

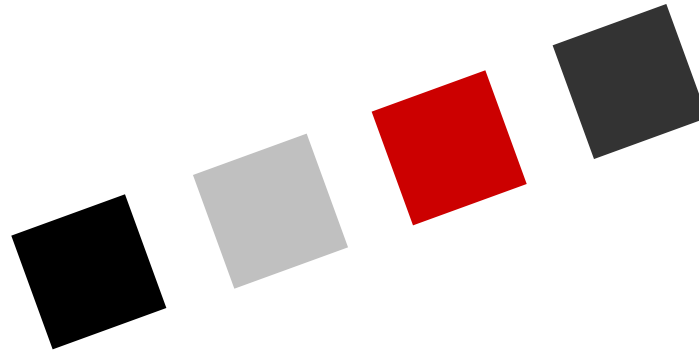
Charlène Caille

Maître de stage: Raynald Girardin

Tuteur enseignant: Fabrice Guérin

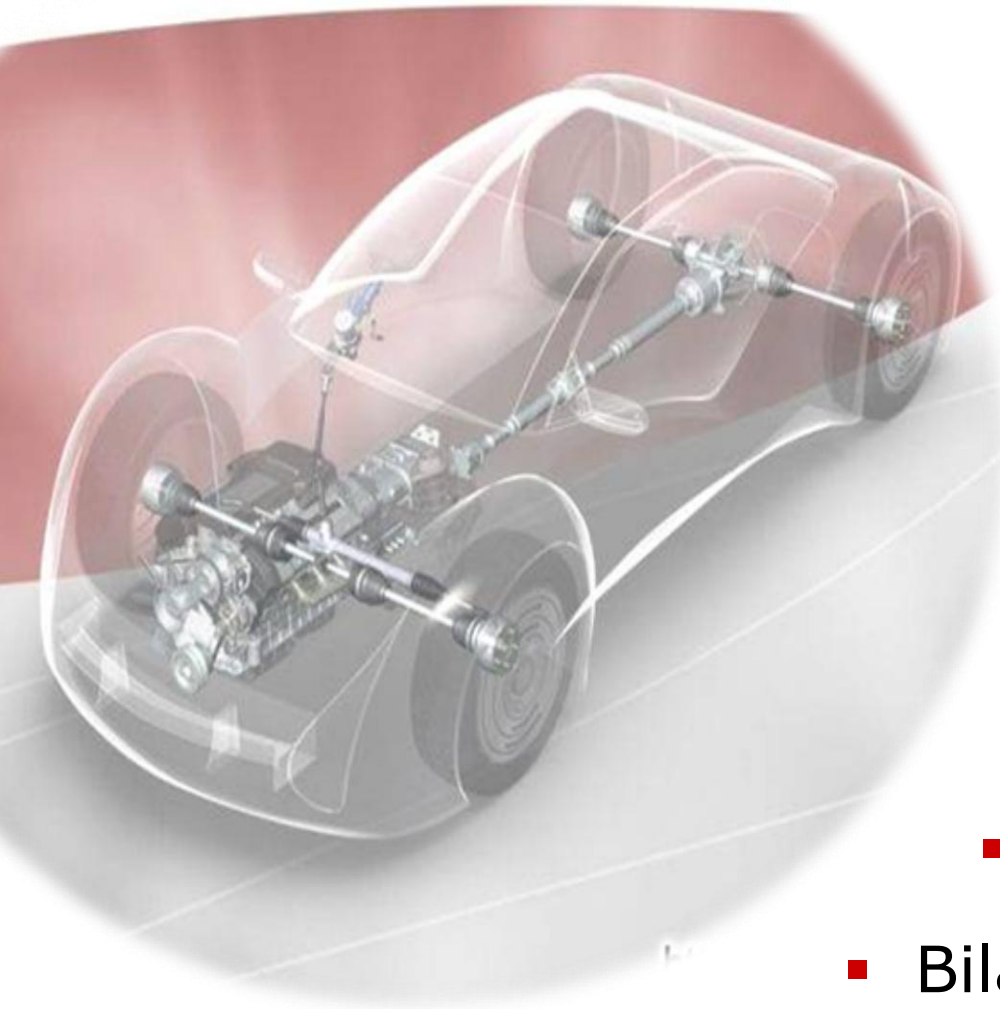


Etude de la fiabilité mécanique d'une direction assistée

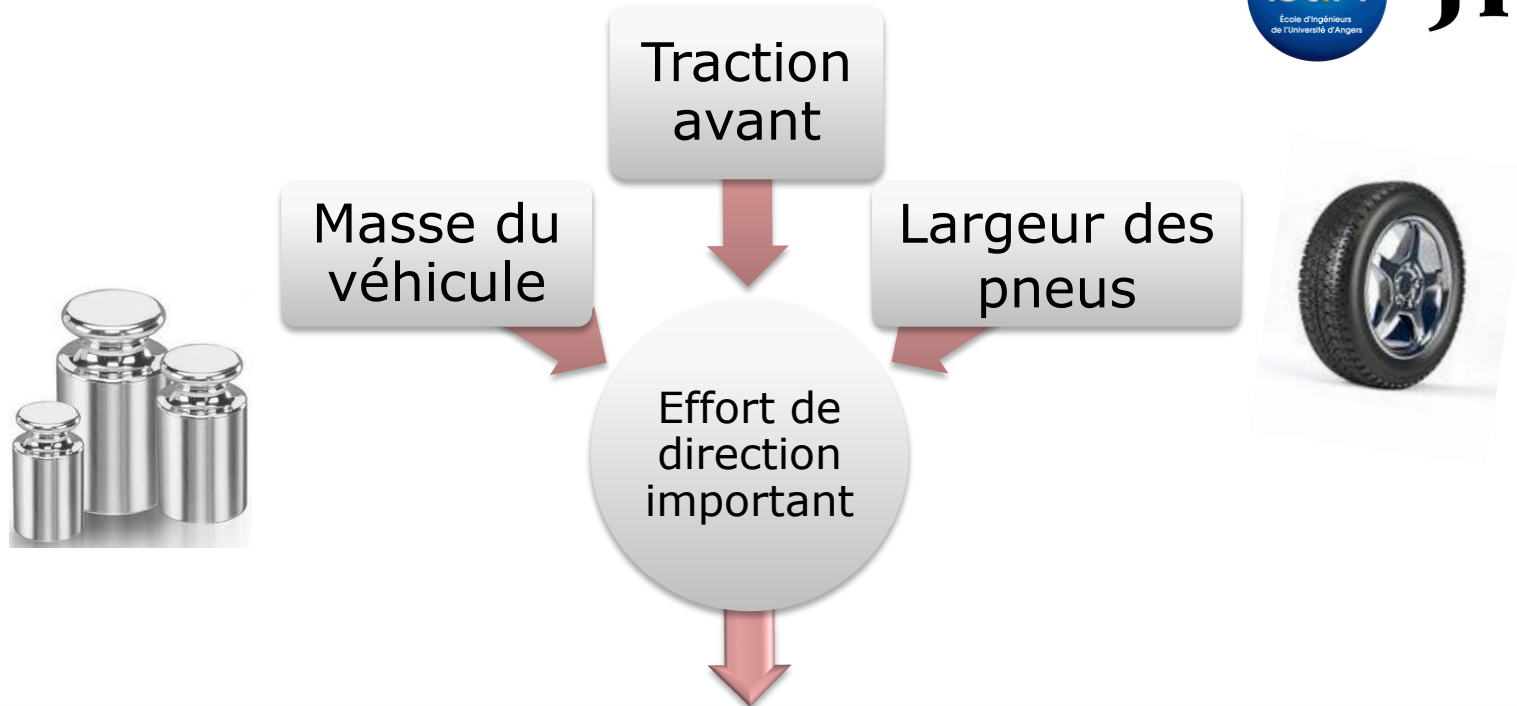


**Stage de 5^{ème} année,
option Qualité et Sûreté de Fonctionnement des Systèmes**

05/09/2012



- Contexte
 - JTEKT
 - JTEKT Europe
 - Organisation
 - Produits
 - Travail réalisé
 - Objectifs
 - Fiabilité prévisionnelle
 - Fiabilité expérimentale
- Conclusion et perspectives
- Bilan personnel



Direction assistée: fournir au conducteur une assistance, constante ou variable, en fonction de la situation de vie du véhicule

Forte assistance lors des manœuvres

Moindre assistance à vitesse élevée

JTEKT

Koyo

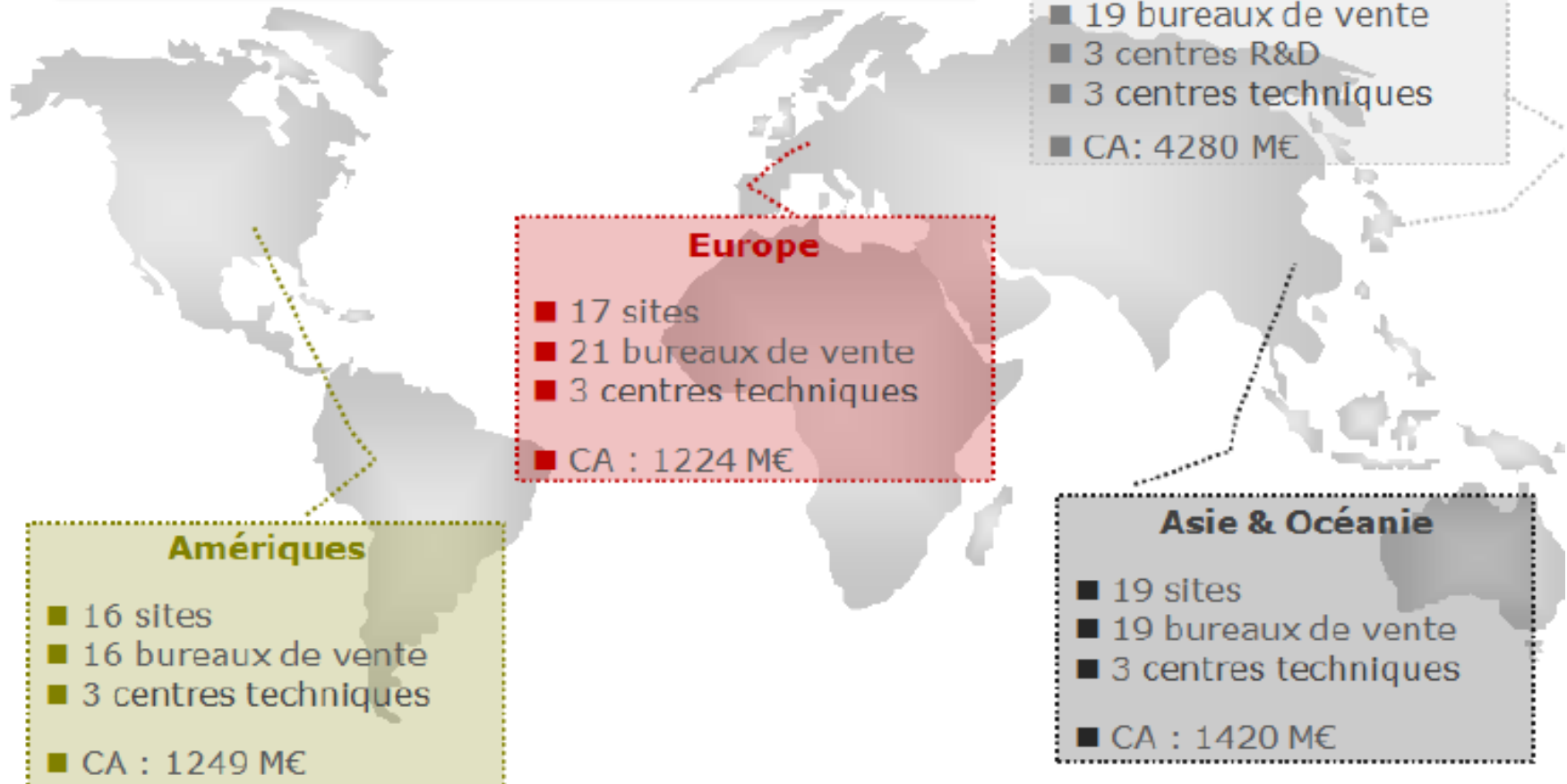
TOYODA

- Création le 1er janvier 2006

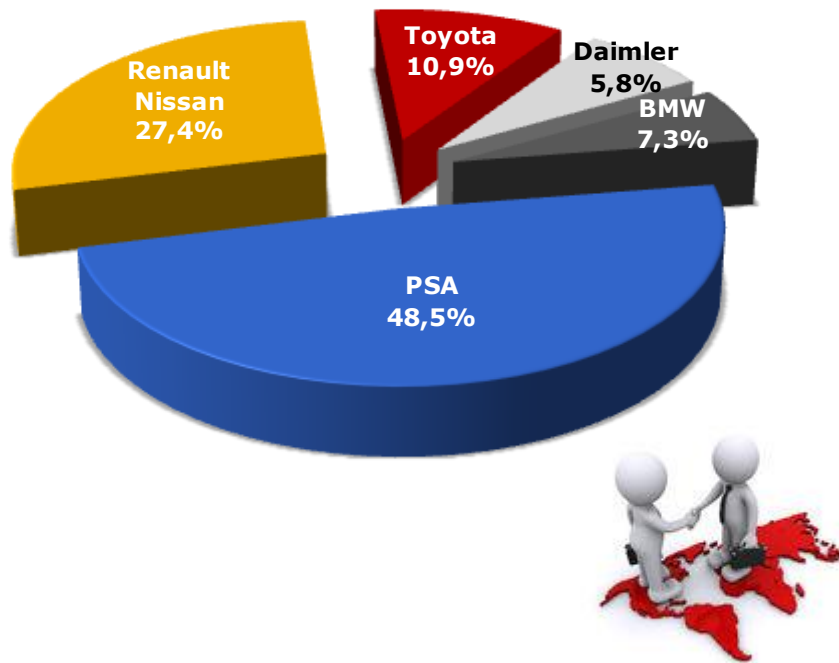
- Actionnaire majoritaire: *TOYOTA MOTOR CORPORATION*
- 36775 employés
- Chiffre d'affaire: 8 milliards d'euros



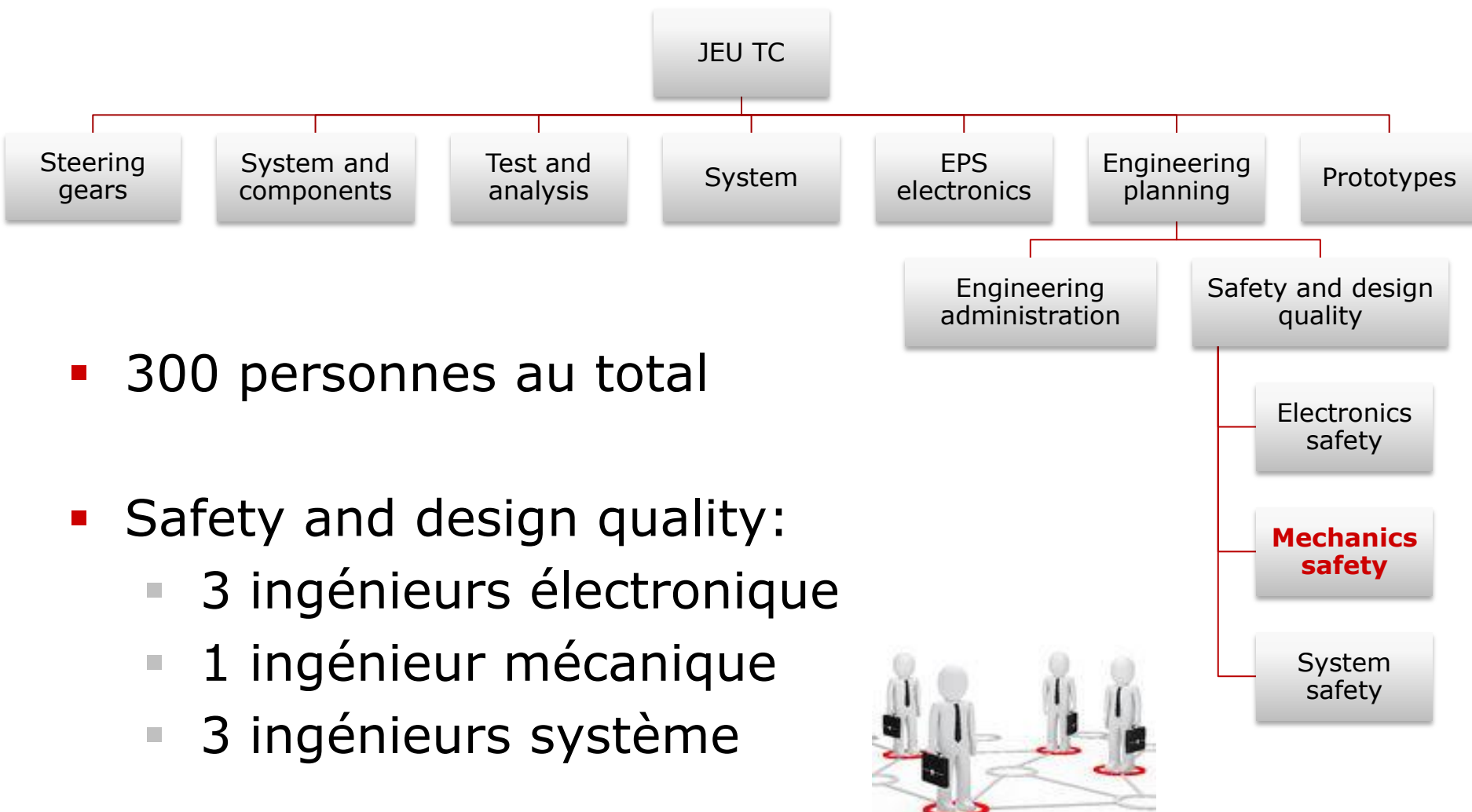
- **63** sites
- **75** bureaux de vente
- **3** centres R&D
- **12** centres techniques



- Filiale du groupe JTEKT
- Plusieurs centres de recherche et de production des directions assistées



- Concurrents: Delphi, TRW, ZF, NSK



Direction hydraulique

Direction manuelle

Direction électrique



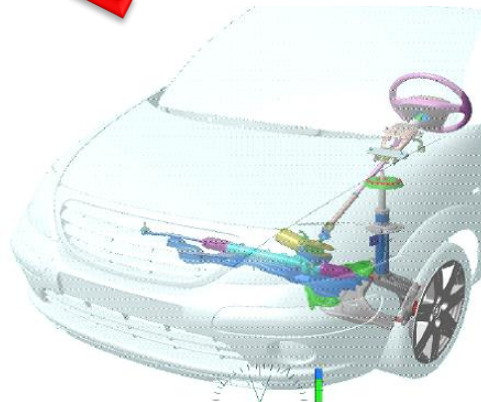
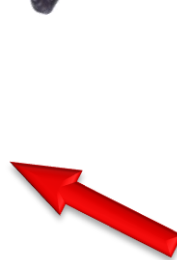
Constante



Variable



Electro-hydraulique



Assistance à la colonne



Assistance au pignon



Assistance à la crémaillère





- Mise en place d'une méthode de calcul de fiabilité prévisionnelle

Court
terme

- Mise en place d'une méthode de calcul de fiabilité expérimentale

Long
terme

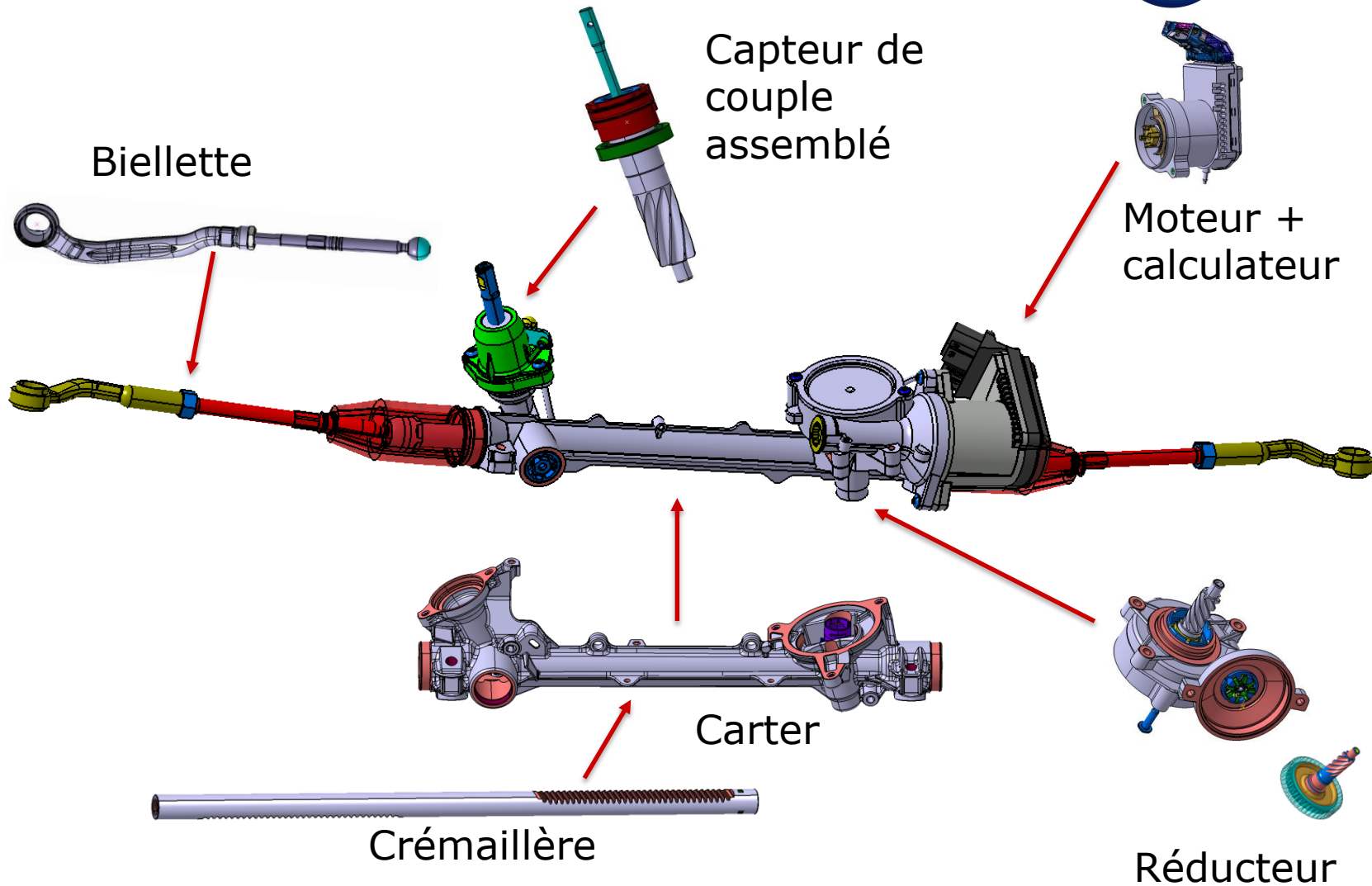
- Réduction du surdimensionnement des pièces
- Réduction le poids du système

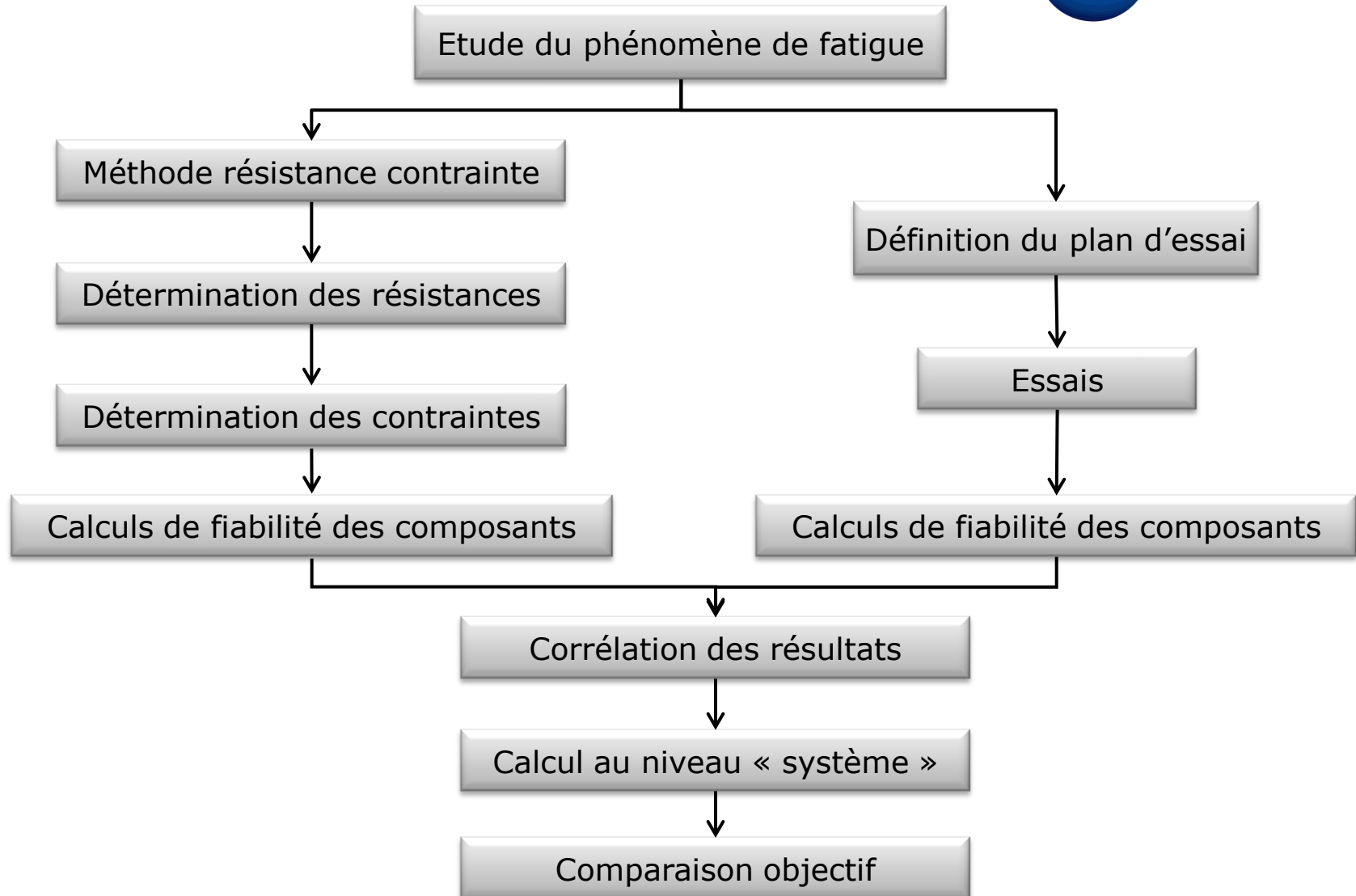
Objectif !

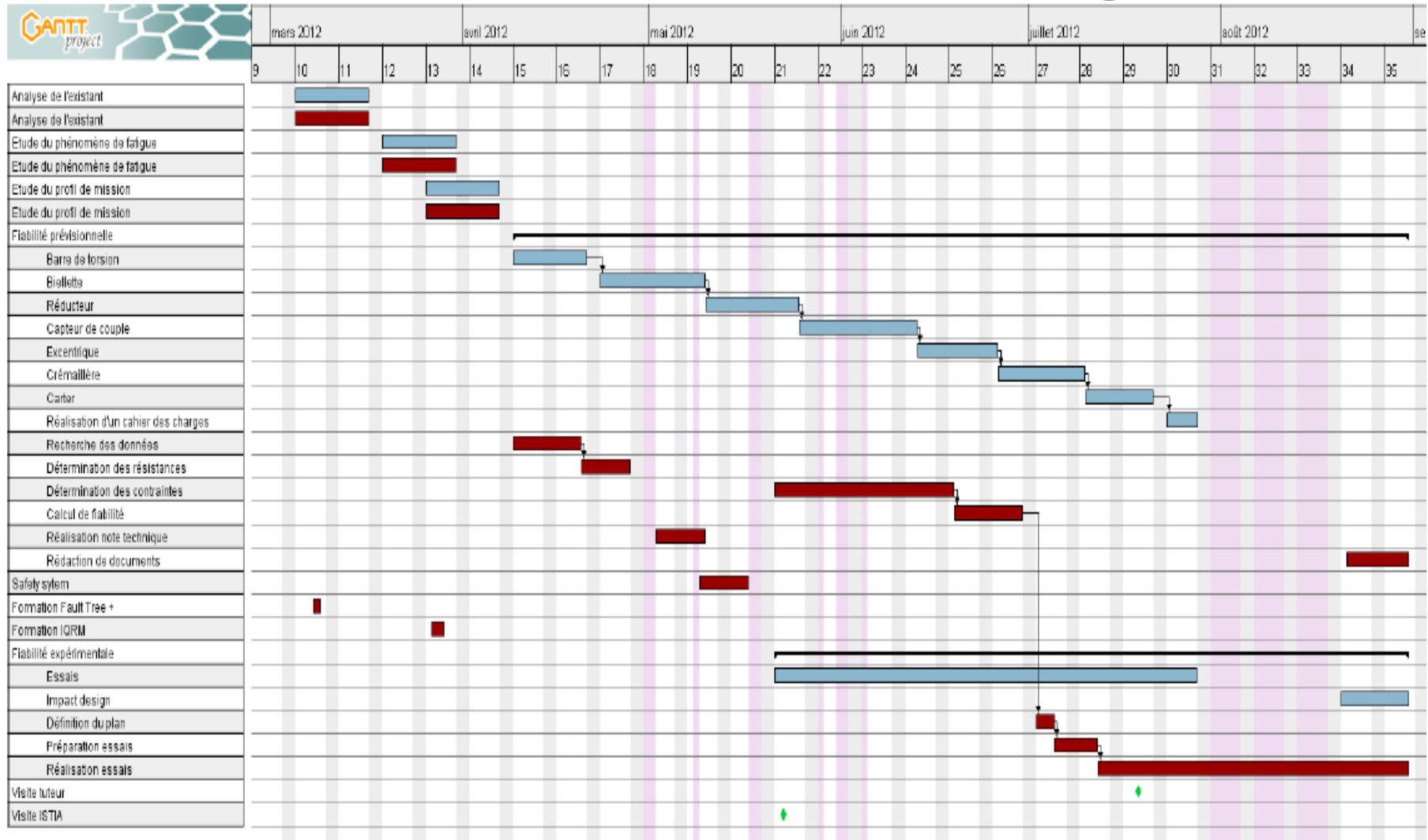
Comment formaliser les calculs de fiabilité?

- Fiabilité en fatigue
- Direction assistée électrique à double pignons
- Démontrer que la probabilité de défaillance du système est inférieure à 10^{-6}
- Profil de mission: 15 ans ou 240 000 km
- Calcul existant:

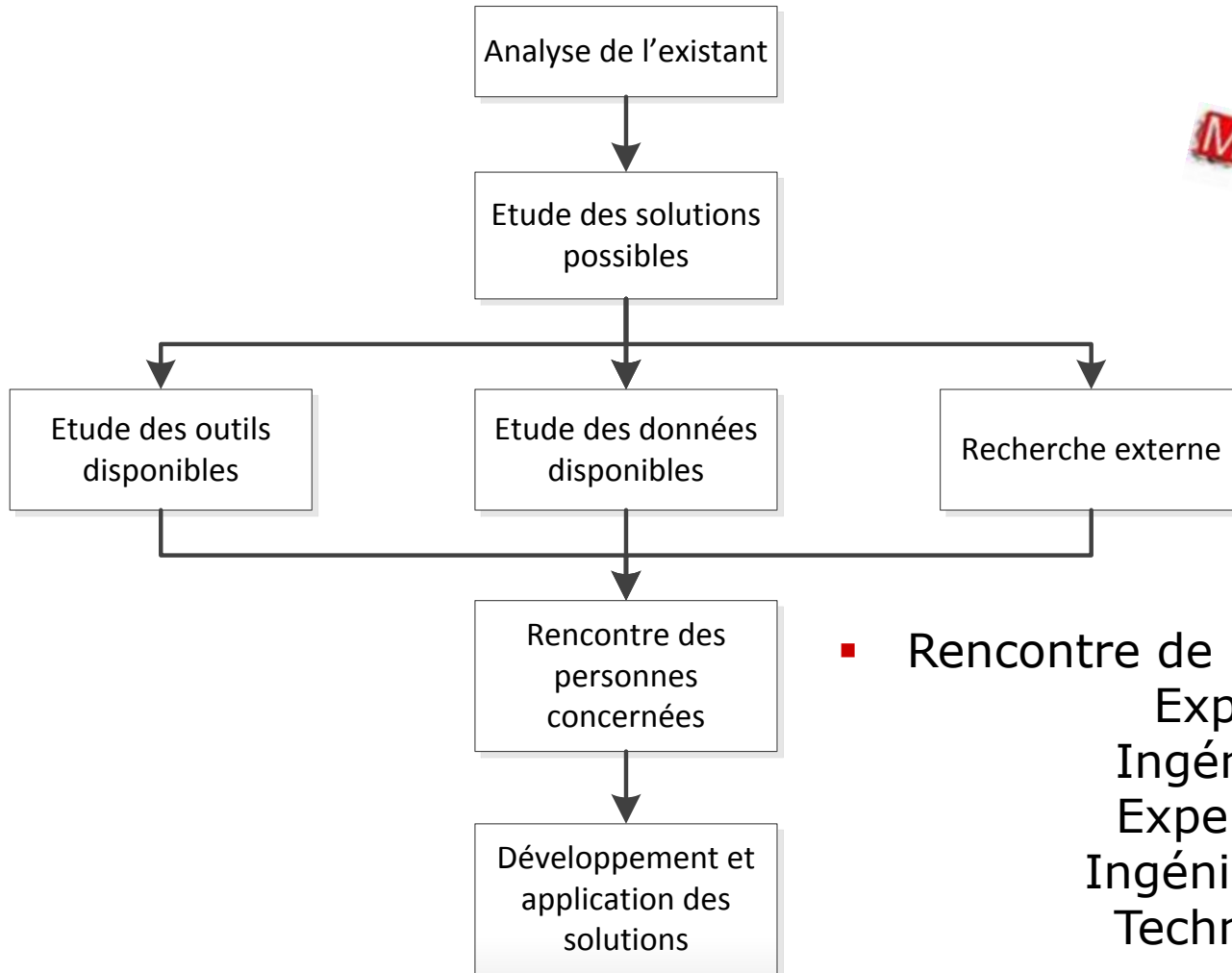
A améliorer	Points positifs
Pas de prise en compte des facteurs influents	Utilisation de la méthode résistance contrainte
Comparaison du Rm avec une contrainte équivalente	Calcul de la probabilité de défaillance grâce à l'algèbre des variables aléatoires



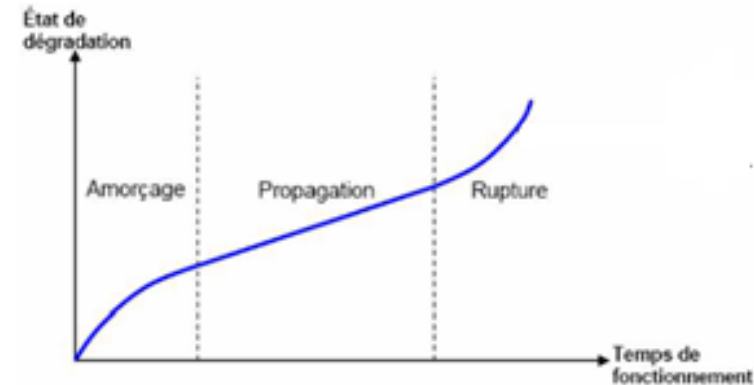
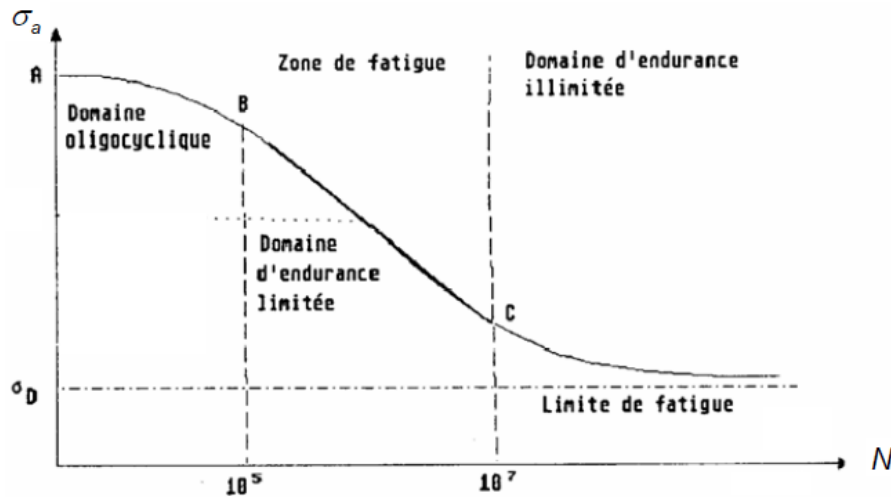




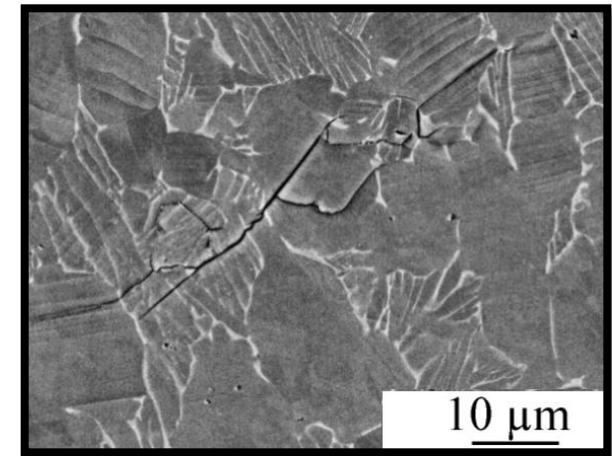
METHODE



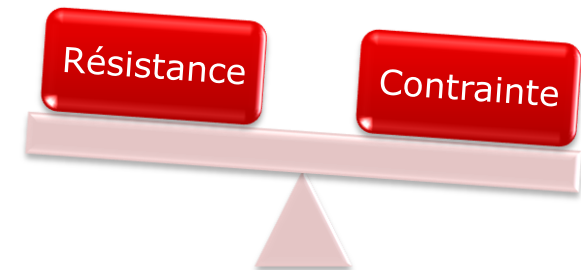
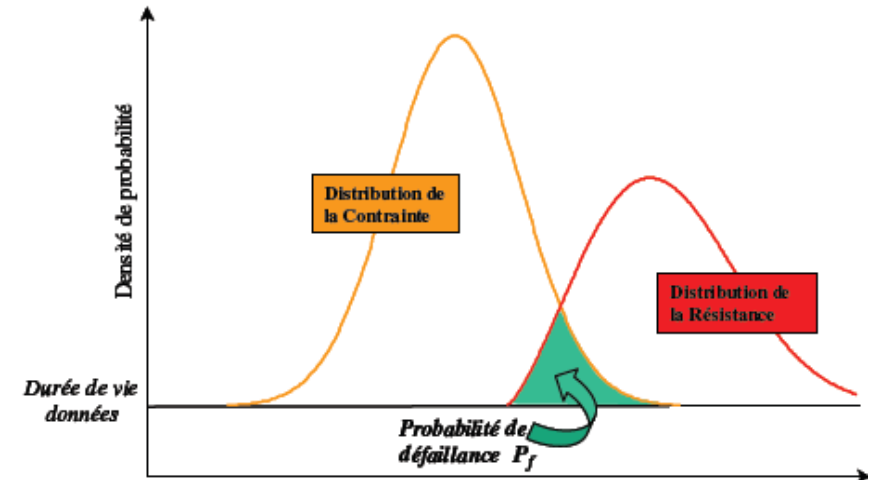
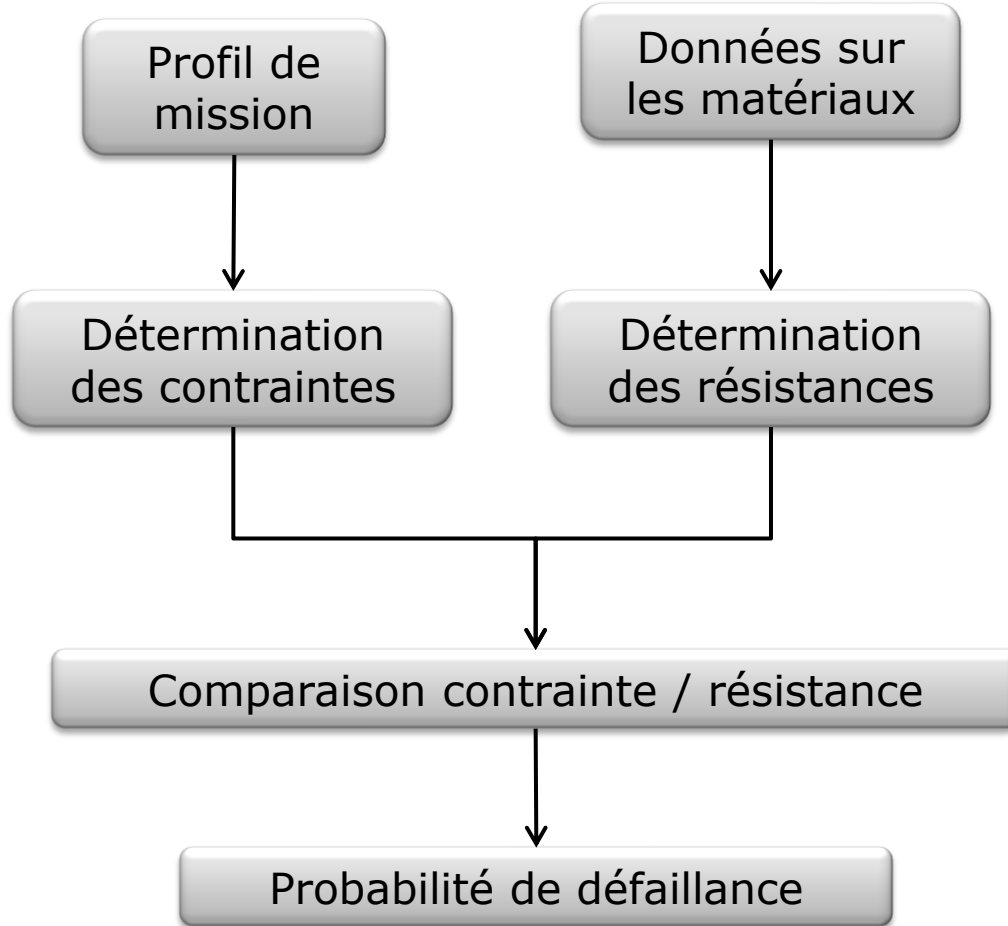
- Rencontre de nombreuses personnes :
 - Experts métier
 - Ingénieurs études
 - Expert conception
 - Ingénieur simulation
 - Techniciens essais



- Paramètres influents
 - Type de sollicitation
 - Concentration de contrainte
 - Etat de surface
 - Effet d'échelle
 - Contraintes résiduelles
 - Température, corrosion, fréquence



■ Résistance Contrainte



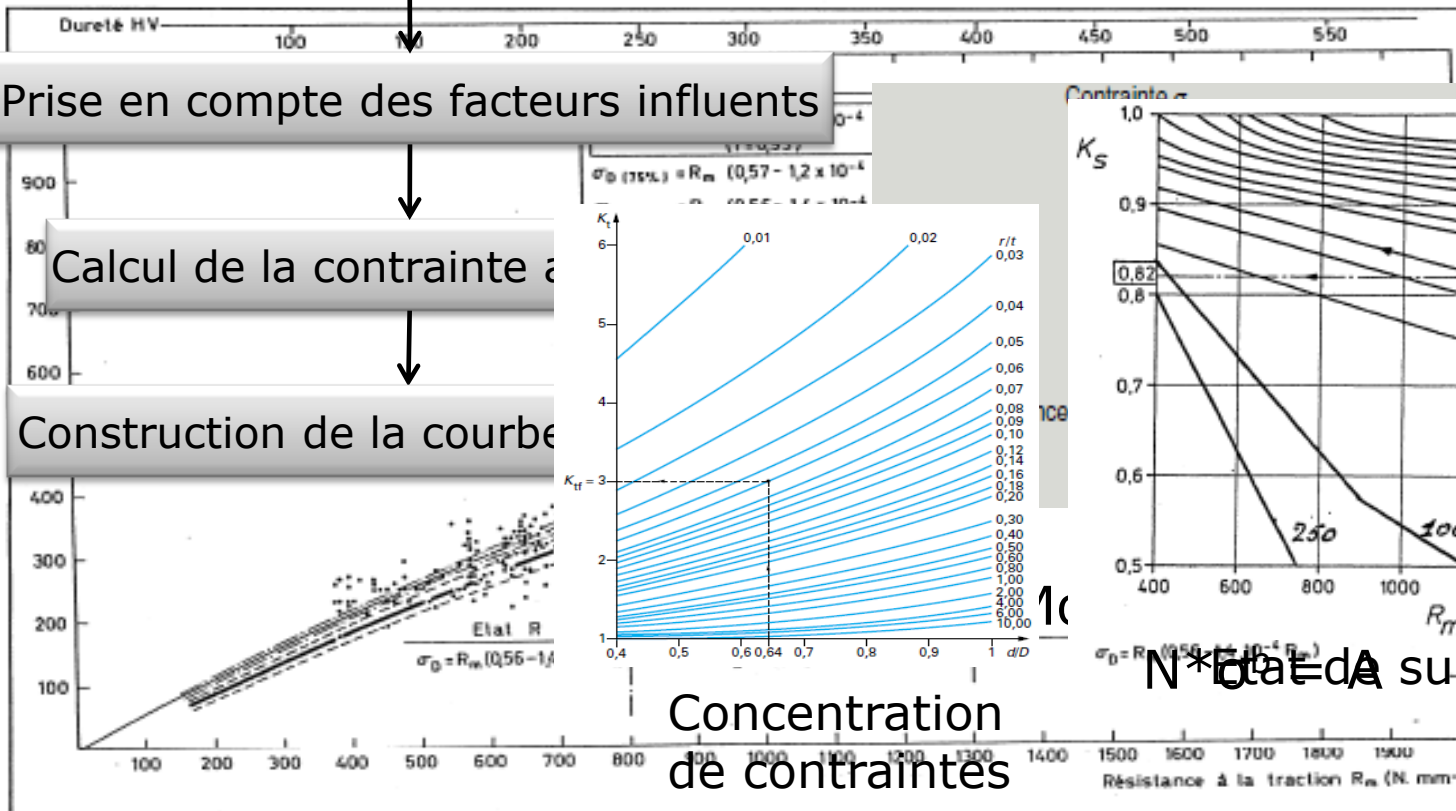
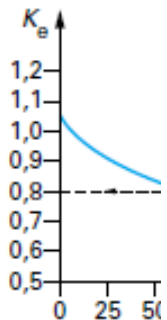
Valeur de la contrainte à la rupture R_m

Calcul de la limite d'endurance

Prise en compte des facteurs influents

Calcul de la contrainte σ_D

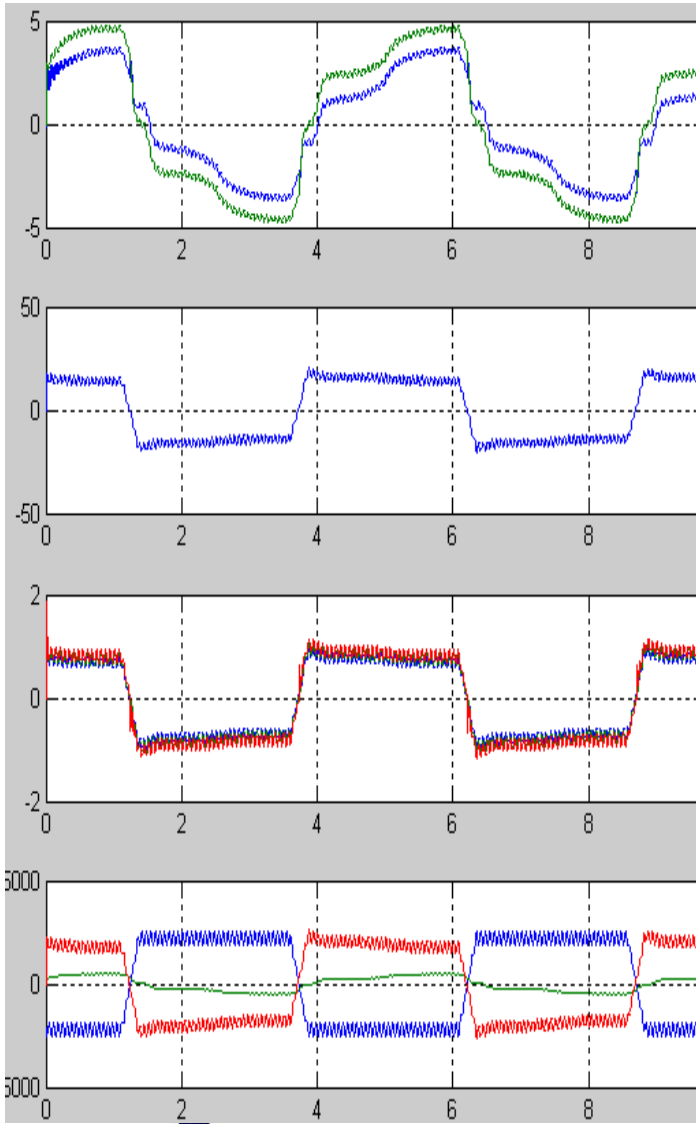
Construction de la courbe



Concentration
de contraintes

$N \cdot E_{\text{stat}} = A \cdot \sigma_D$

Détermination des contraintes



Type de phases

**Course
crémaillère
(mm)**

**Effort par
bielle
(daN)**

**Vitesse
pignon
(tr/min)**

Parking

Butée à butée
avec maintien du
couple en butée
 $C=10 \text{ N.m}$
pendant 1s.

413

30

Virage

+/- 23 mm

221 +/-
30
à 15 Hz

20

Autoroute

+/- 1 mm

110 +/-
30
à 15 Hz

15

	Données	Problématique
Profil de mission	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Efforts biellette ▪ Course crémaillère 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peu de données ▪ Pas de profil de contrainte
Calculs éléments finis	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Calcul de la contrainte à partir d'une valeur d'effort 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ressources de calculs faibles ▪ Modèles réalisés pour des calculs en choc ▪ Calculs statiques ▪ Résultats variables selon le maillage
Simulation	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Couples volant, barre de torsion, roue sur pignon, vis sur roue, rotor sur vis ▪ Efforts des pignons et des biellettes sur la crémaillère 	Pas de prise en compte des: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Angles biellette ▪ Déformations des pièces ▪ Usure des pièces
Autres outils	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Outil RPM (calcul contrainte en pied de dent crémaillère) ▪ Calcul contrainte barre de torsion 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compréhension et utilisation des outils

- Profil de contraintes aléatoire ou variable

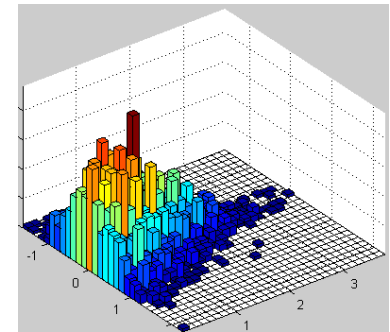
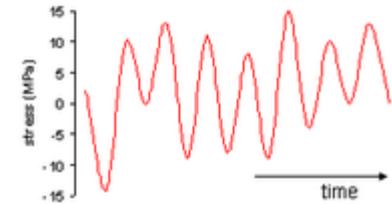
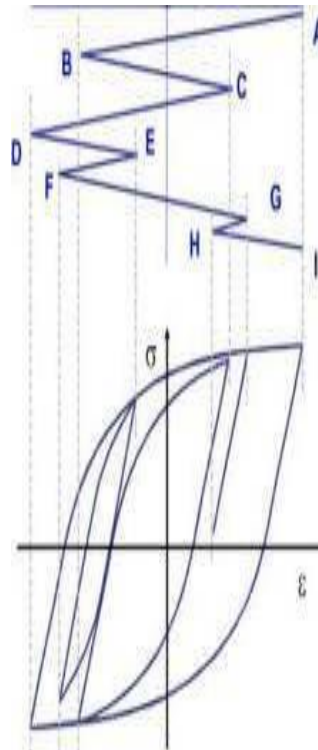
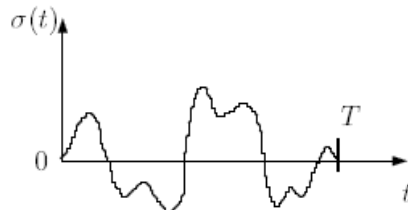
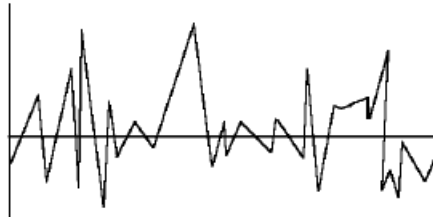
Chargement
complexe



Comptage
Rainflow



Chargement
simplifié



Chargement simplifié

Moyenne nulle $\sigma_m = 0$

Moyenne non nulle $\sigma_m \neq 0$

Utilisation de la
courbe de Wöhler
précédente

Diagramme de Goodman Smith

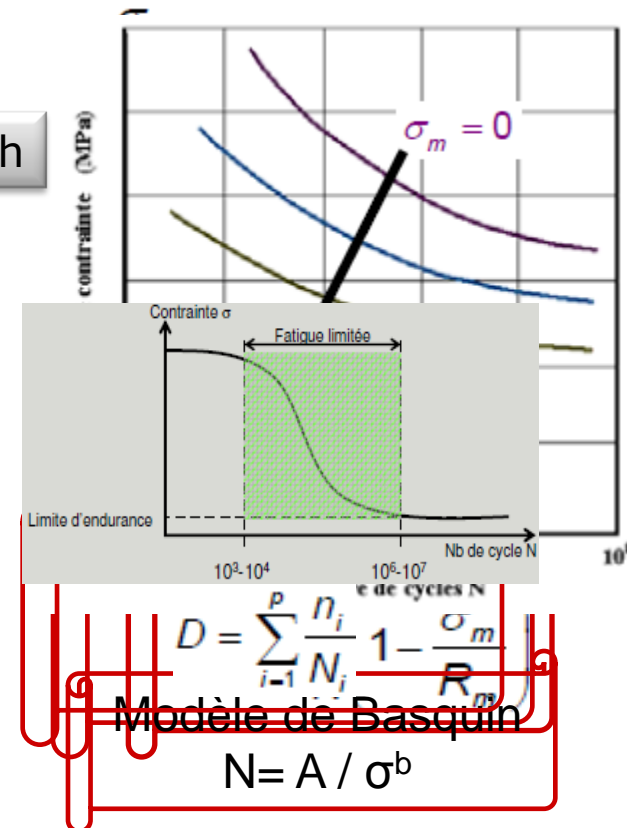
Construction de la
courbe de Wöhler

Calcul du nombre de cycles
 N à la rupture

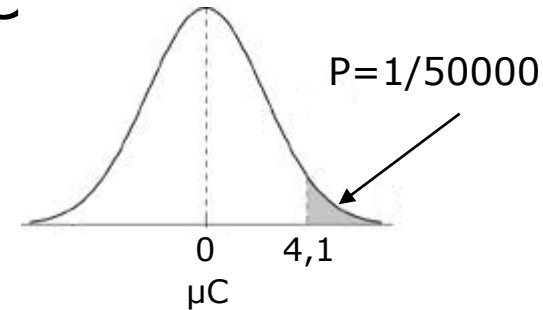
Calcul de l'endommagement

Cumul de l'endommagement

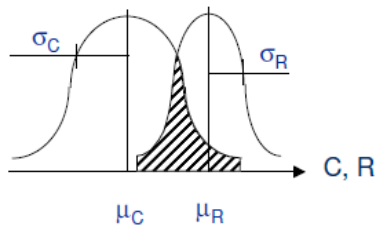
Calcul de la contrainte équivalente



- Profil de mission: représentatif de 1 client sur 50000 → calcul de la moyenne de la distribution μ_C

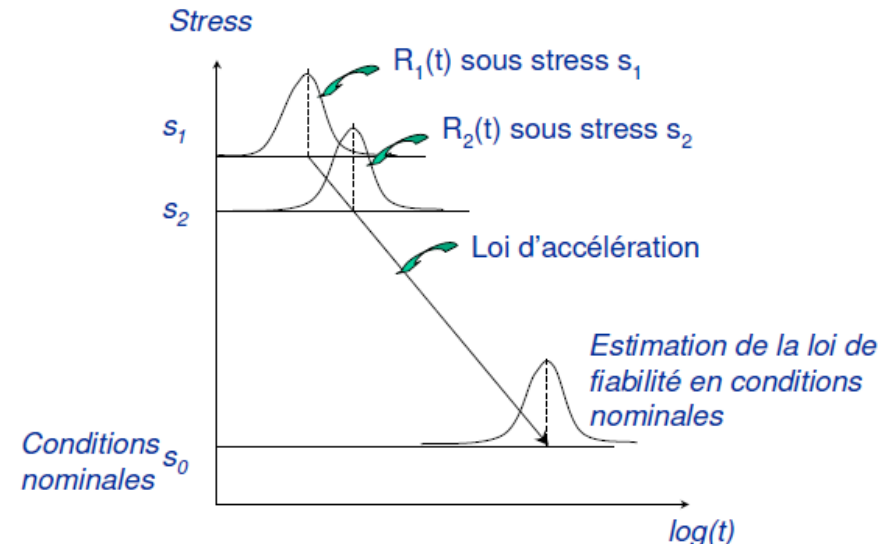
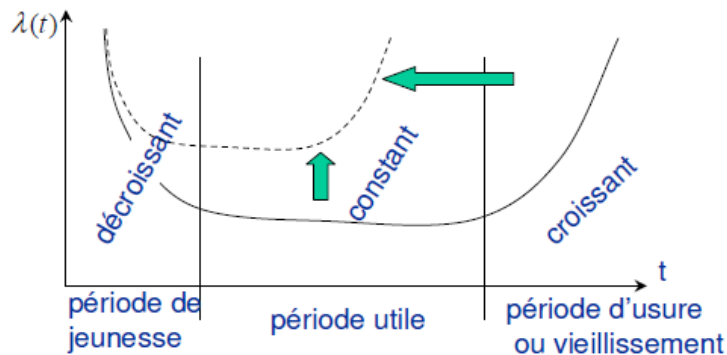


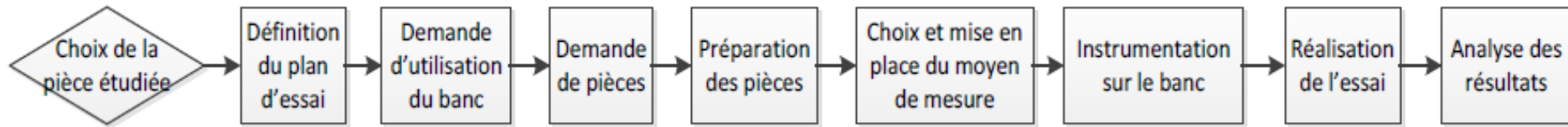
- Simulation de 100 clients
- Distribution des paramètres selon des lois uniformes:
 - Coefficient de variation de 20% pour les paramètres du profil
 - Coefficient de variation de 10% pour les paramètres de résistance
- Calcul avec l'algèbre des variables aléatoires



$$F = P\{R - C < 0\} = P\left\{u < -\frac{m_R - m_C}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_C^2}}\right\} = \Phi\left[\frac{m_C - m_R}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_C^2}}\right]$$

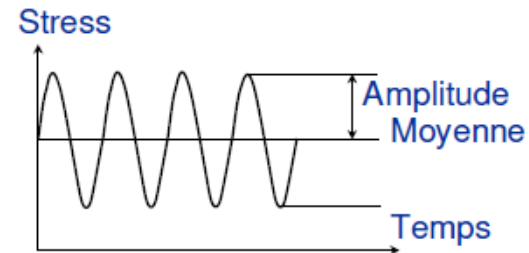
- Choix des essais accélérés
- Soumettre le composant à des sollicitations d'utilisation ou amplifiées afin :
 - d'accélérer les mécanismes d'endommagement et le « temps » (heure, cycles, Km,...) afin d'avoir plus tôt des pannes.
 - de réduire la durée nécessaire pour estimer les différents paramètres dans les conditions normales
- Un essai accéléré ne doit engendrer aucun mode de défaillance supplémentaire





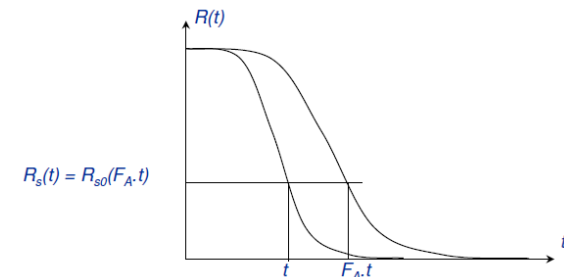
- Pièce étudiée: barre de torsion
- Moyen de mesure: jauge de déformation
- Banc d'essai: 6 pièces testées en même temps
- Augmentation de la contrainte appliquée
- 1^{ère} campagne d'essai:
 - Stress constants avec 3 niveaux
 - Casse des jauges
- 2^{ème} campagne d'essai:
 - Stress échelonnés avec 2 niveaux
 - 4 résultats sur 6 barres

- Augmentation de la contrainte appliquée
- Ajout d'une contrainte moyenne
- Profil à stress constants avec 3 niveaux de contrainte
- Profil à stress échelonnés



- Phénomènes de rupture mécanique en fatigue distribués selon la loi log-normale (même distribution en conditions sévÉRisées et normales)
- Pour 2 niveaux de sollicitations donnés:
 - le rapport entre les temps de défaillance est constant quel que soit le niveau de fiabilité
 - les temps de défaillance suivent la même distribution quel que soit le niveau de sollicitations

- Permet le passage des conditions sévérisées à celles nominales
- Modèle de puissance inverse utilisé lorsque le mécanisme d'endommagement est sensible à un stress particulier
- Modèle générique utilisé notamment pour corréler les sollicitations mécaniques et les durées de vie



- Exploration de nombreuses pistes
- Difficulté d'obtenir les données nécessaires pour la détermination des contraintes
- Comprendre le phénomène de fatigue
- Formalisation des calculs en fiabilité mécanique
- Formalisation d'une méthode d'essais accélérés



- Calcul de la probabilité de défaillance à partir des résultats d'essai
- Validation des hypothèses de distribution et de vie et de la loi d'accélération
- Faire face aux difficultés
 - Avoir un outil de calcul éléments finis en fatigue
 - Augmenter les ressources de calculs
 - Obtenir un profil de contrainte de la part du client
 - Avoir les données matériaux nécessaires au calcul (R_m , limite d'endurance)



- Equipe sympathique
- Découverte et contact avec de nombreux services
- Stage complet, réel enrichissement professionnel
- Stage orienté recherche et mécanique
- Compétences sur de nouveaux outils: IQRM, Fault Tree+, Matlab, Catia
- Fort intérêt pour le domaine de l'automobile



JTEKT Europe Technical Center

ZI du Broteau

69540 IRIGNY

Tél. : 04 72 39 44 44

Fax : 04 78 51 21 88

www.jtekt.co.jp/e/



**Merci de votre
attention**

JTEKT
JTEKT CORPORATION