

CONSTRUISONS **ENSEMBLE**
LA DÉFENSE DE DEMAIN

NORMANDY RELIABILITY TECHNOLOGY WORKSHOP

KEYNOTE

·
*'LES ACTEURS DE LA FIABILITÉ EN
FRANCE'*

Christian Moreau
Senior expert
DGA Maitrise de l'Information



PLAN DE LA PRESENTATION

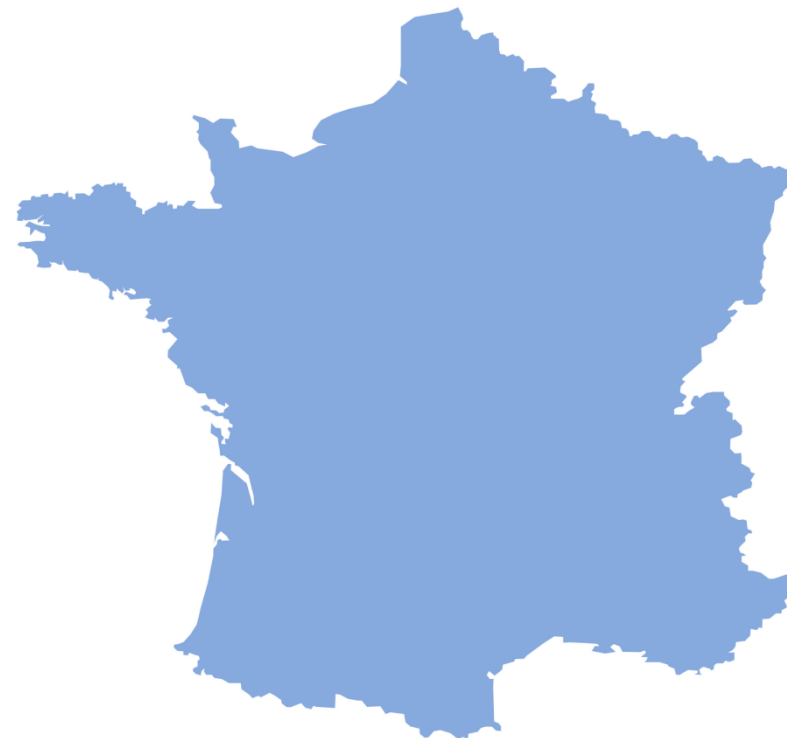
- **Introduction**
- **La fiabilité vue au travers du prisme des fabricants**
- **La fiabilité vue au travers du prisme des équipementiers**
- **La fiabilité axe de recherche académique**
- **Conclusions**

1. INTRODUCTION



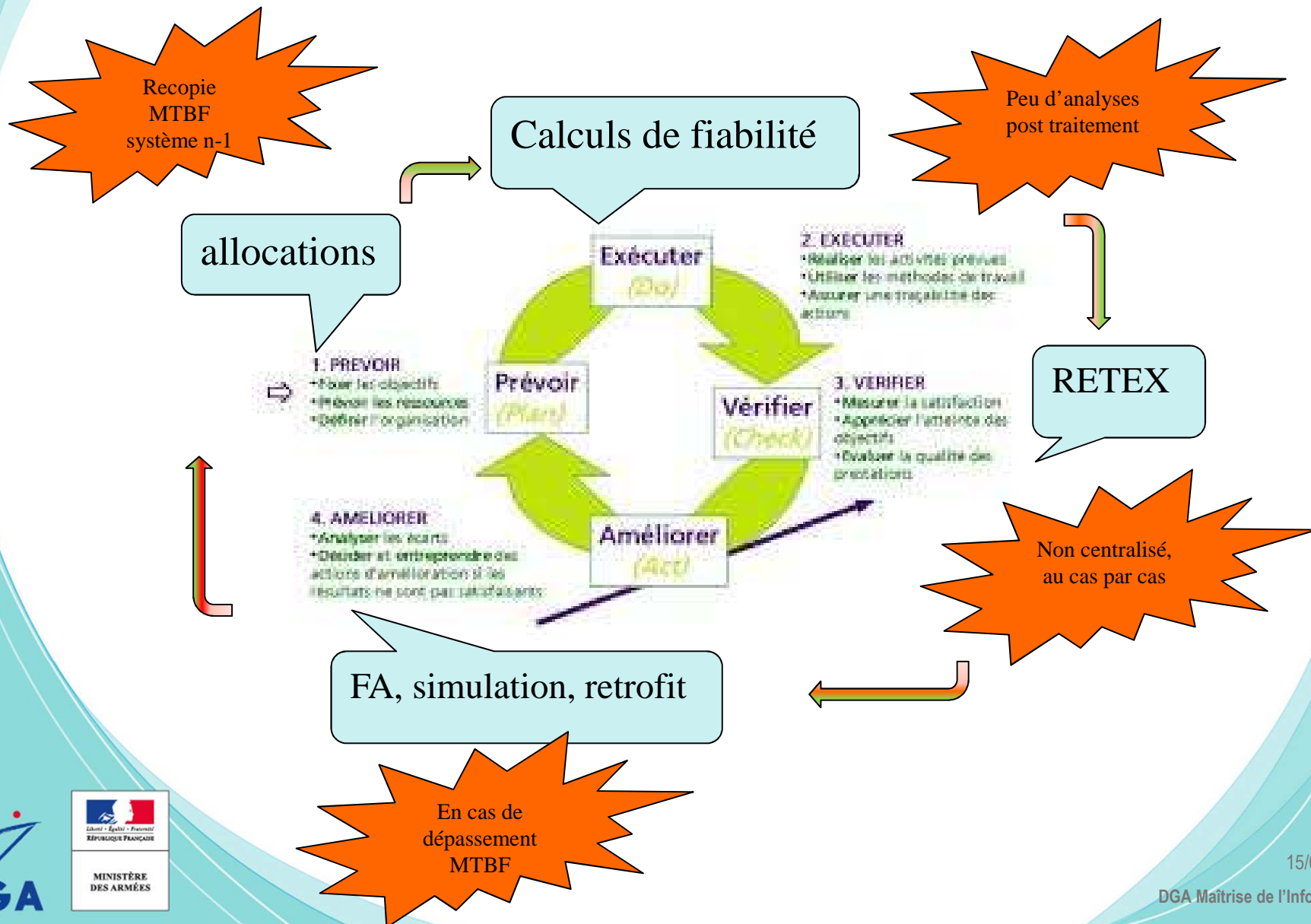
PANORAMA FRANCAIS

- Autour des grands **centres d'électronique**
- Mais aussi **diffus** sur tout le territoire (sociétés de services, académiques)
- **Polymorphique** : du concepteur aux services de maintenance en passant par la recherche, la SDF
- **Approche pluridisciplinaire** (mécanique, chimie, maths, physique, électronique , facteurs humains...)



Enjeux : comment créer un écosystème de la fiabilité robuste, efficient et au service de tous ?

APPLICATION DE LA ROUE DE DEMMING À LA FIABILITÉ ET SES LIMITATIONS ACTUELLES - EXPÉRIENCE DGA



2. LA FIABILITÉ VUE AU TRAVERS DU PRISME FABRICANT

(FIABILITÉ INTRINSÈQUE)

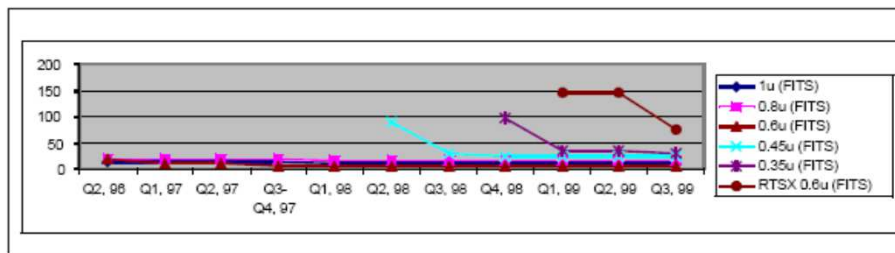
LE TAUX DE DEFAILLANCES VU PAR LES FABRICANTS (WORLDWIDE - FRANCE)

Compilation de données de qualification :

- 0 défaut, 1000h ,
- Dépend du nombre d'heures composants cumulés (pas d'exigences dans les référentiels JEDEC 85, 143,122,... ou IEEE 1413)
- Pénalise les technologies en cours d'introduction et les petits fondeurs

FIT Rates →

Time Period	Q2'96	Q1'97	Q2'97	Q3/Q4'97	Q1'98	Q2'98	Q3'98	Q4'98	Q1'99	Q2'99	Q3'99	Q4'99	Q1'00
1μ (FITS)	13.87	13.37	13.29	12.9	10.9	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	9.43	9.43
0.8μ (FITS)	20	19	19	18.5	16.8	16.6	15.6	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	14.77
0.6μ (FITS)	18	12.11	10.87	5.75	5.68	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.36	5.01	4.85
0.45μ (FITS)						90.4	30	25	25	23.53	23.53	23.53	16.36
0.35μ (FITS)								96	35	35	29.2	29.2	22.51
RTSX 0.6μ (FITS)									145	145	74.6	74.7	36.18
0.25μ (FITS)									145	145	74.6	74.7	112.33



FIT Rates

LA DUREE DE VIE VUE PAR LES FABRICANTS (WORLDWIDE-FRANCE). CAS DES DSM

- **Concept WLR (Wafer Level Démonstration à partir de PCM (Pattern Control Monitor) suivant les standards JEDEC (122,118...).**
 - Chaque mécanisme d'usure identifié séparément (TDDB, HCI, BTI, EM ...)
 - Validation de la bibliothèque de cellules pire cas (T, corner lots) : 10 ans par exemple, 100% activité pour chaque nœud, 0,1% de défaillance.
 - Data pack complet confidentiel . Extrait public.
 - Possibilité de conception de circuits avec bibliothèque 'vieillie' intégrant les dérives paramétriques
 - Monitoring périodique et cartes de contrôles associées (%extrinsèque / courbe de Weibull)

- **Loi d'Arrhenius déduite des essais sur transistors de test non valide au niveau circuit**

Exemple Asics

- **Loi d'Eyring déduite des essais sur oscillateurs en anneaux non confirmée à ce jour**

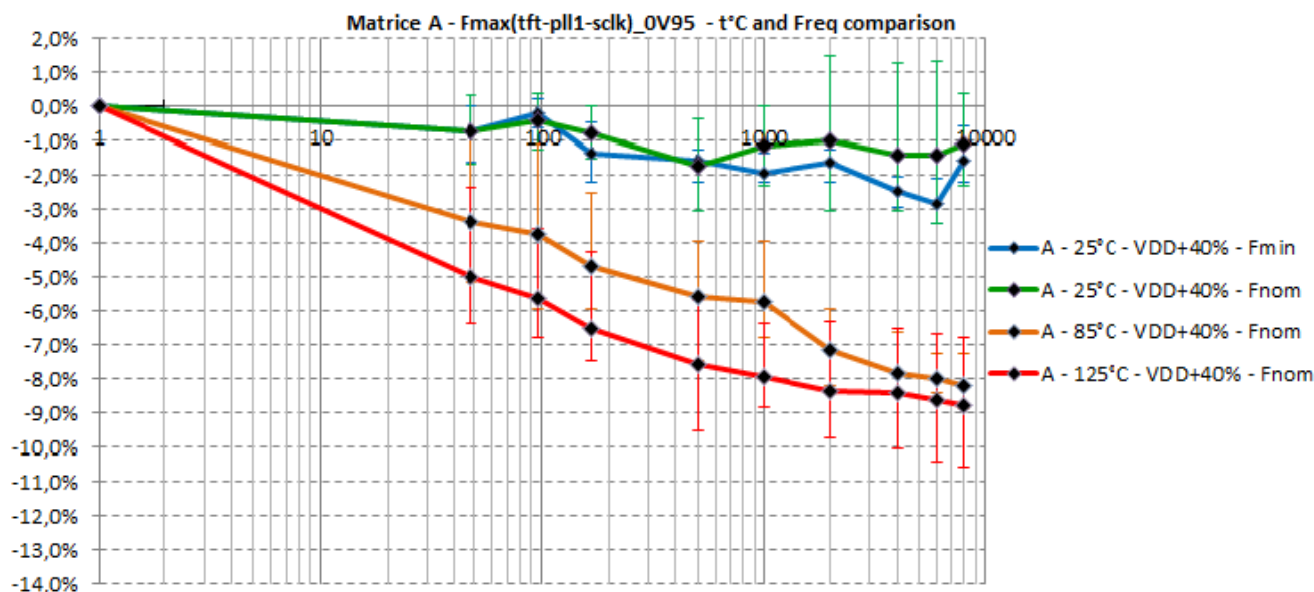
Exemple Asics 2

Equipementier

LIMITATION DE LA LOI D'ARRHENIUS SUR ASICS CONÇUS EN FRANCE

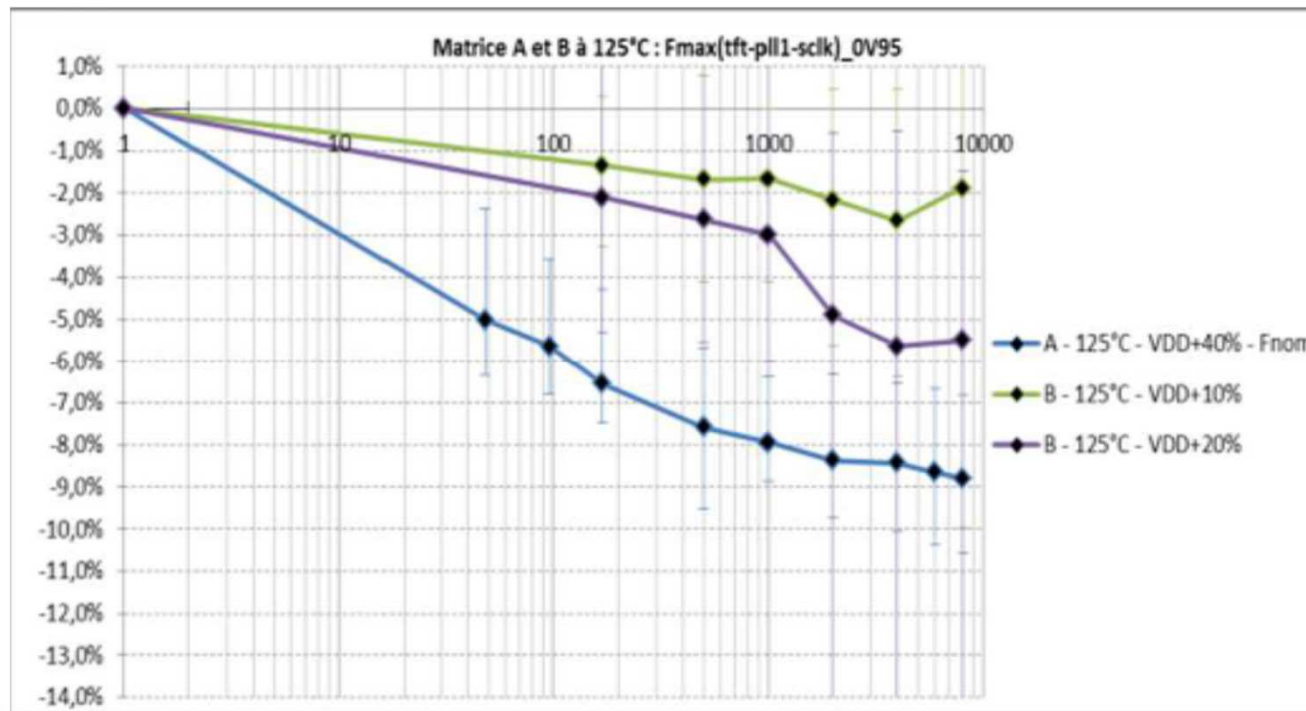
- Test longue durée (24 mois, 12 mois acquis)
- Energies d'activation \neq suite extraction 25°C/85°C et 85/125°C

$E_a = [1,5 \text{ eV} - 0,4 \text{ eV}]$ versus 0,9 eV (constructeur), loi complexe en fonction du temps



LIMITATION DE LA LOI D'EYRING SUR ASICS

- Test longue durée (24 mois, 12 mois acquis)
 - Coefficient $n \neq$ suite extraction 1.1/1.2 VDD et 1.2/1.4 VDD
- $n = [47 - 23]$ versus 13 (constructeur), variation temporelle complexe



source : Thales TCS

durée de vie

10

15/06/2017

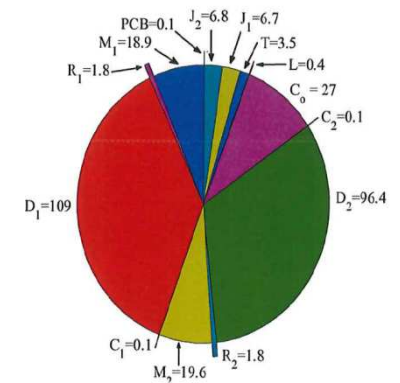
DGA Maîtrise de l'Information

3. LA FIABILITÉ AU TRAVERS DU PRISME EQUIPEMENTIER

(FIABILITÉ EXTRINSÈQUE)

VISION DGA - SYNTHÈSE SUR 20 ANS D'ACTIVITÉ EN FRANCE

- Un modèle prévisionnel, quelle que soit sa qualité, reste un modèle entaché d'une **incertitude largement supérieure** aux incertitudes habituelles de l'électronique.
- Un modèle prévisionnel est **auto suffisant pour comparer des architectures** entre elles mais pas pour calculer avec précision le nombre de rechanges pendant toute la durée de vie d'un programme (RETEX obligatoire les premières années).
- **FIDES** est un modèle largement plus réaliste que la MIL HDBK mais possède ses propres limitations (composants émergents, impact électrique des On/Off ...)
- **Le travail du fiabiliste** commence lorsque le logiciel a délivré le taux de défaillance systèmes (analyse par contributeurs, par phase, pareto composants).
- La **déclinaison du profil de vie système** au niveau de ses sous ensembles est essentielle (stress thermomécaniques...)
- **La cohérence des calculs** doit être assurée tout au long de la chaîne industrielle



L'imprécision des modèles diminue avec le nombre de composants

COMPARAISON TAUX DE DÉFAILLANCES PREVISIONS / RETEX FRANÇAIS (1)

FAMILLE	λ_0 FIDES	Cumuls pannes et heures composants		FAMILLE REX					Validité du REX	Ratio REX/Lambda
		Nb pannes comp	Heures de fonctionnement composants	Lambda min 90%	Lambda min 80%	Lambda 50%	Lambda max 80%	Lambda max 90%		
ASIC	1,079	5	6 770 140 278	0,338	0,412	0,764	1,276	1,453	REX non utilisable	
CI microprocesseur	0,668	10	5 259 289 715	1,173	1,335	2,029	2,929	3,225	REX exploitable	+ 3
CI Programmable	0,714	18	8 996 470 924	1,383	1,520	2,075	2,752	2,967	REX exploitable	+ 2,9
CI mémoire	0,283	21	18 280 081 074	0,815	0,889	1,185	1,542	1,654	REX exploitable	+ 4,2
CI numérique et d interface	0,088	7	73 535 356 677	0,049	0,058	0,097	0,152	0,170	REX non utilisable	
CI analogique et de puissance	0,427	36	92 891 204 763	0,292	0,312	0,389	0,478	0,506	Bon REX	- 1,1
Diode	4,089	11	403 449 296 199	0,017	0,019	0,029	0,041	0,045	REX exploitable	- 141,4
Transistor	0,047	18	114 623 050 835	0,105	0,116	0,159	0,211	0,228	REX exploitable	+ 3,4
Optoelectronique	0,031	3	6 210 373 834	0,220	0,281	0,591	1,076	1,249	REX non utilisable	
Piezoélectrique	4,765	4	5 309 012 509	0,371	0,458	0,880	1,506	1,724	REX exploitable Tf	- 5,4
Résistance fixe & variable	0,026	9	701 961 143 862	0,007	0,008	0,013	0,019	0,021	REX exploitable Tf	- 2
Potentiomètre	0,413	4	2 038 431 429	0,967	1,193	2,291	3,921	4,490	REX non utilisable	
Condensateur	0,161	42	752 891 884 784	0,044	0,046	0,057	0,069	0,072	Bon REX	- 2,8
Fusible	0,143	5	1 052 053 578	2,484	2,996	5,390	8,816	9,993	REX non utilisable	
Inductance & transformateur	0,078	15	76 624 392 788	0,126	0,140	0,198	0,270	0,294	REX exploitable	+ 2,5
Relais	49,045	2	1 950 673 251	0,419	0,565	1,371	2,728	3,227	REX exploitable Tf	- 35,8
Interrupteur/Commutateur	1,126	6	14 006 934 488	0,210	0,251	0,440	0,707	0,798	REX exploitable Tf	- 2,6
Connecteur	0,677	31	19 121 842 067	1,218	1,307	1,656	2,062	2,188	Bon REX	+ 2,4
CI Hyper-fréquence et RF	2,179	4	15 578 735 433	0,107	0,134	0,268	0,471	0,543	REX exploitable Tf	- 8,1
PCB	7,000	17	7 893 424 257	1,474	1,624	2,238	2,991	3,230	REX exploitable	- 3,1
Carte COTS	212	15	45 782 015	219,212	243,224	342,229	465,082	504,502	REX exploitable	+ 1,6
Ecran LCD (TFT, STN)	7547	16	127 574 351	84,908	93,876	130,652	175,988	190,486	REX exploitable	- 57,8
CRT moniteur	3798	2	4 510 126	181,301	244,354	592,902	1180,083	1365	REX exploitable Tf	- 6,4
Disque dur	196	4	1 680 612	1172	1447,444	2779,291	4756	5446	REX non utilisable	
Convertisseur de tension	28,789	15	948 621 448	10,580	11,738	16,517	22,446	24,348	REX exploitable	- 1,7
Pile, Batterie lithium et nickel	0,306	2	2 104 817	388,486	523,592	1270,448	2528,638	2991	REX non utilisable	
Ventilateur	100	4	115 610 871	17,041	21,041	40,402	69,142	79,175	REX exploitable Tf	- 2,5
Tube	3798	3	535 586	2551	3257,686	6856,162	12473	14476	REX non utilisable	
Dispositif tournant	100	0	5 560 158	9,225	18,949	124,663	414,122	538,785	REX non utilisable	
Lampe	0,409	1	6 734 178	52,770	78,972	249,228	577,609	704,446	REX non utilisable	
Filtre électronique	0,382	4	4 066 725 301	0,484	0,598	1,149	1,966	2,251	REX non utilisable	
Compteur, panneau	2,154	1	1 253 032 040	0,284	0,424	1,339	3,104	3,786	REX non utilisable	
Clavier	12,000	0	4 628 151	11,083	22,765	149,768	497,517	647,285	REX non utilisable	
Fonction passive RF HF	0,633	2	3 764 812 417	0,217	0,293	0,710	1,414	1,672	REX non utilisable	

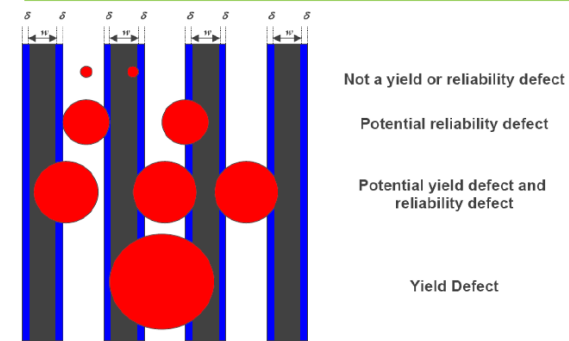
COMPARAISON TAUX DE DÉFAILLANCES PREVISIONS / RETEX FRANCAIS

(2)

Armées	équipement	MTBF REX / MIL	MTBF REX / FIDES
Marine	A	5,2	3,3
	B	2,1	1,1
	C	1,4	0,9
	D	1,4	1,0
Air	E	4,8	1,2
Terre	F	12,4	2,2
Air	G	2,4	0,7
	H	4,1	0,8
Air	I	2,5	1,3
	J	1,4	0,6

- Les deltas proviennent de lots Maverick, de sensibilité de la conception mais aussi de **l'impact non mesurable de la maturité des process sur la fiabilité.**

Yield and Reliability Defects



source : F. Davenel (DGA MI) PEA REX (Thales MBDA ...)

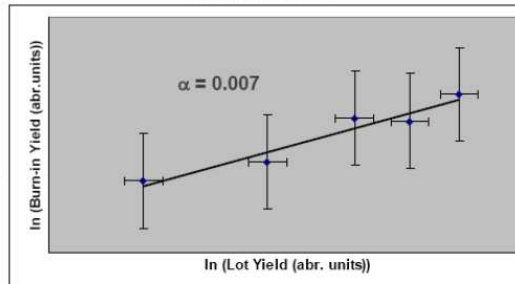
source : AGERE Systems

For random defects

$$Y_R = Y_0 e^{-\alpha D_{yield}^A} = Y^\alpha$$

$$\log(Y_R) = \alpha \log(Y)$$

512K SRAM

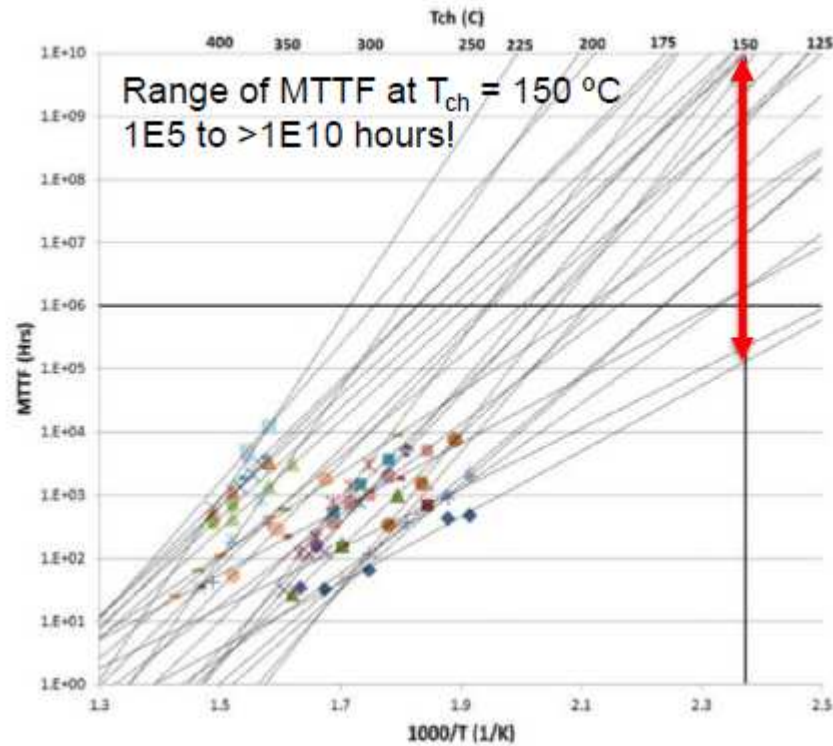


4. LA FIABILITÉ, AXE DE RECHERCHE ACADEMIQUE

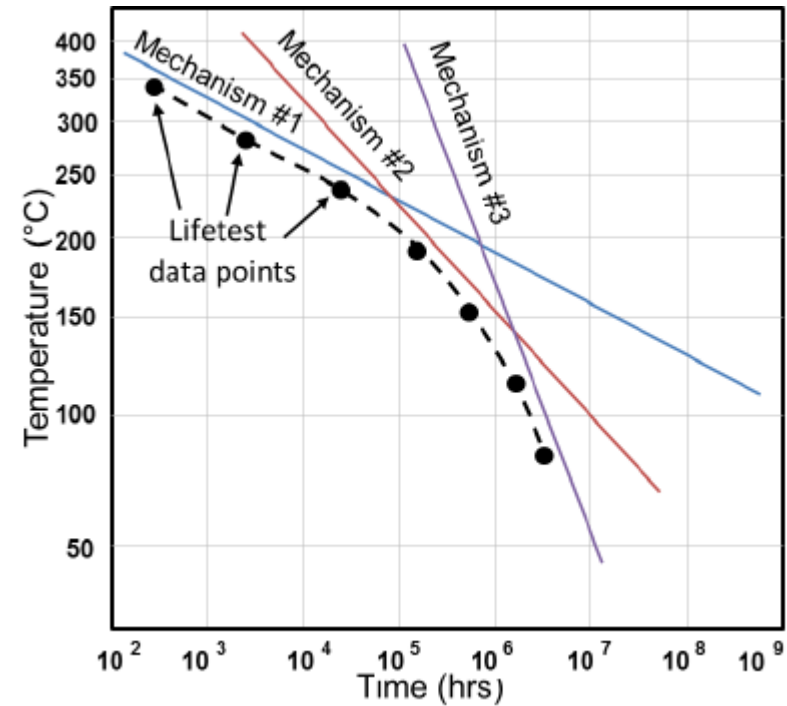


EXEMPLES DES TECHNOLOGIES GaN (1)

- Pas de consensus sur la fiabilité du GaN au niveau mondial



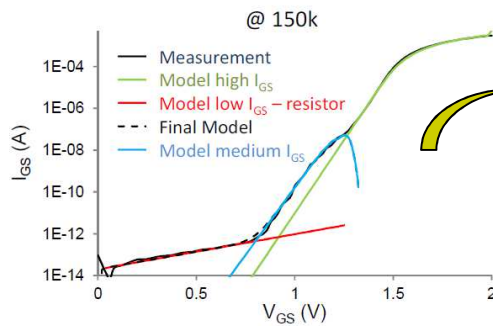
source : Université de Parme



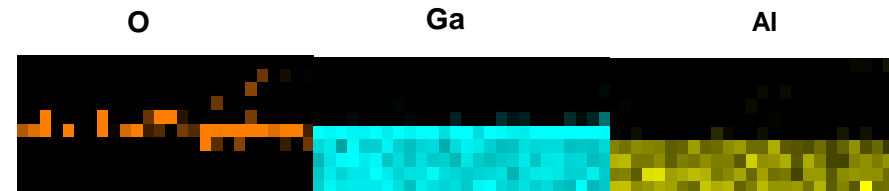
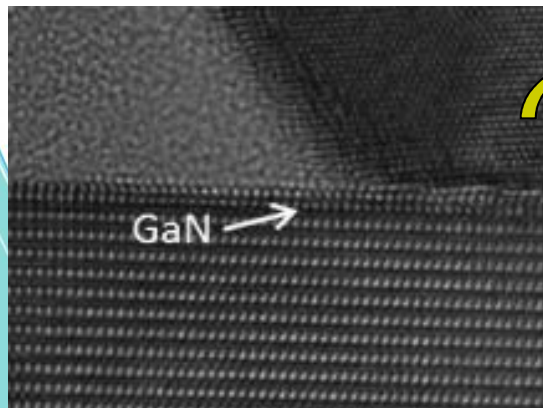
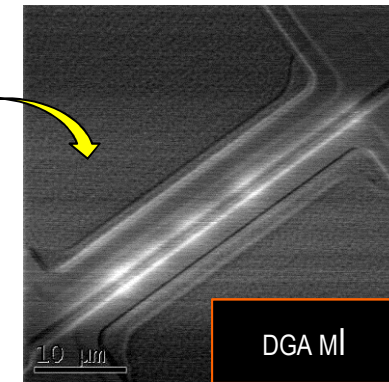
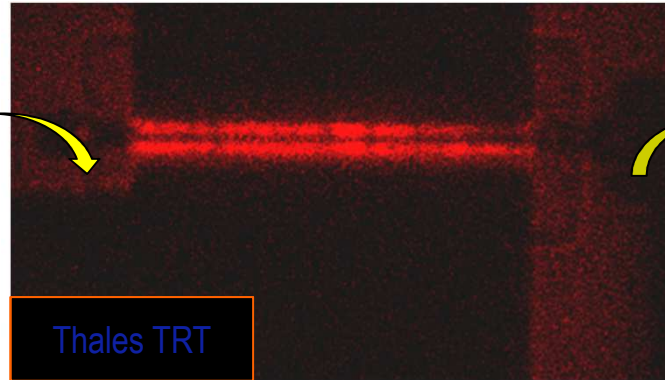
source : IROCS 2017 (HRL)

EXEMPLES DES TECHNOLOGIES GAN EUROPÉENNES (2)

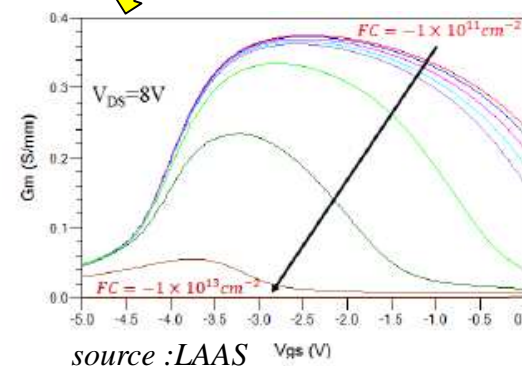
- Nécessité absolue de coupler caractérisation électrique fine, analyse de défaillance à ultra haute résolution et simulation physique (TCAD).



source : LAAS



source : SERMA / DGA



5. CONCLUSIONS

MATRICE SWOT – FIABILITÉ EN FRANCE

● Forces :

- Niveau d'expertises des différents acteurs industriels, académiques,...
- Bon niveau d'investissements machines (PoF)
- Leadership
- Position de France/Europe

● Faiblesses

- Acteurs dispersés
- Multiplication des réseaux d'excellence (IMDR, GaNEX, CFF, ANADEF, IRT, NAE.....).
- Sources de financements parfois difficiles à convaincre
- Base de données non partagées
- Marketing fiabilité déficient
- Peu de modèles pour les passifs

● Opportunités :

- Renforcer le travail en réseau
- Renforcer le travail au niveau européen
- Pronostic (rebouclage HUMS)
- Inclure des modules de formation fiabilité dans tout cursus d'ingénieur.

● Menaces :

- Compétences clés détenues par quelques personnes (turnover....)
- Fiabilité dépendant de plus en plus de l'architecture électronique, difficilement accessible par les sociétés de service
- Marges réduites sur les DSM
- Complexité des mécanismes requérant une masse critique d'experts.