

CENTRE FRANÇAIS DE FIABILITE



Centre Français de Fiabilité



Fiabilité et Robustesse de Cartes Alimentation pour Modules RADAR

Thèse IRSEEM/ESIGELEC

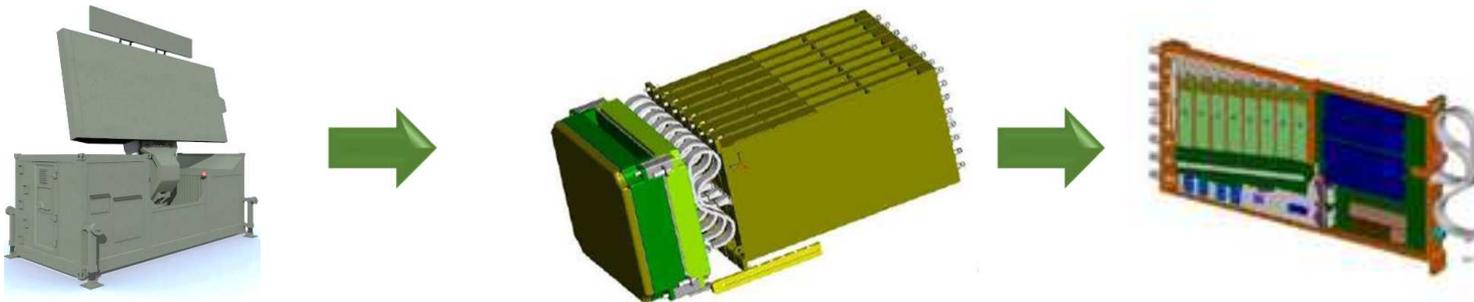
Doctorante : Chadia Lachkar

Directeur de thèse : Moncef Kadi

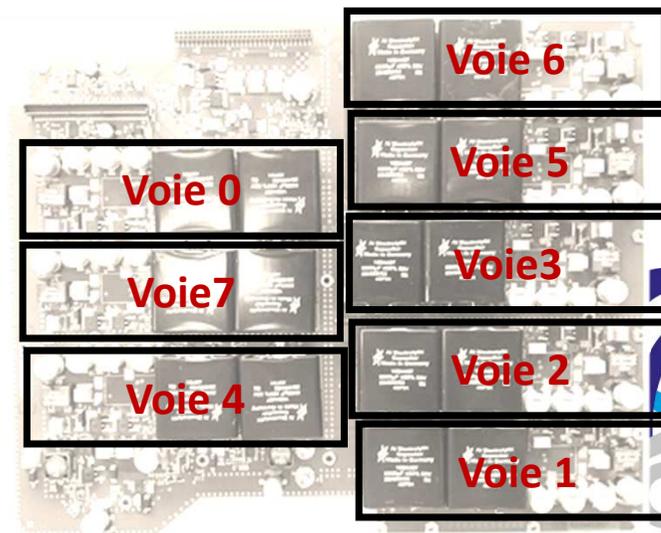
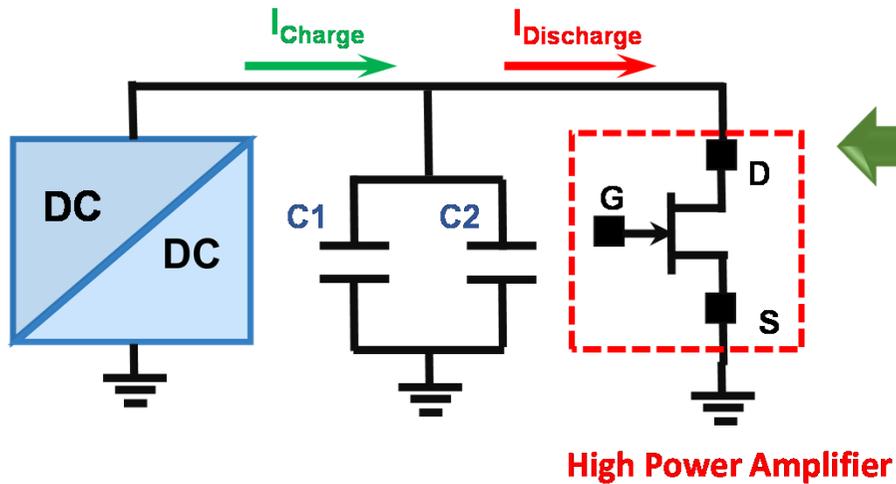


Centre Français Fiabilité

Alimentation DC/DC pour système RADAR



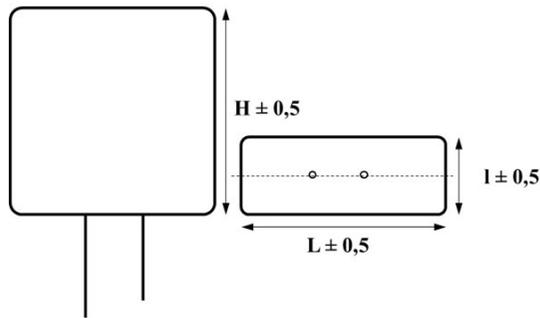
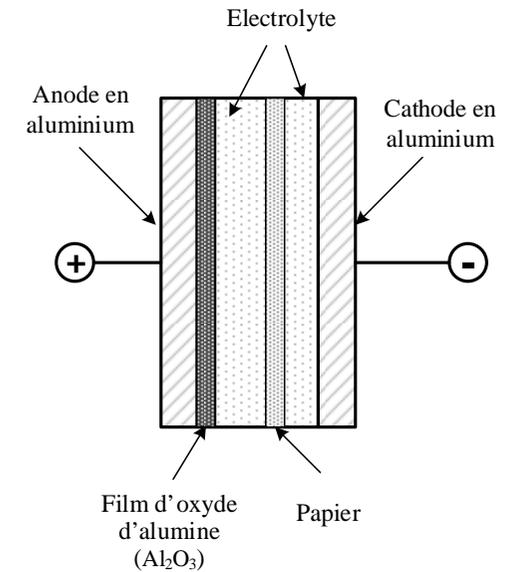
Chaque voie contient deux condensateurs électrolytiques à l'aluminium montés en parallèle



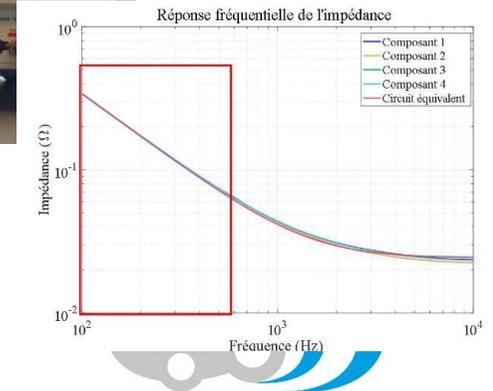
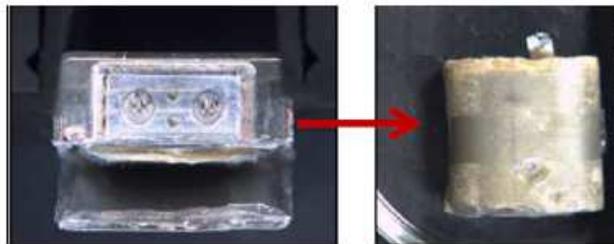
Condensateurs à électrolyte liquide

Circuit équivalent :

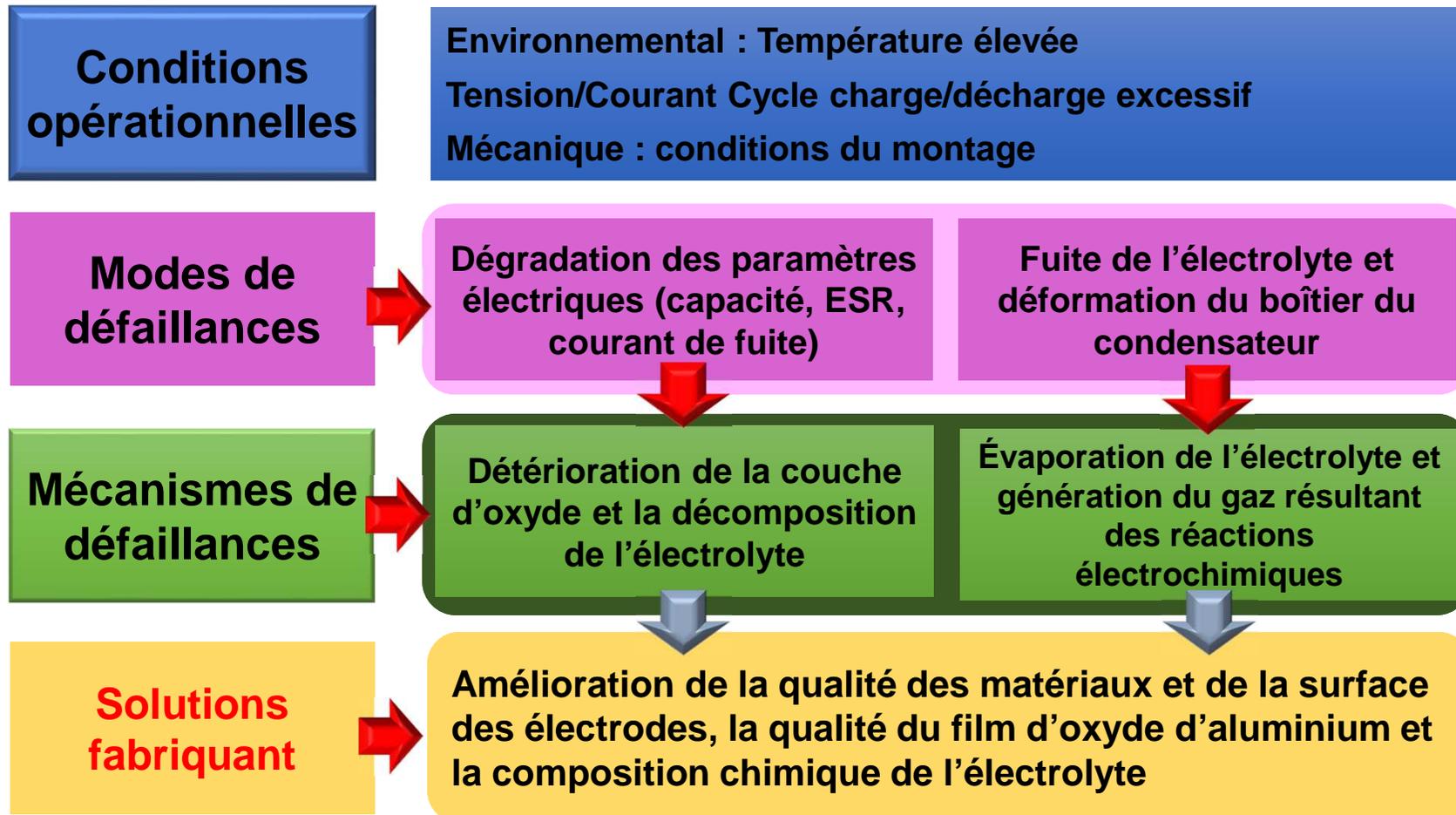
- Capacité;
- Résistance série équivalente (ESR);
- Inductance série équivalente (ESL) (quelques nH).



Longueur (L)	35 mm
Largeur (l)	16 mm
Hauteur (H)	35 mm



Fiabilité des condensateurs à électrolyte liquide



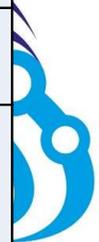
Vieillissement des condensateurs à électrolyte liquide

Types d'essai	Essais	Température	Tension	Rapport cyclique	Durée de l'essai	Nombre de composants vieillis
Thermique sur composants	HTS-1	102 °C	-	-	4080 h	5
	HTS-2	82 °C	-	-	5200 h	5
	HTS-3	150 °C	-	-	330 h	5
Thermo-électrique sur composants	CDC-1	102°C	0.86 x Un	LI %	3050 h	5
	CDC-2	82 °C	0.86 x Un	LI %	6200 h	5
	CDC-3	102 °C	0.86 x Un	CI %	3700 h	5
	CDC-4	102 °C	Un	LI %	4070 h	5
Thermo-électrique sur système	CE	82 °C	0.86 x Un	LI%	2700 h	16
Cycle « ON-OFF » sur système	CT	25 – 65°C	0.86 x Un	LI %	2500 cycles (en cours)	16

Un :
Tension
nominale

LI: longue
impulsion

CI : courte
impulsion



Essais de vieillissement sur composants



Centre Français Fiabilité

Banc expérimental des essais sur composants

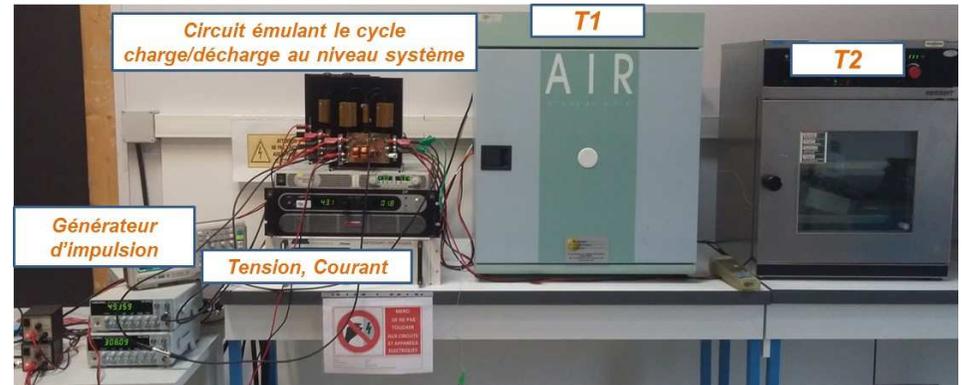
Essais thermiques



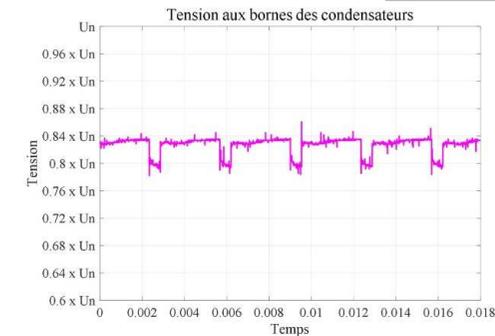
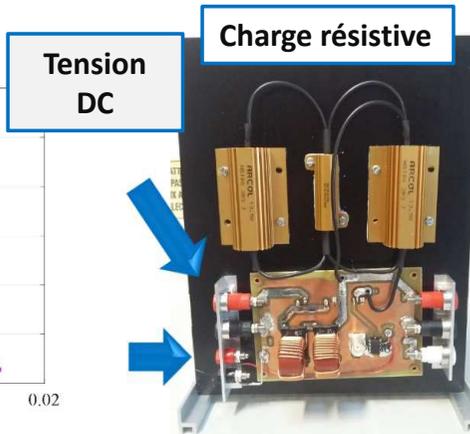
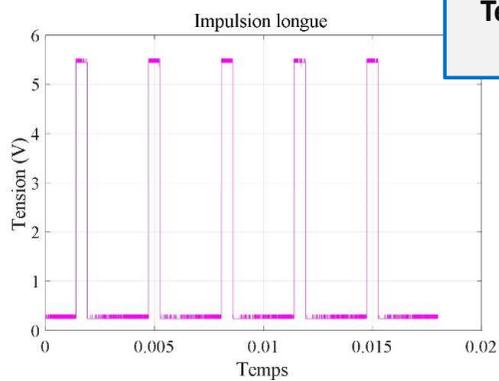
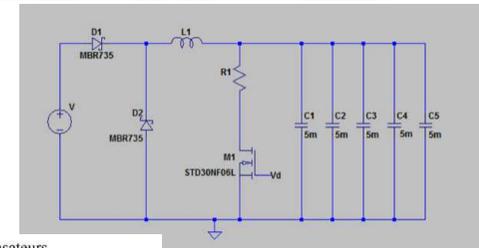
Condensateurs vieillis sans l'utilisation d'un dispositif électrique



Essais thermoélectriques



Condensateurs vieillis en utilisant un dispositif électrique émulant le cycle charge/décharge lors de l'émission RADAR



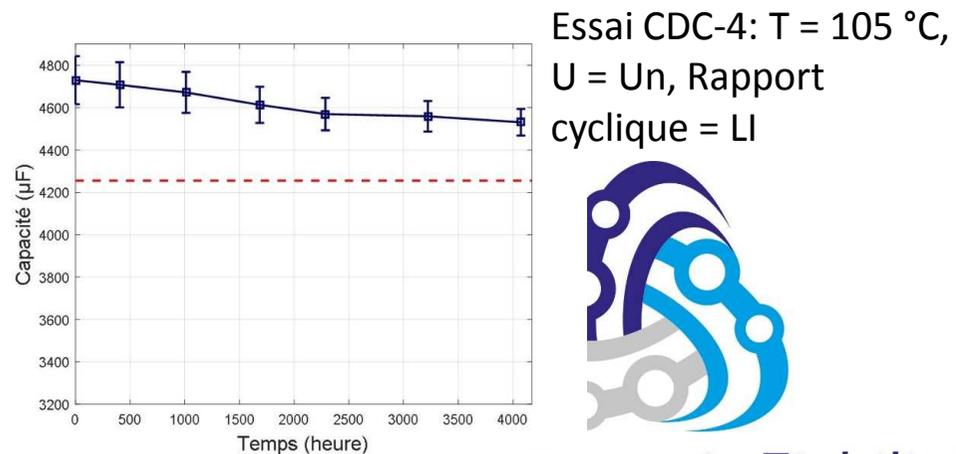
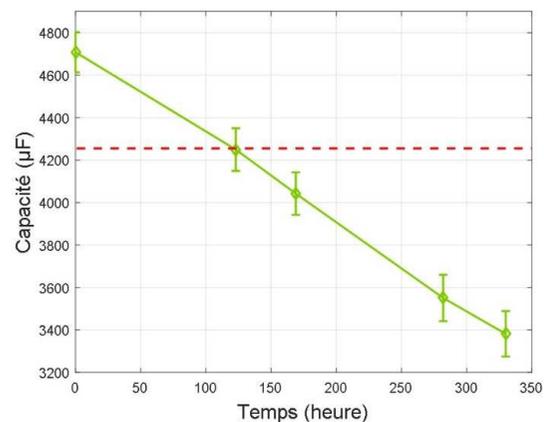
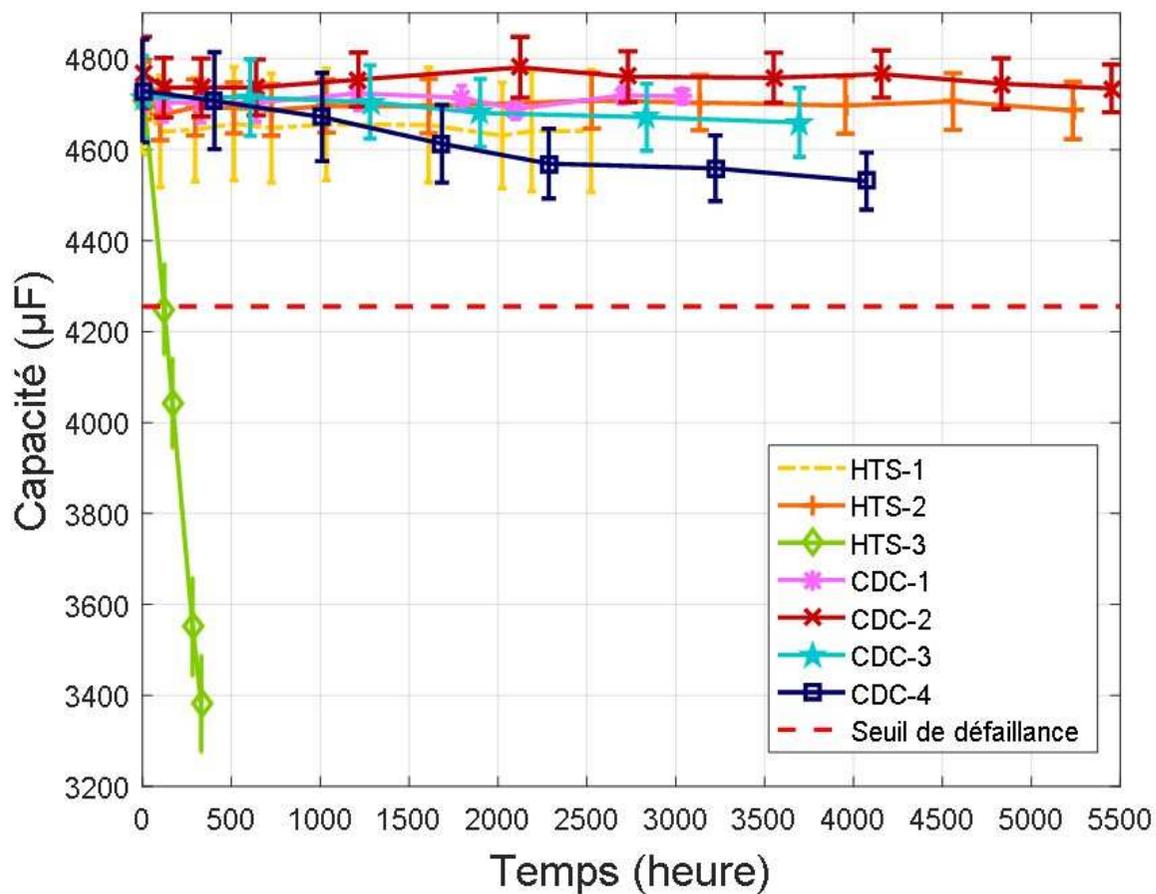
Caractéristiques monitorées durant les essais de vieillissement

- **Capacité**
- **Résistance Equivalente Série**
- **Largeur du boîtier**
- **Micro-tomographie aux rayons X**
- **Analyse physicochimique**

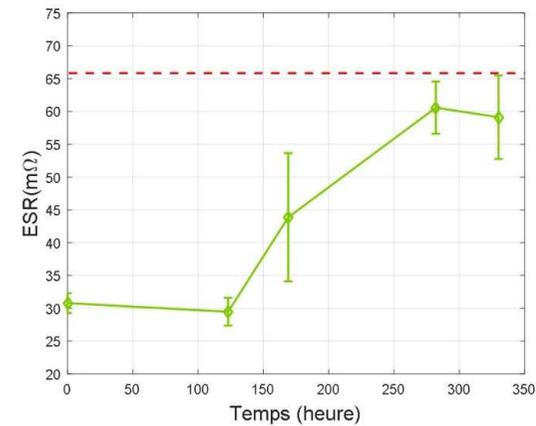
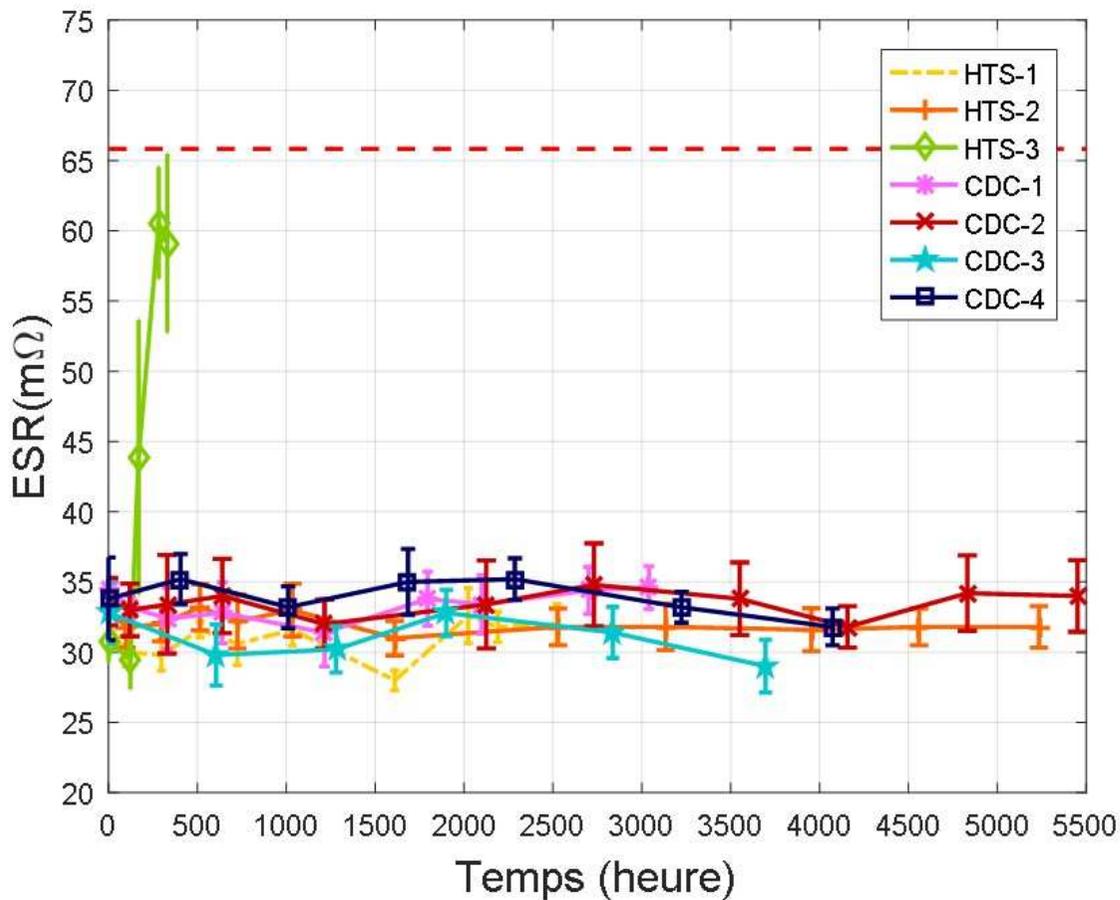


Centre Français Fiabilité

Evolution de la capacité



Evolution de la résistance équivalente série (ESR) @ 100 Hz

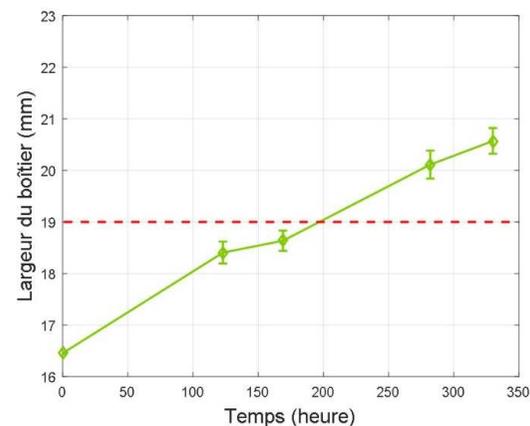
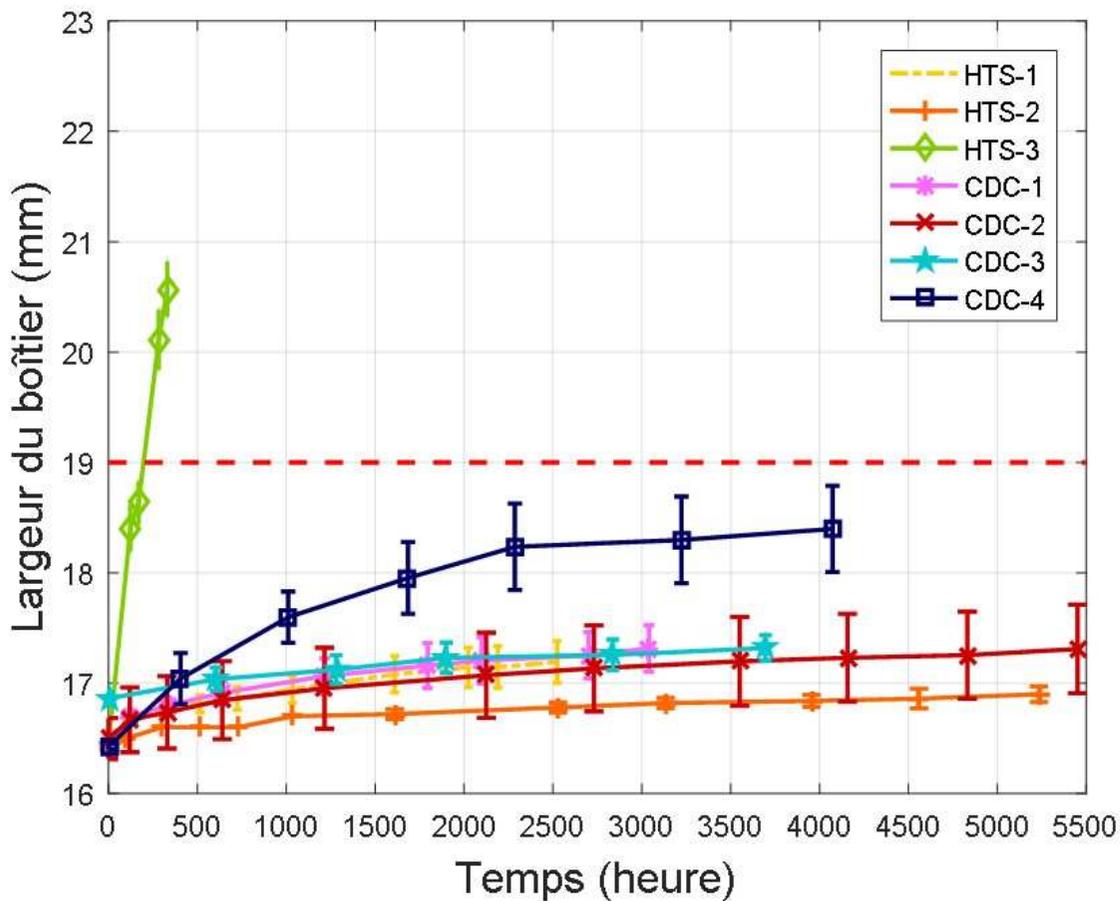


Essai HTS-3 : T = 150 °C,
U = 0V

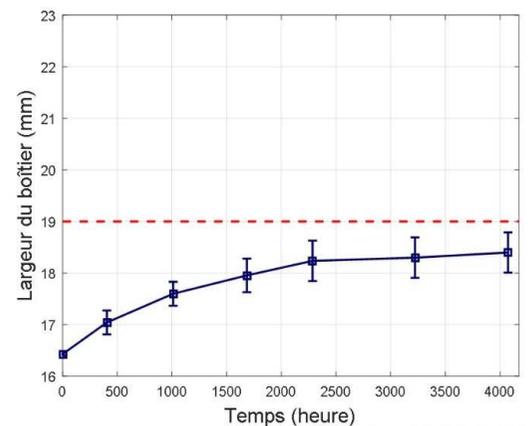


Centre Français Fiabilité

Evolution de la largeur du boîtier



Essai HTS-3 : $T = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$,
 $U = 0\text{V}$



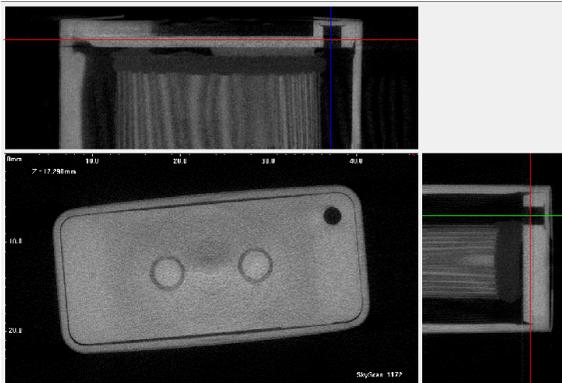
Essai CDC-4: $T = 105\text{ }^{\circ}\text{C}$,
 $U = U_n$, Rapport
cyclique = LI



Centre Français Fiabilité

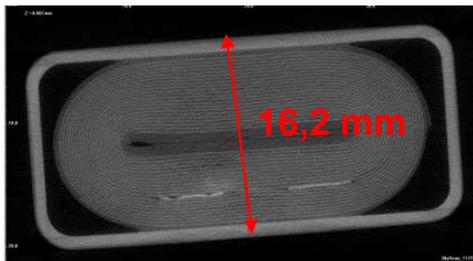
Micro-tomographie aux rayons X et inspections visuelles

- Design du boîtier : Composant **CDC-4-1**

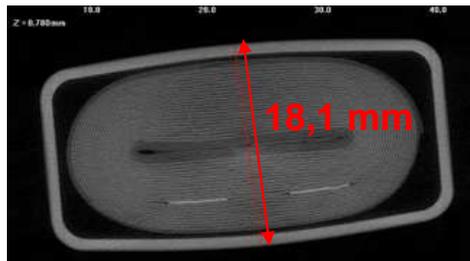


- Structure interne du boîtier avec et après vieillissement : Composant **CDC-4-1**

t = 0 h

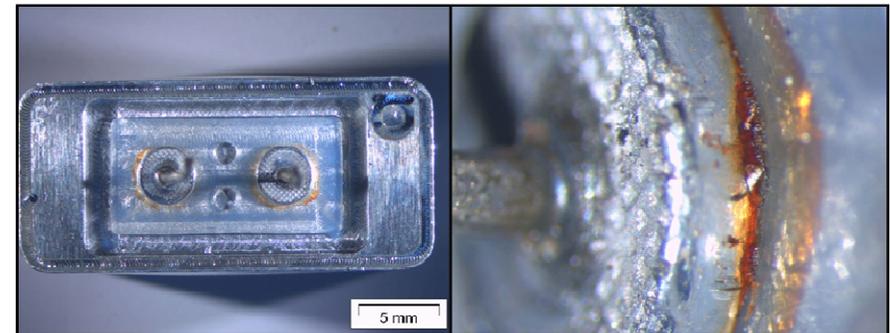


t = 2280 h



- Fuite de l'électrolyte :

- Composant CDC-1 – 2 @ t = 3000 heures
(T = 105 °C, U = 0.86 x Un , RC = LI)



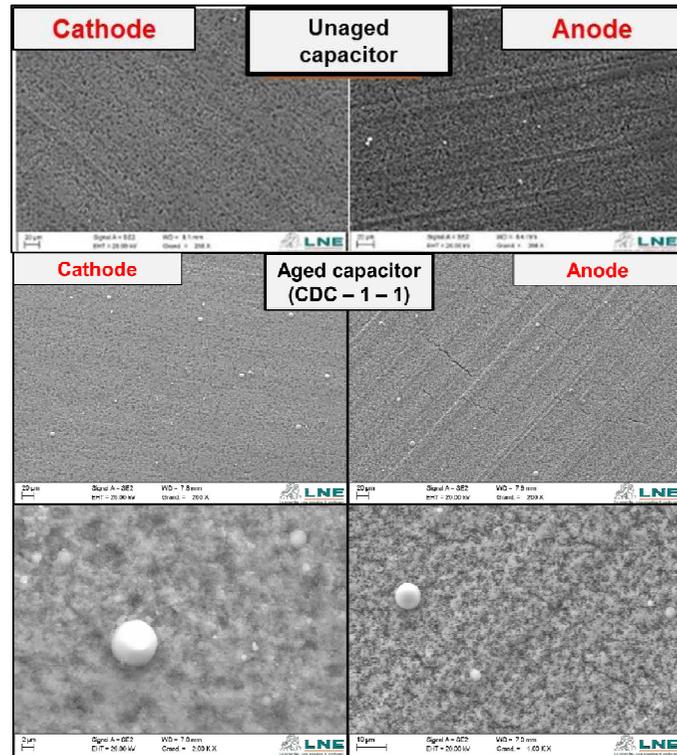
- Composant CDC-4- 2 @ t = 4100 heure
(T = 105 °C, U = Un , RC = LI)



Cent... bilité

Analyse physicochimique

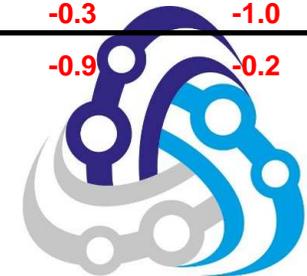
- Particule de phosphore : Processus de fabrication et vieillissement



déplacement chimique (ppm)	Sous-structures	HTS-1-1	CDC-1-2	CDC-4-2
4.23	A Molecule ⁽¹⁾	1.1	0.7	0.7
3.82	A Molecule ⁽¹⁾	0.2	0.3	2.0
3.4	A Molecule ⁽²⁾	-0.3	-0.5	-1.2
3.65	B Molecule ⁽²⁾	-0.3	0.2	1.8
2.43	B Alkane ⁽¹⁾	1.0	4.7	0.8
1.89	B Alkane ⁽¹⁾	1.1	1.0	1.8
4.13	D Molecule ⁽¹⁾	-0.7	-0.7	1.6
1.97	D Alkane ⁽¹⁾	1.1	1.1	1.3
3.69	Alkyl-COO-CH ₃ , O-CH ₂ -CH ₂ -O ⁽²⁾	-1.5	-3.1	-3.8
3.17	O-CH ₃ , N-CH ₃ ⁽²⁾	-0.1	-0.6	-1.4
3.12	O-CH ₃ , N-CH ₃ ⁽²⁾	0.0	-0.4	-1.1
2.33	Ar-CH ₃ ⁽²⁾	0.3	-0.3	-1.0
4.2	Non identifiée ⁽²⁾	-1.1	-0.9	-0.2

(1) : Sous-structures décomposées

(2) : Sous-structures formées



Centre Français Fiabilité

Modélisation de la dégradation des caractéristiques



Centre Français Fiabilité

Modélisation de l'évolution de la largeur du boîtier

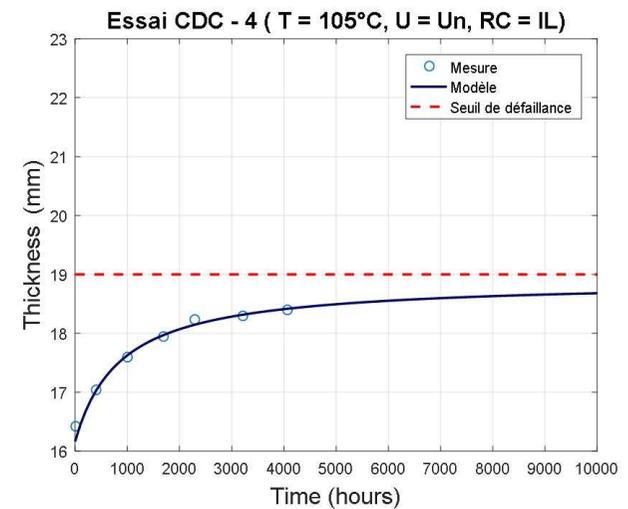
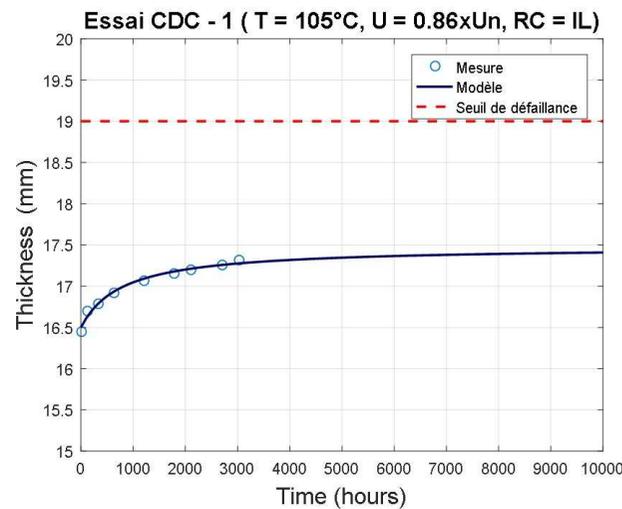
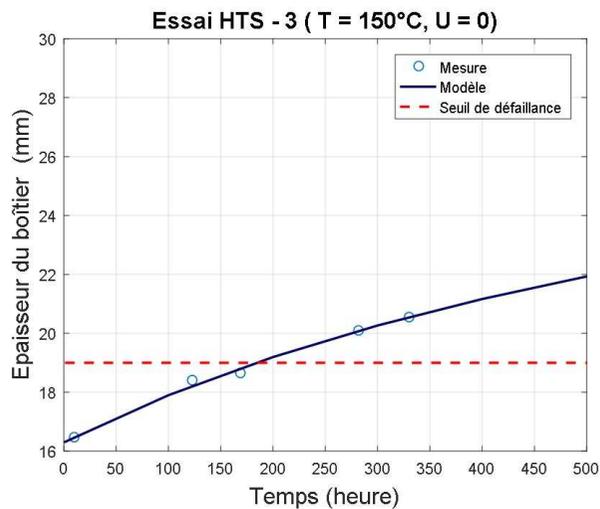
$$l(t) = \frac{t \times l_1 + l_2}{t \times l_3 + 1}$$

l = largeur du boîtier en mm ;

t = temps de de vieillissement en heures ;

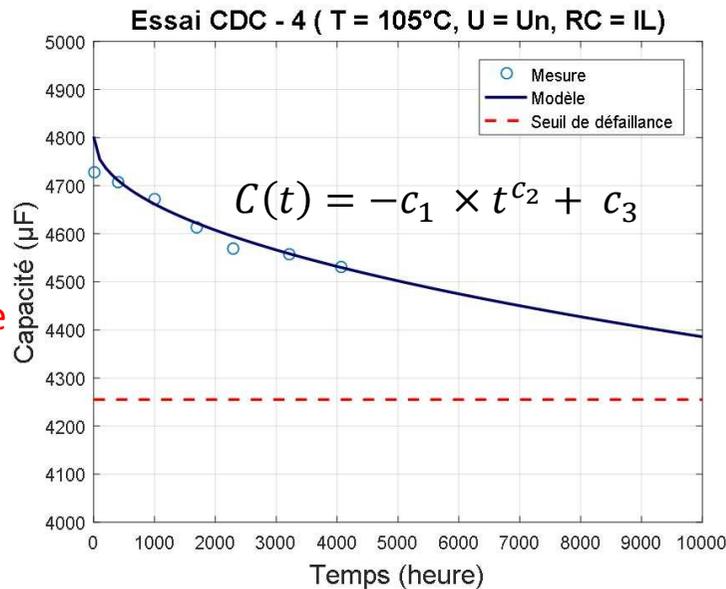
l_i = constantes dépendantes des dimensions du composant et des conditions d'essai.

Essai	l_1 (mm/h)	l_2 (mm)	l_3 (h ⁻¹)	RMSE (mm)
HTS - 3	0.021	16.16	0.0011	0.1
CDC -1	0.022	16.5	0.0130	0.03
CDC - 4	0.03	16.3	0.001	0.1



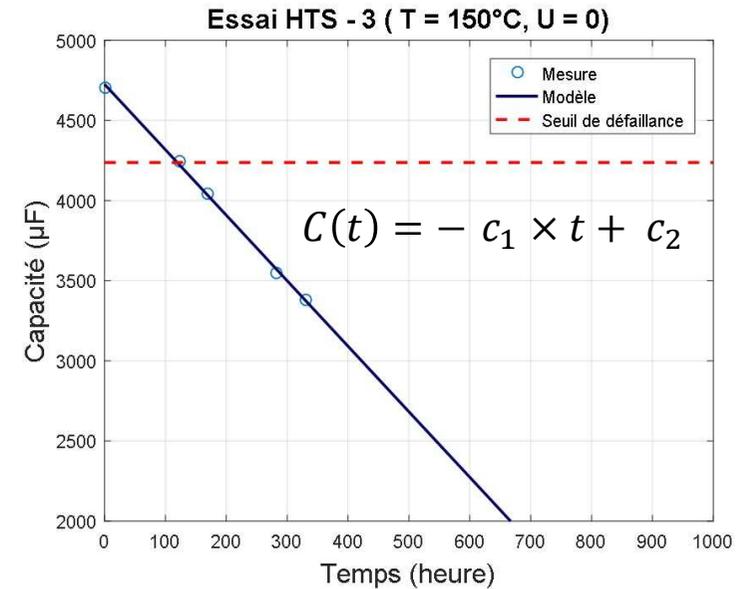
Modélisation de l'évolution de la valeur de la capacité

Modèle en puissance ½ :
Réactions chimiques au niveau de l'oxyde [Wagner]



Essai	c_1 (µF/h)	c_2	c_3 (µF)	RMSE (µF)
CDC - 4	5.362	0.47	4802	29

Modèle linéaire:
Détérioration de la couche d'oxyde

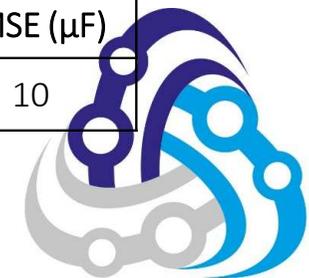


Essai	c_1 (µF/h)	c_3 (µF)	RMSE (µF)
CDC - 4	4	4726	10

C = valeur de la capacité en µF ;

t = temps de de vieillissement en heures ;

c_i = constantes dépendantes du composant et des conditions de test.

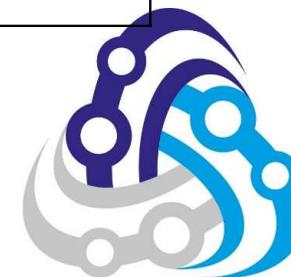


Centre Français Fiabilité

Durée de vie des condensateurs

Essai HTS-3 (T = 150 °C)		
Composant	Fin de vie par rapport à C (heures)	Fin de vie par rapport à largeur du boîtier (heures)
HTS-3-1	139	209
HTS-3-2	134	170
HTS-3-3	122	192
HTS-3-4	116	155
HTS-3-5	103	180

Essai CDC-4 (T = 105°C , U = Un, RC = LI)	
Composant	Fin de vie par rapport à C (heures)
CDC-4-1	16682
CDC-4--2	18330
CDC-4--3	14827
CDC-4--4	11148
CDC-4--5	10464



Merci de votre attention



Centre Français Fiabilité