



MINISTÈRE DE LA DÉFENSE

GENIE ELECTRIQUE

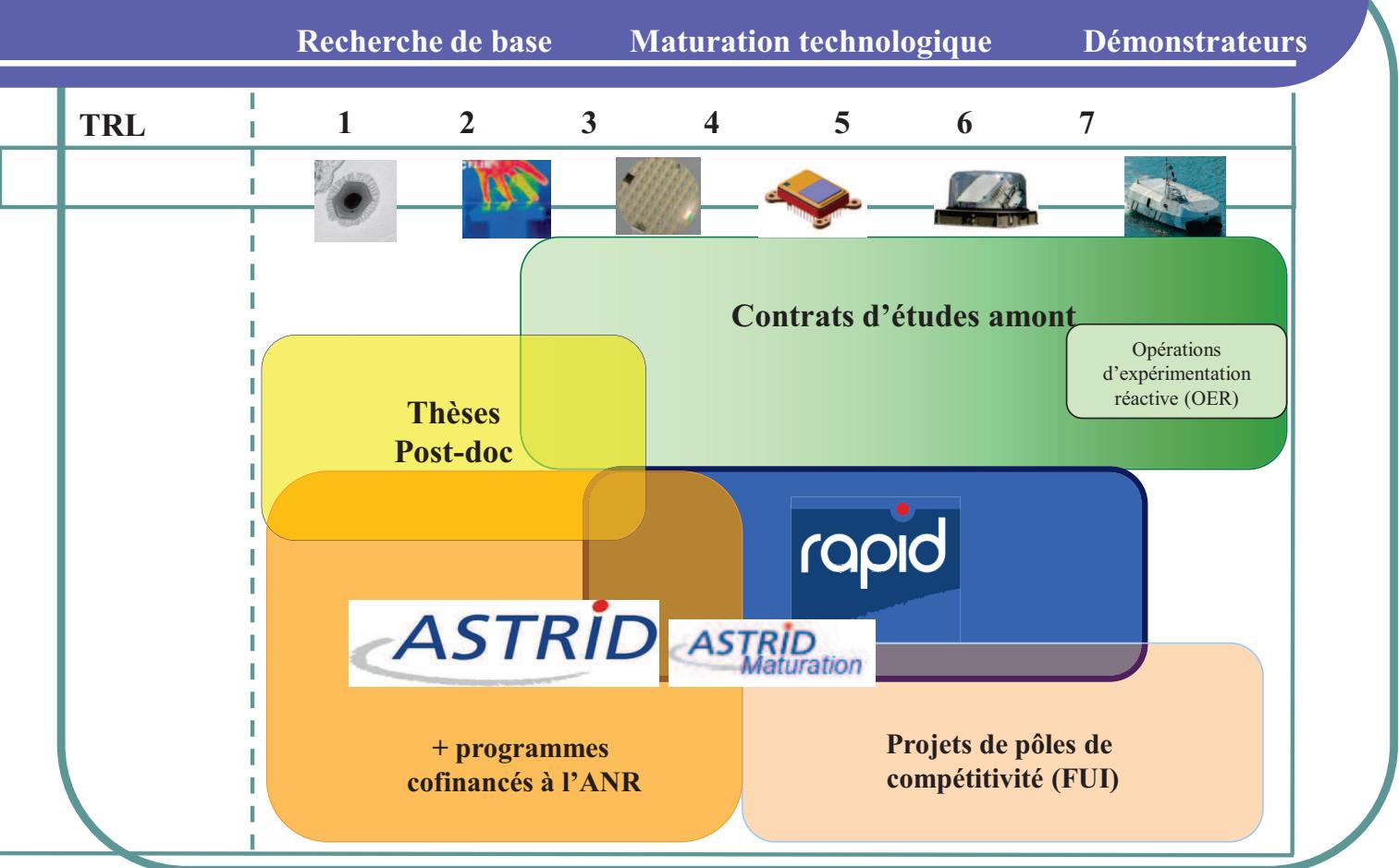
EVOLUTION REVOLUTION RUPTURE

Présentation : Michel AMIET

ICA-R DGA.Expert Energie

DGA

DGA : Dispositifs de soutien



Michel AMIET

2

DGA Contacts

MATERIAUX CHIMIE ET ENERGIE

Bruno MORTAINE

bruno.mortaigne@intradef.gouv.fr

Eric LAFONTAINE

eric.lafontaine@intradef.gouv.fr

ASTRID Louis de CHANTERAC

louis.de-chanterac@intradef.gouv.fr

RAPID Isabelle LECOQ

isabelle.lecoq@intradef.gouv.fr

2.4

L'échelle TRL



- TRL 1: basic principles observed
- TRL 2: technology concept formulated
- TRL 3: experimental proof of concept
- TRL 4: technology validated in lab
- TRL 5: technology validated in relevant environment
- TRL 6: technology demonstrated in relevant environment
- TRL 7: system prototype demonstration in operational environment
- TRL 8: system complete and qualified
- TRL 9: actual system proven in operational environment

GENIE ELECTRIQUE

ELECTROTECHNIQUE
ELECTRONIQUE DE PUISSANCE
ELECTROCHIMIE

MISSION INTERMINISTERIELLE GENIE ELECTRIQUE
1985 - 2005

GENIE ELECTRIQUE

Problématique et Programmes

UNE EVOLUTION

Évolution

1900 / 2000 - Source d'énergie

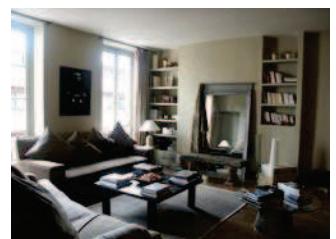
Puissance alternateur x 1600



exemple : dans un même volume V : 1 MW → 1650 MW

1940 / 2000 - Besoins tertiaires

Puissance compteur x 20



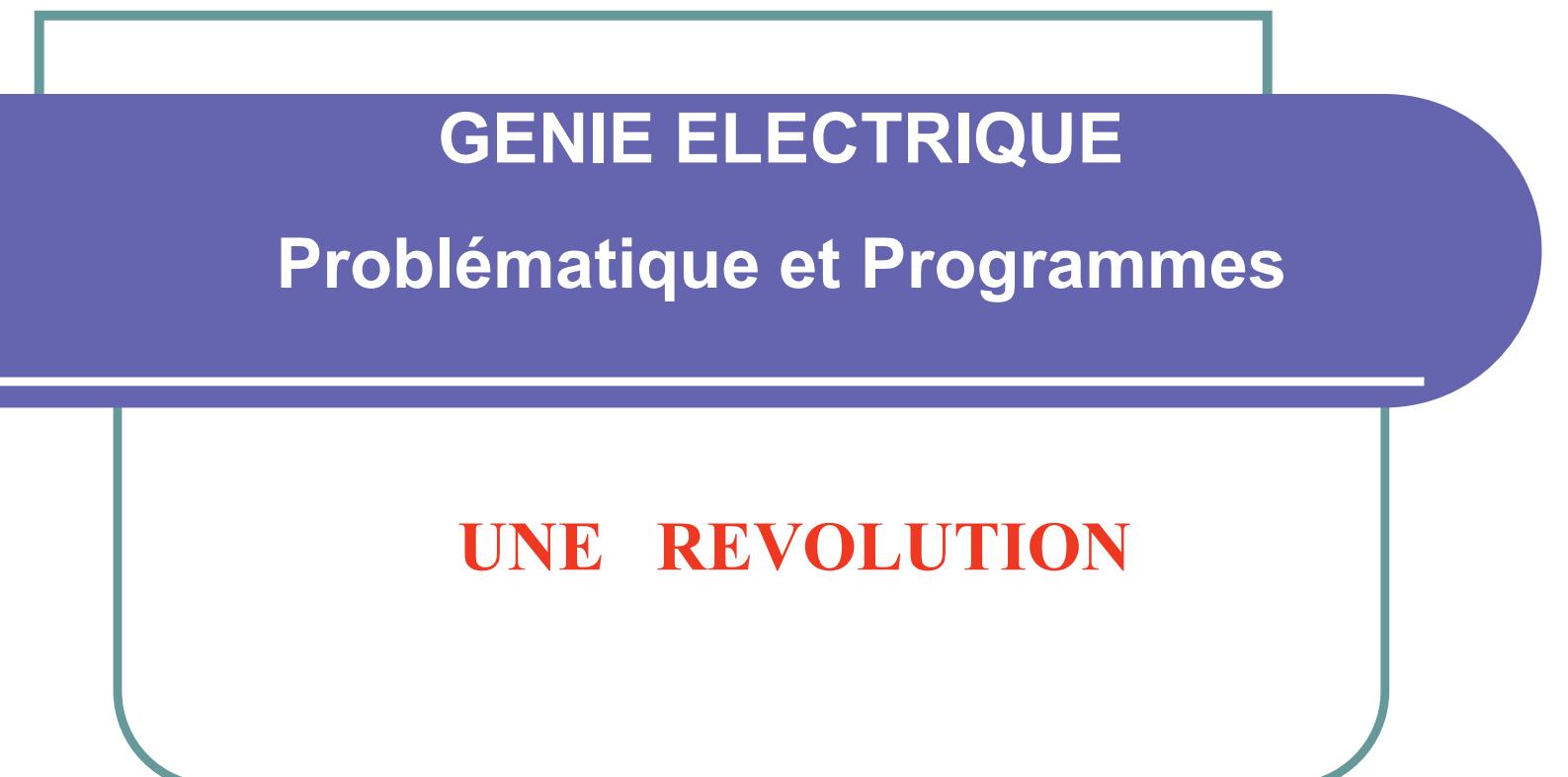
exemple : Puissance d'un pavillon : 0.5 kW → 10 kW

1960 / 2000 - Besoin vecteurs

Besoins en énergie x 10

exemple : avion de chasse 10 kW → 100 kW





GENIE ELECTRIQUE

Problématique et Programmes

UNE REVOLUTION

VECTEURS civils et militaires



DGA Une RUPTURE : Le concept



Michel AMIET

10

Reconfiguration des énergies à bord des vecteurs :

Théorie des "3E"

$$\Sigma E = Ep + Et + Ei$$

Énergie permanente

Énergie transitoire

Énergie impulsionale



Énergie de bord

= Ep = Alternateur

Énergie auxiliaire

= Et = Accus / PAC

Énergie actionneurs de gouverne = Ei = Supercondensateurs

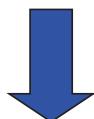
Reconfiguration des énergies à bord des vecteurs :

Énergie permanente



Pile à combustible
Accumulateurs électrochimiques
Thermoélectricité
Groupe électrogène

Énergie transitoire

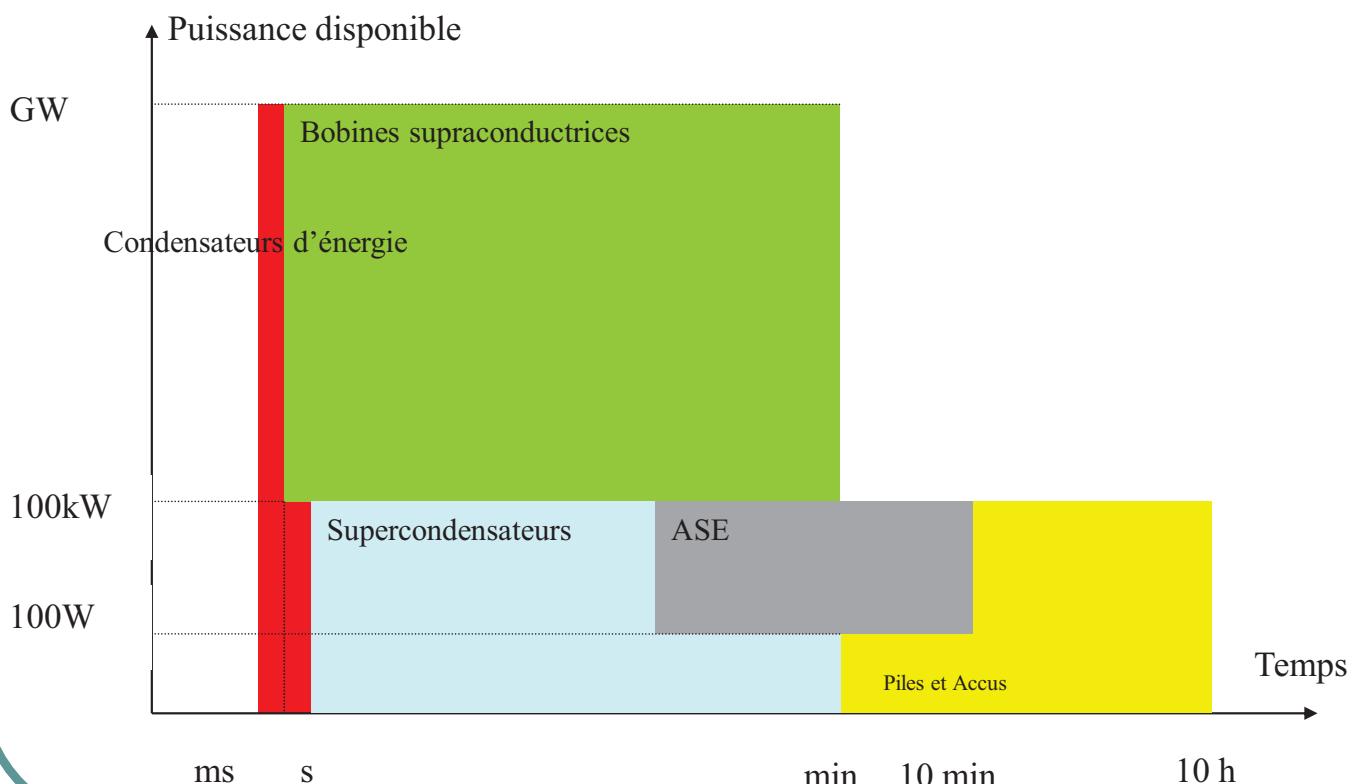


Accumulateurs électrochimiques
Piles thermiques

Énergie impulsionale

Générateur de Marx
Transformateur de Tesla
Condensateur
Supercondensateur
Bobine supraconductrice

Énergies transitoires et impulsionales en fonction des temps de décharge.

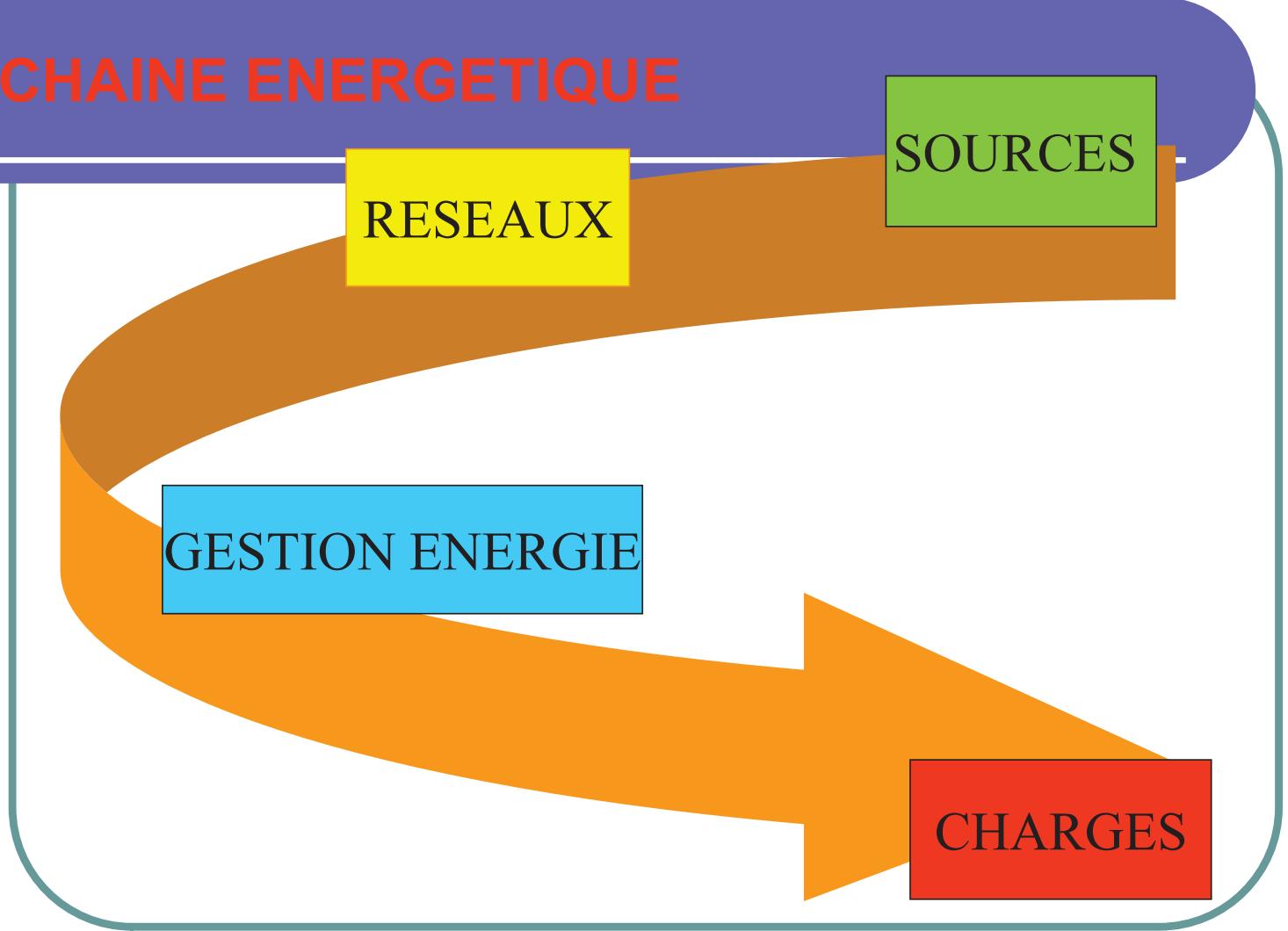


GENIE ELECTRIQUE

Problématique et Programmes

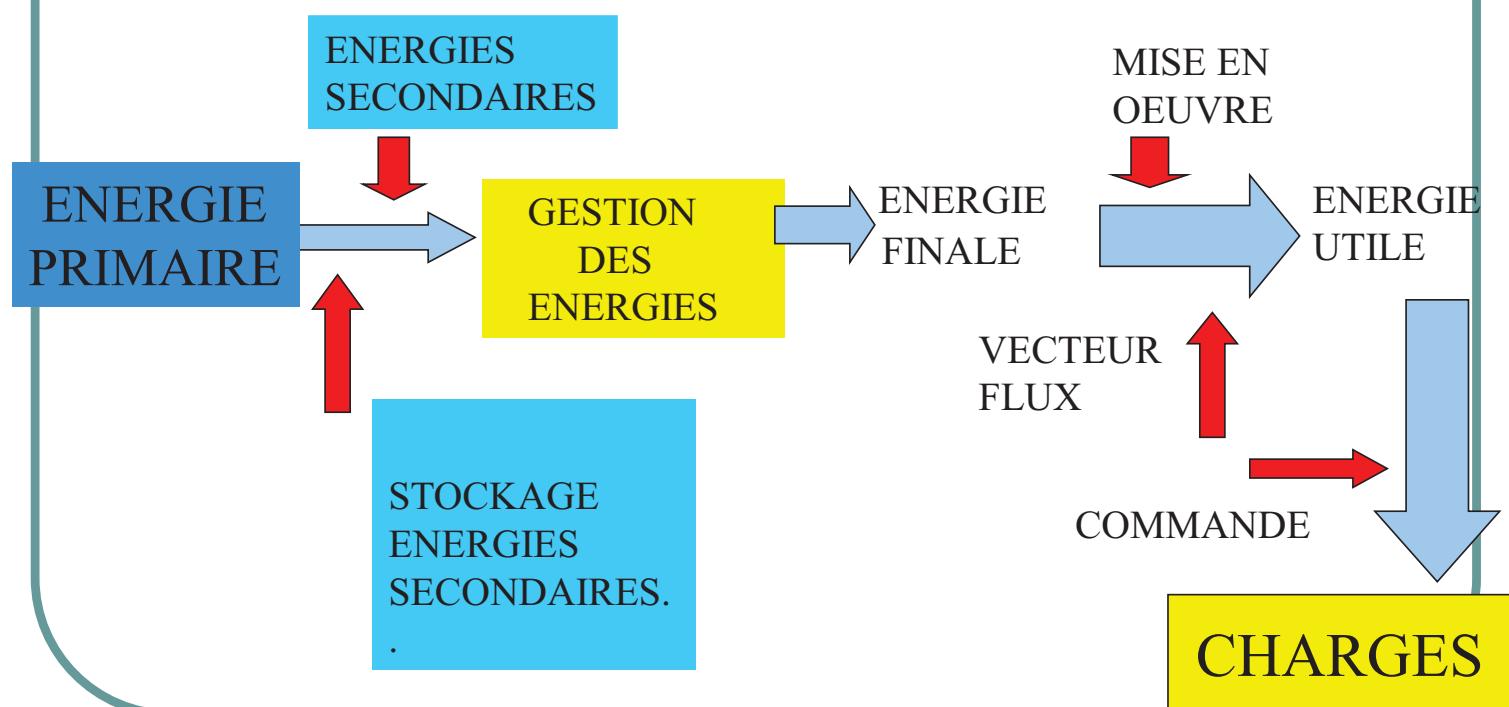
**UNE RUPTURE
DU COMPOSANT AU CONCEPT**

CHAINE ENERGETIQUE



CHAINE ENERGETIQUE

THEORIE DES « 3 E »



BANC ECCE

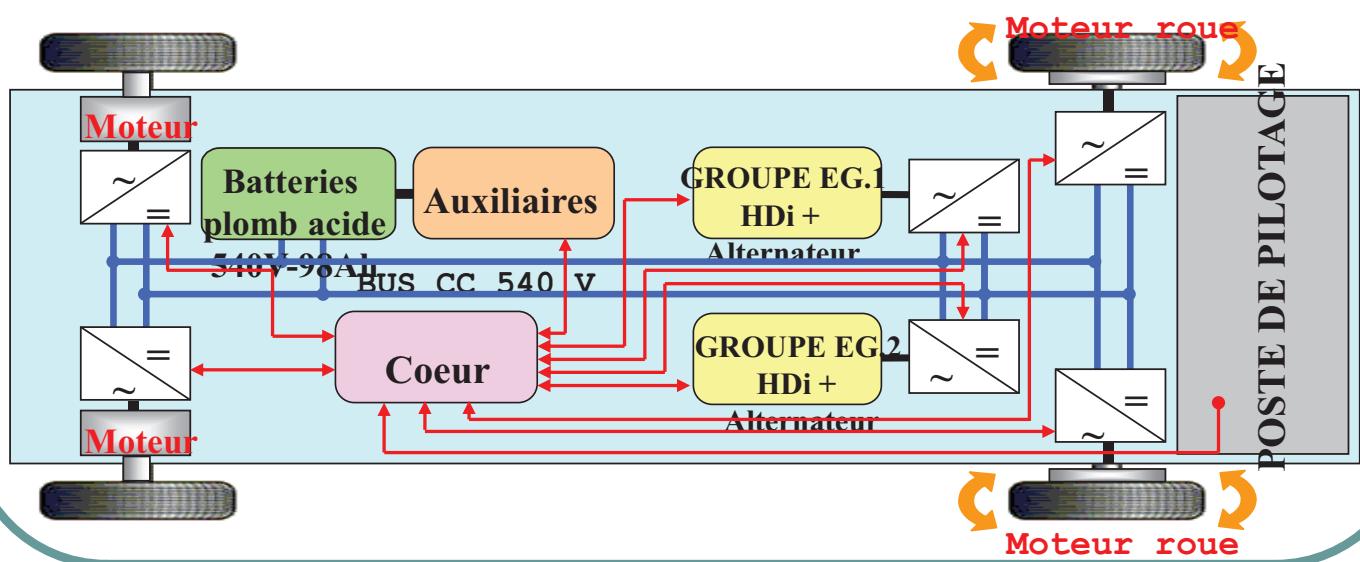


Michel AMIET

8

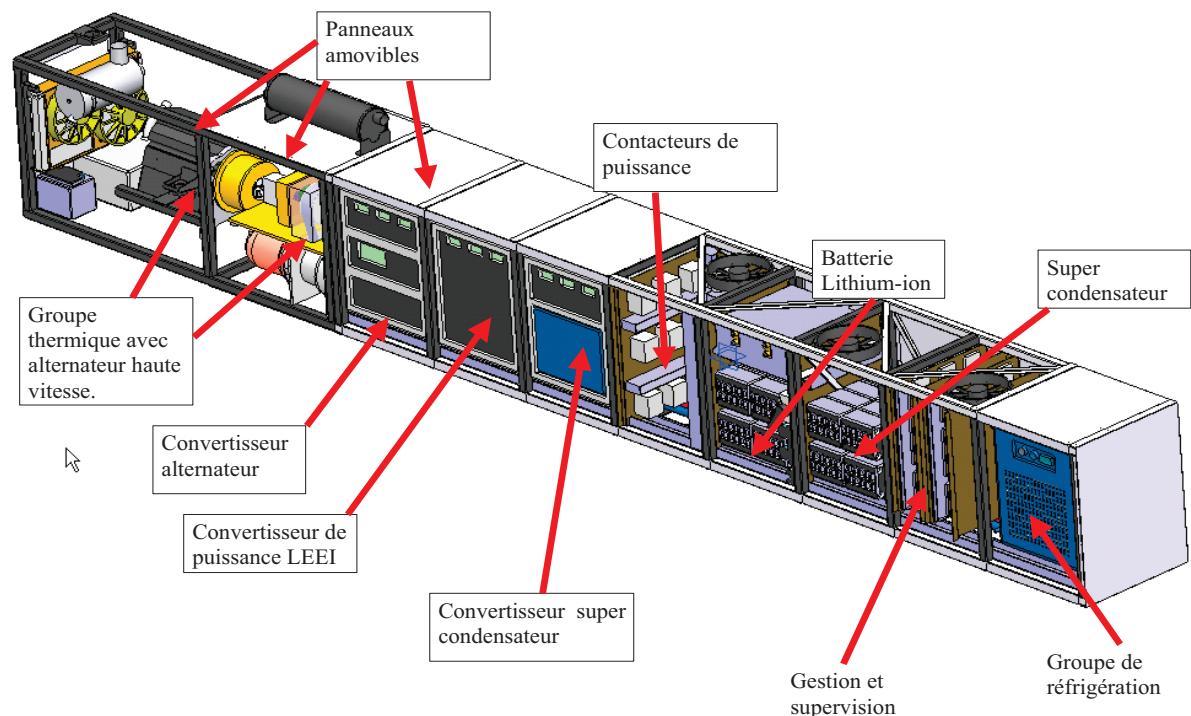
BANC ECCE

ECCE, véhicule hybride, est une plateforme de test qui permet d'évaluer les différentes technologies des moteurs, des convertisseurs, des sources



ECCE 2 IMPLANTATION

Figure 1



ELECTRONIQUE DE PUISSANCE

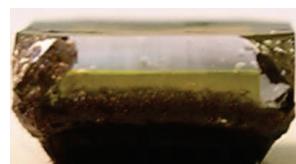
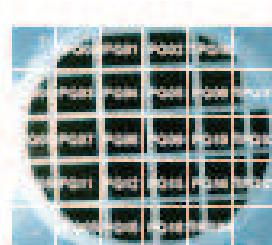
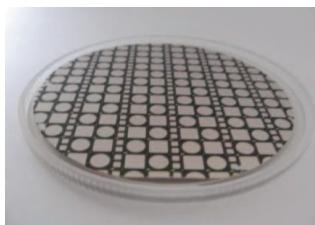
UNE RUPTURE PAR CONSTITUANT

Michel AMIET

2

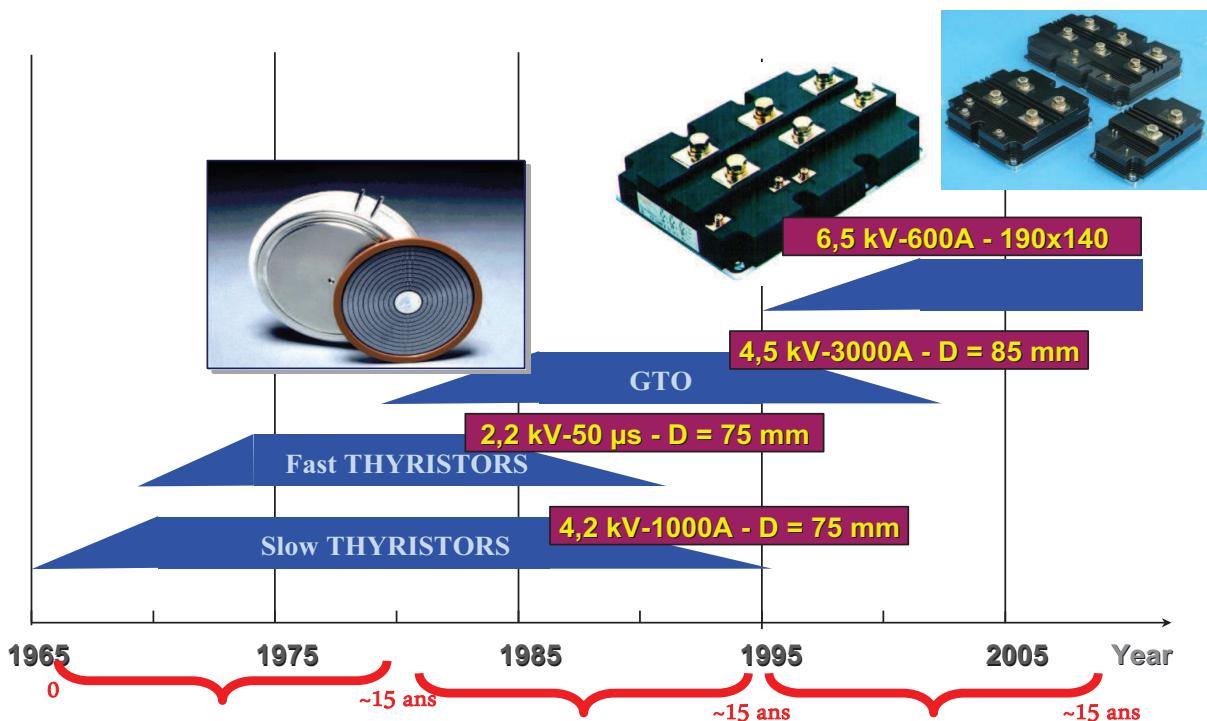
ELECTRONIQUE DE PUISSANCE

- GRAND GAPS : GaN SiC Diamant

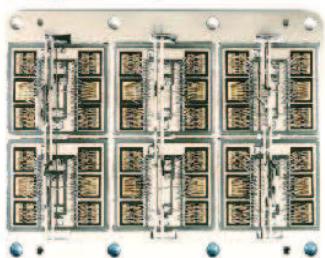


50 mm 4H-SiC wafer
with 4 epitaxial layers
purchased from
Cree, Inc., USA

ELECTRONIQUE DE PUISSANCE



ELECTRONIQUE DE PUISSANCE



Si IGBT 3,3 kV 1200 A
On state voltage 3,5 V
 $S_{IGBT} = 24 \text{ cm}^2$



SiC MOSFET 3,3 kV 1200 A
On state voltage 3,5 V
 $S_{MOSFET} = 8 \text{ cm}^2$



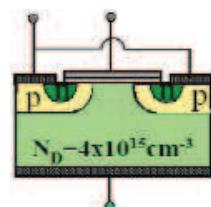
C MOSFET 3,3 kV 1200 A
On state voltage 0,1 V
 $S_{MOSFET} = 1 \text{ cm}^2$

ELECTRONIQUE DE PUISSANCE

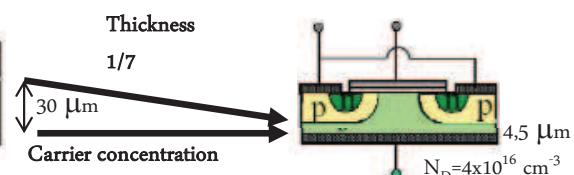
Si MOSFET



SiC MOSFET



C MOSFET



Si IGBT

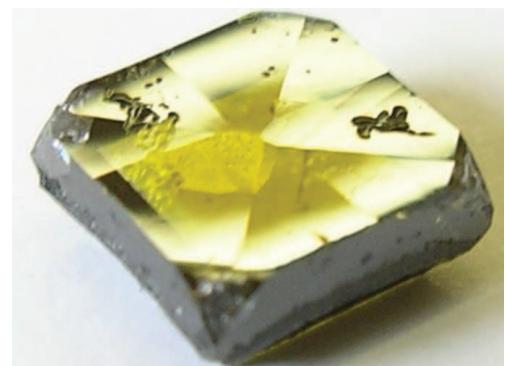
On state voltage
3.5V @ 50 A/cm²

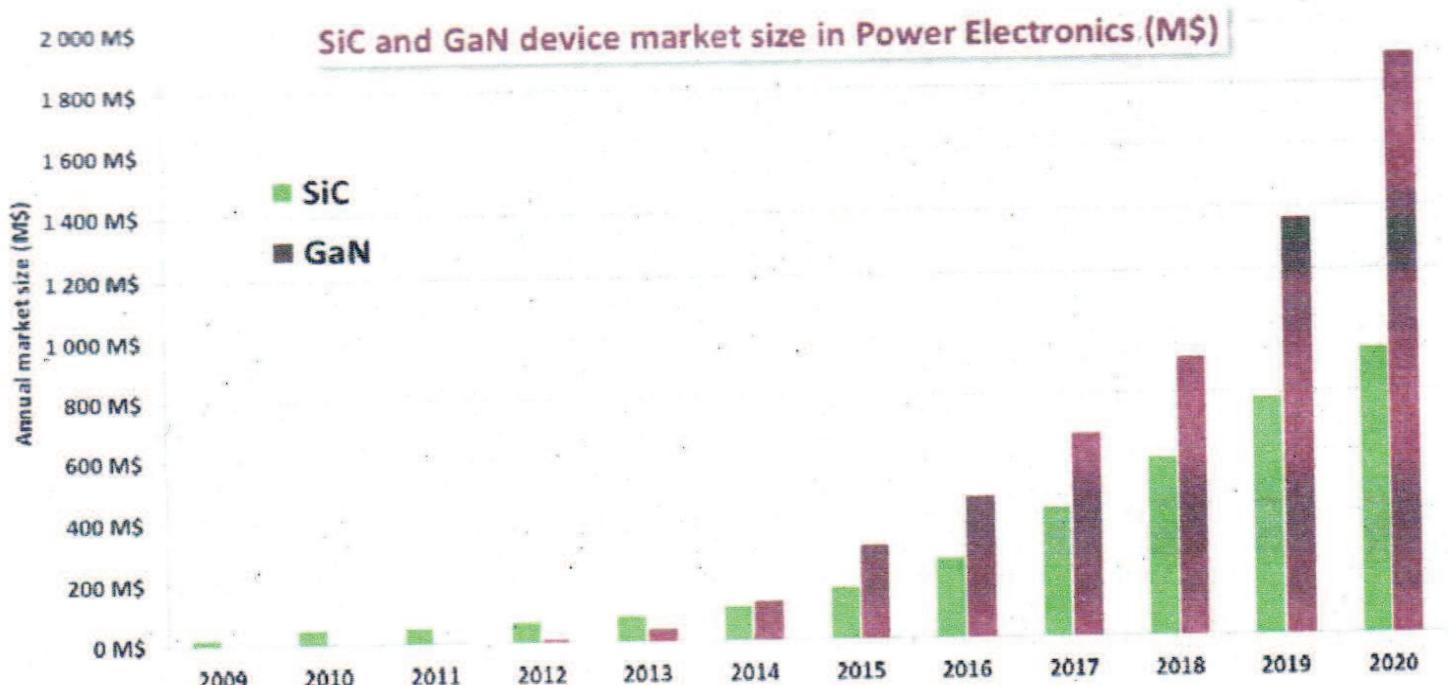
ELECTRONIQUE DE PUISSANCE

Films de diamant mono-cristallin épais et de haute pureté



-----5mm-----





SiC and GaN overlap in some applications. Typically, for EV/HEV, PV inverter or Motor Drives, the market can be indifferently fuelled by SiC or GaN. Thus, part of the market value could move from one to the other. So, these values are "as if XX technology would capture 100% of its market potential, with no competition from YY technology".

On remarque que le marché du GaN serait supérieur à celui du SiC, mais nant prendre en compte l'arrivée de substrats 6 pouces en SiC.