



Classification des éléments de fiabilité sur la technologie de transistor GaN à partir de documents de recherche

Projet Industriel 2011/2012

Soutenu par: Hyannick MIZELET, Najib EL AJJANI, Quentin CHIFFOLEAU
Tuteur ISTIA: Mr Alain BARREAU
Tuteur entreprise: Mr Hichame MAANANE

Sommaire

I – Présentation du groupe THALES

II – Le contexte du projet

III – Processus organisationnel

IV – Démarche de fiabilité

V – Conclusion



I - Présentation du groupe Thales

Au cœur des enjeux de la mondialisation.

Un monde de plus en plus ouvert.

- Mobilité des personnes.
- Flux croissant des capitaux, des biens, des services et des données.
- Rôle critique des réseaux.

Un monde plus complexe et plus vulnérable.

- Nouvelles menaces: terrorisme, conflits, cybercriminalité, etc.
- Nouveaux risques systémique: interconnexion croissante des économies des réseaux.

Un besoin croissant de sûreté et de sécurité des Etats, des opérateurs d'infrastructures et des citoyens.

Leader technologique au service de la sûreté et de la sécurité

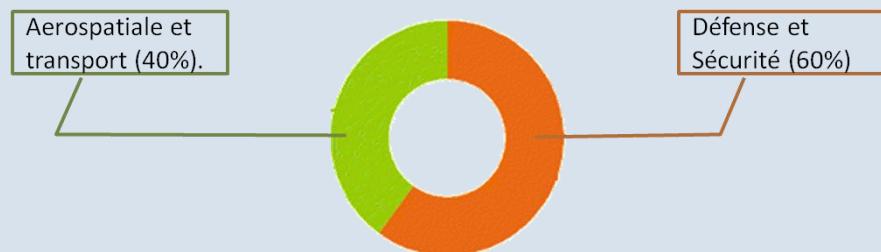
Une entreprise mondiale de 68000 personnes et 12,9 milliard € de revenus.

- Solutions pour aider les clients.
 - Fiabiliser et sécuriser.
 - Surveiller et contrôler.
 - Protéger et défendre.



Deux grands domaines principaux.

- Aérospatiale et le transport
- Défense et sécurité



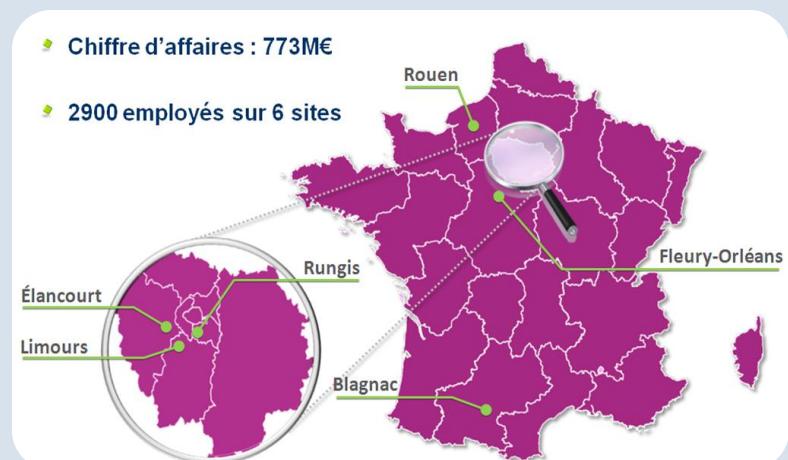
La Filiale Thales Air Systems

Fusion Thales Air Defence & Air Traffic Management (2007)

- Contrôle du traffic aérien
- Elaboration des systèmes d'armes de défense anti-aérienne.
- Elaboration des radars de surface.
- Elaboration d'équipements d'électronique de missile.
- Le soutien et le service client associé.

La Filiale dispose de

- 2900 employés.
- Six sites de production



- Systèmes de gestion du trafic aérien.
- Systèmes d'aide à la navigation.
- Radars civils.
- Radars de champ de bataille.
- Radars de surveillance navale et terrestre.

N°1
MONDIAL

Thales Air Systems dispose:

- 200 Centres ATM (Air Traffic Management).
- 640 radars de surveillance aérienne dans 85 pays.
- 10000 systèmes d'aide à la navigation et à l'atterrissement dans 180 pays.
- 320 radars de défense aérienne dans 26 pays.
- 350 radars de défense navale dans 27 pays.

Différents types de radars.

Surveillance du trafic aérien.



RSM 800



RSM 850



Star 2000 RSM 970

Surveillance et défense aérienne.



Radar JYL-13-D



Ground Master 400



Ground Master

Surveillance des frontières et du littoral.



HA 100



HA 100



Arabel

Surveillance navale et de maîtrise du feu.



SMART-S



CVF-207-CS



SMART -S

II- Le contexte du projet

Présentation du radar



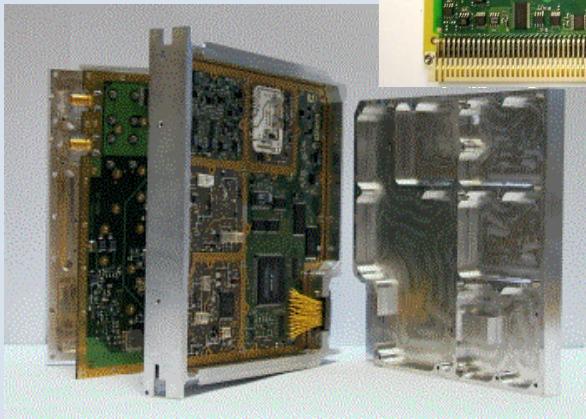
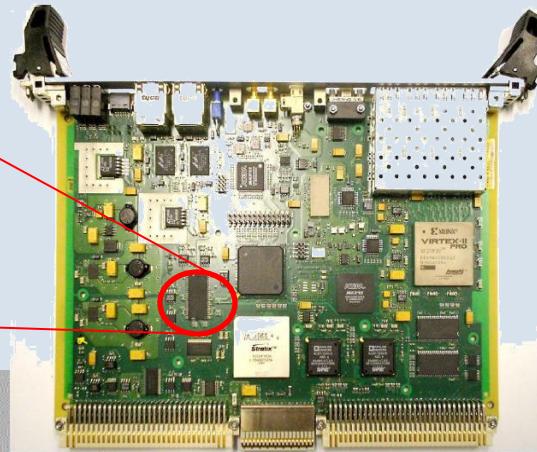
Secondaire IFF

- Identifier les aéronefs "amis" ou "ennemis".

Primaire PSR

- Déetecte tout objet volant

L'amplificateur HPA dans le radar



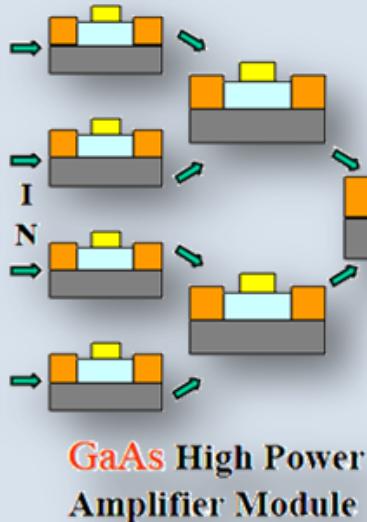
La technologie Gallium Nitride (GaN)

- Forte puissance
- Haute fréquence
- Haute densité d'énergie
- Large bande passante
- Résistance aux températures élevées
- Fréquence de commutation rapide
- Haute tension de claquage
- Rendement élevé

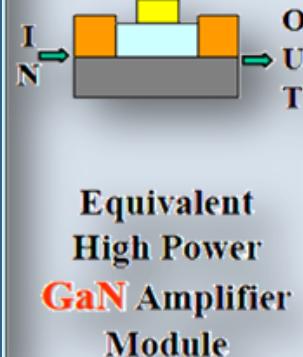


Attribute	Si	GaAs	SiC	GaN
Energy Gap (eV)	1.11	1.43	3.2	3.4
Critical Electric Field (MV/cm)	0.6	0.65	3.5	3.5
Power Density (W/mm)	~ 0.8	~ 1.0	2 - 4	> 2
Saturation Velocity (cm/s)	1×10^7	2×10^7	2×10^7	2.5×10^7
FET Technology	LDMOS	HFET	MESFET	HFET

La technologie Gallium Nitride (GaN)



Meilleure densité d'énergie (x10)
Réduction de l'énergie combinée (1/10)
Rendement amélioré (>60%)
Fiabilité améliorée
Plus compacte
Performances accrues



Comparaison GaAs vs GaN

Objectif de l'étude

Déterminer la fiabilité du transistor en technologie GaN

Finalité

- Satisfaction du client à long terme,
- Augmente les ventes,
- Diminution des coûts de maintenance, services d'après vente,
- Bonne réputation pour la marque



III- Processus organisationnel

Stratégie

- 1- Définir des objectifs à atteindre,
- 2- Prise de connaissance de l'existant,
- 3- Elaborer la trajectoire pour atteindre les objectifs,
- 4 - Mettre en œuvre les méthodes et ressources nécessaires pour y parvenir.

Stratégie

1- Définir des objectifs à atteindre,

- Paramètres critiques à surveiller
- Facteurs influents sur la fiabilité
- Déterminer le MTTF (période de vie utile)
- Livrables souhaités (forme, contenu ...)
 - Document de synthèse sous format Excel
 - Rapport de projet
 - Présentation de projet

Stratégie

- 1- Définir des objectifs à atteindre,
- 2- Prise de connaissance de l'existant,

- Connaitre la technologie existante
- Ses avantages par rapport à l'existant
- Formation sur le transistor
- Fonctionnement du radar

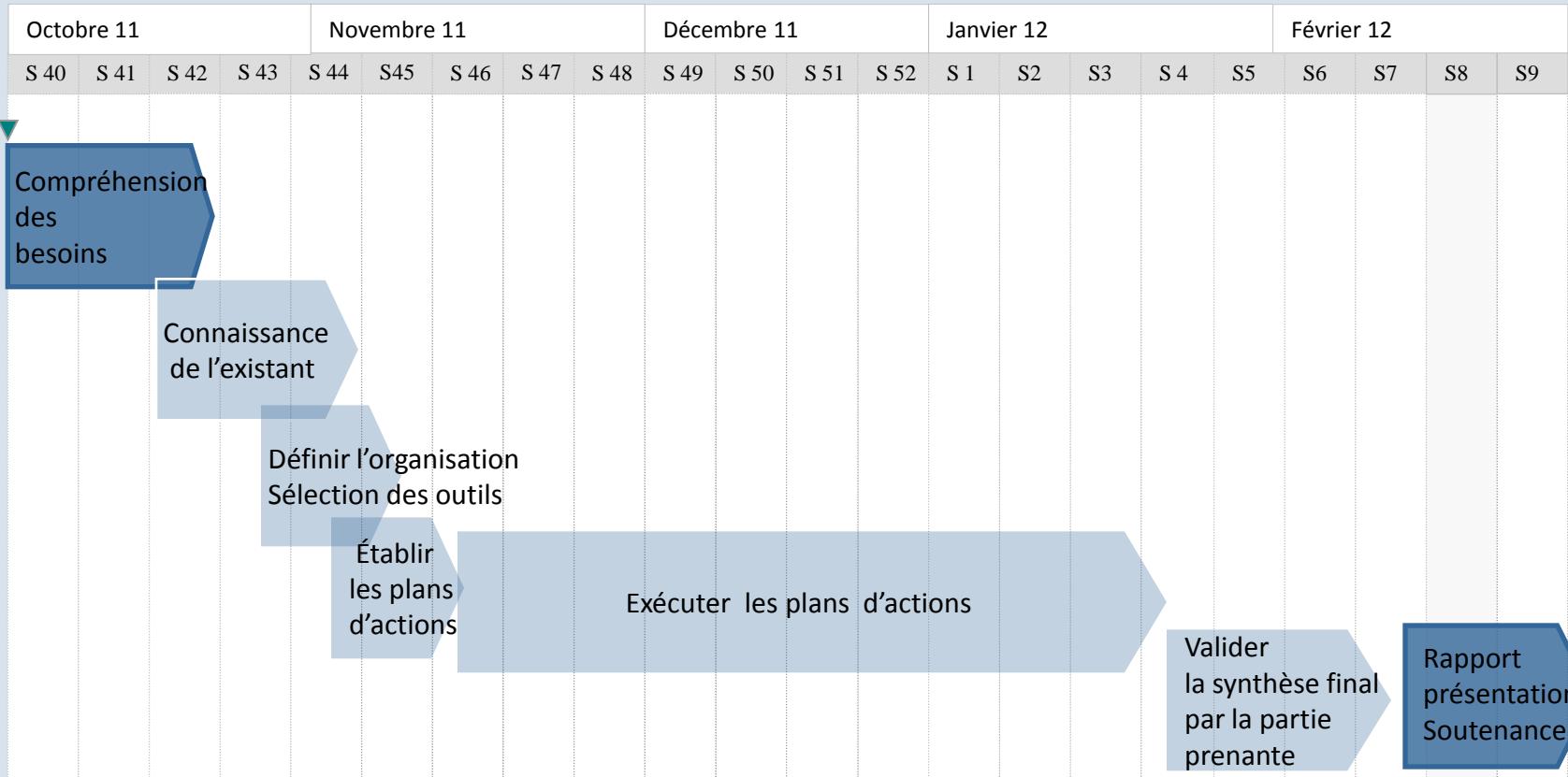
Stratégie

- 1- Définir des objectifs à atteindre,
- 2- Prise de connaissance de l'existant,
- 3- Elaborer la trajectoire pour atteindre les objectifs,
 - Organisation du groupe projet (rôles, responsabilités ...)
 - Planification
 - Choix des outils (google doc, Excel, MS Project ...)

Stratégie

- 1- Définir des objectifs à atteindre,
- 2- Prise de connaissance de l'existant,
- 3- Elaborer la trajectoire pour atteindre les objectifs,
- 4 - Mettre en œuvre les méthodes et ressources nécessaires pour y parvenir.
 - Articles de recherche, bibliothèque numérique
 - Démarche de fiabilité

Planning d'avancement du projet



IV- Démarche de fiabilité

Démarche de fiabilité

Analyse fonctionnelle

- Description du produit
- Définition des fonctions principales, contraintes et de milieux extérieurs
- Définition des performances attendues

Etude des essais

- Description des essais
- Mise en œuvre des essais
- Résultats des essais
- Liste récapitulative des essais

Analyse des risques

- Identifier les mécanismes de défaillance à partir des modes de défaillance déterminés avec les essais (cela permet de connaître la loi de dégradation de la défaillance)

Analyse fonctionnelle

Physique du composant

Propriétés

Types de composant

Type de semiconducteur

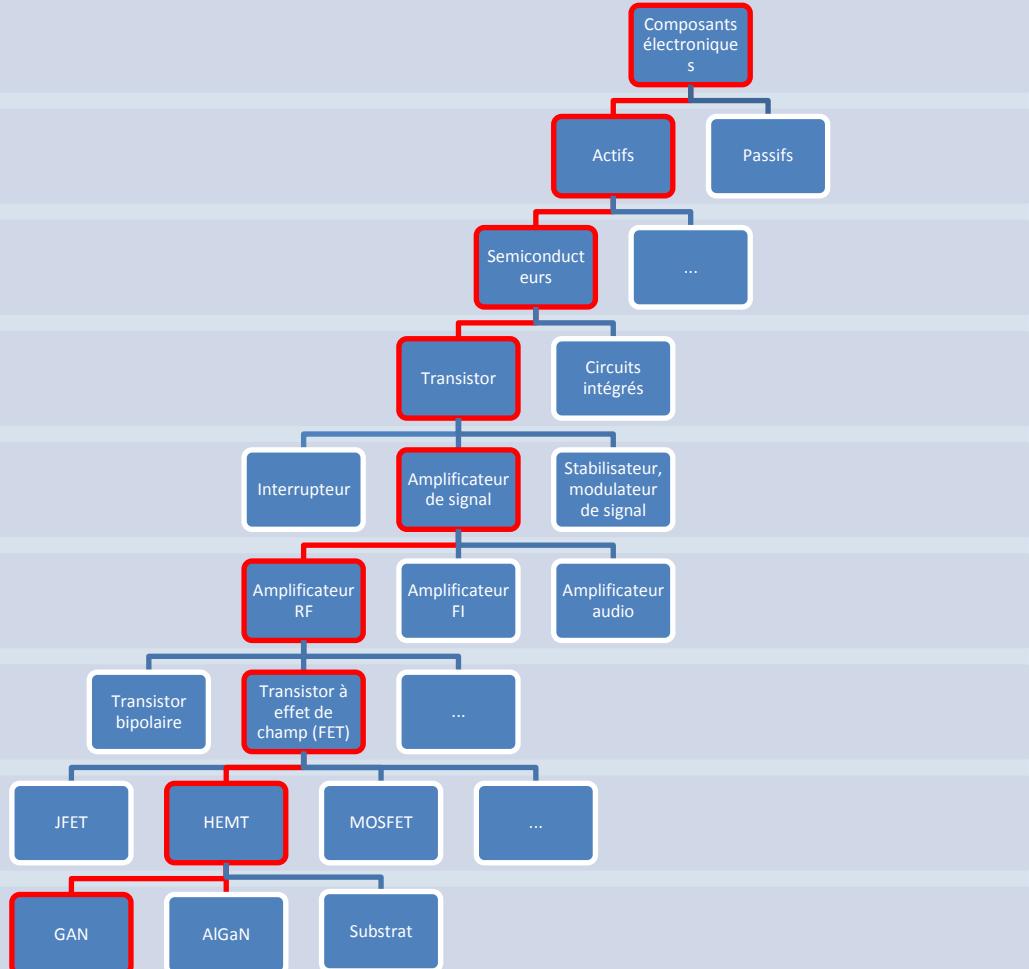
Domaines d'utilisation

Place dans le circuit électronique

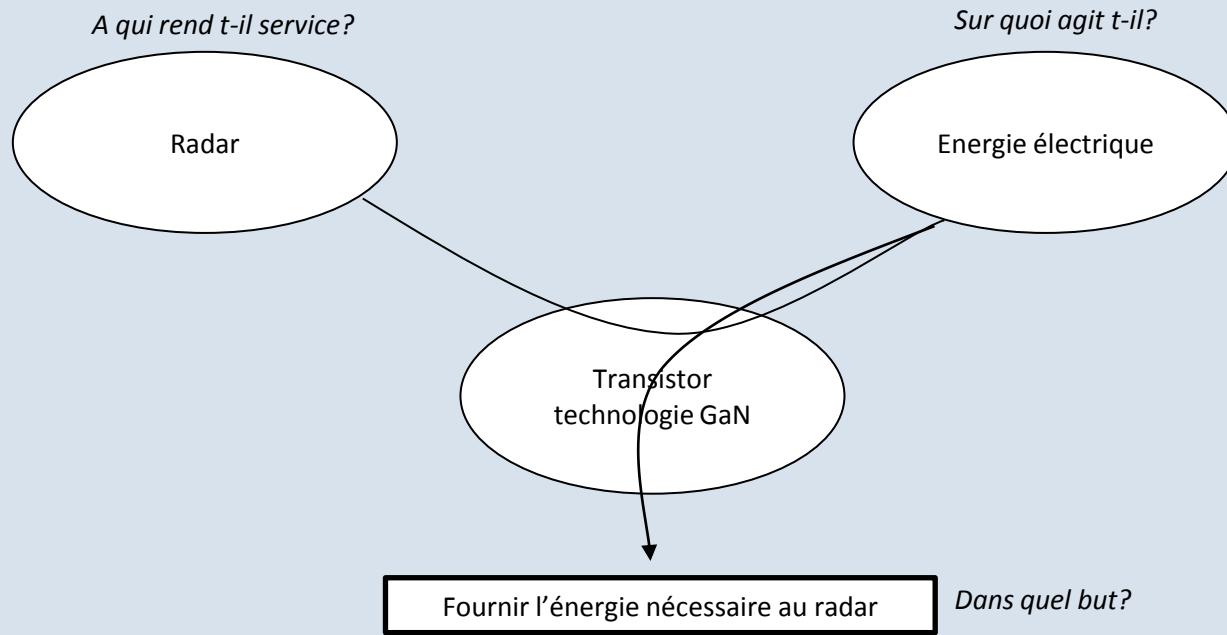
Types de fonctionnement

Types de composition

Matériaux de la composition

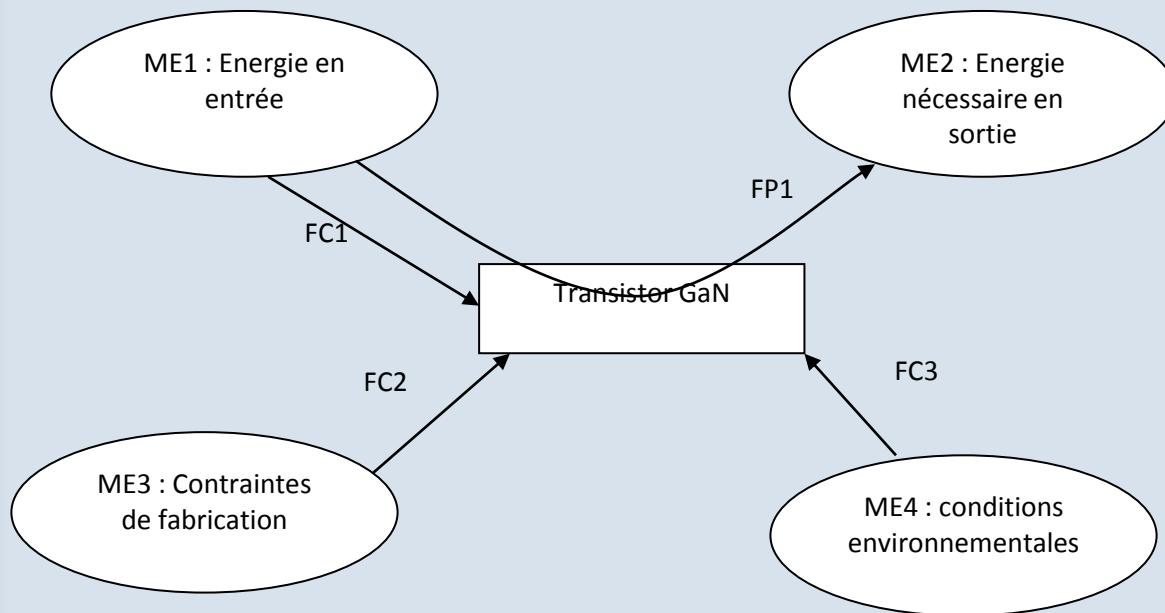


Analyse fonctionnelle



Expression du besoin (Bête à Cornes)

Analyse fonctionnelle



FP1 : Fournir l'énergie nécessaire au radar

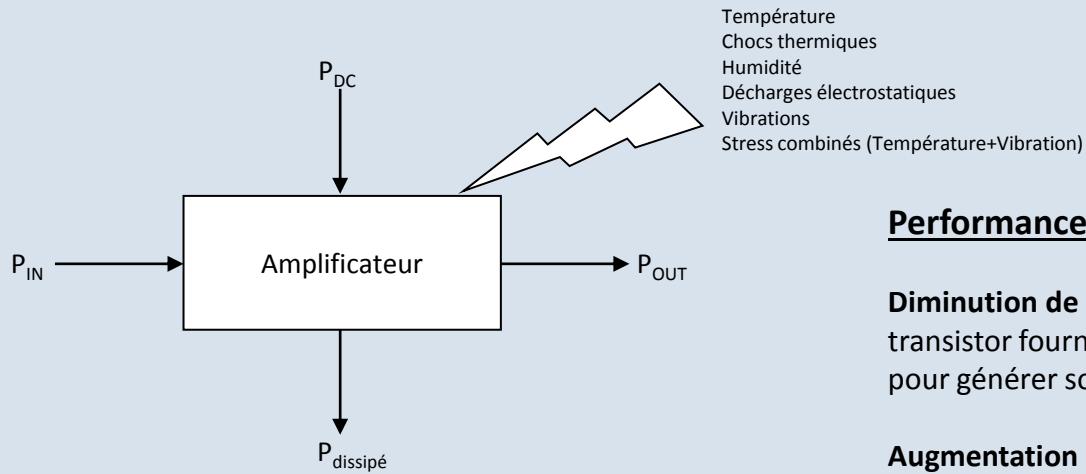
FC1 : Résister aux contraintes émises par l'énergie d'entrée

FC2 : Résister aux défauts de fabrication

FC3 : Résister aux conditions environnementales

Définition des fonctions (Diagramme Pieuvre)

Analyse fonctionnelle



*Energies mises en jeu
(schéma bloc simplifié)*

Performances attendus

Diminution de $P_{OUT} < 1\text{dB}$: La puissance de sortie du transistor fournit la puissance nécessaire au radar pour générer son signal.

Augmentation $I_{ds} < 10 \text{ à } 15\%$: Le courant de saturation ou de fuite drain source correspond au courant consommé pour faire fonctionner le transistor.

Augmentation $I_{gs} < 5\%$ (par rapport à la valeur spécifiée dans le data sheet) : Le courant de grille source correspondant à la perte de courant due aux défauts de matière.

Etude des essais

Essais accélérés

Tests intrinsèques

- 3-temperature DC life test

Essais aggravés

Tests préliminaires

- Thermal impedance
- Performances de l'amplificateur

Tests de performances

- DC HTOL
- RF HTOL

Tests de robustesse

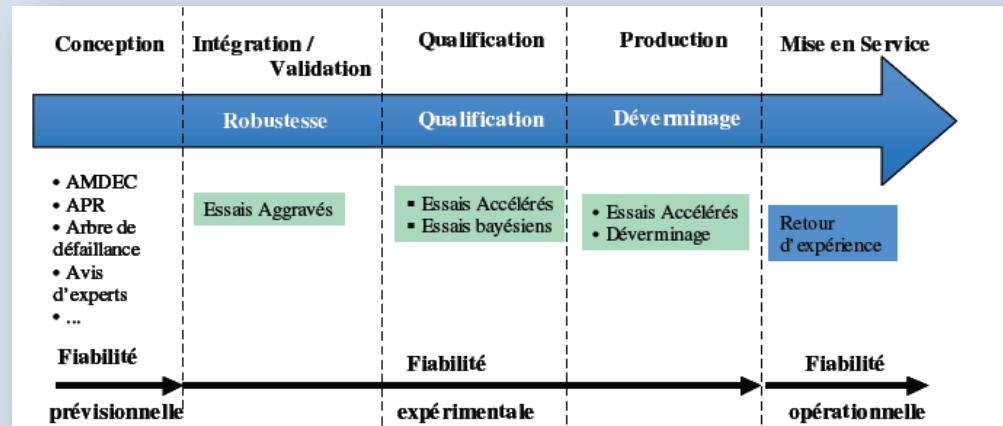
- ESD : Electrostatic Discharge testing
- VSWR : Voltage Standing Wave Ratio mismatch

Tests d'assemblage ou d'environnement

- Autoclave testing
- TC : Temperature Cycling
- Thermal shock
- Evaluating the die attach before and after stress
- Mechanical integrity of the package

Essais de déverminage

Burn in



Etude des essais

3-temperature DC life test

But:

- Déterminer l'énergie d'activation Ea (variation de vitesse d'une réaction chimique)
- Déterminer le MTTF
- FIT (Failure In Time ou tx de défaillance aléatoire)

Conditions de test:

- Polarisation : $V_{DS}=28V$ and $I_{DS}=2.34A$
- Températures ambiantes pour atteindre la température de jonction : 260°C, 285°C, et 310°C.
- Temps de stress entre 400 et 1000 heures.

Etude des essais

3-temperature DC life test

Résultats de test :

- Défaillances suivent une distribution Lognormal
- Le cumulé des défaillances a été utilisé pour évaluer le MTTF pour chaque groupe de température.

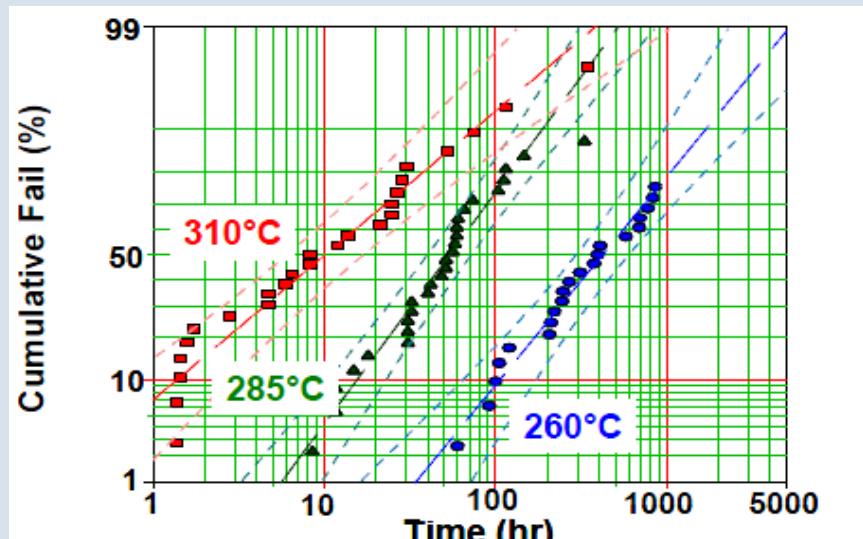


Figure 5: Cumulative failure plots with 90% confidence intervals.

Etude des essais

3-temperature DC life test

Résultats de test :

- Le facteur d'accélération suit une loi d'Arrhenius (stress en température)
- Une énergie d'activation de 2.0eV
- L'extrapolation du MTTF pour une température de fonctionnement utile à 150°C → $MTTF > 10^7$ h.

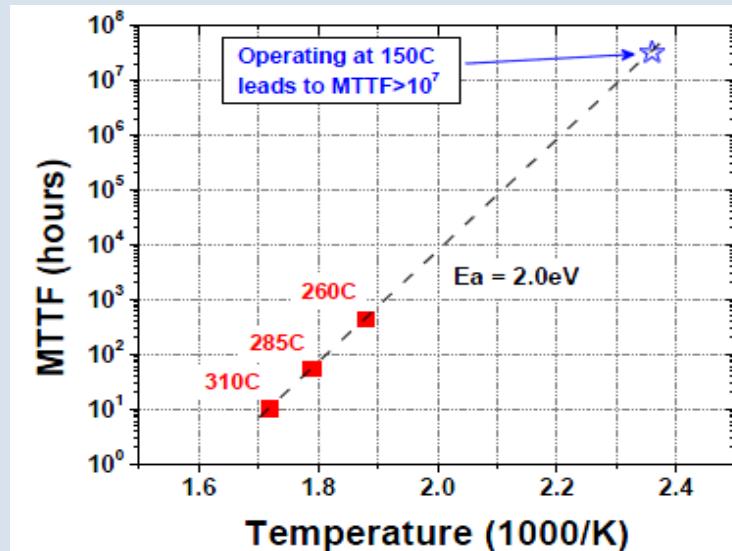


Figure 6: Arrhenius Plot showing activation energy of 2.0eV and $MTTF > 10^7$ hours at 150°C.

Conclusion

Entreprise Thalès

- Obtenir une base de données sur la fiabilité de la technologie GaN,
- Connaitre les différents types et conditions de tests liés à cette technologie,
- Connaitre les mécanismes de défaillances liés à cette technologie reconnus dans la littérature.

Groupe projet

- Aborder les différents types de tests de fiabilité pour un composant électronique,
- Développer la capacité de synthèse,
- Améliorer le niveau d'anglais technique.

Livrables

- Synthèse sur la fiabilité de la technologie de transistor GaN (Excel)

Merci de votre attention !

