

Fiabilité des systèmes et des composants

Philippe Eudeline
24 Novembre 2015



- ▶ **Périmètre et définition de la fiabilité**
- ▶ **Enjeux et importance de la prise en compte de cette thématique pour THALES**
- ▶ **Historique de la fiabilité en Région Haute Normandie**
- ▶ **Apport du projet : Montée en compétences des acteurs en région**



Périmètre et définition de la fiabilité

► Définition de la Fiabilité

L'Union technique de l'électricité (UTE), sur recommandation de la Commission électrotechnique internationale, a proposé la définition suivante :

La fiabilité est l'aptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise dans des conditions données pour une période de temps donnée .

La fiabilité est la probabilité de n'avoir aucune défaillance à l'instant t . Comprise entre 0 et 1 (ou 0 et 100 %), elle est notée $R(t)$ (R pour *Reliability*, fiabilité en anglais). Si le dispositif ne peut être réparé, la fiabilité est alors la probabilité de n'avoir connu aucune défaillance jusqu'à l'instant t .

Il ne faut pas confondre la fiabilité (fonction du temps) et le contrôle de qualité (fonction statique).



Périmètre et définition de la fiabilité

Si on constate de plus que ces défaillances ne sont pas prédictibles et surviennent de façon totalement aléatoire, alors la fiabilité du système en fonction du temps sera donnée par la fonction :

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

λ taux de défaillance : nombre de pannes par unité de temps . Ce taux λ est ici exprimé en h^{-1}

$$\lambda = 1/MTTF. \text{ (MTTF, pour mean-time to failure)}$$

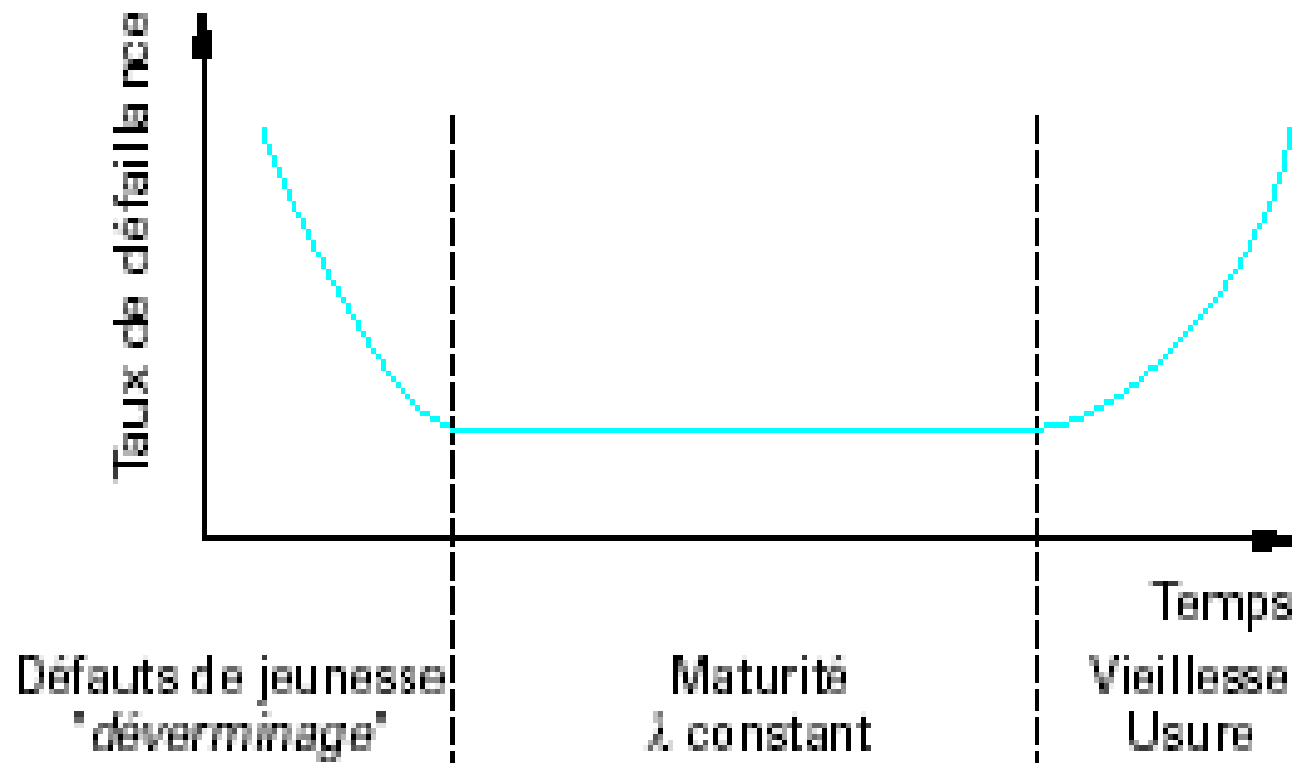
On constate que, quel que soit le MTTF :

- **pour $t = 0$, la fiabilité vaut toujours 1 : aucun système n'est défaillant à la mise en service ;**
- **pour t tendant vers l'infini, la fiabilité tend vers 0 : les systèmes ont une durée de vie limitée.**



Périmètre et définition de la fiabilité

► Evolution du λ



Périmètre et définition de la fiabilité

► Fiabilité et probabilité

Les prédictions de fiabilité ont nécessairement un caractère probabiliste, car elles nécessitent la connaissance du taux de panne de chaque composant. Ces taux de panne étant obtenus sur des échantillons forcément limités en taille, leur valeur est gouvernée par les lois de la statistique (intervalles de confiance notamment). La théorie mathématique de la fiabilité consiste donc en une application particulière de la théorie des probabilités aux problèmes de durée de fonctionnement sans incidents . L'approximation la plus courante, surtout en électronique, consiste à supposer la distribution exponentielle des pannes des composants ; en particulier, cela permet d'additionner les taux de panne pour les sous-ensembles non-redondants. La fiabilité et la disponibilité des groupements redondants de sous-ensembles non-redondants peuvent ensuite être calculées à l'aide des processus de Markov. La méthode de prévision de la fiabilité des systèmes électroniques nommée FIDES en est l'exemple concret.



Périmètre et définition de la fiabilité

► Fiabilité prévisionnelle

La fiabilité prévisionnelle permet d'estimer la fiabilité a priori d'un composant, d'un équipement, d'un système. Pour cela, on assimile le comportement de chaque constituant élémentaire à des modèles de probabilité mathématiques et de vieillissement physique. Le retour d'expérience et la réalisation d'essais fondent la construction de ces modèles du comportement du point de vue de la fiabilité.



Dans le cas de l'électronique, il existe plusieurs recueils de modèles de prédiction pour les composants élémentaires que sont les résistances, condensateurs, circuits intégrés, etc. Les référentiels de prévision de fiabilité électronique les plus répandus sont :

- la **MIL-HDBK-217F** : norme militaire américaine, conçue pour estimer la fiabilité des équipements ;
- le **RDF2000** : recueil de fiabilité construit à partir du retour sur expérience de France Telecom ; ce recueil a été transformé en une norme dénommée UTE C 80-810 ;
- **FIDES** : guide de fiabilité prévisionnelle construit sur la base des recueils précédemment cités à partir du retour sur expérience d'un consortium d'industriels français ; ce recueil a été transformé en une norme dénommée UTE C 80-811.



Enjeux et importance de la prise en compte de cette thématique pour Thales

Thales fournit à ses clients des systèmes électroniques de plus en plus complexes et intégrés .

Ces équipements doivent fonctionner

- 24 H / 24H
- Dans des conditions environnementales sévères (températures extrêmes , altitude , appontage , missiles , ...)

Ce qui implique des stress importants sur les composants et les systèmes électronique .

Thales doit s'assurer lors des phases de développement et ensuite pendant les phases de production que les équipements respecteront leurs spécifications en terme de service opérationnel et de fiabilité



Systèmes Aéronautique



Systèmes d'avionique pour Airbus, ATR, Boeing, Dassault, Gulfstream et Sukhoi



Deux avions sur trois décollent et atterrissent grâce à un équipement Thales



60 % du trafic aérien chinois est géré grâce aux solutions de Thales



Plus de 750 000 passagers utilisent chaque jour les systèmes multimédias de bord de cabine de Thales



Suite avionique TopDeck pour la dernière génération d'hélicoptères



Le cockpit du futur : Avionique 2020



Les centres de contrôle du trafic aérien équipés par Thales couvrent plus de 40 % de la surface de la Terre



Thales est le premier fournisseur mondial de radars de surveillance du trafic aérien civil



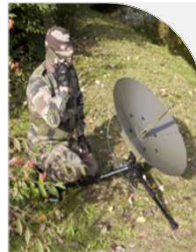
Formation et simulation pour les hélicoptères civils et militaires et les avions militaires

Systemes de Défense

Systemes



Drone
Watchkeeper



Systemes de
communications par
satellite



Flexnet, première
radio logicielle
disponible sur
le marché
international



Systeme de
Communication
et d'information
pour le QG tactique
de l'**ISAF** en
Afghanistan.



Sophie MF,
version portable
de la gamme
d'équipements
de reconnaissance



Commandement
et conduite des
Opérations aériennes
ACCS LOC 1 de l'Otan

Équipements



Sonar 2087
sonar actif basse
fréquence
pour bâtiments
de surface



Missile sol-air
SAMP-T (Sol-Air
Moyenne Portée
Terrestre)



Radar 3D de
défense aérienne
Ground Master 400



Nacelle de
désignation
multifonction
Damocles

Enjeux et importance de la prise en compte de cette thématique pour THALES

Pour garantir le MTTF et le MTBCF (Mean Time Between Critical Failure) des équipements électroniques plusieurs actions sont réalisées pendant les phases de développement des produits :

- **Choix des architectures et en particulier choix des types de redondances**
 - Redondance active
 - Redondance passive
- **Sélection de composants ayant été qualifiés par les fournisseurs**
- **Réalisation de tests spécifiques avec des contraintes opérationnelles pour les composants critiques**
- **Qualification des systèmes électroniques en réalisant des essais en température , chocs , vibration , humidité , CEM ,**



Enjeux et importance de la prise en compte de cette thématique pour THALES

► Choix des architectures

- Redondance passive :
 - Un seul équipement est nécessaire au bon fonctionnement, plusieurs (généralement 2) sont installés, un dispositif de commutation permet de passer de l'un à l'autre en cas de panne.
- Redondance Active :
 - Plusieurs équipements assurent une fonction en travaillant en parallèle, la fonction reste assurée en cas de panne d'un équipement (ou plusieurs en fonction de niveau de redondance).

Les redondances permettent d'améliorer le MTBCF

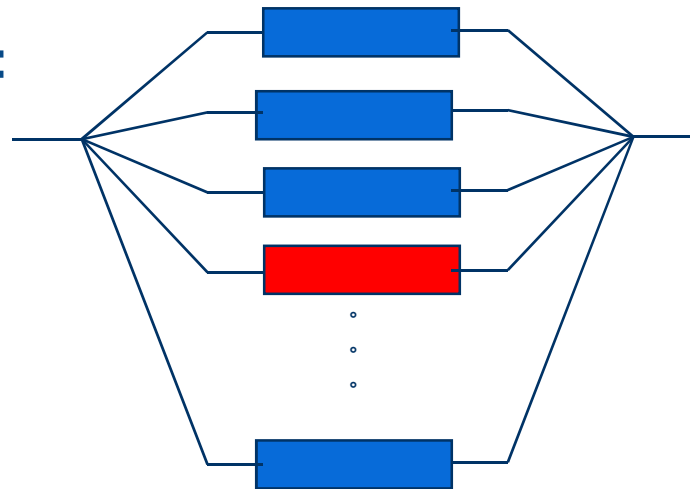


Enjeux et importance de la prise en compte de cette thématique pour THALES

► Redondance passive :



► Redondance active X/N :



Historique de la fiabilité en Région Haute Normandie

En 1998 , lors de la création de la filière Normandie Aéroespace Thales Air Systems , un des membres fondateurs de cette filière , a proposé aux laboratoires régionaux de mettre en place des moyens et des compétences afin de pouvoir réaliser des tests spécifiques , sur les composants ou technologies critiques ,avec des contraintes opérationnelles , afin de déterminer la fiabilité de ces composants et en cas de défaillance d'identifier l'origine de ces défaillances de façon à ensuite apporter les évolutions technologiques nécessaires pour corriger les défauts et faire en sorte que ces composants répondent aux critères de fiabilité exigés par les contraintes d'utilisation de Thales .



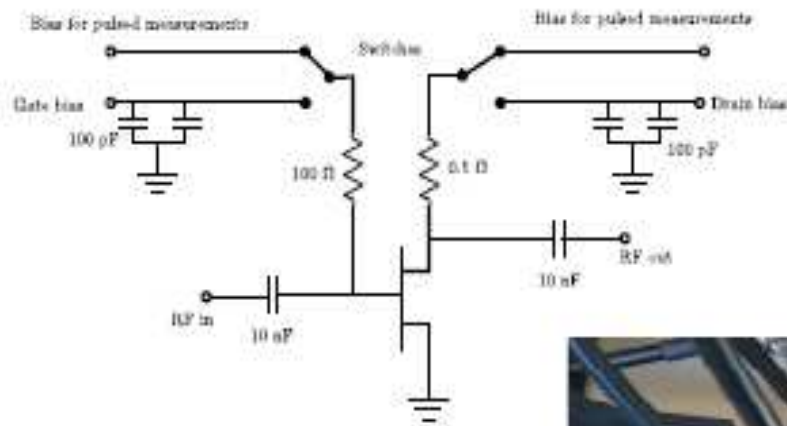
Historique de la fiabilité en Région Haute Normandie

- ▶ **Dès cette époque nous avons travaillé avec les laboratoires régionaux pour mettre en place des bancs de mesures spécifiques et grâce au soutien du Conseil Régional de Haute Normandie et de l'Etat en région (Direccte) nous avons mis en place les premiers bancs de mesure et lancé des thèses pour acquérir les compétences nécessaires à la mise en œuvre de ces techniques de caractérisation.**
 - **Banc de vieillissement des composants de puissance hyperfréquences dans des conditions opérationnelles (largeur de pulse , facteur de forme , température , adaptation) avec le laboratoire GPM (Groupe de Physique des Matériaux de l'Université de Rouen**
 - **Banc de mesure Electromagnétique Champ proche avec le laboratoire IRSEEM de l'ESIGELEC**



Historique de la fiabilité en Région Haute Normandie

High Power Amplifier with in-situ capabilities



Solution to switch from bias-T to measurement

High power amplifier

How to put pulsed probe nearest to transistor ?

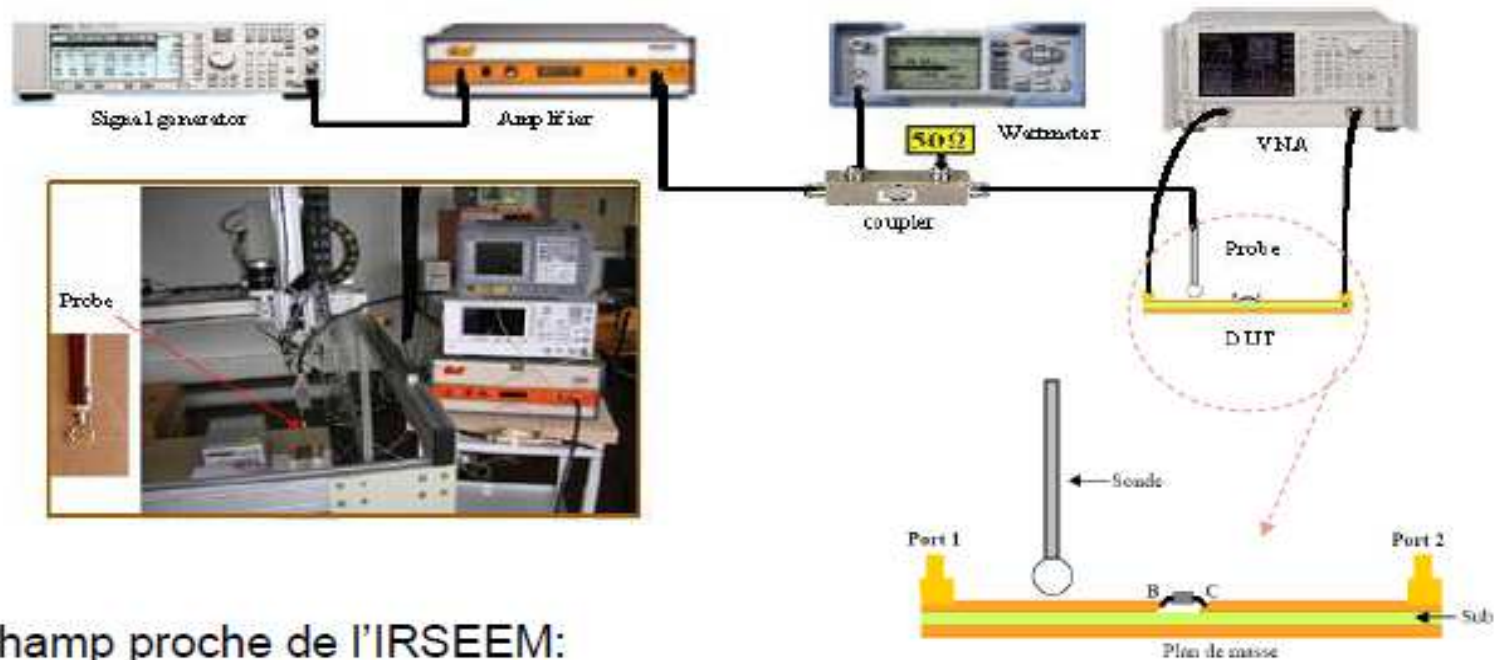




Historique de la fiabilité en Région Haute

Le banc champ proche comme banc de stress

8



➤ Le Banc champ proche de l'IRSEEM:

- Automatisation pour le contrôle de la position
- Différentes configurations de sondes
- Transformation du mode conduit en mode rayonné
- Perturbations rayonnées fortes et localisées

Historique de la fiabilité en Région Haute Normandie

- ▶ **Les premiers résultats ayant été très positifs d'autres industriels (Valéo) et d'autres laboratoires Normands se sont impliqués dans ce domaine de la fiabilité des systèmes électronique embarqués .**
- ▶ **Pour mieux appréhender la fiabilité de systèmes électroniques très intégrés (systèmes mécatronique) un consortium composé de grands groupes (thales – Valéo) , de PME et de laboratoires de recherche publics et privés s'est constitué pour proposer une programme de recherche dédié à la Fiabilité des systèmes mécatroniques .**





Présentation du Projet AUDACE

✓ Présentation du consortium (13 Partenaires* / Chef de file THALES)



*Désengagement de NMRTEC



Yvelines Conseil général



direction générale de la compétitivité de l'industrie et des services



Présentation du Projet AUDACE

- ✓ **Analyse des caUses de DéfaillAnces des Composants des systèmes mEcatroniques embarqués**
- ✓ **Pôle de Compétitivité MOV'EO**
- ✓ **Domaine d'Activité Stratégique: DAS Mécatronique**
- ✓ **Durée du Projet : 4 ans**
- ✓ **Date de lancement: 1 octobre 2008.**



Présentation du Projet AUDACE

Les objectifs du projet AUDACE étaient doubles :

Identifier et classer les mécanismes de défaillance, pour en extraire les plus critiques, les analyser et les modéliser,

Trouver et mettre au point les moyens qui permettront de valider la robustesse dès la conception de ces nouveaux objets mécatronique complexes

Cette étude a permis aux équipementiers et constructeurs automobiles des trois régions du Pôle, ainsi qu'aux différents acteurs de la filière aéronautique et spatiale de Haute Normandie, d'atteindre les niveaux de qualité et compétitivité qui sont indispensables pour assurer le succès des innovations qu'apporte la mécatronique. La méthodologie développée peut être adaptée à d'autres filières.



Présentation du Projet AUDACE

Retombée du programme AUDACE

Ce programme a connu une très grande réussite . Il a permis de mettre en place des moyens très conséquents pour

- **Réaliser des tests de vieillissement des composants et cartes électroniques**
- **Analyser les impacts des contraintes (thermique , mécanique , CEM) sur les équipements mécatronique**
- **Expertiser et rechercher les causes de défaillances des composants .**

Tous ces résultats et ces moyens ont été présentés car la cadre d'un workshop spécifique et depuis 2 nouveaux programmes de recherche ont été lancés (First-MFP et PISTIS)

Ce programme a aussi permit aux laboratoires de se fédérer entre eux et créer des laboratoires communs dédiés à l'étude de la Fiabilité

▪



Des automobiles & moyens de transports avancés
sûrs pour l'Homme et son environnement



FIRST-MFP

Fiabiliser et Renforcer des Systèmes Technologiques mécatroniques de forte puissance.



FIRST-MFP

Contexte

Ce projet est axé sur la fiabilité des systèmes électronique embarqués . Il fait suite au programme AUDACE (2008 – 2013) et a pour objet de

- Réutiliser les moyens et les compétences développés dans AUDACE
- de mettre en place de nouvelles méthodes (analytiques, numériques, expérimentales) sur des cas de produits innovants concrets dans le monde automobile et aéronautique. Ces nouvelles méthodes feront l'objet d'un **Guide officiel de prise en compte de l'environnement mis à disposition à l'ensemble de la communauté.**

Ce contrat est financé par le FUI (Fond Unique Interministériel) Call 16

Partenaires



Normandie
AeroEspace **Coordinateur**



Partenaires – Grands Groupes



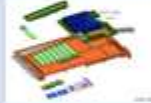




Partenaires – ETI et PME



Partenaires – Laboratoires de recherche et académiques



Société	Type de produit	Caractéristiques techniques du produit	Produit étudié
Valeo	Convertisseurs DC/DC	8 à 14 kW – 14V/48V – 14V/120V	
Valeo	Onduleur	8 à 12 kW 48V – 14 kW 120V – 25 kW 400V	
Thales	Convertisseur DC/DC Emetteur RF	700 W	
<ul style="list-style-type: none"> ◆ (Labinal) : Inverseur de poussé sur Nacelle ◆ (NXP): Antenne Active 			
NXP	Tuner	Tuner RF large bande	



1. Profil de Mission et identification des risques

- ✓ Prise en compte de l'environnement du système dans des essais accélérés fiabilisés
- ✓ Identification des risques par du HEALTH MONITORING

2. Caractérisation fine et Analyses

- ✓ *Établissement des caractéristiques statiques et dynamiques des principaux matériaux*
- ✓ *Analyses fines des défaillances pour en comprendre les mécanismes*

3. Essais Accélérés et aggravés

- ✓ Définition des lois de dégradation en essai
- ✓ Obtenir les limites de robustesse du système

4. Modélisation des défaillances avec anticipation de la fiabilité

- ✓ Développement de nouveaux outils de modélisation mécanique et thermomécanique
- ✓ Optimisation probabiliste de la fiabilité

5. Formation

- ✓ Création de nouveaux supports de formation génériques et spécialistes



Programme PISTIS

PISTIS : La Progression des techniques de fiabilité prévisionnelle:

- ▶ **Programme financé par la DGA**
- ▶ **Partenaires Haut Normand**
 - **Thales Air Systems**
 - **GPM Université de Rouen**
 - **CEVAA**
 - **LOFIMS : INSA Rouen**

To : Septembre 2016

Durée : 36 mois



Programme PISTIS

L'objectif de cette étude est de

- Développer la compréhension du comportement de composants DSM et de fournir les informations nécessaires à une conception robuste (modélisation, guide de conception...)
- Développer des modèles de prédiction et des guides de conception concernant des composants de puissance standards,
- Développer des modèles de prédiction et des guides de conception concernant des composants de puissance hyperfréquence,
- Identifier les solutions les plus adaptées pour faire des essais de fiabilité, en particulier le déverminage et les essais aggravés,
- Intégrer les développements supra pour pouvoir proposer une évolution de la méthode de calcul de fiabilité prévisionnelle Fides.



► Répartition des postes du programme PISTIS

Poste	Libellé des postes
1	Etude de la fiabilité des composants DSM
2	Etude de la fiabilité des composants de puissance standards
3	Etude de la fiabilité des composants de puissance hyperfréquence
4	Définition de méthodologies d'essais de fiabilisation
5	Rédaction d'une proposition d'évolution du guide FIDES



Conclusions

- ▶ **La maîtrise de la Fiabilité des systèmes électronique embarqués est un enjeu majeur pour les industriels .**
- ▶ **Grâce au programme AUDACE (et aux programmes en cours First-MFP et PISTIS) les laboratoires régionaux et des PME normandes ont acquis des moyens et des compétences qui sont reconnues au niveau national (et qui commencent à être reconnues au niveau international) .**
- ▶ **La mise en réseau des laboratoires au sein de structures communes est un atout considérable pour les industriels des filières Aéronautique –Spatial- Défense et Sécurité , Automobile, TIC , ...**

