

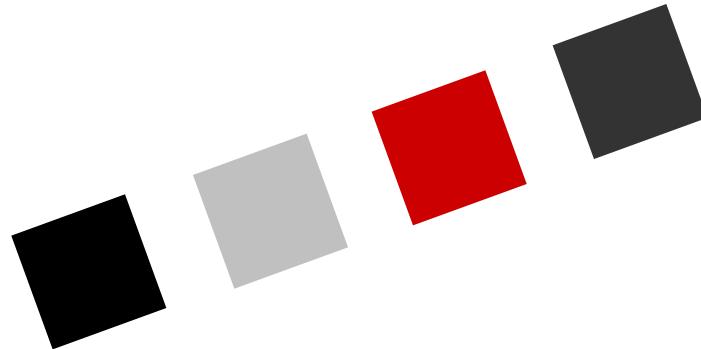
Charlène Caille

Maître de stage: Raynald Girardin

Tuteur enseignant: Fabrice Guérin

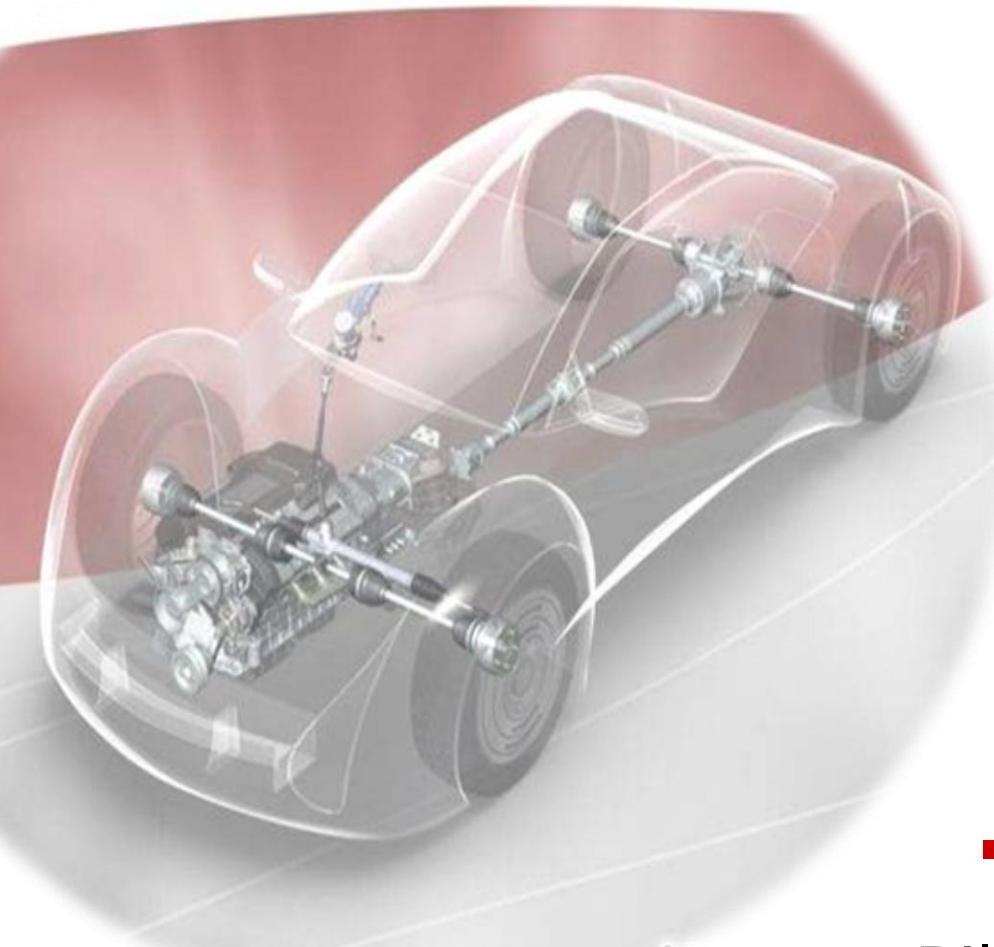


Etude de la fiabilité mécanique d'une direction assistée



**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



Massé du véhicule

Traction avant

Largeur des pneus



Effort de direction important

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

**Koyo****TOYODA**

- Crédit à la création le 1er janvier 2006

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

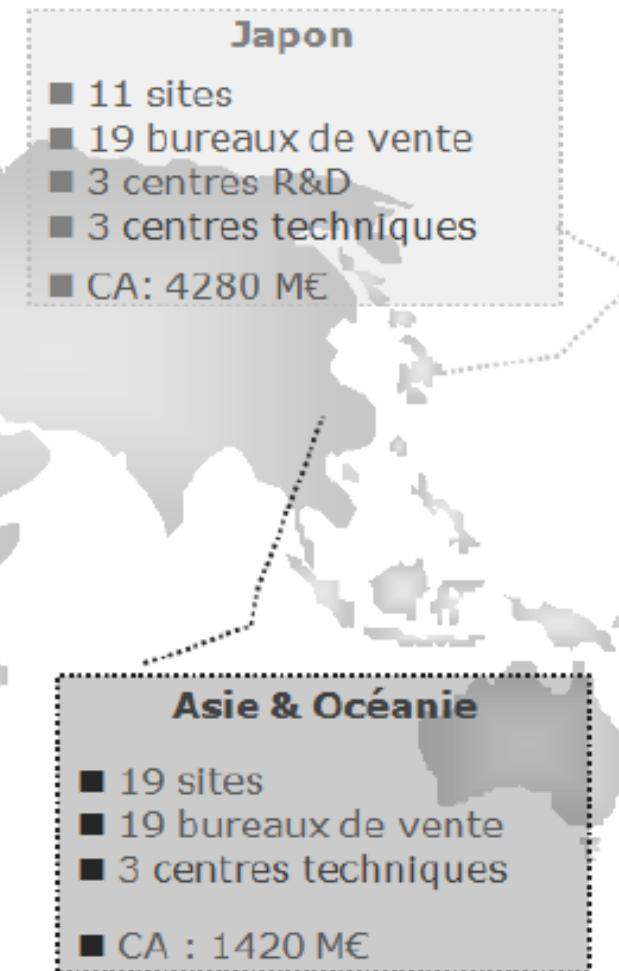
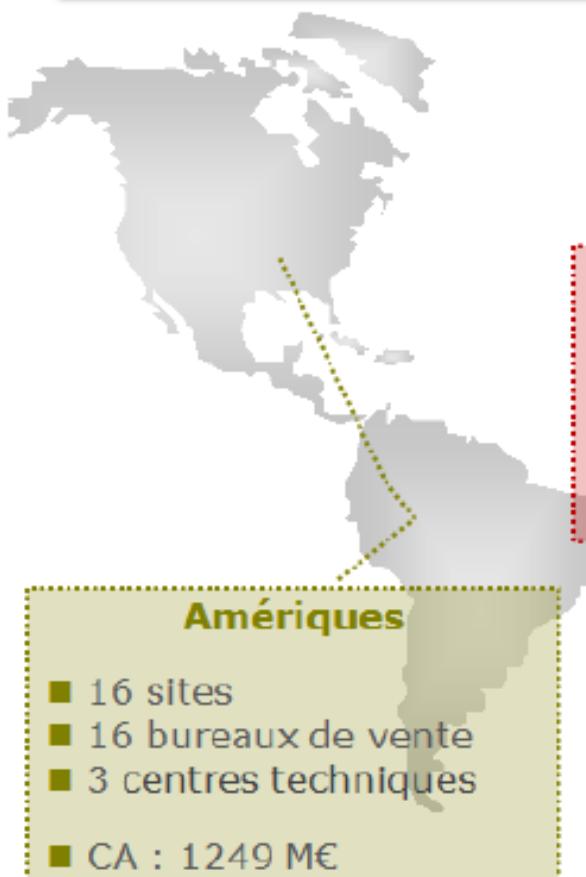


■ 63 sites

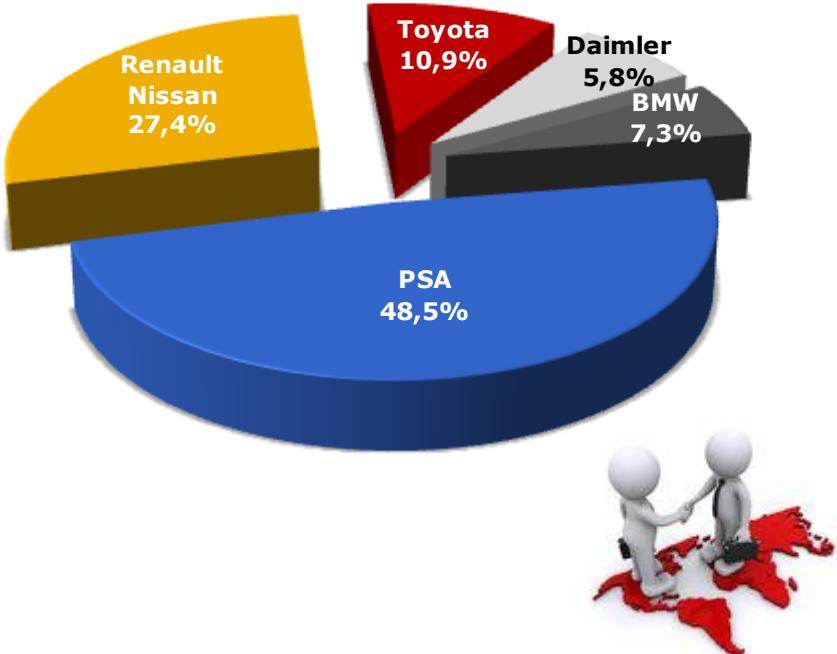
■ 3 centres R&D

■ 75 bureaux de vente

■ 12 centres techniques

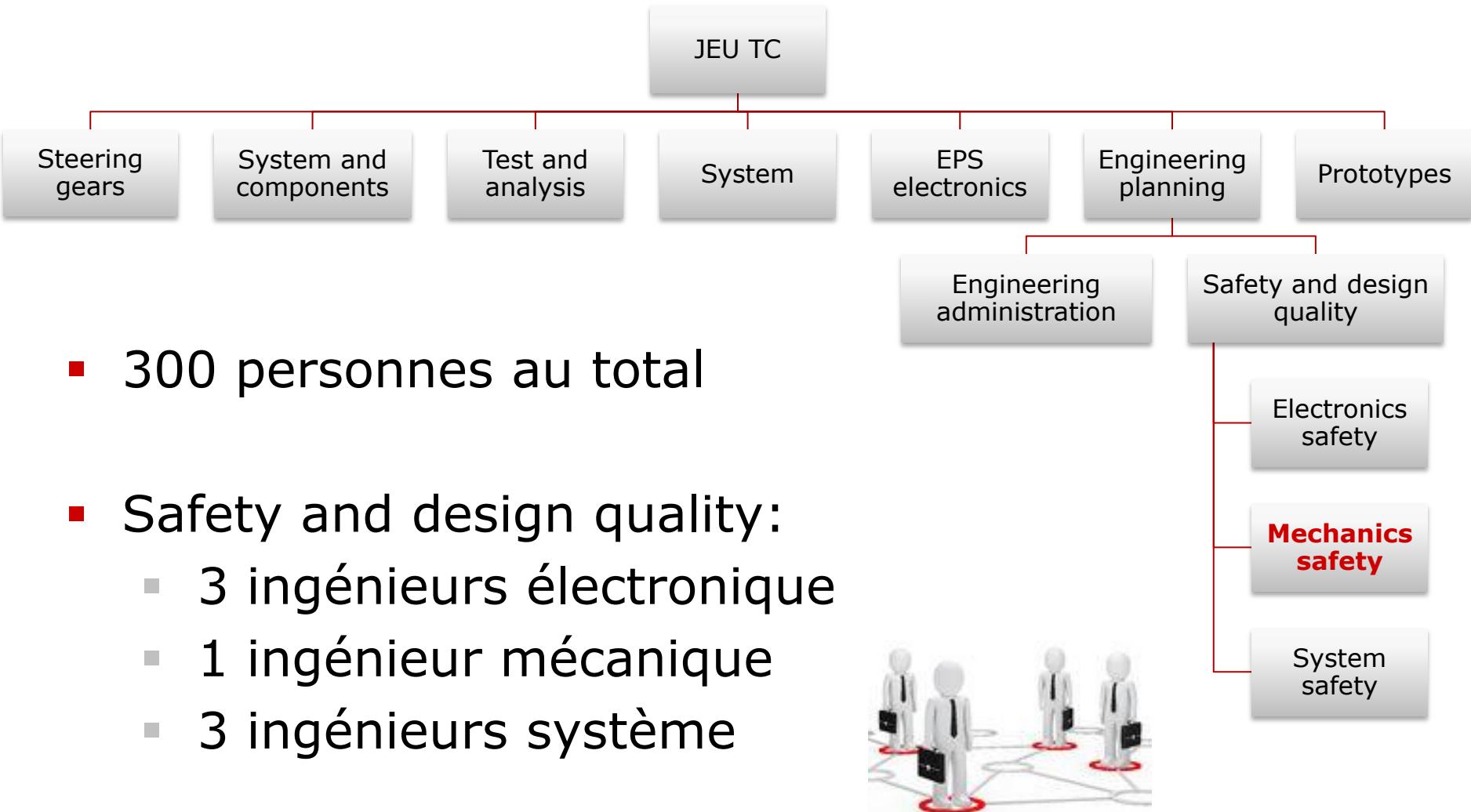


- Filiale du groupe JTEKT
- Plusieurs centres de recherche et de production des directions assistées



- Concurrents: Delphi, TRW, ZF, NSK

Organisation



Produits

Direction hydraulique



Constante

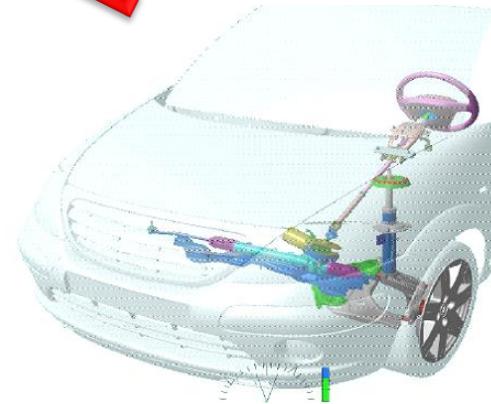
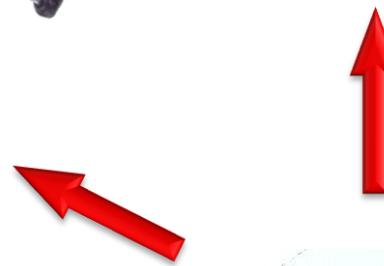


Variable



Electro-hydraulique

Direction manuelle



Direction électrique

Assistance à la colonne



Assistance au pignon



Assistance à la crémaillère





Court
terme

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

Long
terme

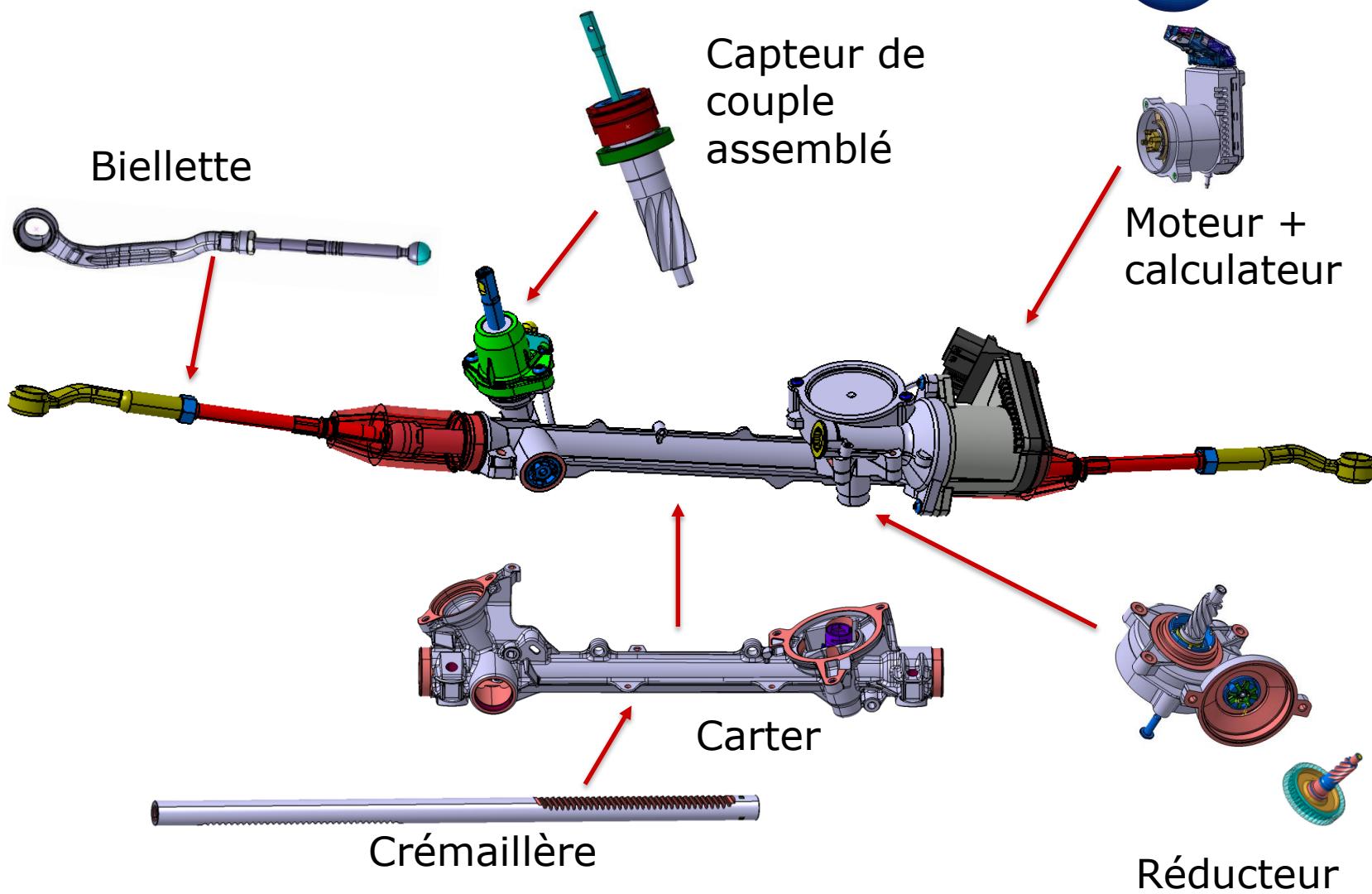
- Mise en place d'une méthode de calcul de fiabilité expérimentale
- Réduction du surdimensionnement des pièces
- Réduction le poids du système

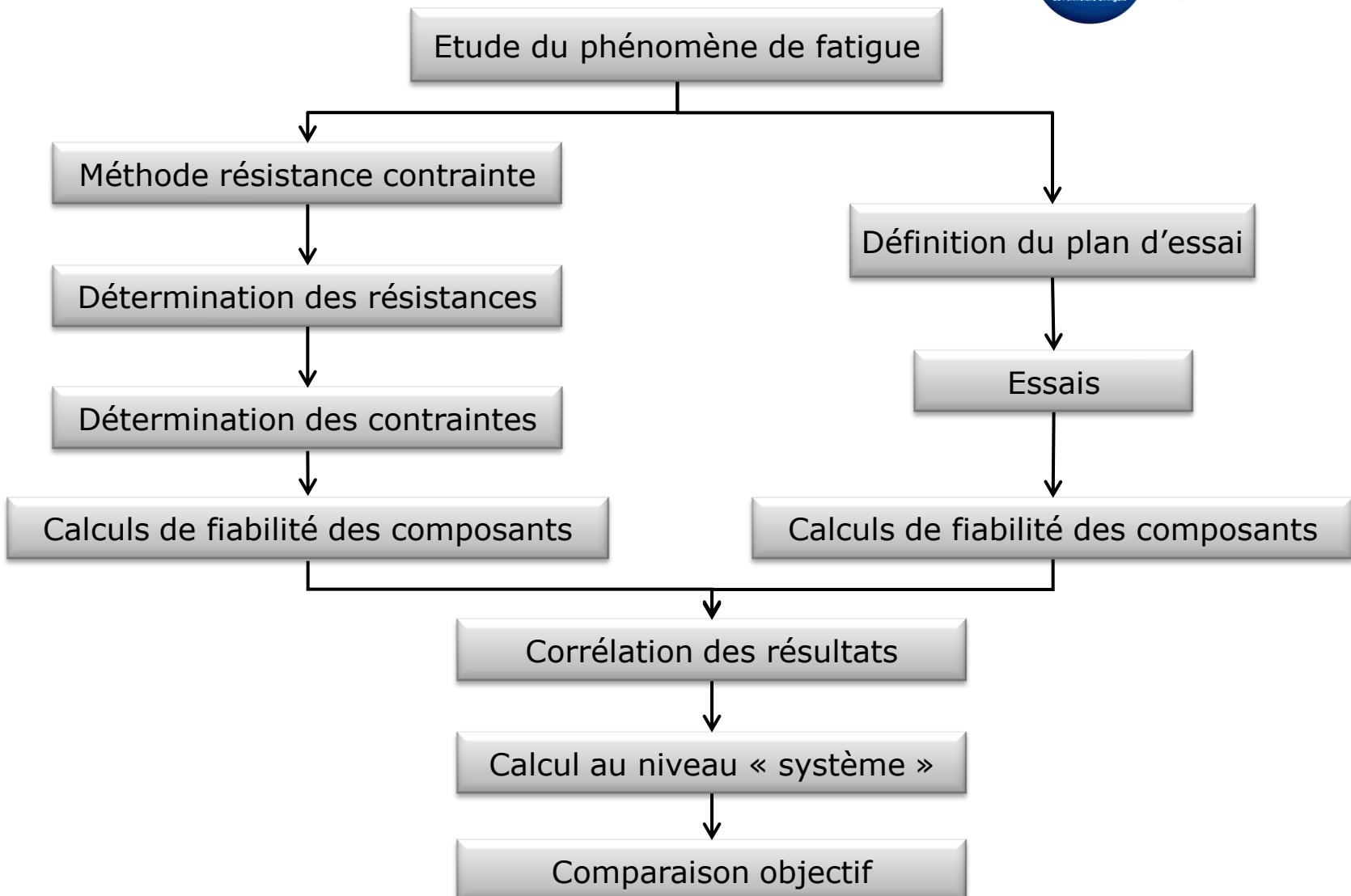
Comment formaliser les calculs de fiabilité?

- 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:

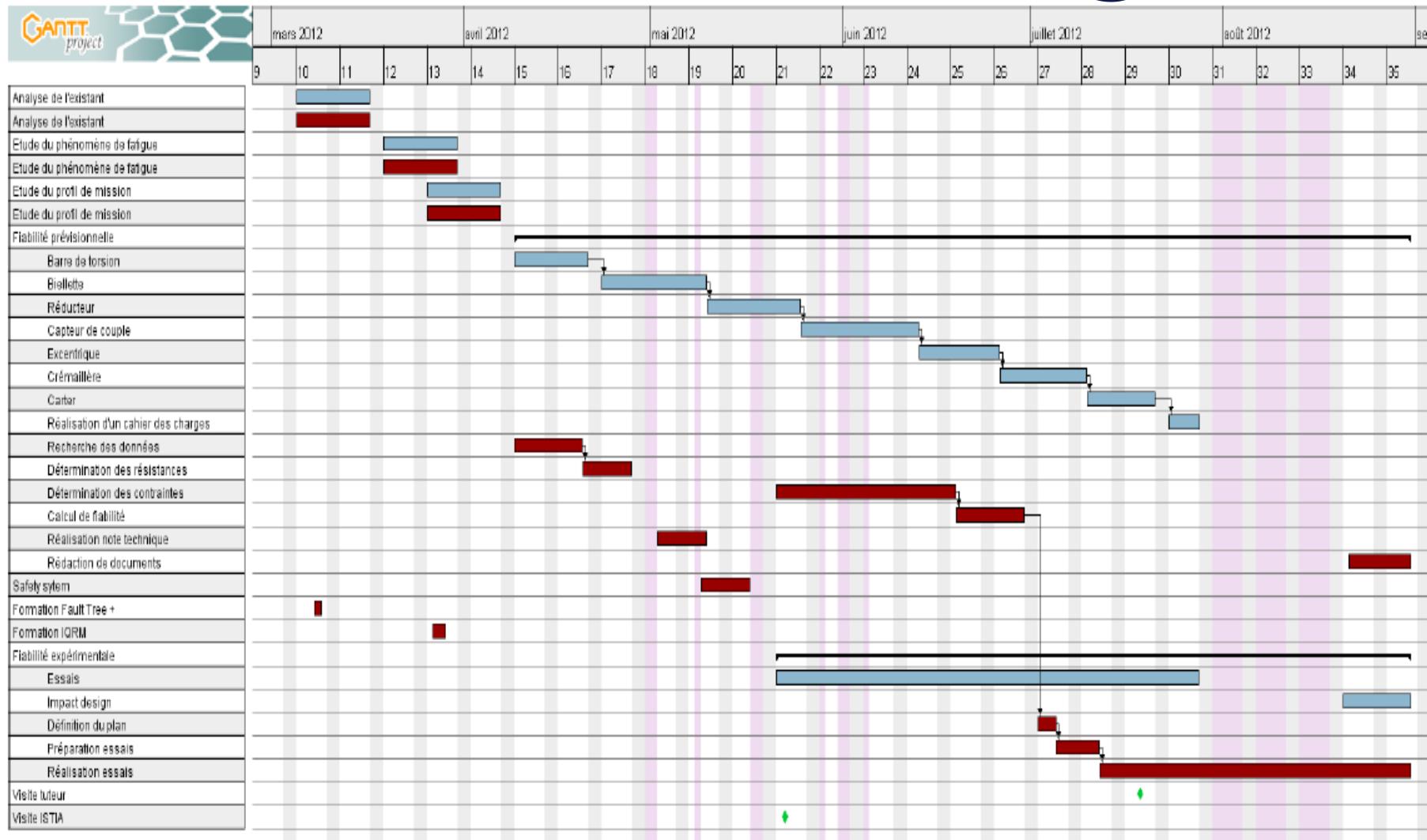
A améliorer	Points positifs
Pas de prise en compte des facteurs influents	Utilisation de la méthode résistance contrainte
Comparaison du Rm avec une contrainte équivalente	Calcul de la probabilité de défaillance grâce à l'algèbre des variables aléatoires

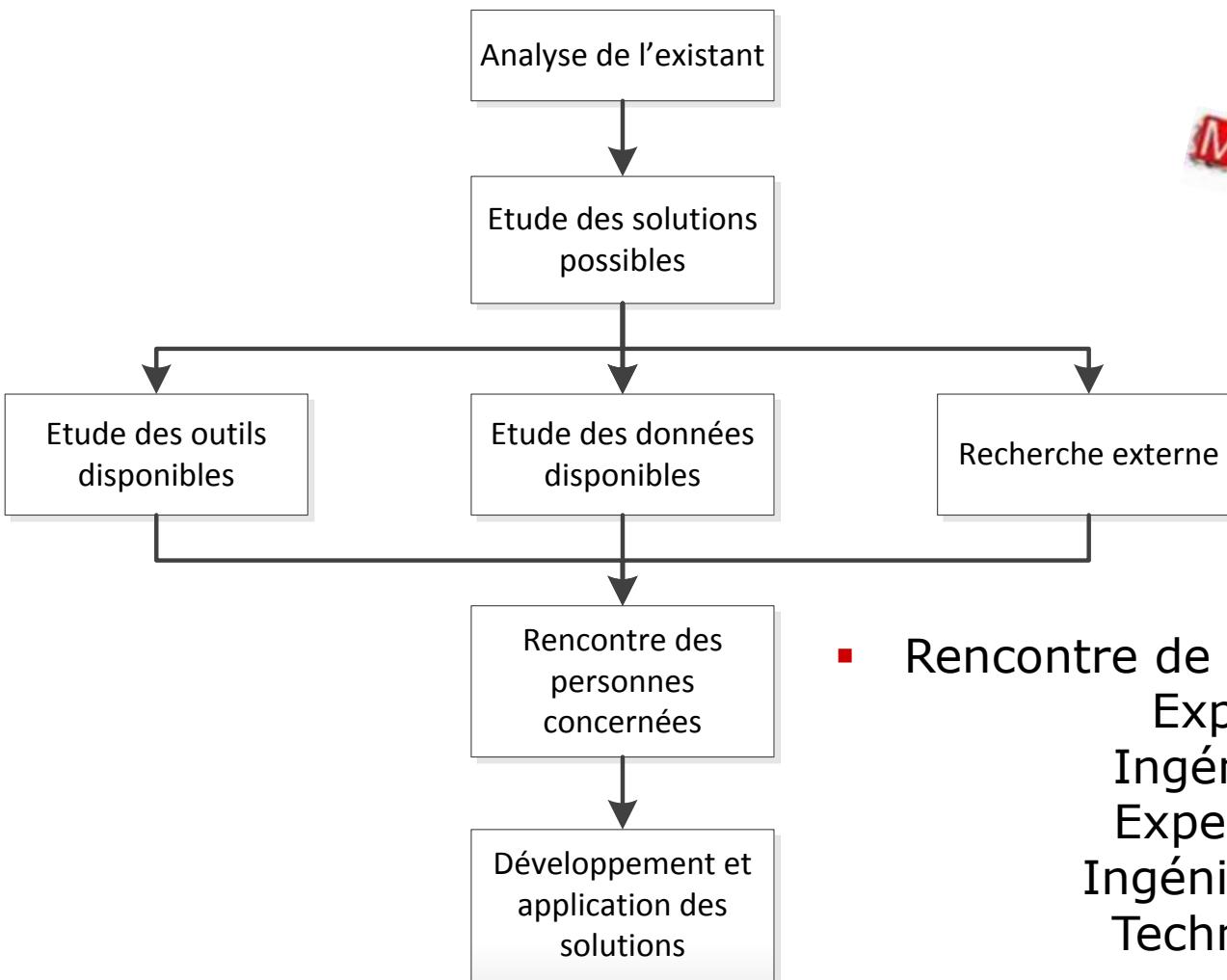
Direction assistée électrique à double pignons





Planning

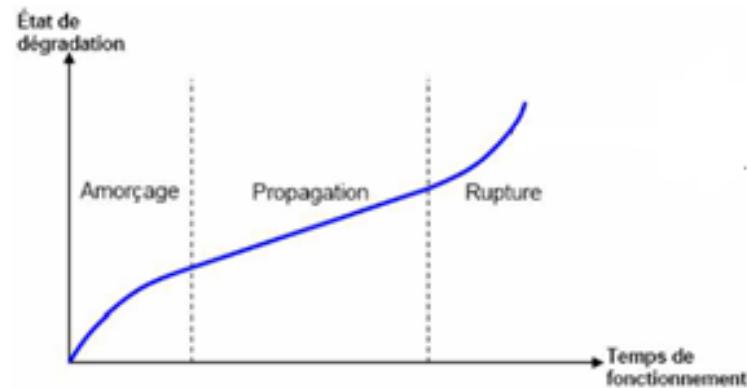
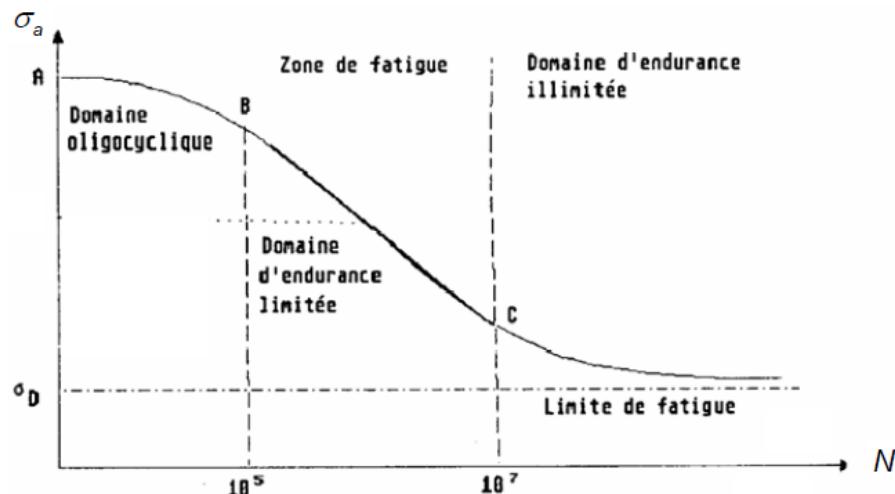




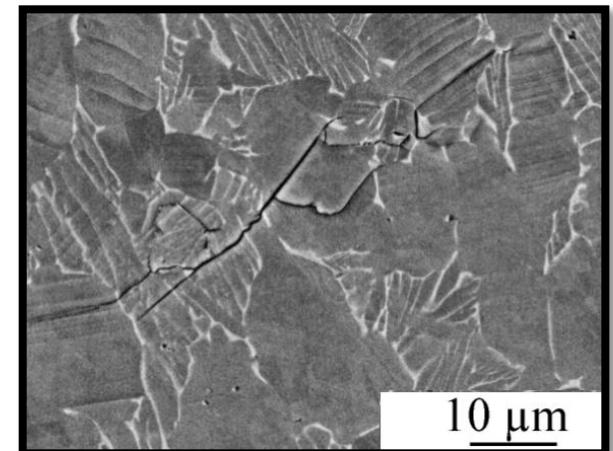
METHODIQUE

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

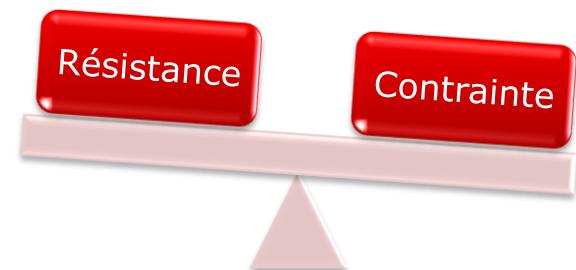
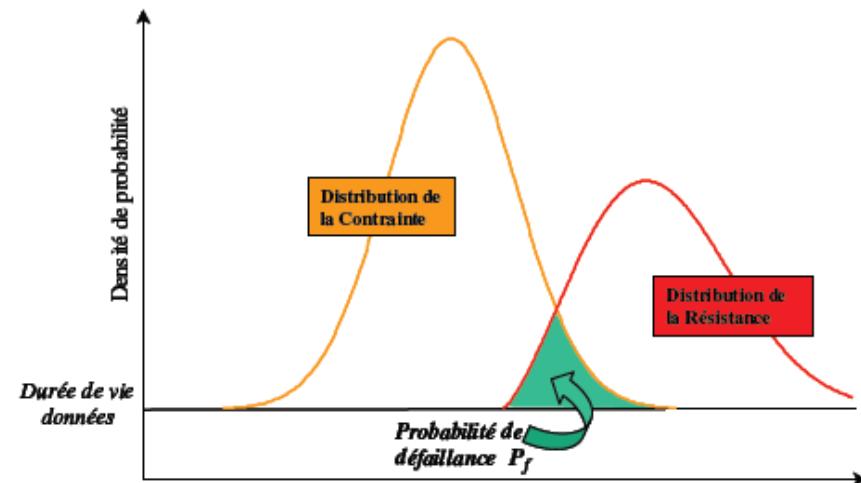
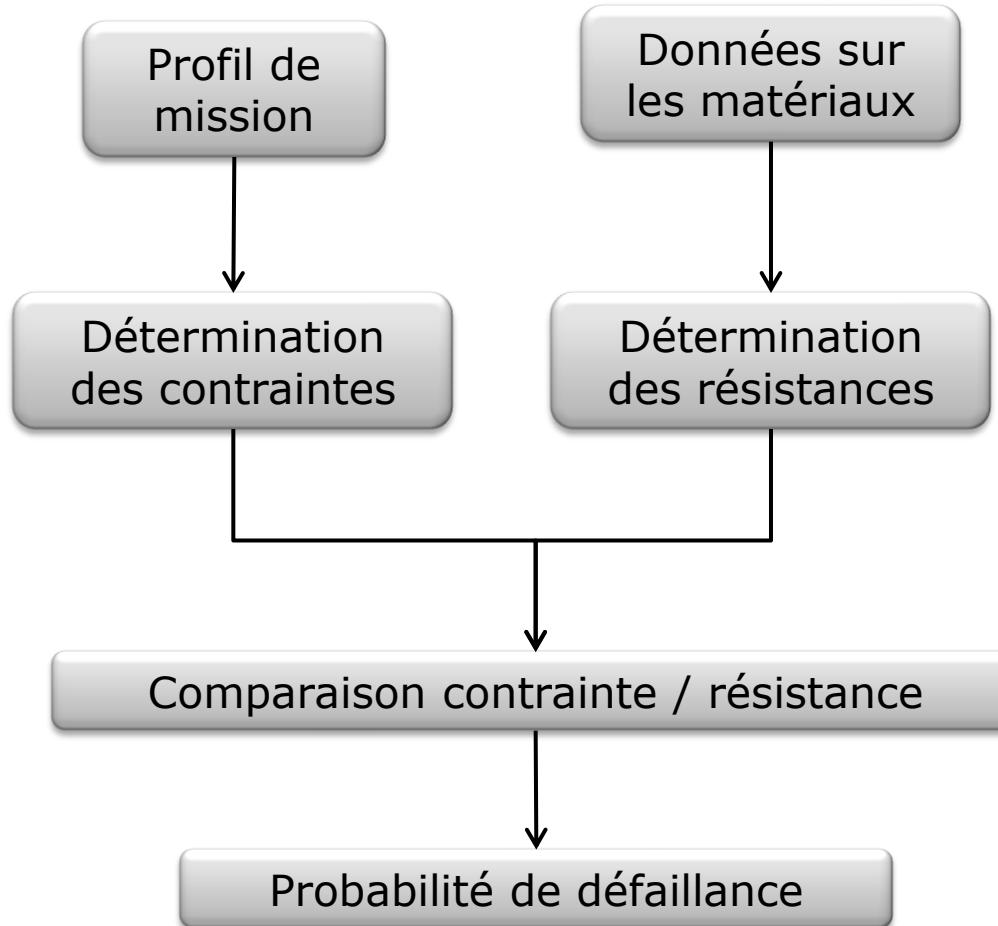
Phénomène de fatigue



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



Résistance Contrainte

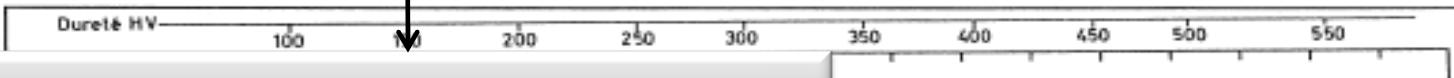


Modélisation des résistances

Valeur de la contrainte à la rupture R_m



Calcul de la limite d'endurance



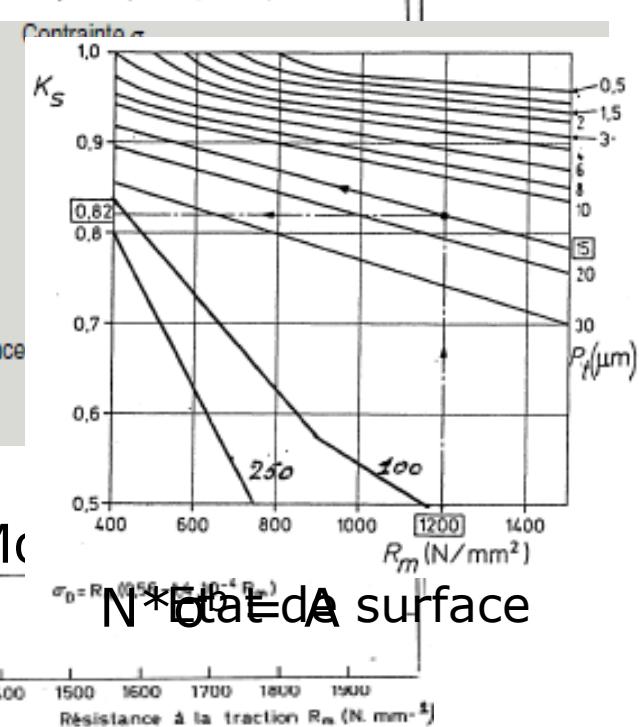
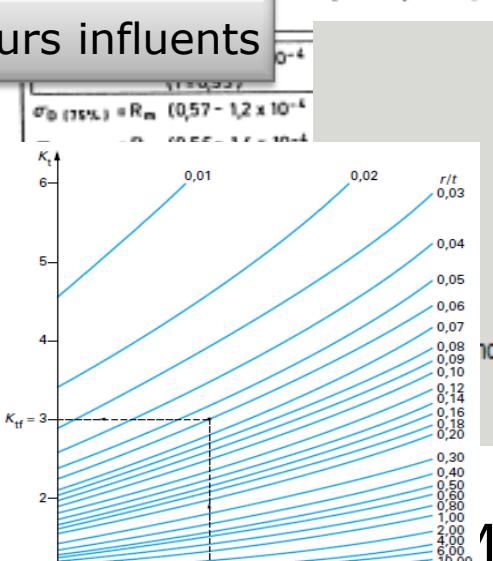
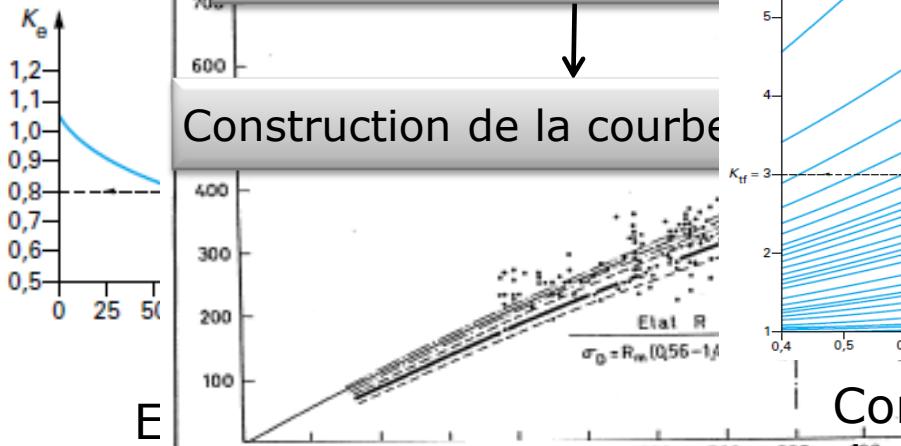
Prise en compte des facteurs influents



Calcul de la contrainte à la rupture



Construction de la courbe de traction



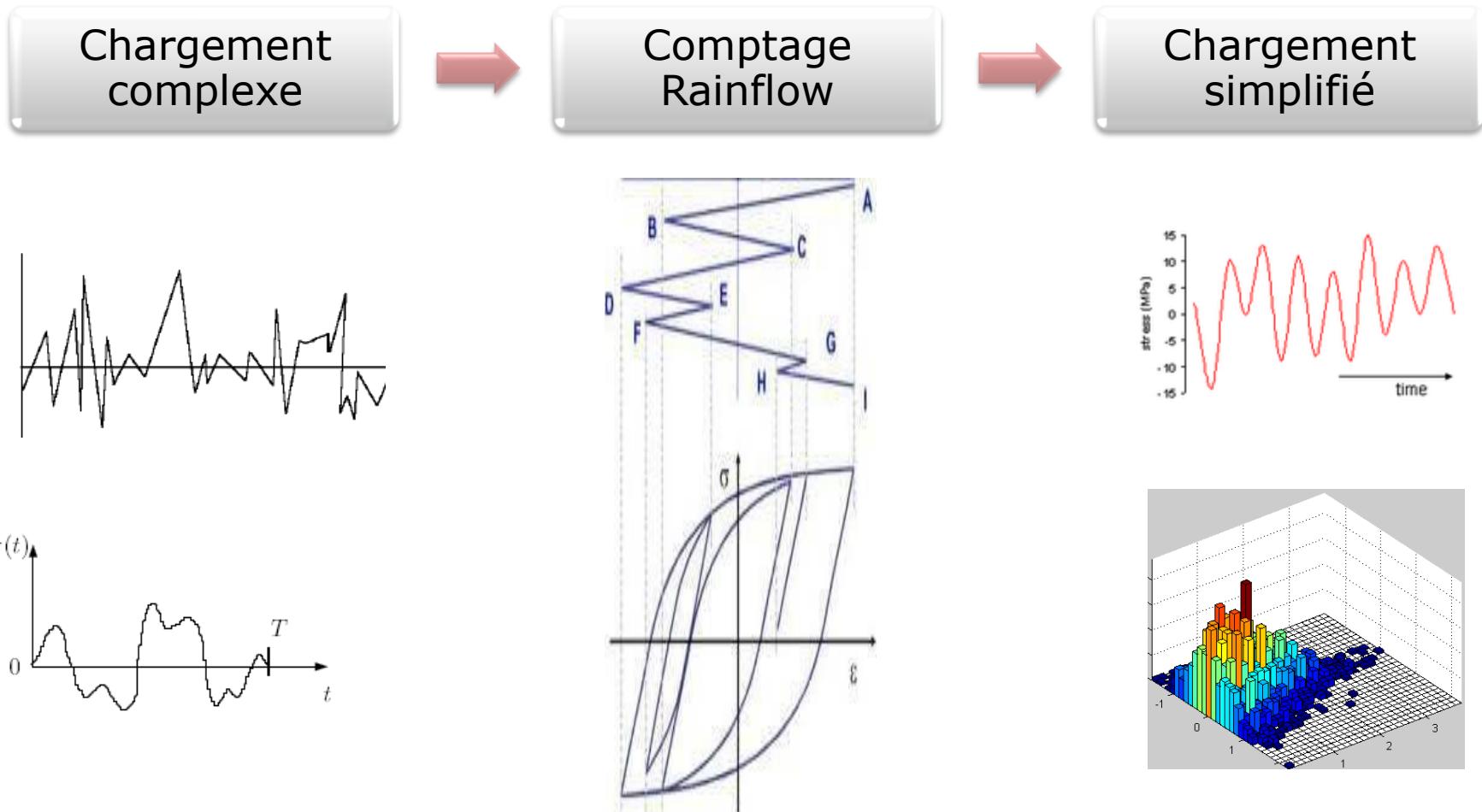
Détermination des contraintes

Type de phases	Course crémaillère (mm)	Effort par biellette (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 à 15 Hz	221 +/- 30	20
Autoroute	+/- 1 mm à 15 Hz	110 +/- 30	15

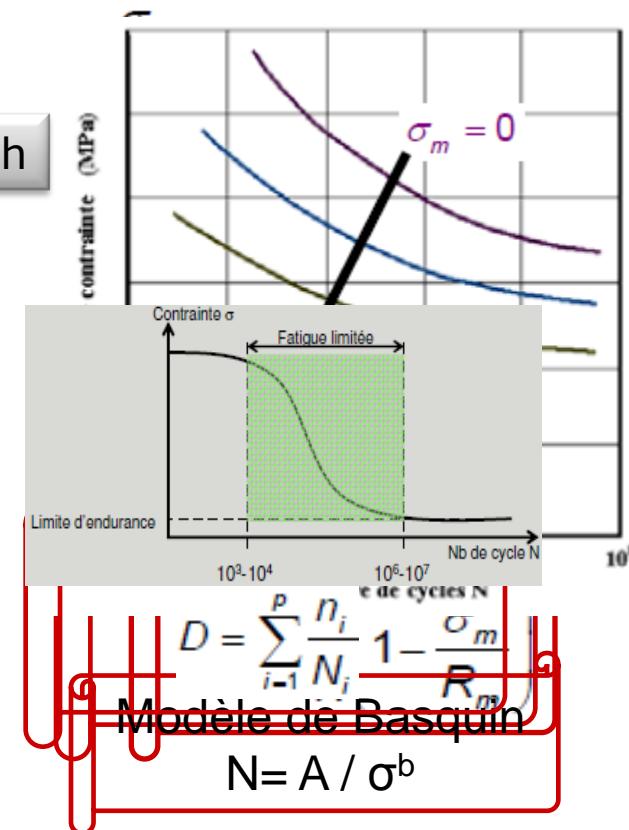
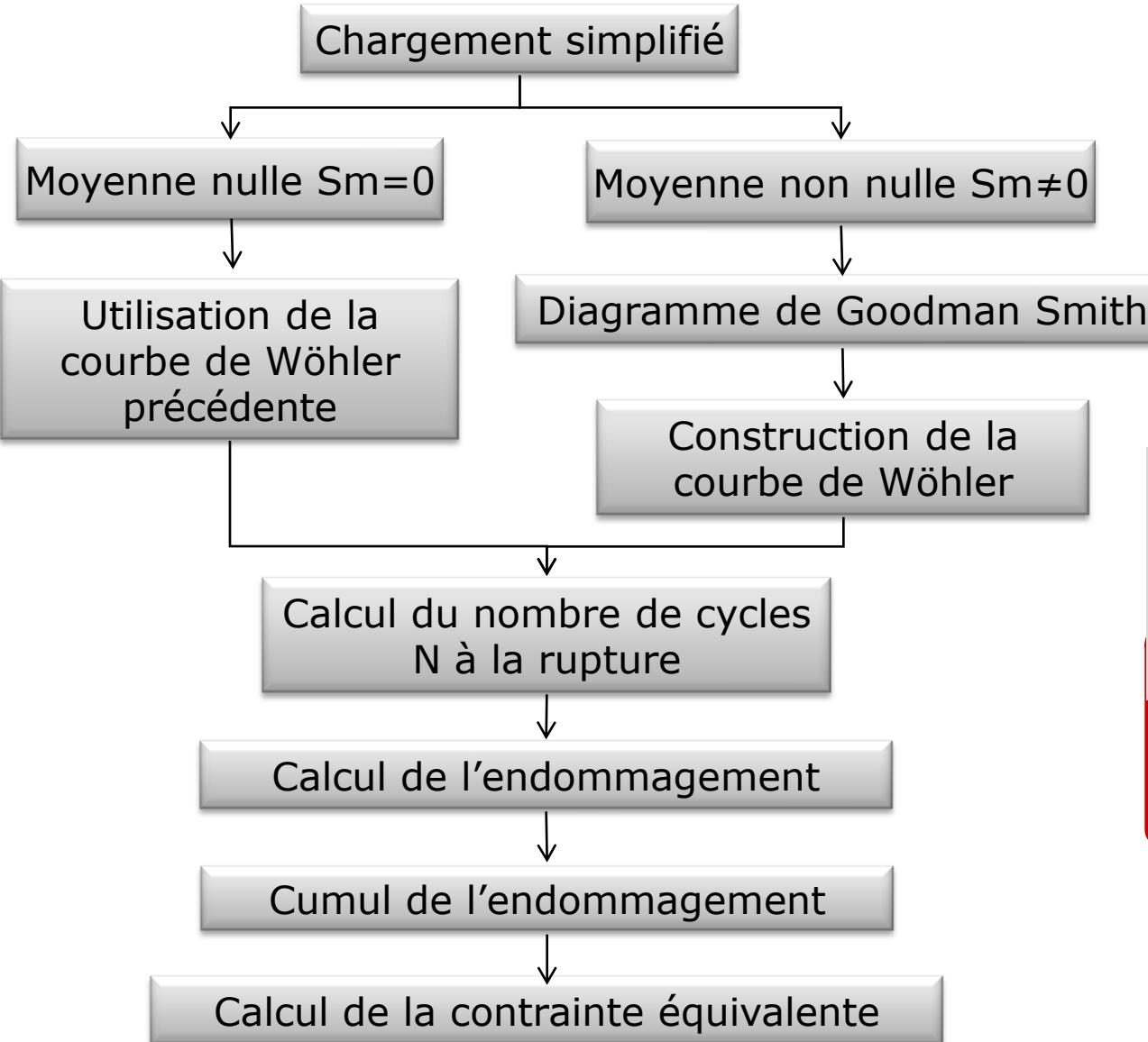
Détermination des contraintes

		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

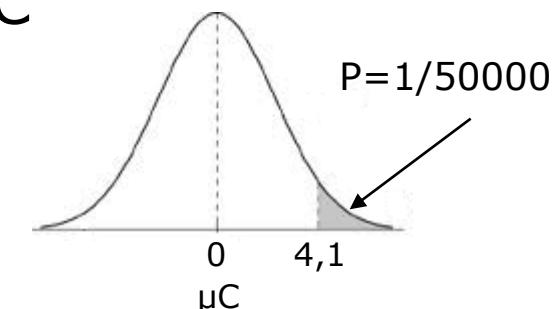


Traitements statistiques



Calcul de la probabilité de défaillance

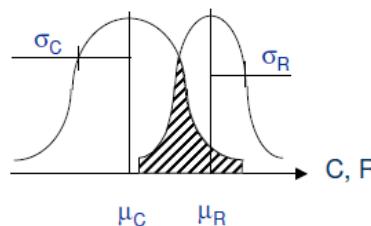
- Profil de mission: représentatif de 1 client sur 50000 → calcul de la moyenne de la distribution μ_C



- Simulation de 100 clients

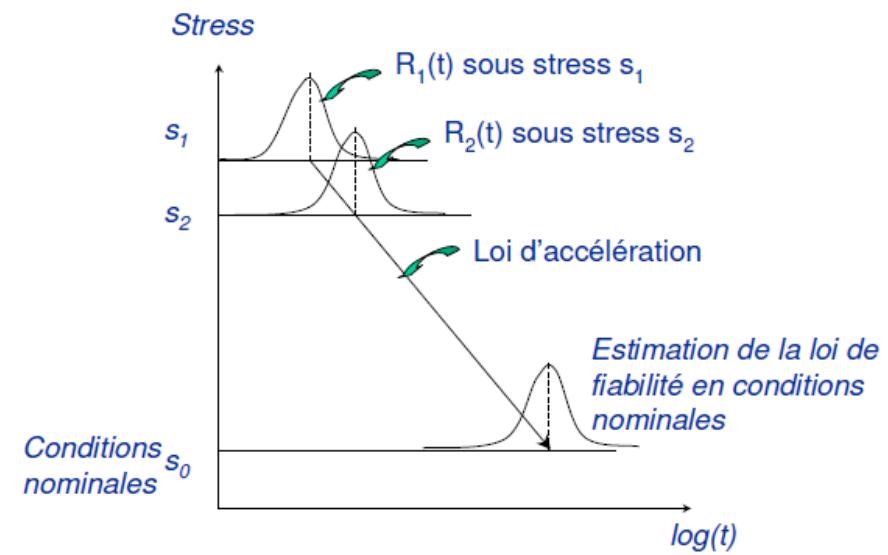
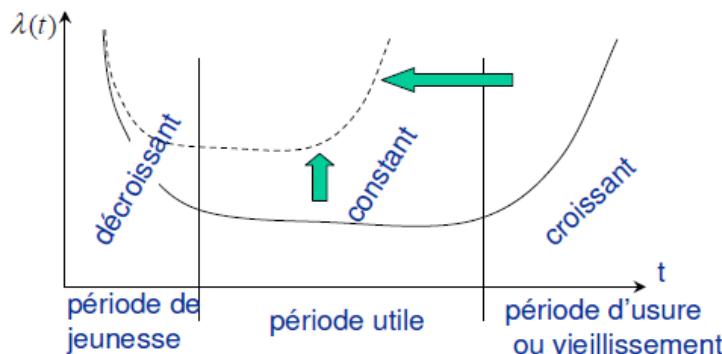
- Distribution des paramètres selon des lois uniformes:
 - Coefficient de variation de 20% pour les paramètres du profil
 - Coefficient de variation de 10% pour les paramètres de résistance

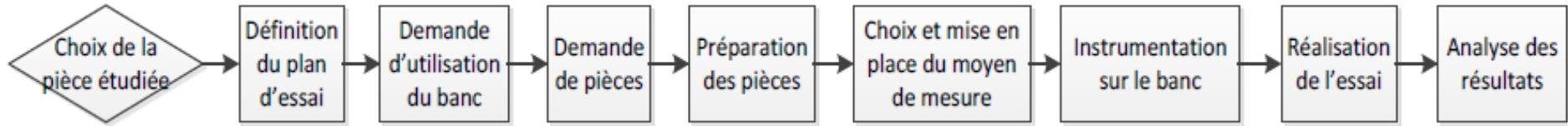
- Calcul avec l'algèbre des variables aléatoires



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

- 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

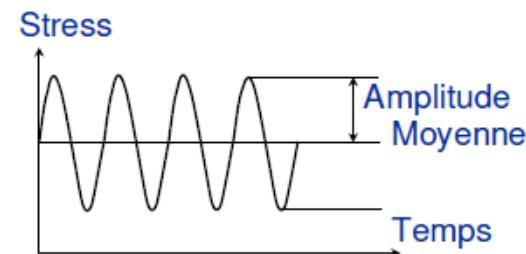




- Pièce étudiée: barre de torsion
- Moyen de mesure: jauge de déformation
- Banc d'essai: 6 pièces testées en même temps
- Augmentation de la contrainte appliquée
- 1^{ère} campagne d'essai:
 - Stress constants avec 3 niveaux
 - Casse des jauge
- 2^{ème} campagne d'essai:
 - Stress échelonnés avec 2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

Hypothèse 1: Sévérisation

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

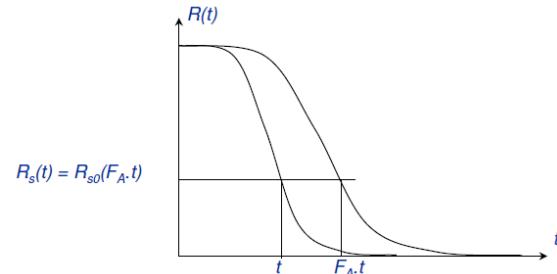


Hypothèse 2: Distribution

- Phénomènes de rupture mécanique en fatigue distribués selon la loi log-normale (même distribution en conditions sévérissées 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

Hypothèse 3: Loi d'accélération

- 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



Conclusion

- 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 (Rm, 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

ZI du Broteau

69540 IRIGNY

Tél. : 04 72 39 44 44

Fax : 04 78 51 21 88

www.jtekt.co.jp/e/

JTEKT CORPORATION

Merci de votre
attention