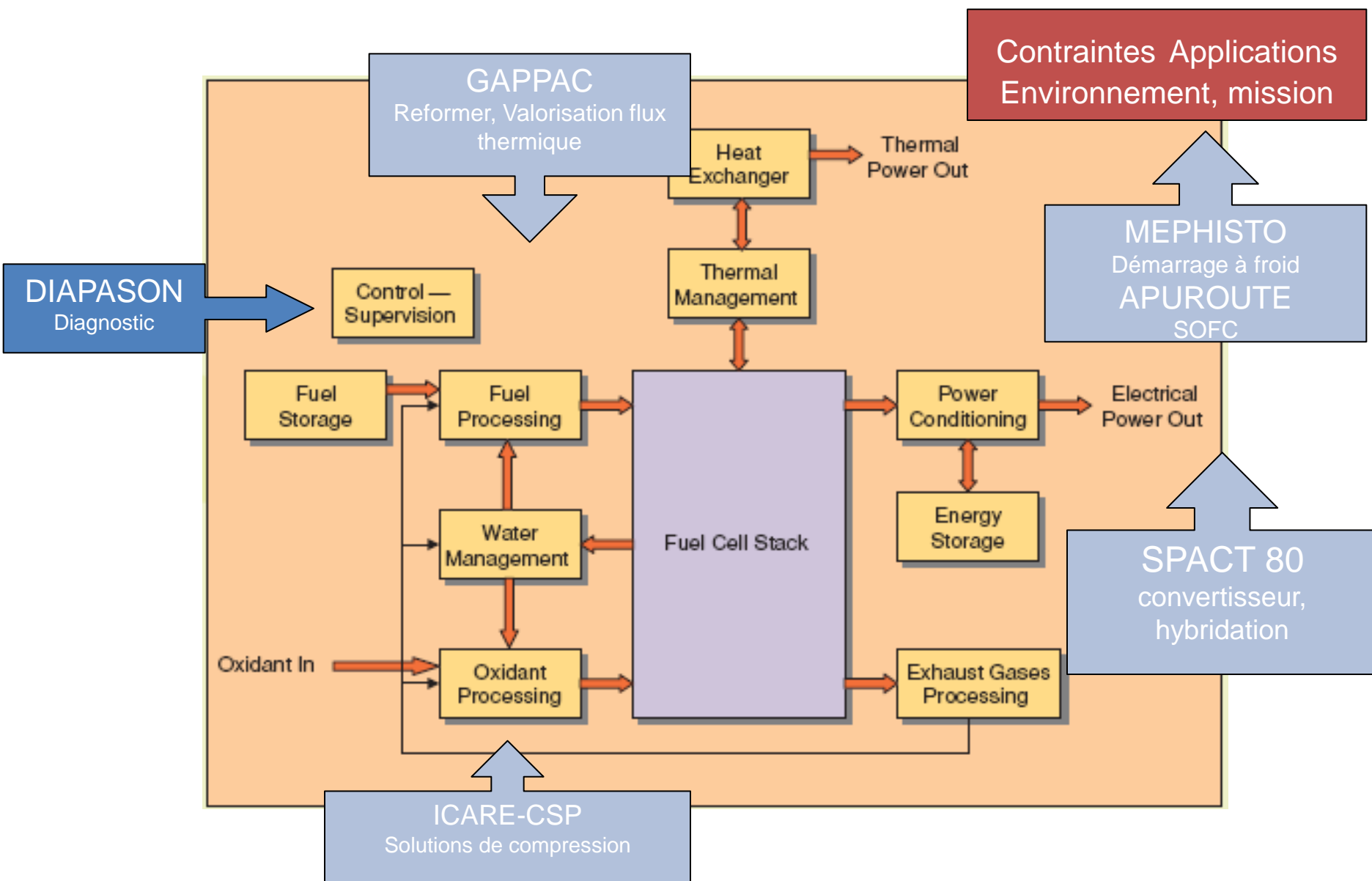
Banc principal



Châssis déporté

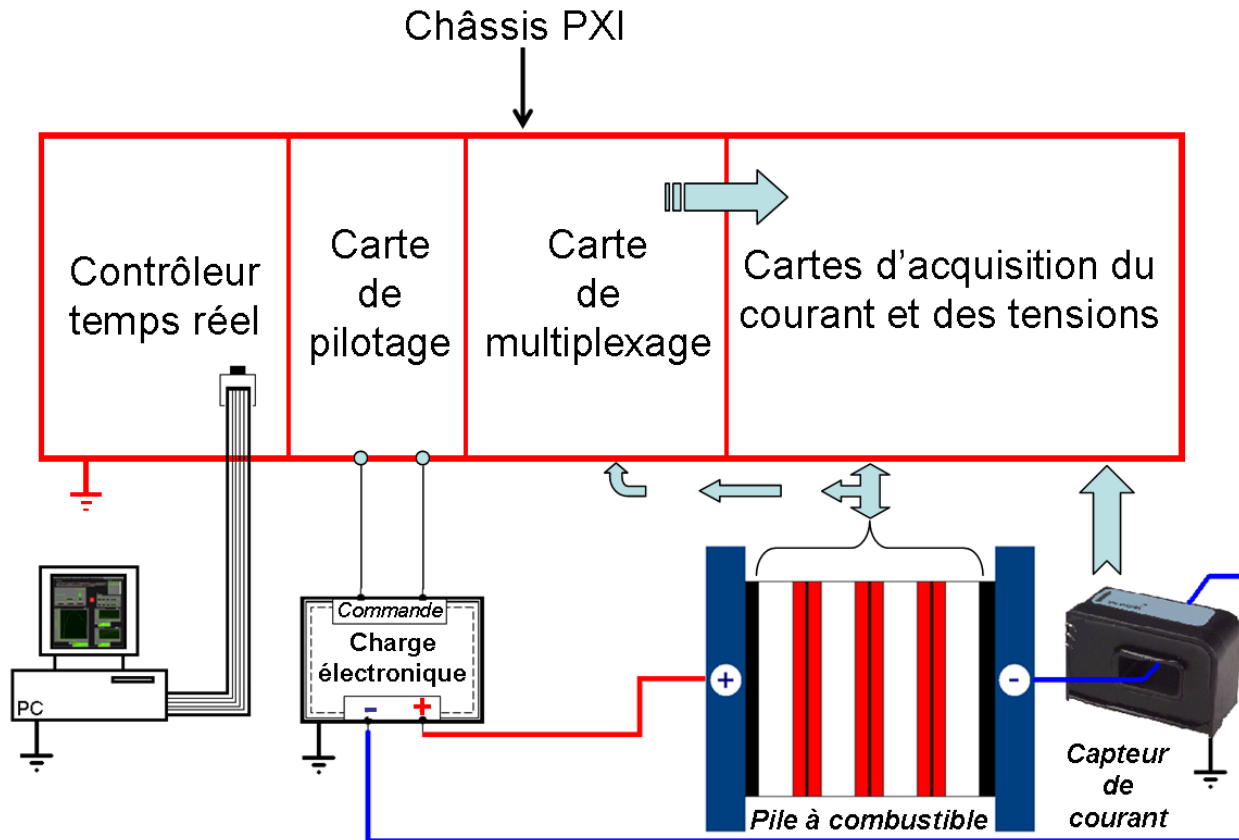


- Résultats :
 - ❑ Démarrage à -20°C , en moins de 30s, sans apport d'énergie externe au système
 - ❑ Voies proposées :
 - ❑ par la conception du stack
 - ❑ par la gestion des auxiliaires du système
- Perspectives :
 - ❑ Démarrage à -30°C pour se conformer à un cahier des charges automobile
 - ❑ Démarrage d'un système - Impact des températures négatives sur les autres composants du système
 - ❑ Impact sur le vieillissement des composants



Méthodes de Diagnostic pour Piles à combustible pour les applications Automobile et Stationnaire sans instrumentation

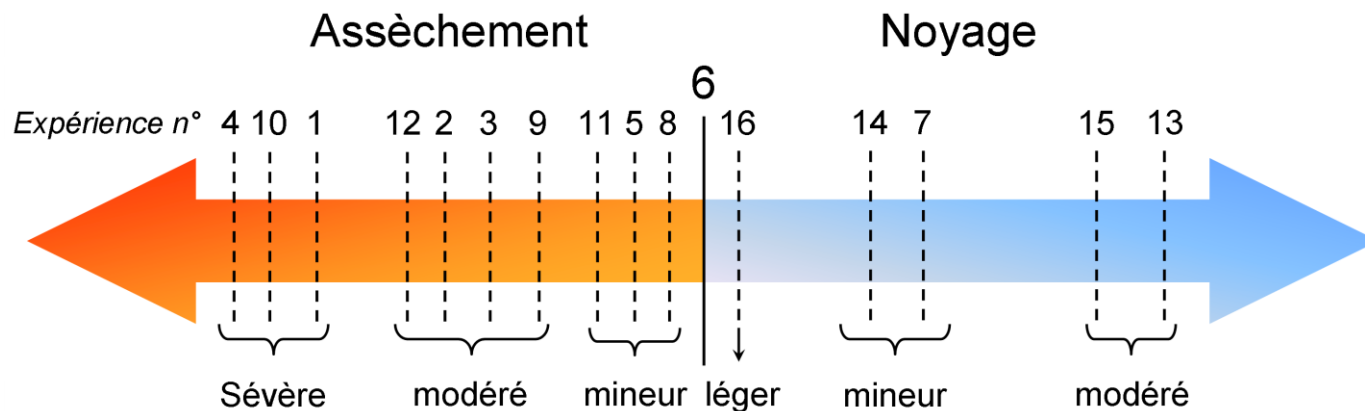
- Projet ANR – Programme PAN-H (décembre 2006 – novembre 2009)
- Partenaires EDF/EIFER, CEA, INRIA, FCLA B (FEMTO-ST, LTN, LTE), Hélion
- Enjeux :
 - ❑ Développement d'outils de diagnostic de pile PEMFC sans ajouter de capteurs supplémentaires liés à cette fonction
 - ❑ Conception d'un spectromètre d'impédance adapté à un stack (→ adapté une valeur élevée de tension / outils commerciaux pour test de monocellule)
 - ❑ Constitution d'une base expérimentale pour alimenter les outils de diagnostic (en fonctionnement normal, en défaut)

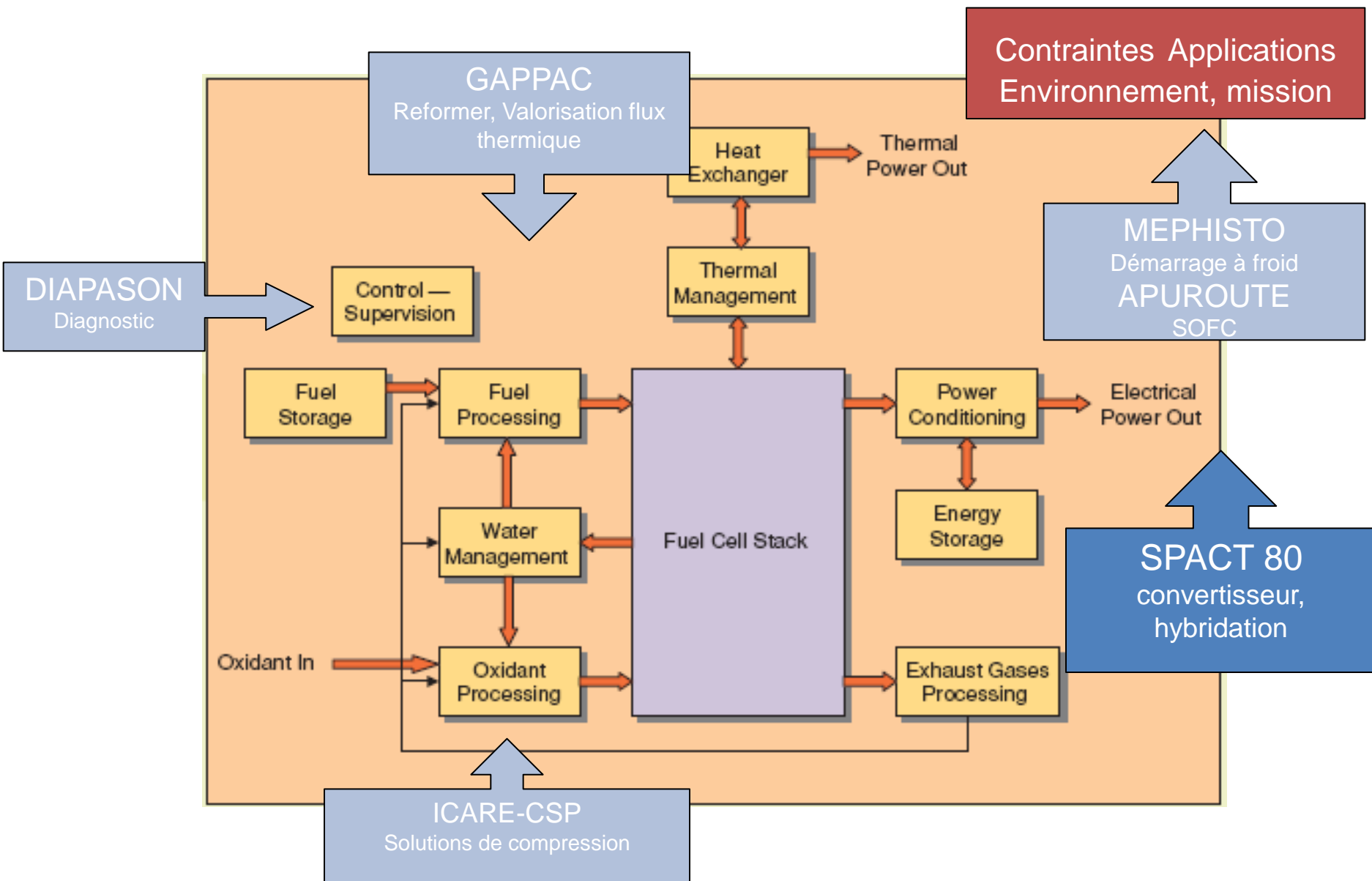


Spectromètre d'impédance H.T validé sur monocellule et stack court et comparaison avec un appareil commercial, testé sur stack 20 cellules

Résultats:

- ❑ Spectromètre adapté à la caractérisation en stack
- ❑ Constitution d'une base de données importantes
- ❑ Développement d'un outil de diagnostic pour l'assèchement et le noyage du stack par réseau Bayésien (knowledge based approach)

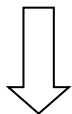




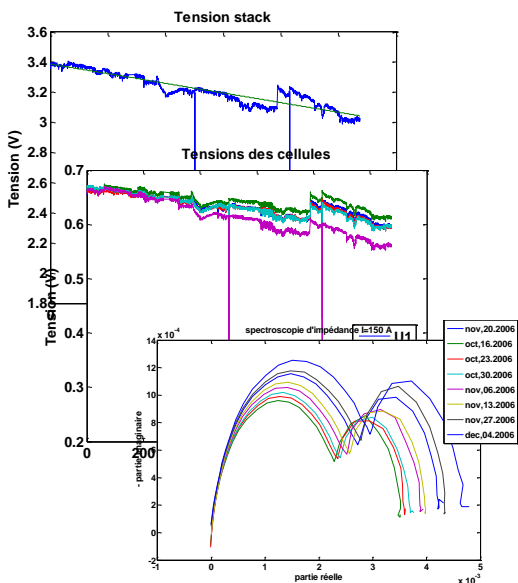
SPACT 80 : Système à base de Pile A Combustible pour le Transport d'une puissance de 80kW

- Projet ANR – Programme PAN-H
- Partenaires EDF/EIFER, CEA, INRIA, FCLA B (FEMTO-ST, LTN, LTE), Héliion
- Enjeux :
 - ❑ Conception et Développement d'un module de PAC (système complet H₂/air)
 - ❑ Implantation du module sur un véhicule lourd
 - ❑ Poursuite du projet dans le cadre d'un projet DGA : hybridation du module pile avec des batteries et des supercondensateurs (gestion d'énergie des sources par logique floue de type 2)

- Caractérisation statique et dynamique de ministacks sur bancs Bipile et 1kW – essais d'endurance 1000h

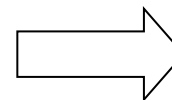


-Caractérisation statique et dynamique d'un stack 30kW sur banc
- Caractérisation en vibration du stack 30kW



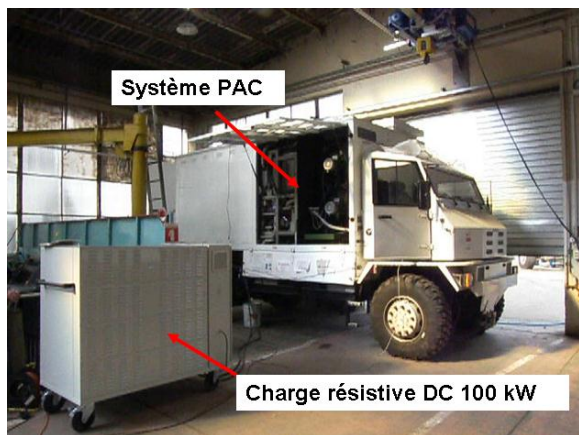
- *intégration transports*
- *durabilité*
- *gestion de l'énergie*

+ *Architecture convertisseurs*

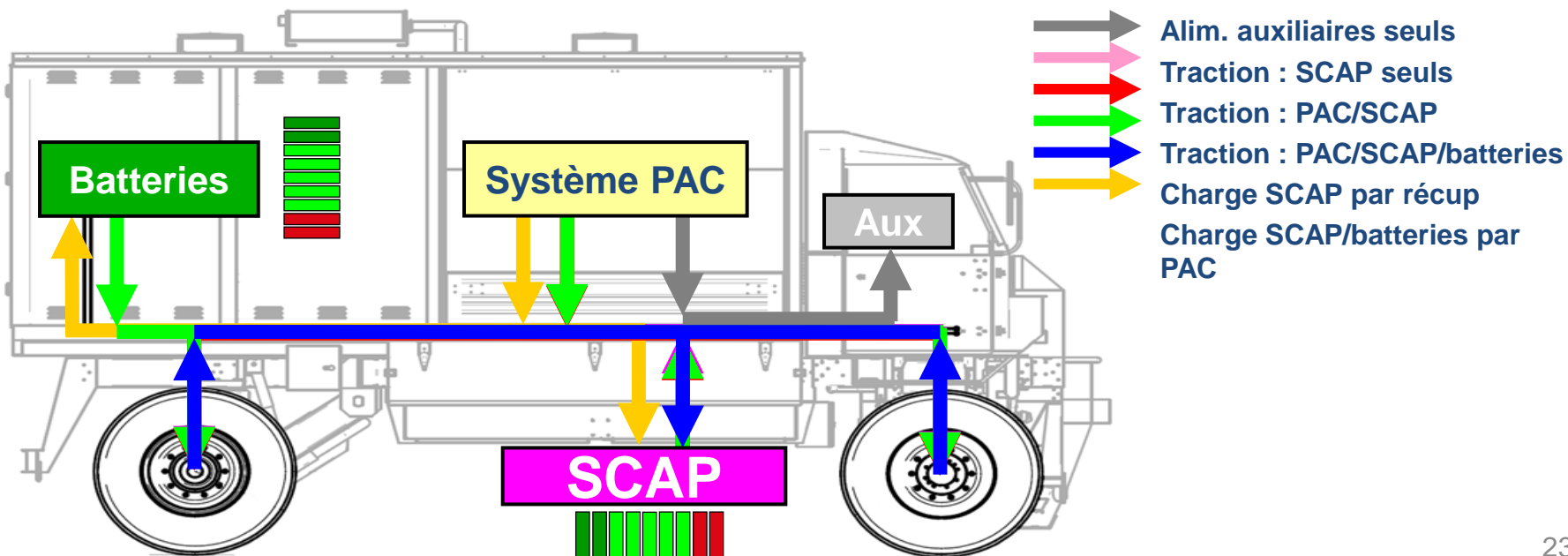


Etape finale : Intégration du système PAC sur véhicule

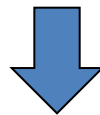




Validations individuelles statiques de la fonctionnalité et de la performance des sources embarquées dans ECCE



- ❑ Développement de la technologie PAC haute température (SOFC) → applications stationnaires et co-génération
- ❑ Développement d'auxiliaires dédiés
- ❑ Commande avancée de systèmes PAC
- ❑ Diagnostic de systèmes PAC en ligne
- ❑ Pronostic de PAC
- ❑ Hybridation de système PAC : sources électriques, sources thermiques, batteries à hydrogène (couplage électrolyseur / PAC)



Dépôt d'un projet de Fédération de Recherche CNRS

FCLAB Recherche

UFC, UTBM, ENSMM, IFSTTAR, CNRS