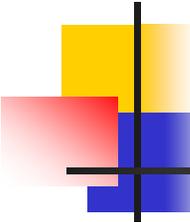


---

# Les applications de l'électronique de puissance



# Domaines d'application de l'électronique de puissance

---

- Domaine du traitement de l'énergie : conditionner l'énergie sans pertes ni perturbations
- Indépendant de la puissance : de la centaine de MVA au mW
- Performances étroitement associées à celles du contrôle-commande

- Transports terrestre et aérien
- Gestion des réseaux d'énergie
- Gestion de la production d'énergie
- Gestion du stockage de l'électricité
- Applications domestiques et grand public
- Applications nomades

# Transports ferroviaires : performances attendues

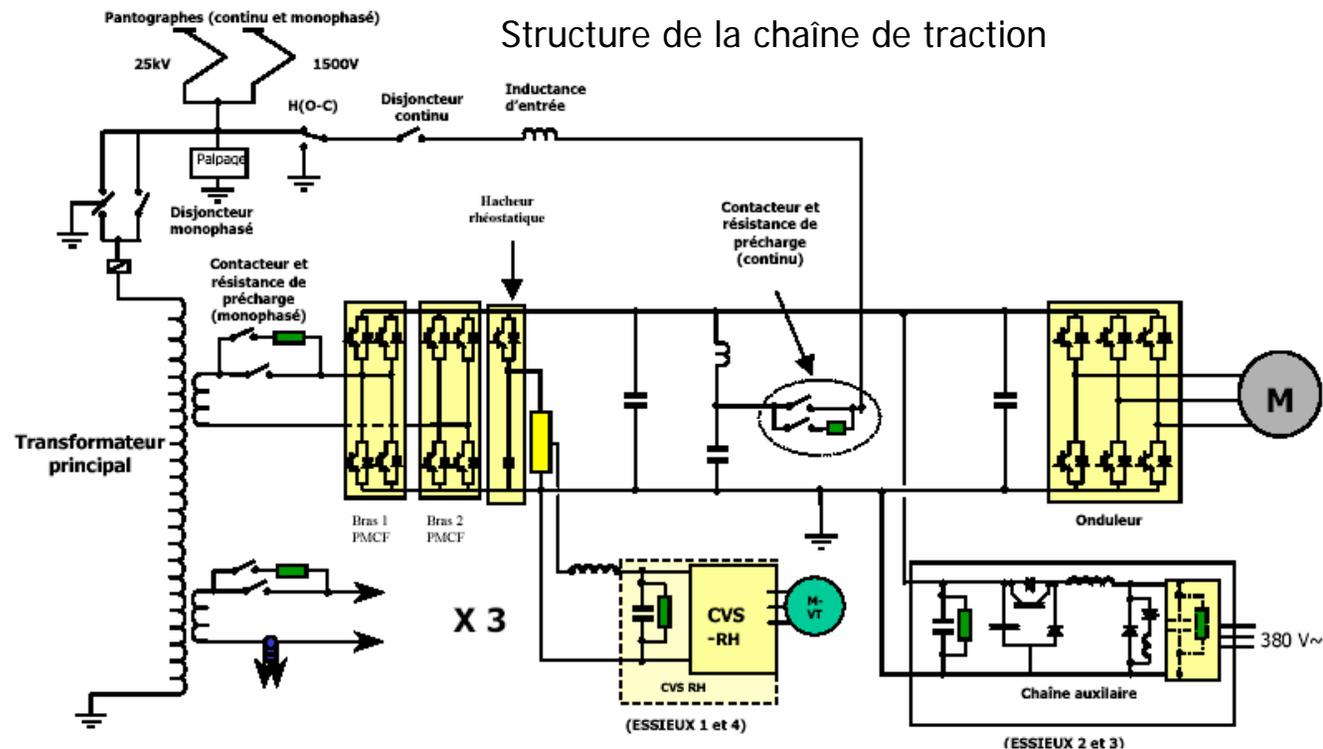


- Assurer la traction optimale sous différents réseaux d'alimentation
- Assurer l'alimentation des auxiliaires
- Marche dégradée possible
- Redondance fiabilité sécurité
- Faible réjection d'harmoniques au réseau

P=4,2MW  
 Tri-tension: 25kV AC  
 1,5kV DC  
 3 kV DC



Moteur asynchrone 1MVA



# Transports ferroviaires

## Contraintes techniques

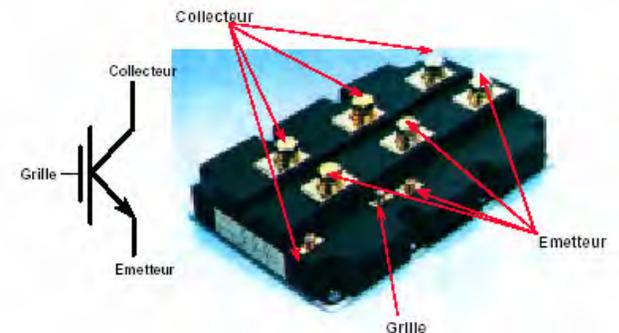
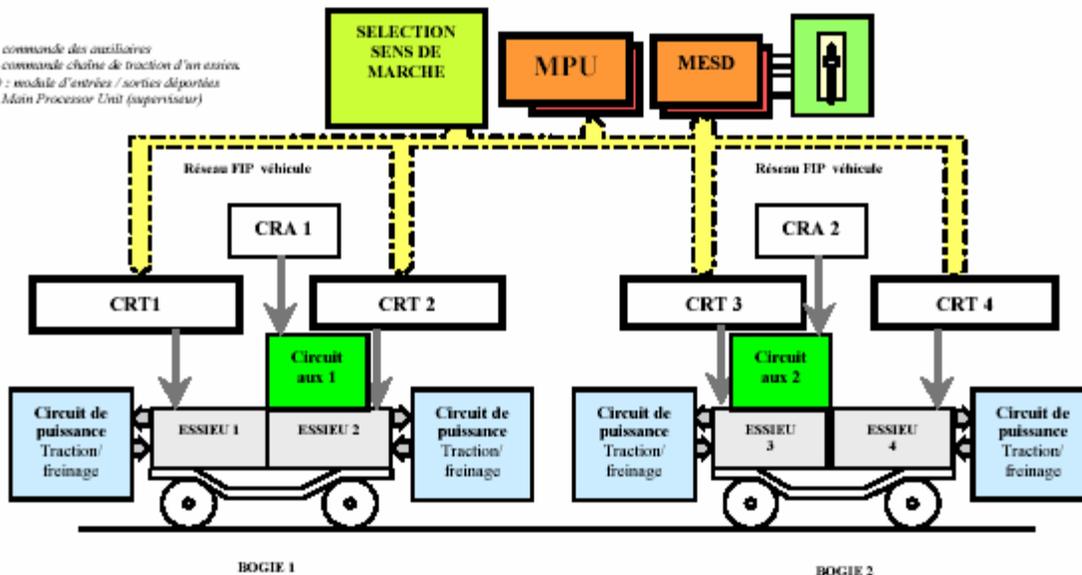
- Modularité du circuit de puissance
- Technologies intégrées et hybrides
- Maintenance améliorée
- Contraintes thermo-mécaniques



Détails de la chaîne de conversion statique



onduleur

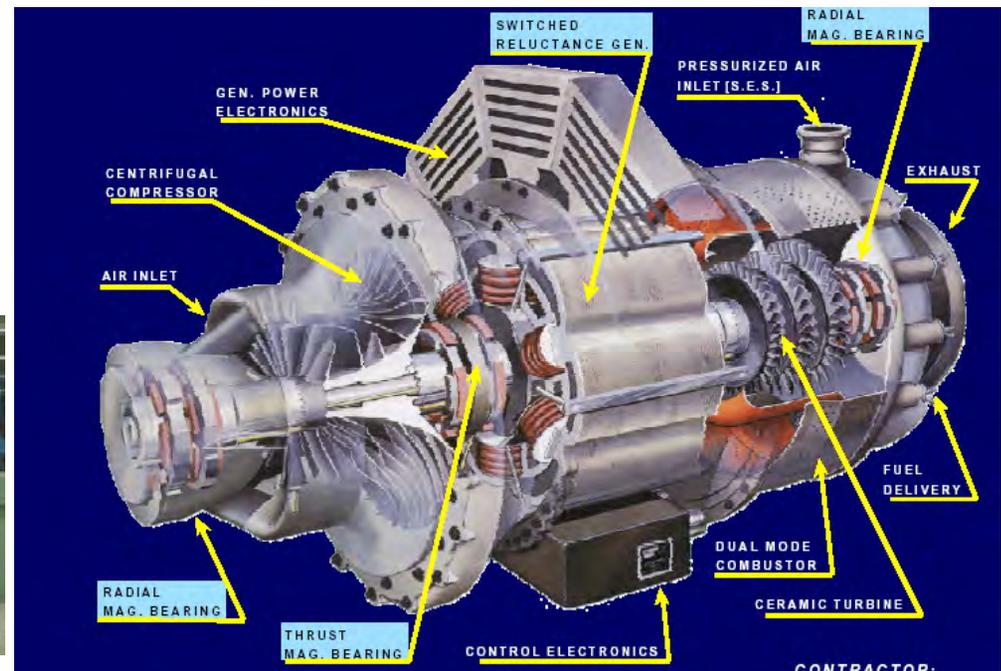


# Transport aérien : l'avion plus électrique

- Remplacement progressif des gouvernes hydrauliques par des systèmes électriques : fiabilité, performances dynamiques, pilotage automatique
- Intégration de la génération électrique au réacteur : fortes contraintes thermiques
- Réduction des coûts d'exploitation et de maintenance

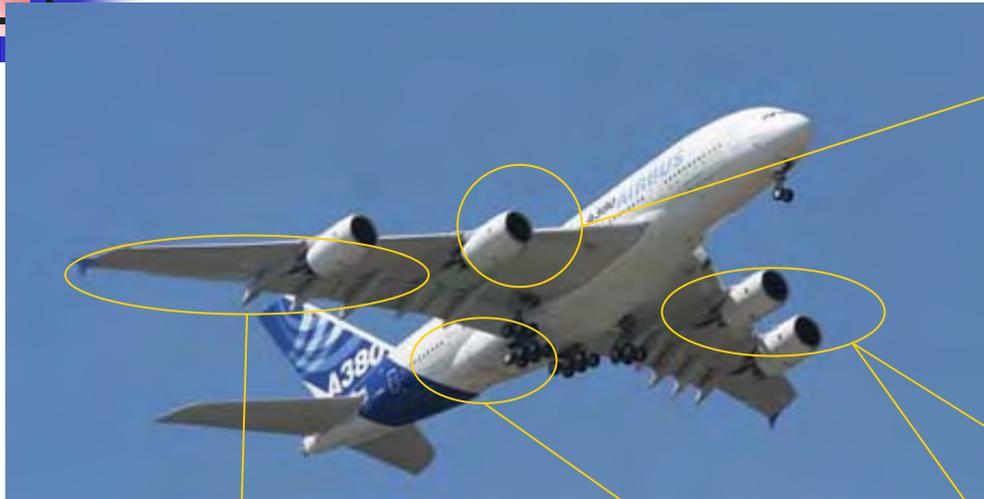


Commande hydro-électrique

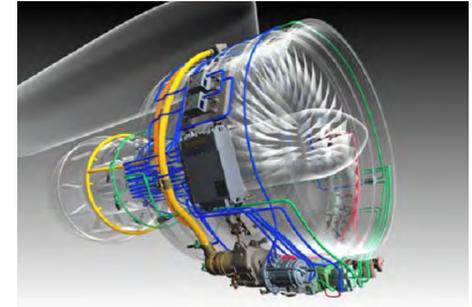


Exemple de module intelligent intégré

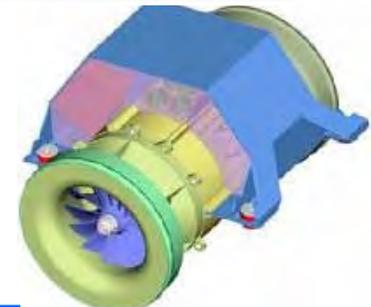
# Transport aérien : l'avion plus électrique



**More Electric Engine**



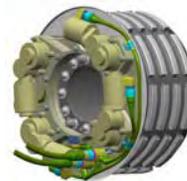
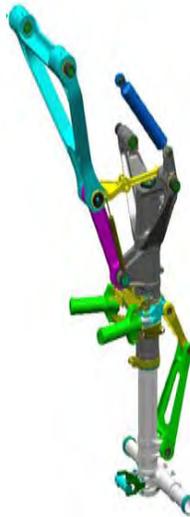
**Ventilation**



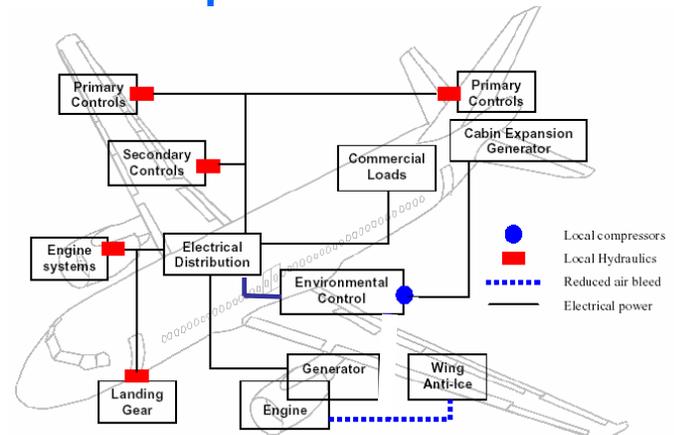
**Electric Flight Controls**



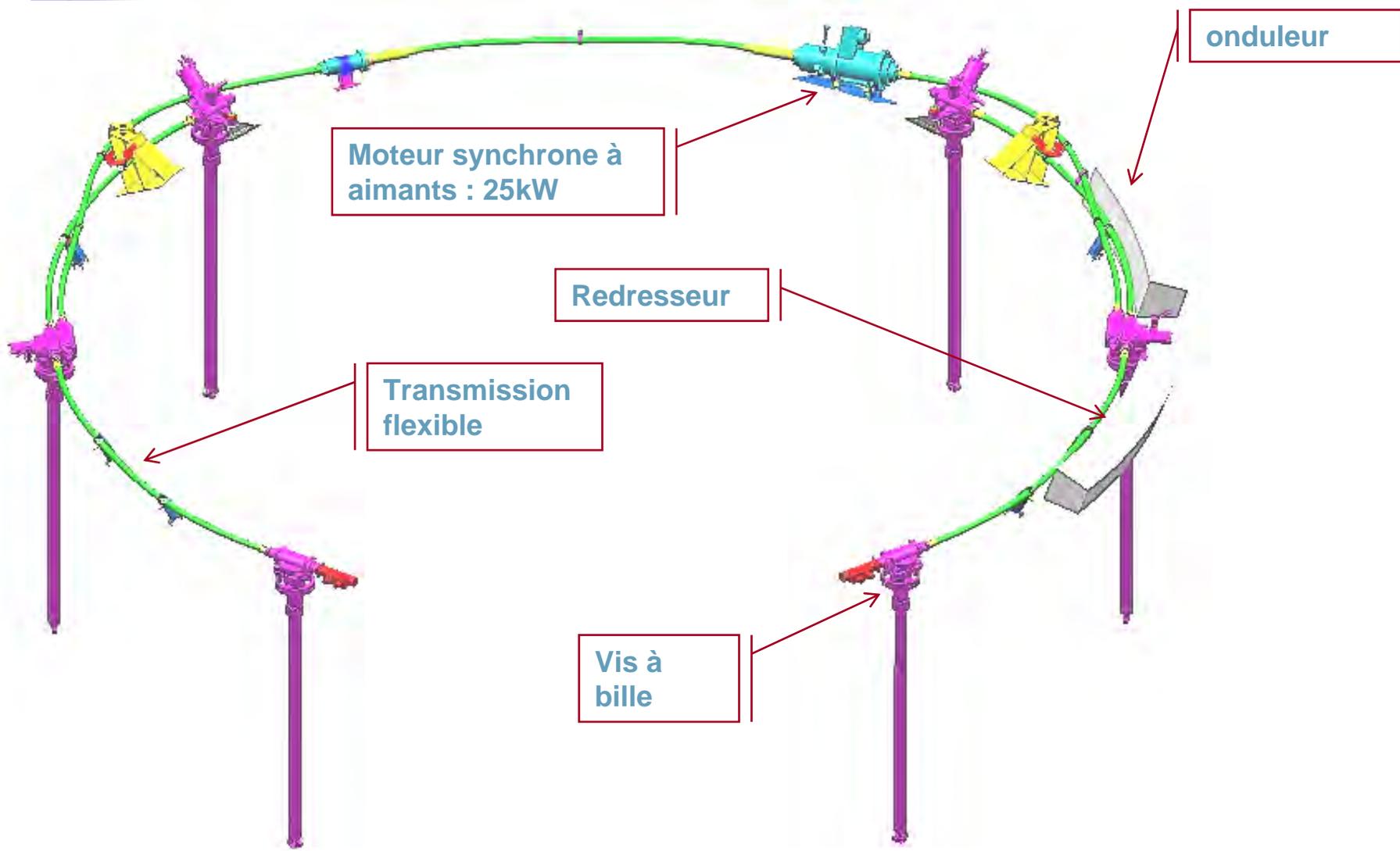
**More Electric Landing Gear**



**Electrical Energy Transport**



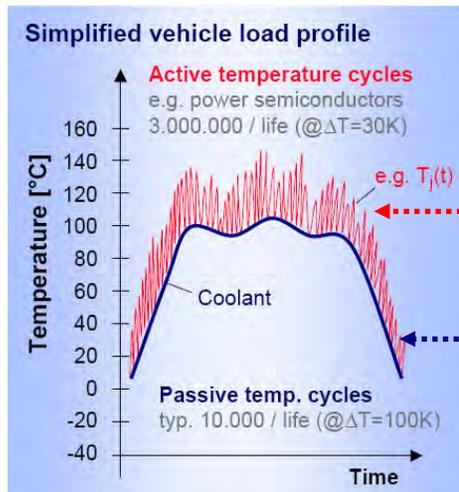
# Un exemple concret : inverseur de poussée



# Transports terrestres : l'automobile

## Domaine porteur en électronique de puissance

- Suppression de toutes les fonctions auxiliaires du moteur par des dispositifs électriques contrôlés par des convertisseurs DC-DC pour un meilleur rendement du moteur thermique : pompe à eau régulée en vitesse, ventilateur, allumage, soupapes, etc..
- Direction électrique, assistance de freinage et de suspension
- Fonctionnement à haute température 120°C
- Fiabilité adaptée à la durée de vie du véhicule
- Contraintes : basse tension, forts courants, pollution électromagnétique



## profils de mission : stop and go

Power Cycling,  $\Delta\theta = 50^\circ\text{C}$

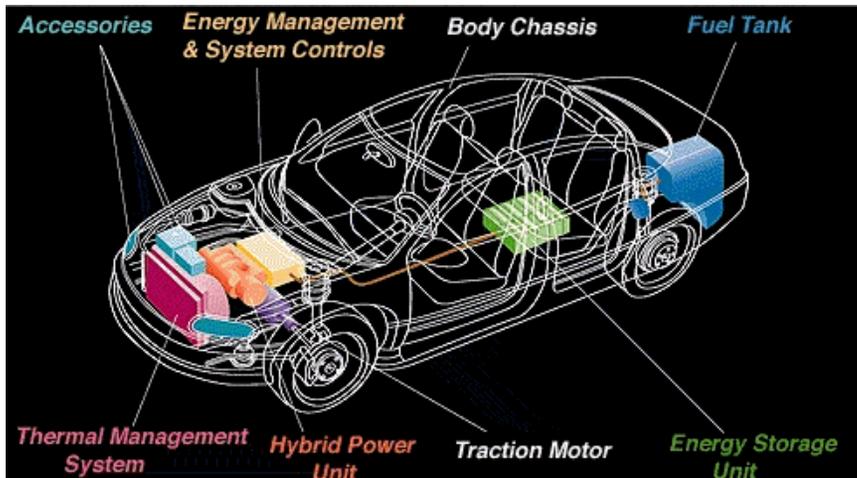
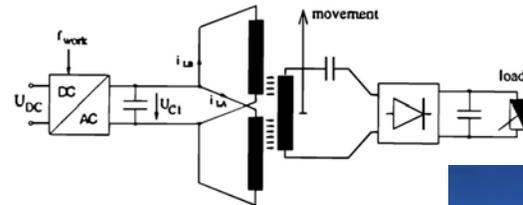
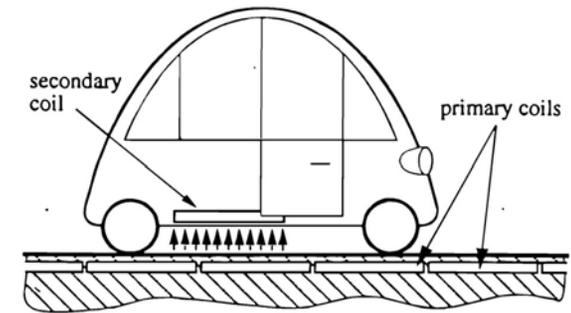
Thermal cycling,  $\theta_A : -40$  to  $120^\circ\text{C}$

*Schematic active and passive temperature cyclings*

# Domaines d'application de l'électronique de puissance

## Applications avancées dans les transports

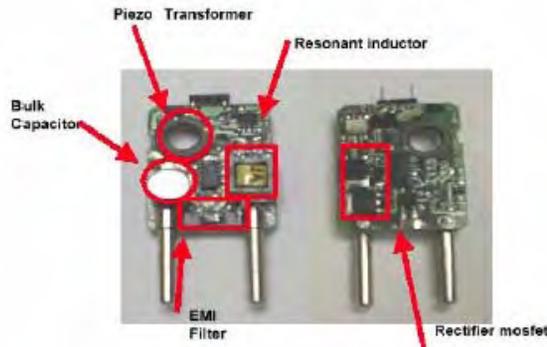
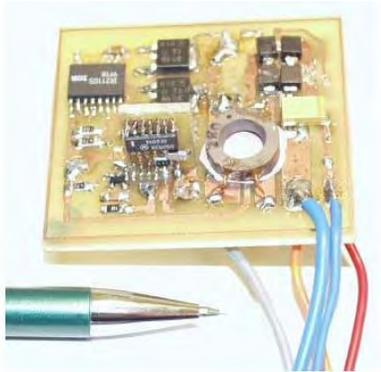
- Transmission sans contact d'énergie
- Véhicules tout électriques
- Véhicules solaires
- Gestion de piles à combustible



Véhicule hybride : gestion d'un moteur thermique et électrique + stockage d'énergie

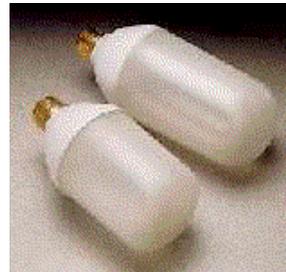
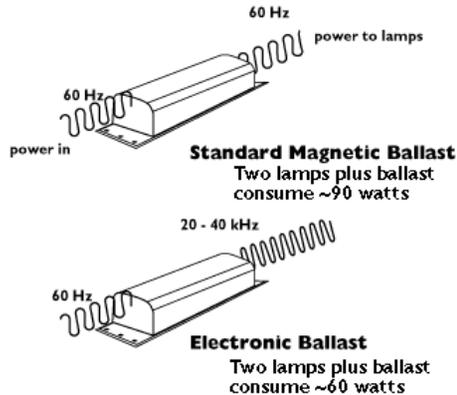
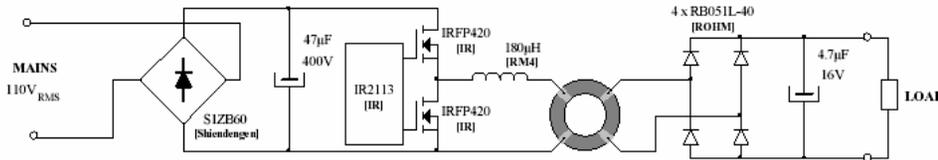


# Applications domestiques



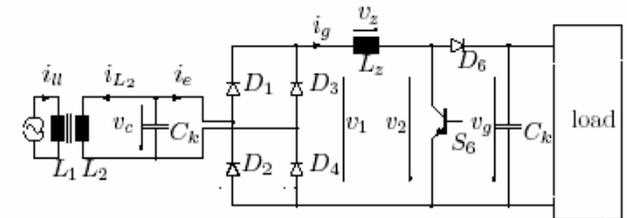
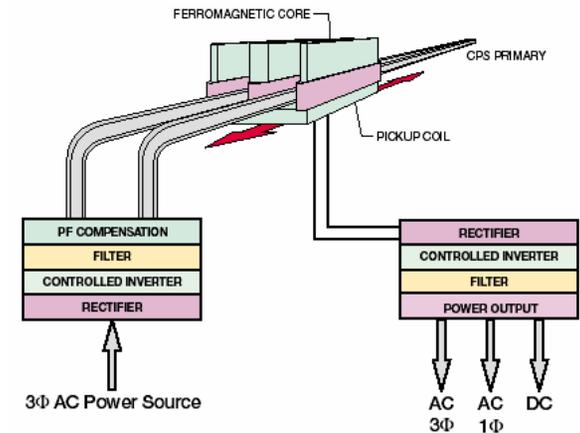
bloc d'alimentation miniaturisé 220V AC-12V DC à transformateur piézoélectrique

- Applications en domotique, éclairage, surveillance et régulation de chauffage
- Faible coûts, grandes séries
- Miniaturisation, normes de sécurité, normes CEM
- Tenue en tension réseau, bidirectionnalité
- Puissances faibles
- Matériaux nouveaux : convertisseurs piézoélectriques



# Applications industrielles

- Variation de vitesse des machines d'induction : performances dynamiques, récupération d'énergie
- Transmission d'énergie sans contact
- Chauffage, soudage par induction : fonctionnement en haute fréquence
- Robotique
- Contraintes : robustesse, faible coût, rendement, CEM

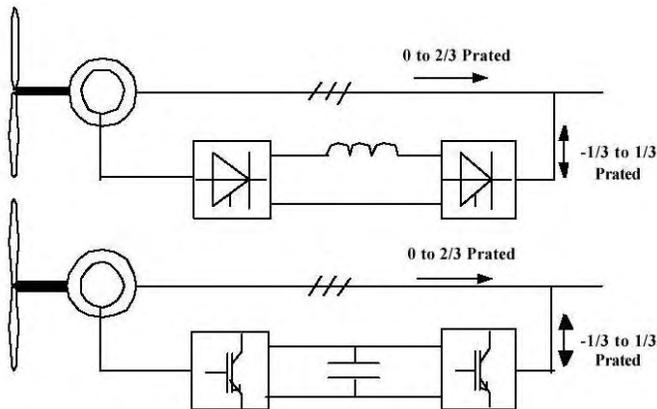
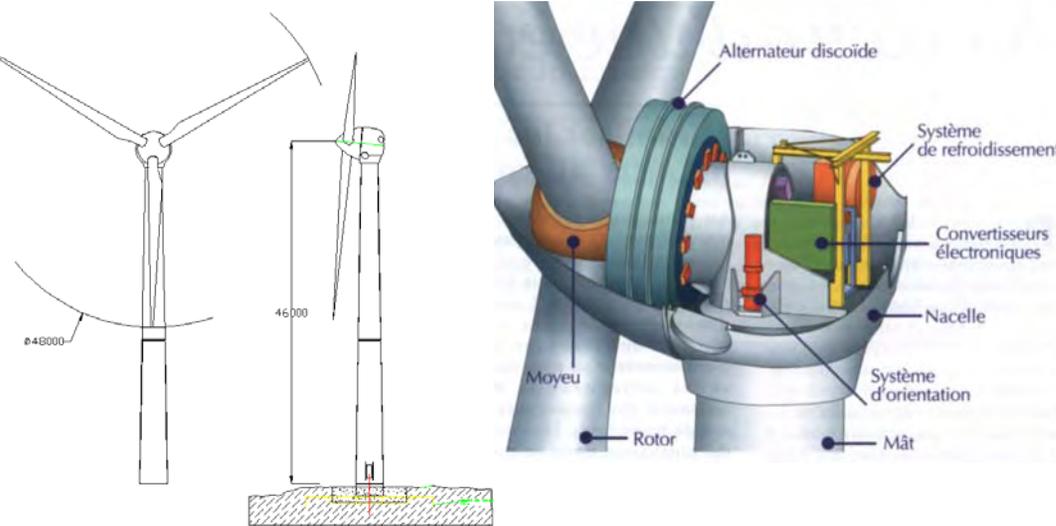


Convertisseur adapté pour la transmission d'énergie sans contact



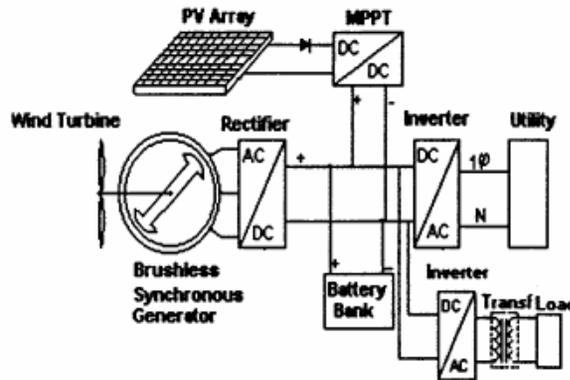
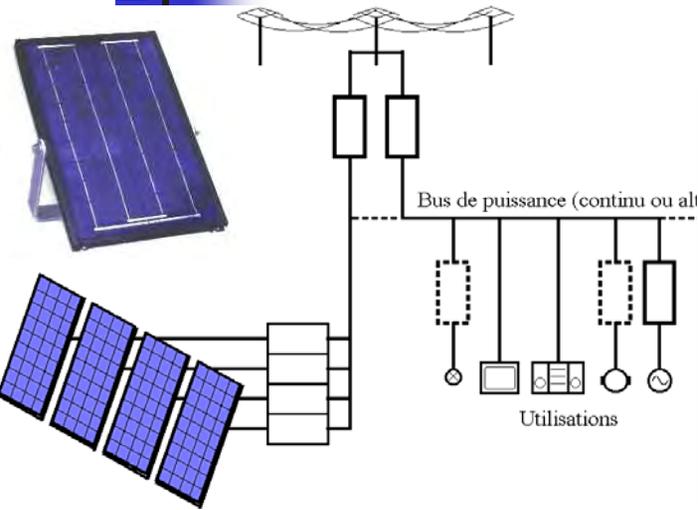
Convertisseur adapté pour la variation de fréquence et de tension statorique

# Énergies renouvelables : l'éolien

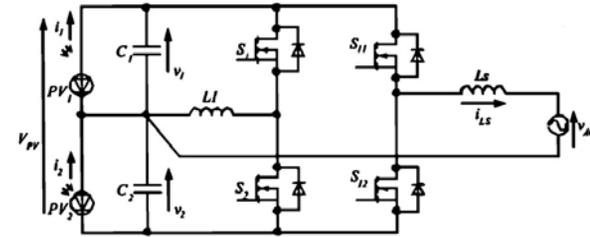


- Permet d'optimiser le rendement énergétique
- Variation de vitesse, bonnes performances dynamiques de conversion
- Fiabilité, durée de vie
- Puissance → 2MVA

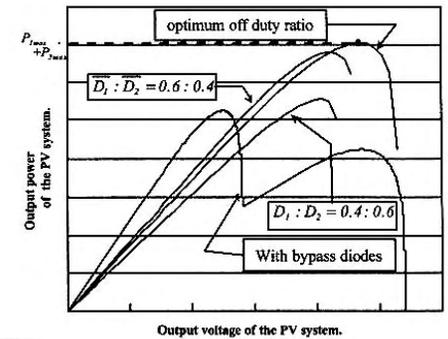
# Énergies renouvelables : photovoltaïque



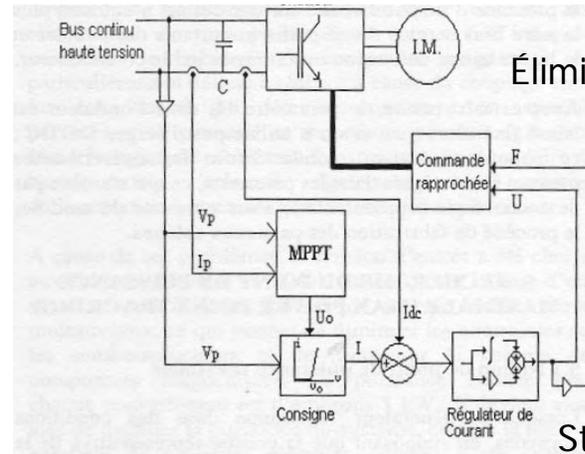
Système mixte éolien + PV



Structure adaptée aux cellules PV



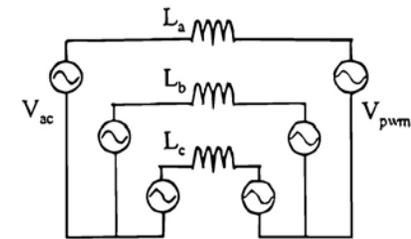
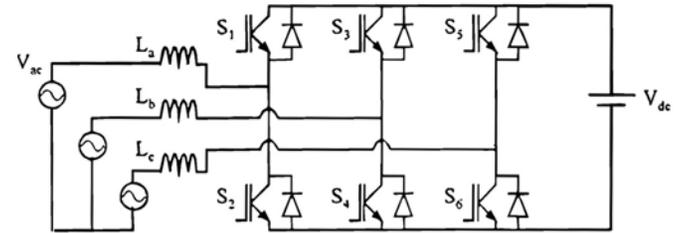
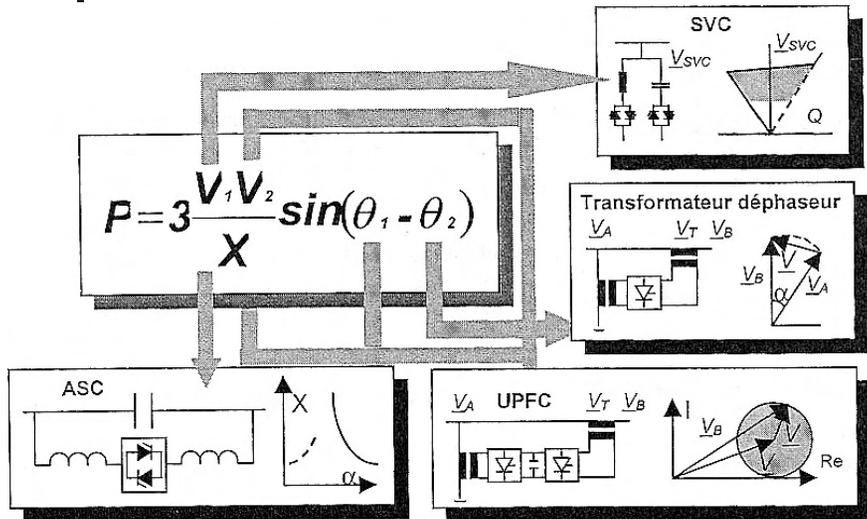
- Conversion BT fort niveau de courant
- Gestion du stockage d'énergie
- Interfaçage réseau ou à d'autres sources
- Commande MPPT : optimisation de la récupération d'énergie



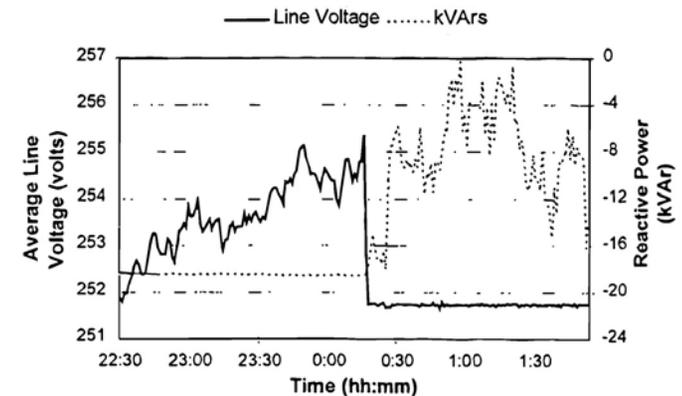
Élimination du défaut d'ombrage

Structure de commande à recherche de Pmaxi

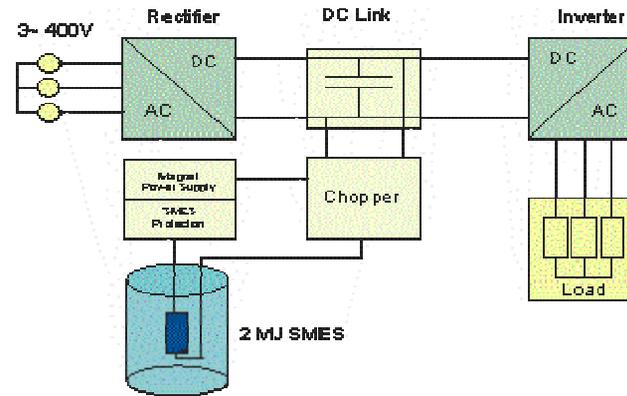
# Contrôle des échanges d'énergie sur le réseau



- Contrôle de toutes les variables réglant les échanges de puissance sur un réseau
- Contrôle de l'énergie réactive : chutes de tension
- Contrôle de la qualité d'énergie : réduction d'harmoniques dans les réseaux
- Objectifs : composants THT (<10kV) et très forts courants (> kA)
- Onduleur basse tension, forts courants
- Commande à maximum de puissance transmise

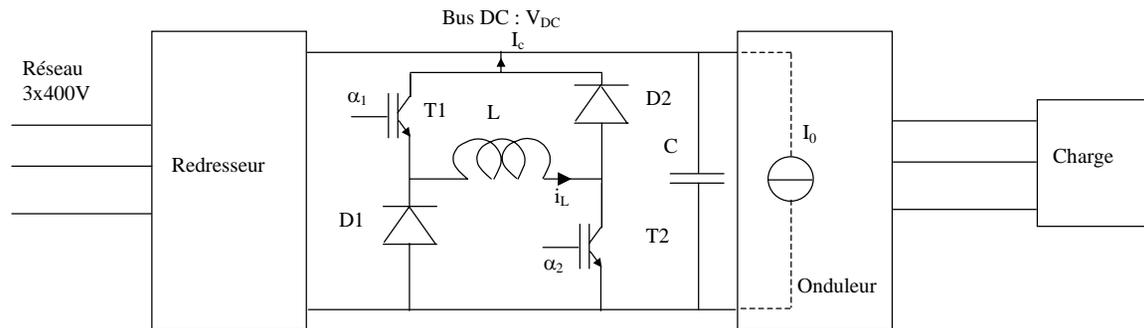


# La gestion du stockage de l'énergie



Superconducting magnet energy storage (SMES)

$L=4H$ ,  $E=2MJ$  soit  $P=100kW$  durant 20s



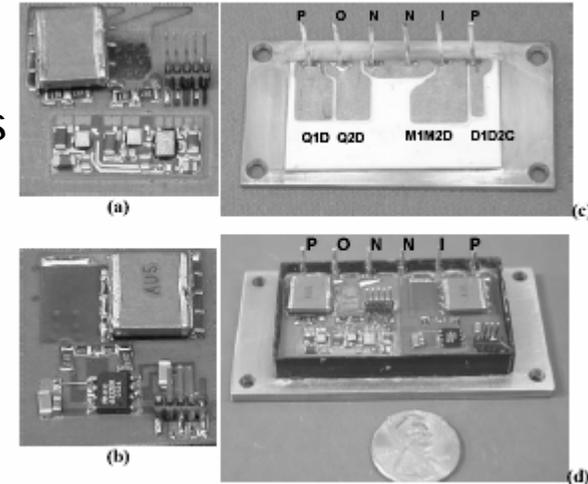
$V_{DC}=550V$ ,  $I_L=1000A$ ,  $F_d=1kHz$ ,

# Applications avancées : intégration

## Intégration des composants actifs et passifs hybrides



Exemples de filtre CEM intégré et non intégré

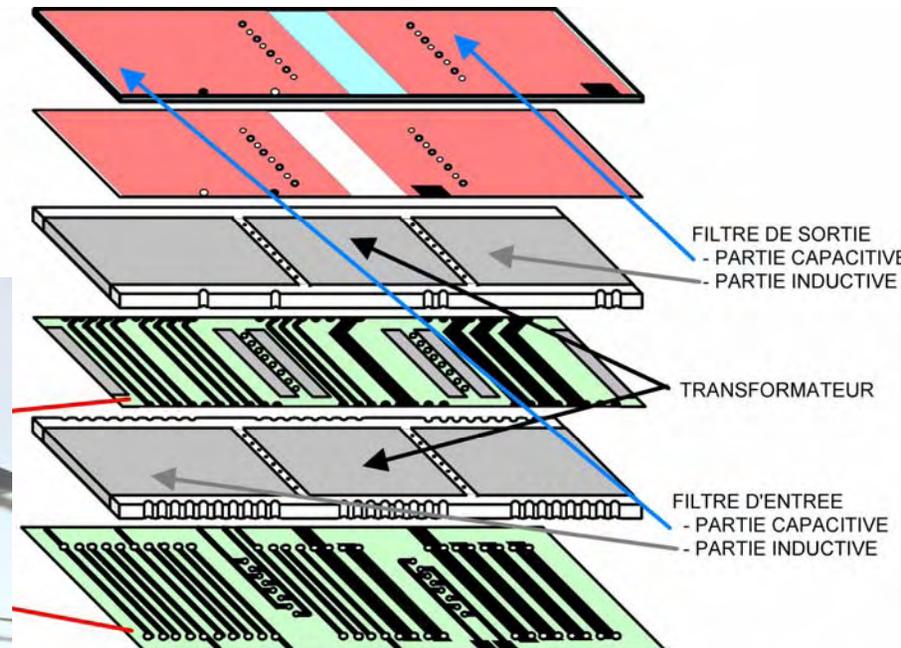


- Objectifs : performances accrues en compacité, rendement et CEM
- Intégration des contraintes électriques, thermiques et CEM
- Développement de nouvelles technologies d'association des matériaux
- Technologies d'assemblage

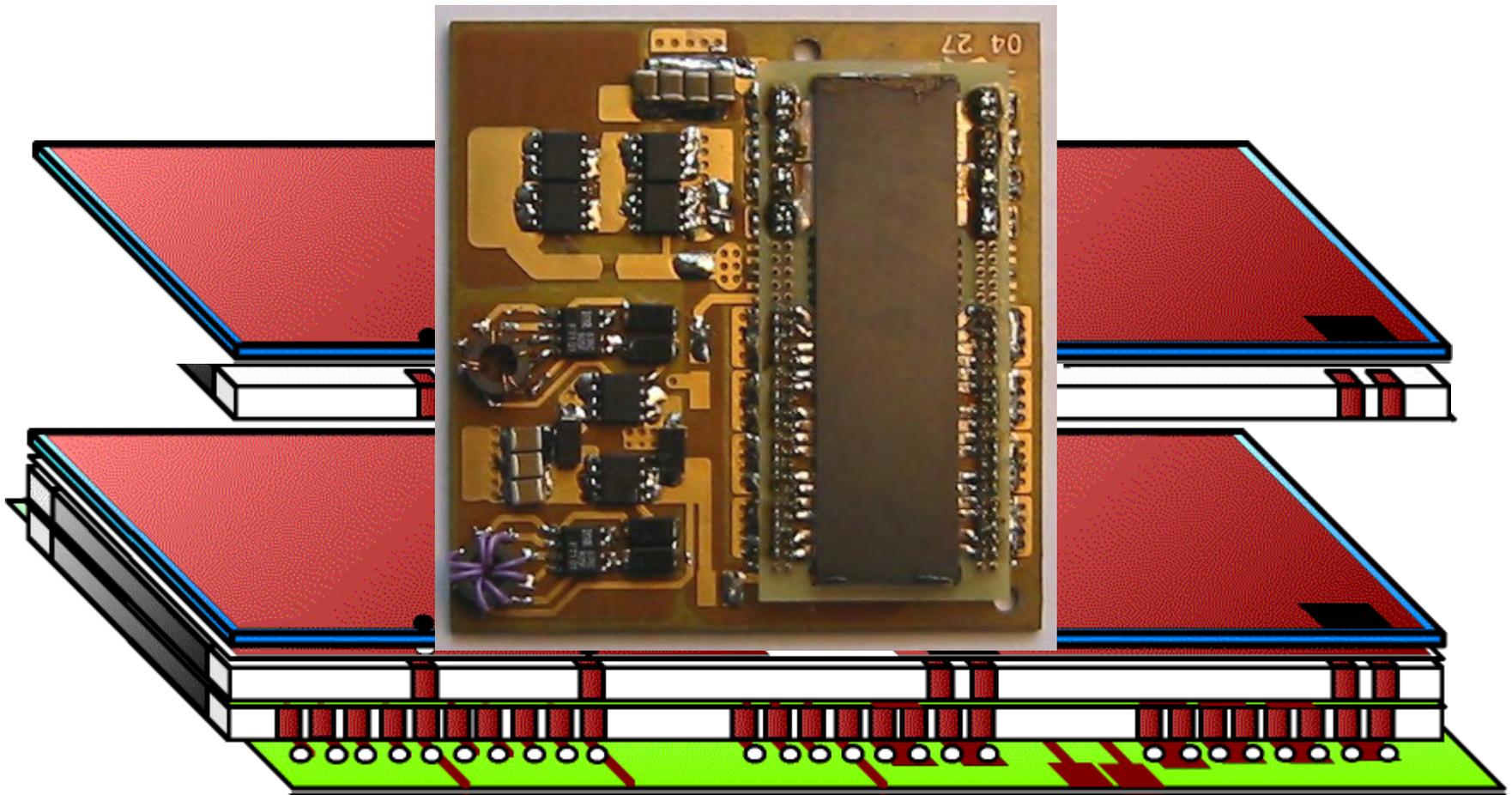


Convertisseur DC-DC 230V/12V/50W intégré

## Intégration driver-structure de puissance-filtrage



# Un exemple : alimentation DC-DC intégrée 4kW/l



# Applications avancées : énergie nomade

Un domaine en émergence !

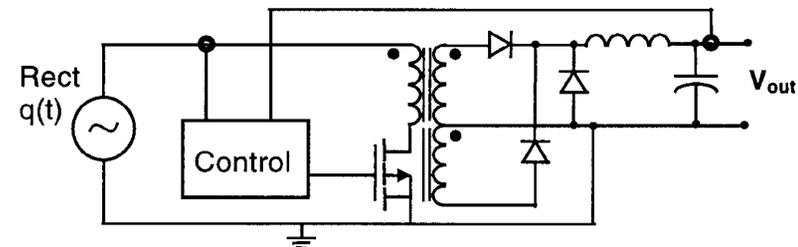
- Optimisation énergétique impérative
- Structures de conversion à très faibles pertes et énergie de commande



Radio solaire et à génération humaine

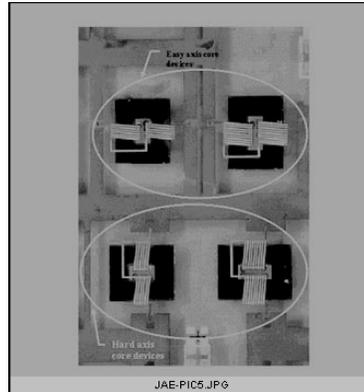
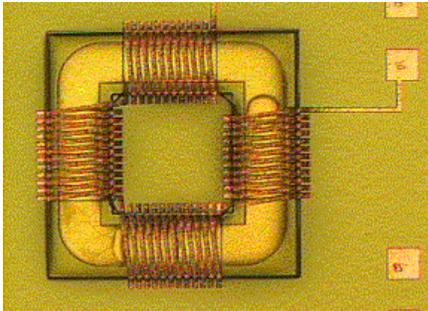


Générateur piézo et son convertisseur



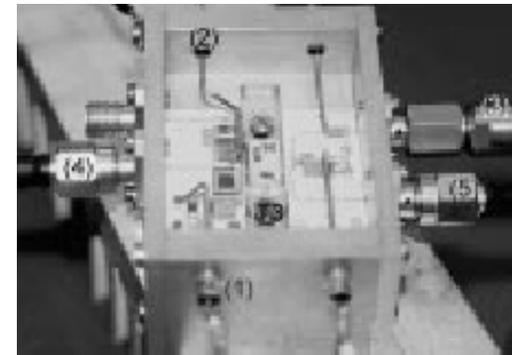
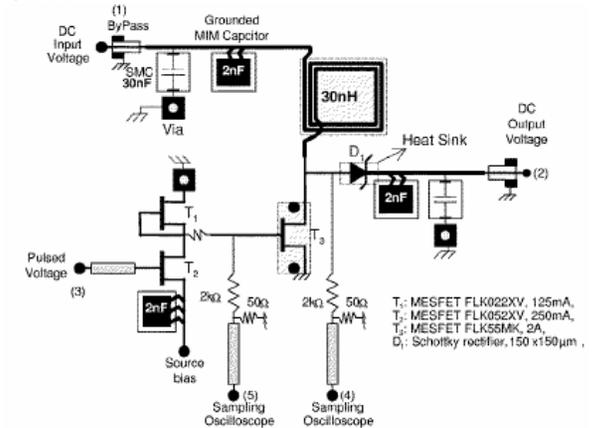
# Applications avancées : gestion de la $\mu$ -énergie, UHF

## Applications en émergence : vers le tout silicium



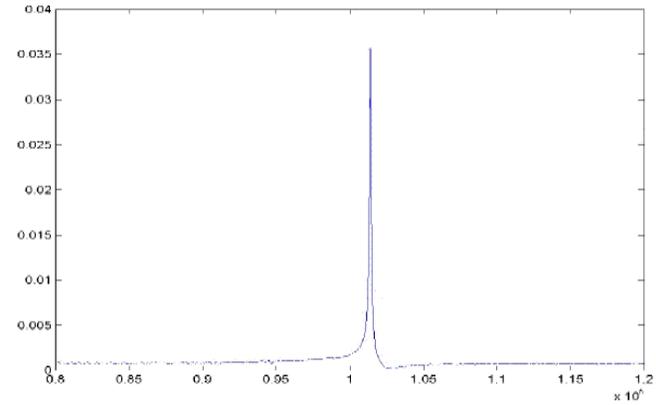
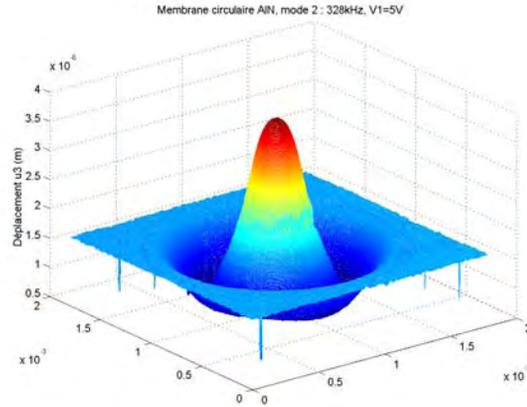
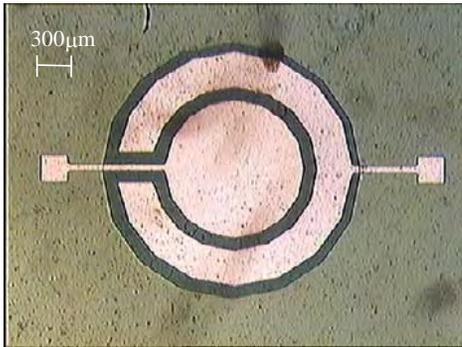
Micro-bobine à noyau de fer pour convertisseur tout silicium

- Convertisseur statique tout silicium pour applications nomades faible puissance (portables, prothèses embarquées, etc..)
- Générateurs portables

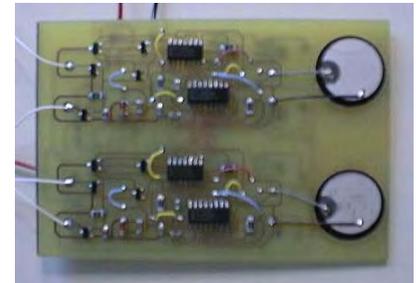
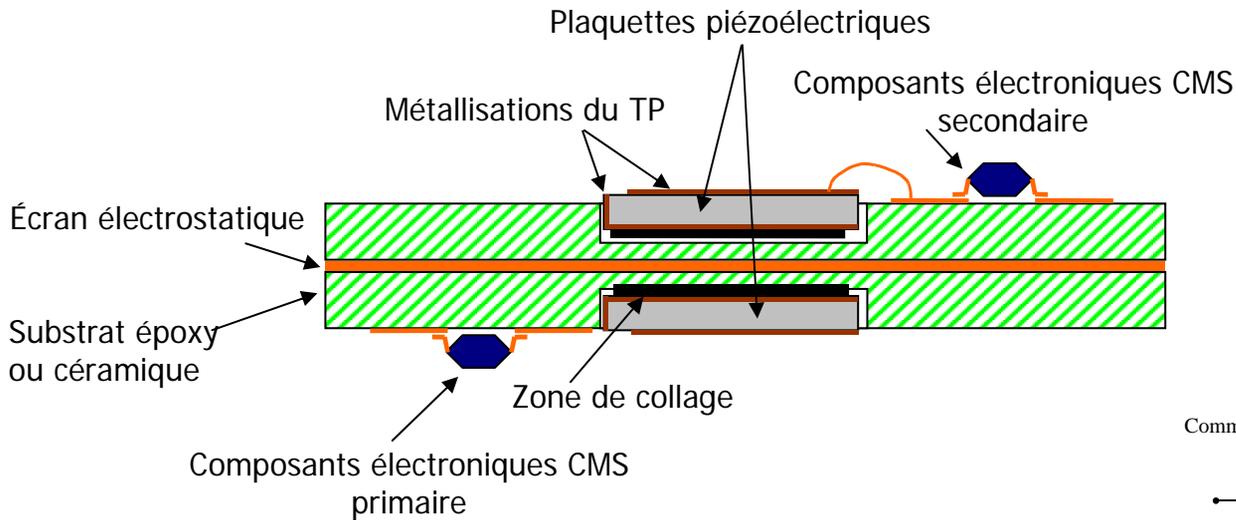


Convertisseur DC DC 12V  
5V, 100MHz, 20W

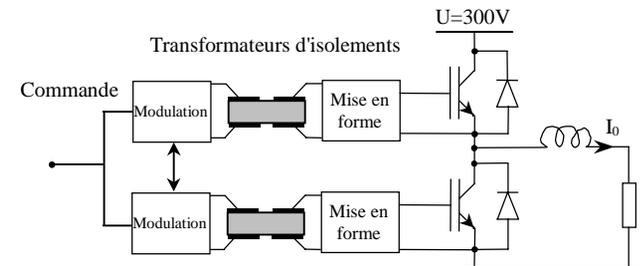
# Matériaux électro-actifs et électronique de puissance



Micro-transformateur piézoélectrique

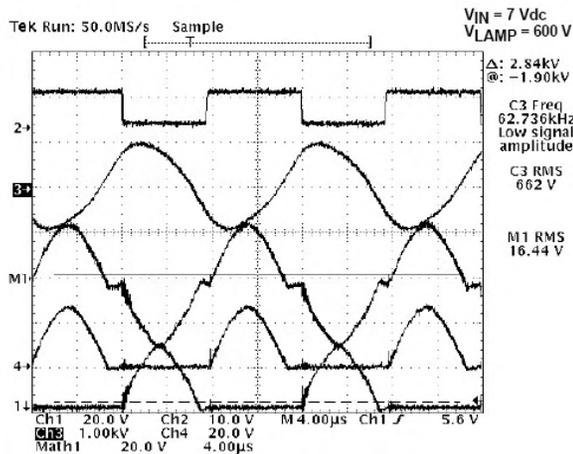
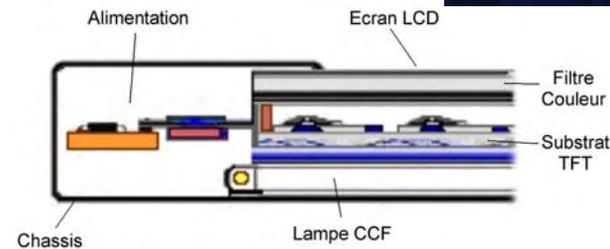
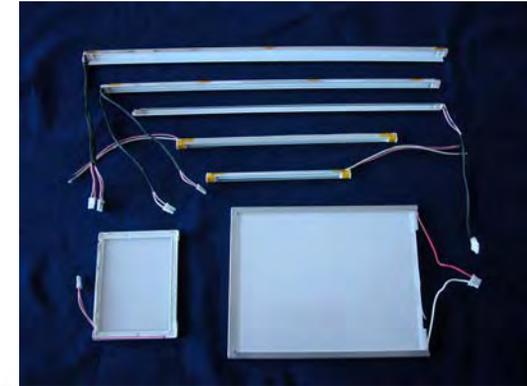
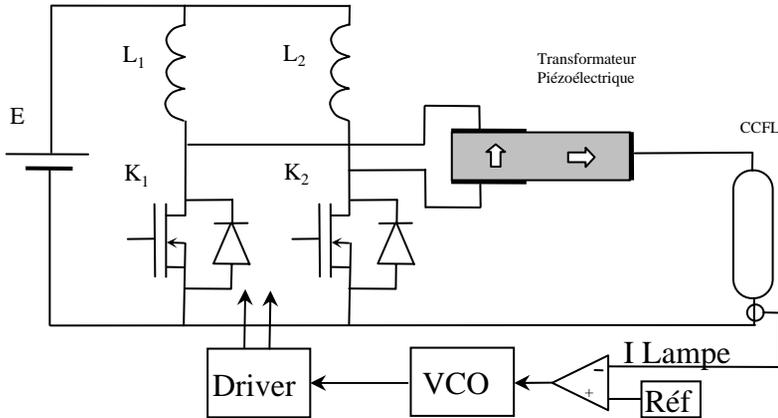


Commande d'IGBT isolée par transformateur piézoélectrique



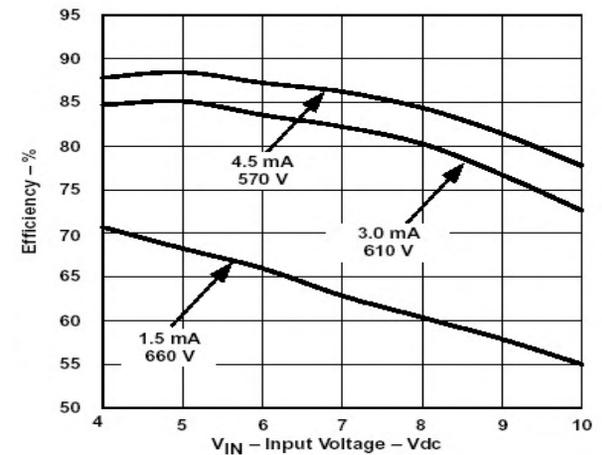
# Matériaux électro-actifs et électronique de puissance

## Alimentation des lampes à cathode froide



Onduleur résonant

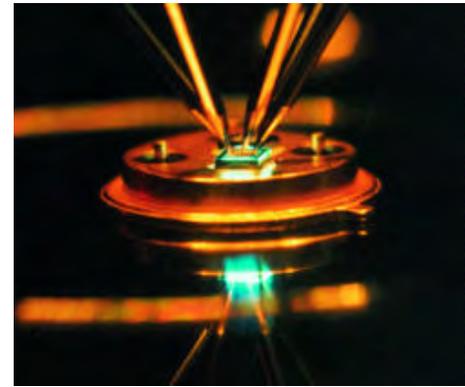
Contrainte :  
élévation de tension  
15V/600-800V



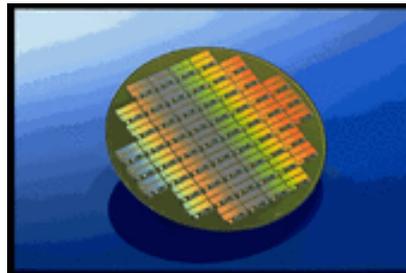
# Applications avancées : les composants futurs

Le carbure de silicium pour les applications haute tension et forte température (200-300°C)

Fortes densités de courant possible  
300A/cm<sup>2</sup>

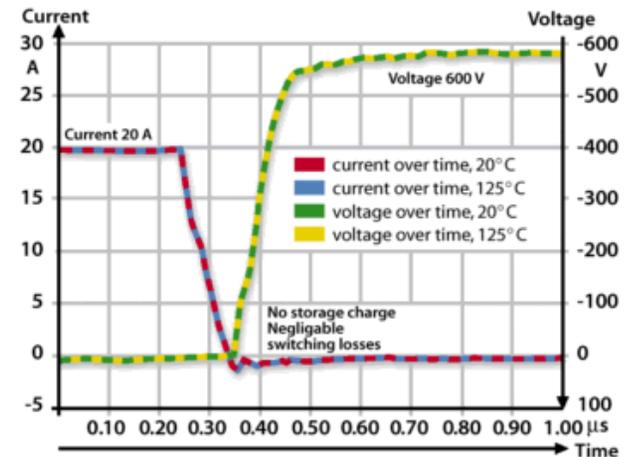


Diode SiC 3kV 5A



Buck Chopper

1 Phase Inverter



Intérêt : pas de recouvrement inverse