

ANALYSE DES DONNEES DE FATIGUE ET FIABILITE MECANIQUE



Mélanie Dougal, Soukaina El Ghoudjami, Tarik Ouallou, Sandy Rouer

EI4 en Qualité et Sûreté de Fonctionnement

Tuteur en entreprise : Pauline BEAUMONT

Enseignants encadrants : Fabrice GUERIN, Sylvain CLOUPET

SOMMAIRE

- Introduction
- 1- Présentation de l'entreprise
- 2- Présentation du projet
- 3- Modèles mécaniques
- 4- Modèles probabilistes
- 5- Résultats obtenus
- Conclusion

Introduction

Réaliser un projet industriel dans le cadre de la formation de la 2^{ème} année du cycle ingénieur.

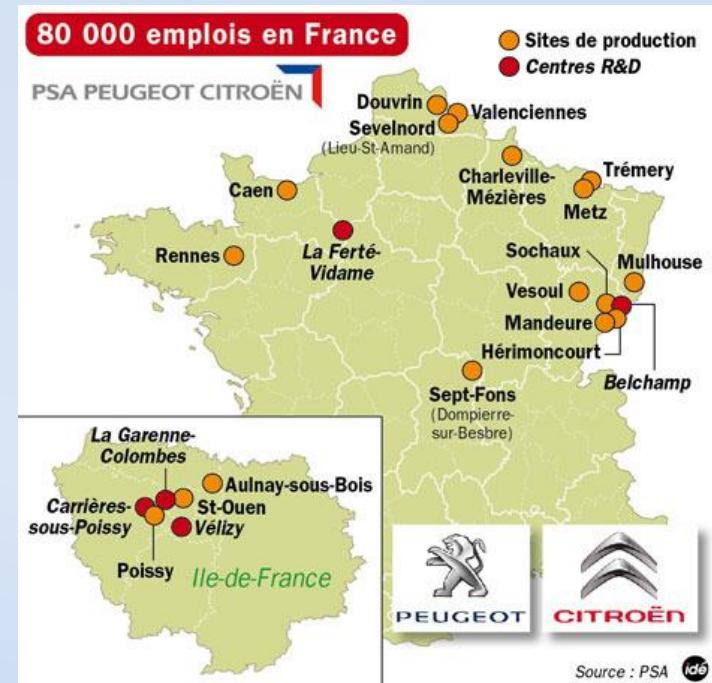
Sujet : Analyser les données d'essais de fatigue

Objectifs:

- Se familiariser et se confronter avec les usages du travail professionnel.
- Travailler en groupe et apprendre à répartir les tâches.
- Mettre en œuvre nos connaissances acquises .
- Réaliser un projet concret en entreprise, pouvoir trouver des solutions ainsi que les interpréter.

1- Présentation de l'entreprise

Raison sociale	PSA PEUGEOT CITROËN
Date de fusion	1976
Présence de PSA à l'international	<ul style="list-style-type: none"> -En Europe : Espagne, Portugal, République tchèque, Slovaquie, Italie, Russie. -Sur d'autres continents : Argentine, Brésil, Chine, Nigeria, Égypte, Turquie.
Chiffre d'affaire	56,1 milliards d'euros
Activités	<ul style="list-style-type: none"> -Construction automobile -Financement (Banque PSA Finance). -Logistique (Gefco) -Equipement automobile (Faurecia). -Peugeot Scooter



2- Présentation du projet

- Contexte du projet

- Trains roulants très sollicités
- Organes de sécurité présents
- Le site de Vélizy se préoccupe en grande partie des liaisons au sol



Missions:

- Analyser les données d'essais de fatigue fournies par la CETIM.
- Définir les méthodes d'estimations statistiques des courbes de Wöhler
- Vérifier les propriétés statistiques trouvées (coefficient de variations constant, pente de Basquin constante ...).

2- Présentation du projet

- Présentation des données
- CETIM - Centre Technique des Industries Mécaniques

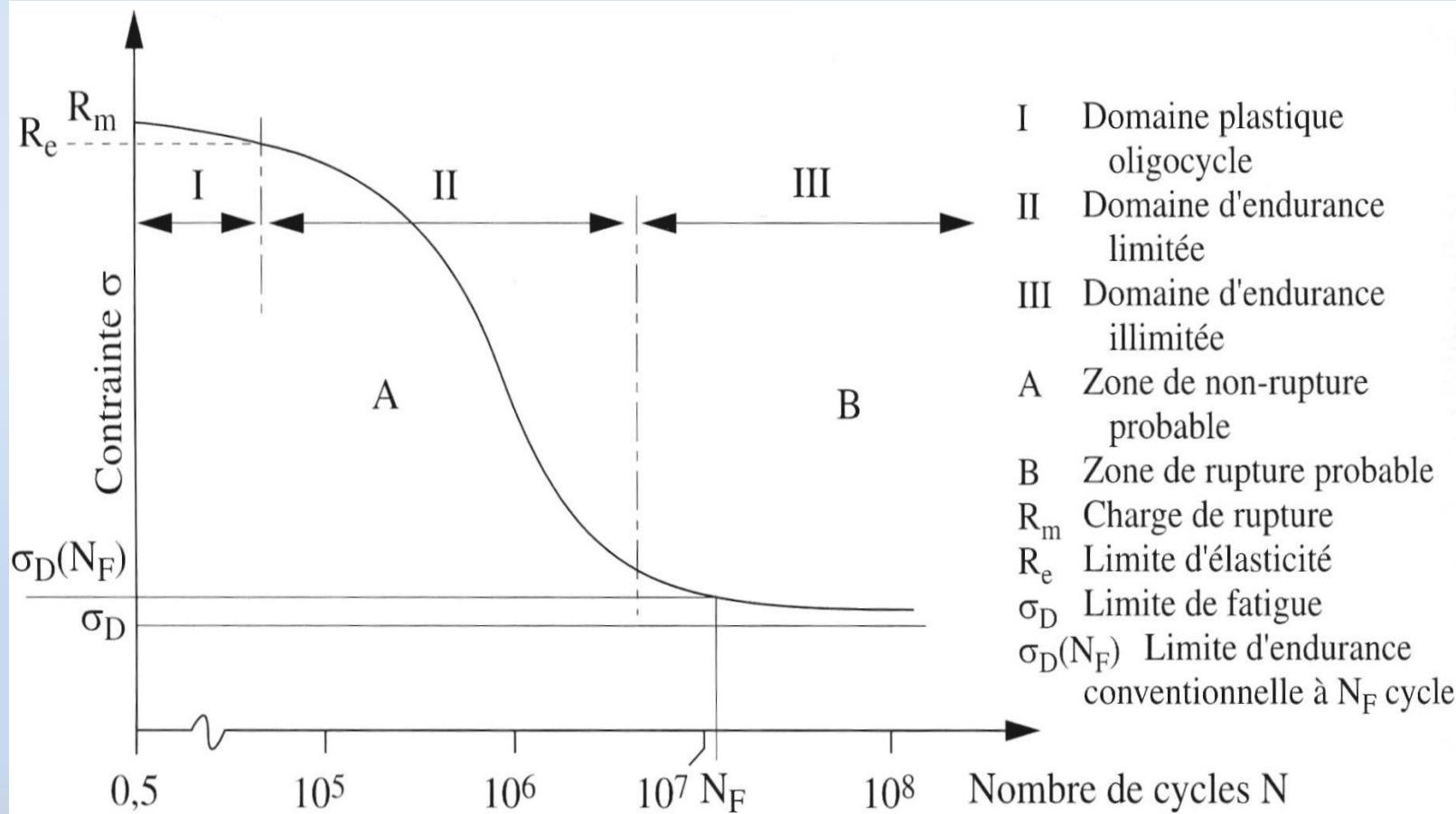


Sollicitation	Flexion	Torsion	Traction retour à zéro	Traction compression
Température de trempe	<ul style="list-style-type: none"> • 550°C • 600°C • 650°C 	<ul style="list-style-type: none"> • 550°C • 600°C • 650°C 	<ul style="list-style-type: none"> • 600°C 	<ul style="list-style-type: none"> • 600°C
Nombre d'échantillons	12 échantillons de A à L	12 échantillons de A à L	4 échantillons de A à D	4 échantillons de A à D

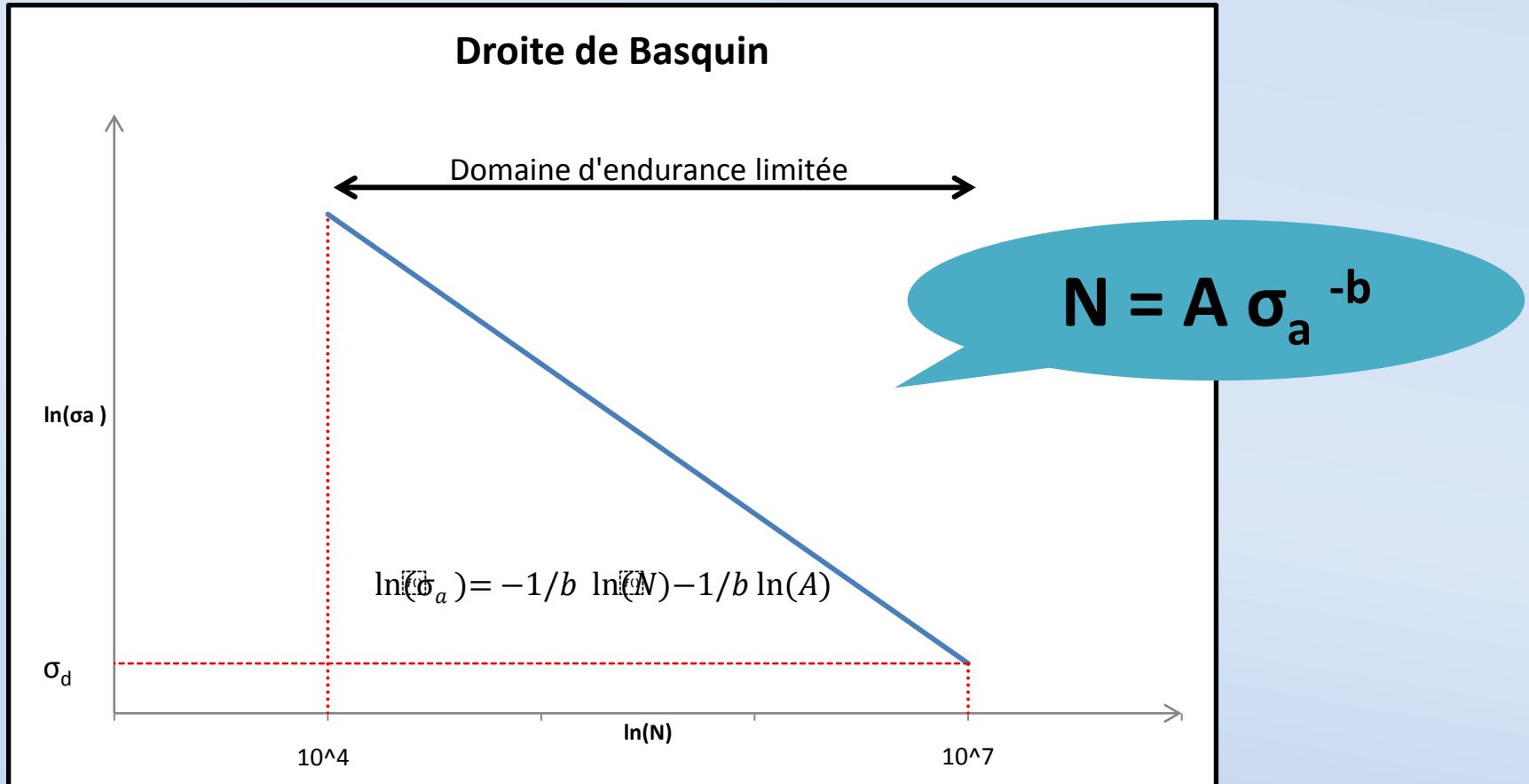
- 2 types de procédés :
 - LD converter
 - Basic electric arc furnace

3- Modèles mécaniques

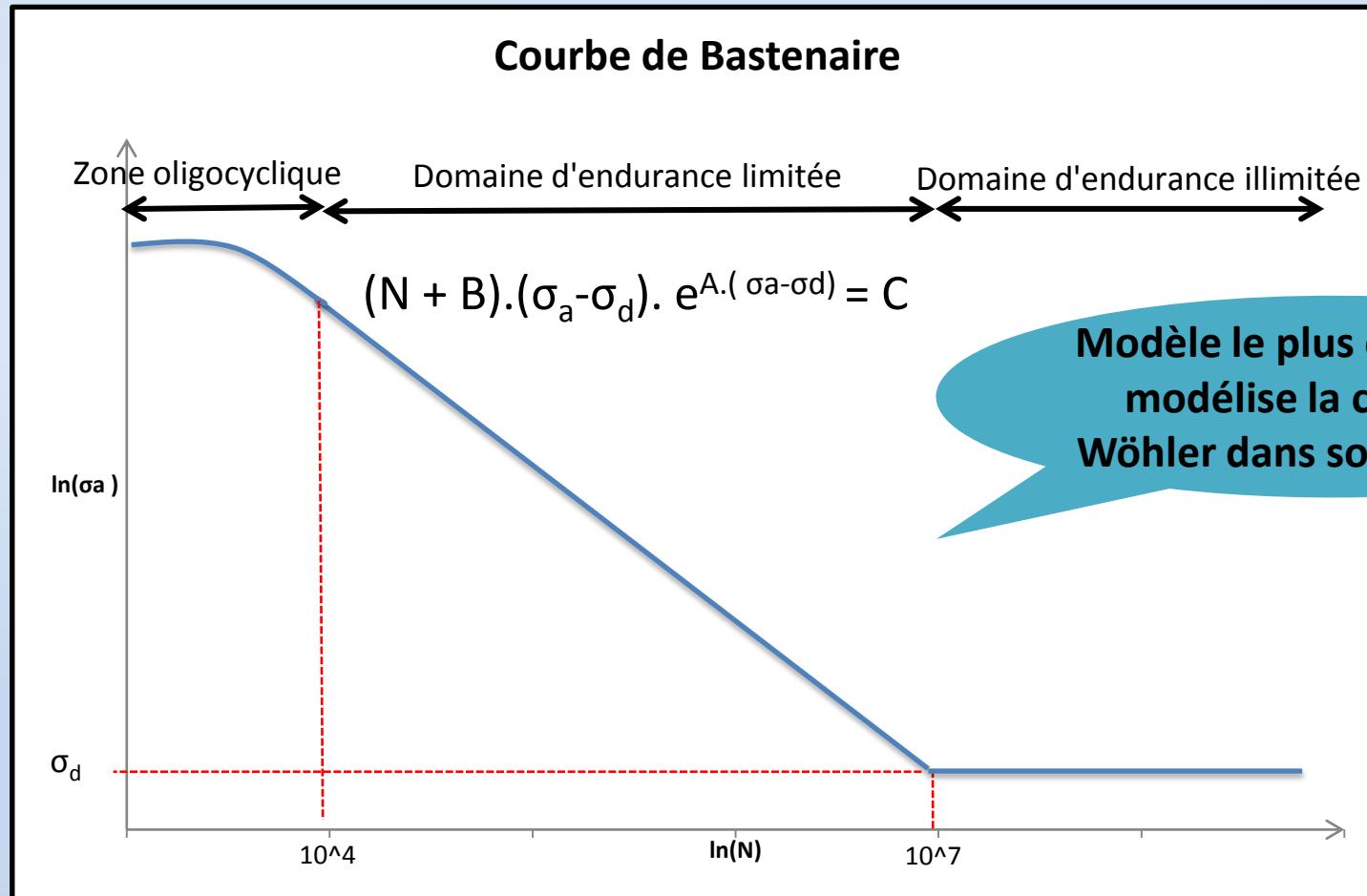
- Wöhler



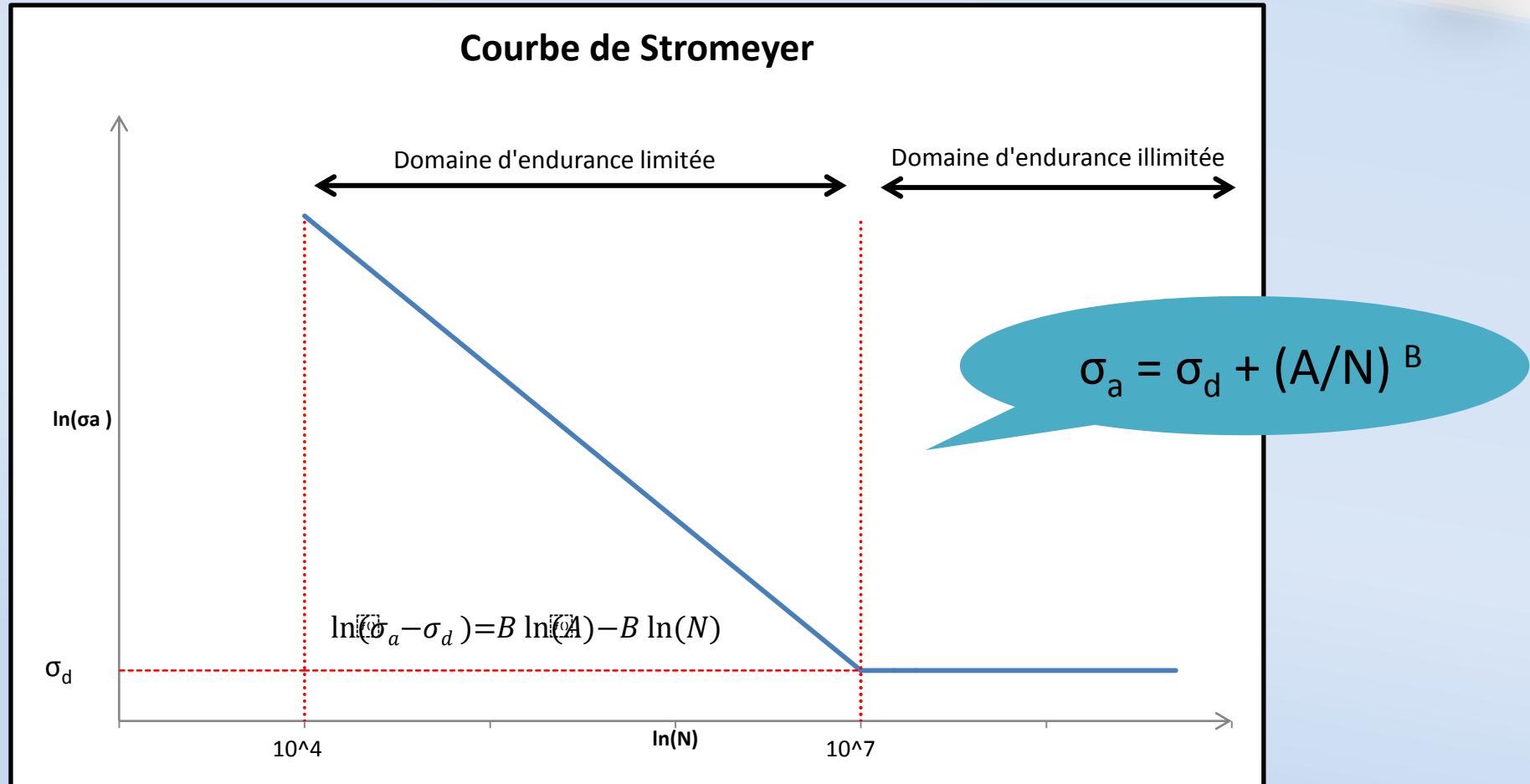
3- Modèles mécaniques



3- Modèles mécaniques



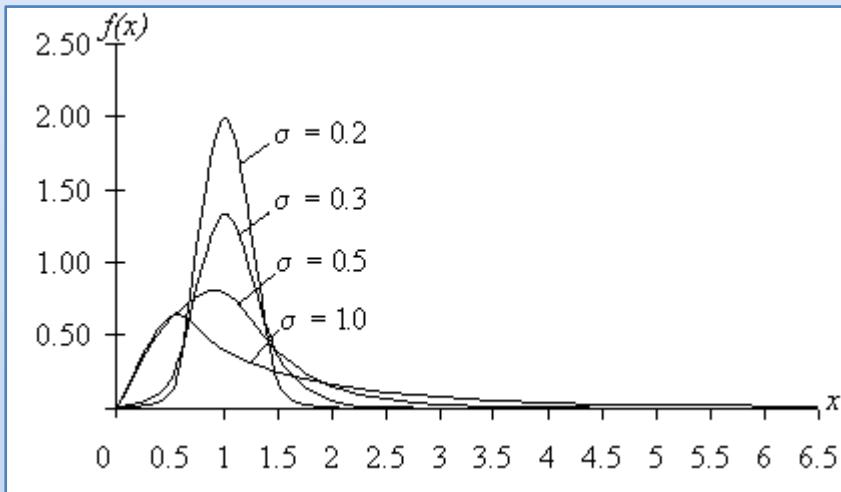
3- Modèles mécaniques



4- Modèles probabilistes

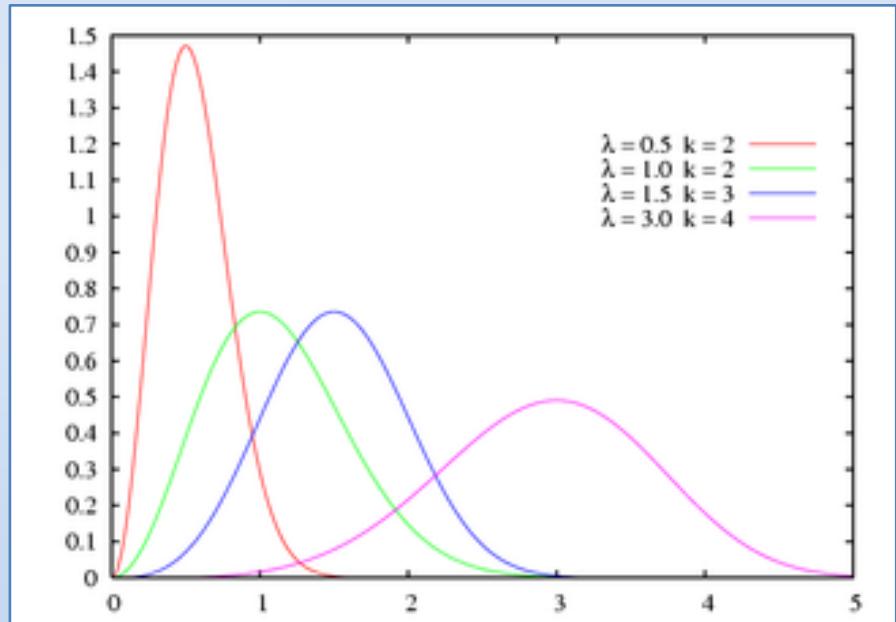
Loi LogNormale

- Utilisée en général pour l'analyse de fiabilité



Loi de Weibull

- Utilisée dans le domaine de l'analyse de la durée de vie



4- Modèles probabilistes

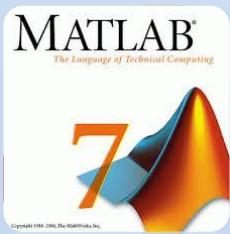
- Maximum de vraisemblance

Principe

- Définir la probabilité d'avoir obtenu un certain nombre de défaillances et de censures à des instants ou des intervalles de temps donnés.
- Exprimer la probabilité maximale pour un jeu de paramètres de loi de distribution identifiée, par exemple β et η pour une loi de Weibull.



Formules



La vraisemblance avec censures, s'écrit :

$$\text{Weibull} : \mathcal{L}(\beta, \eta) = \prod f(t_i, \beta, \eta) \prod R(t_i, \beta, \eta)$$

$$\text{Normale} : \mathcal{L}(\mu, \sigma) = \prod f(t_i, \mu, \sigma) \prod R(t_i, \mu, \sigma)$$

4- Modèles probabilistes

- Intervalle de confiance

- Matrice de Fisher

A

$$[F] = \begin{bmatrix} \left(-\frac{\partial^2 \ln[\mathcal{L}(a,b,c)]}{\partial a^2} \right)_{\hat{a}, \hat{b}, \hat{c}} & \left(-\frac{\partial^2 \ln[\mathcal{L}(a,b,c)]}{\partial a \partial b} \right)_{\hat{a}, \hat{b}, \hat{c}} & \left(-\frac{\partial^2 \ln[\mathcal{L}(a,b,c)]}{\partial a \partial c} \right)_{\hat{a}, \hat{b}, \hat{c}} \\ \left(-\frac{\partial^2 \ln[\mathcal{L}(a,b,c)]}{\partial b \partial a} \right)_{\hat{a}, \hat{b}, \hat{c}} & \left(-\frac{\partial^2 \ln[\mathcal{L}(a,b,c)]}{\partial b^2} \right)_{\hat{a}, \hat{b}, \hat{c}} & \left(-\frac{\partial^2 \ln[\mathcal{L}(a,b,c)]}{\partial b \partial c} \right)_{\hat{a}, \hat{b}, \hat{c}} \\ \left(-\frac{\partial^2 \ln[\mathcal{L}(a,b,c)]}{\partial c \partial a} \right)_{\hat{a}, \hat{b}, \hat{c}} & \left(-\frac{\partial^2 \ln[\mathcal{L}(a,b,c)]}{\partial c \partial b} \right)_{\hat{a}, \hat{b}, \hat{c}} & \left(-\frac{\partial^2 \ln[\mathcal{L}(a,b,c)]}{\partial c^2} \right)_{\hat{a}, \hat{b}, \hat{c}} \end{bmatrix}$$

b

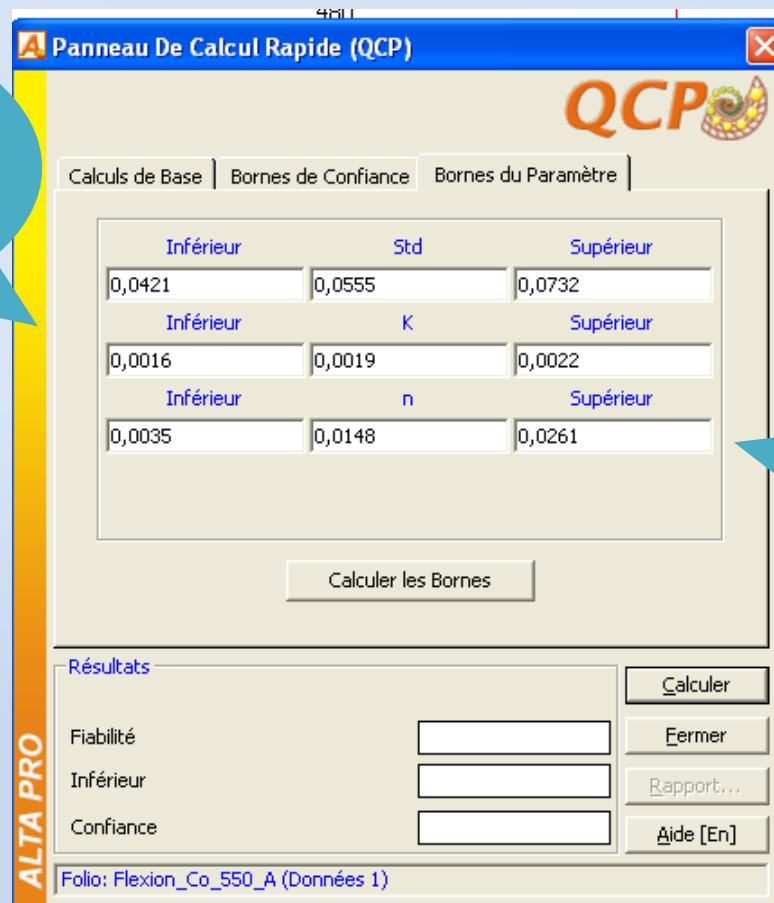
Paramètre
de forme

→ Programmée sous Matlab

4- Modèles probabilistes

- Intervalle de confiance

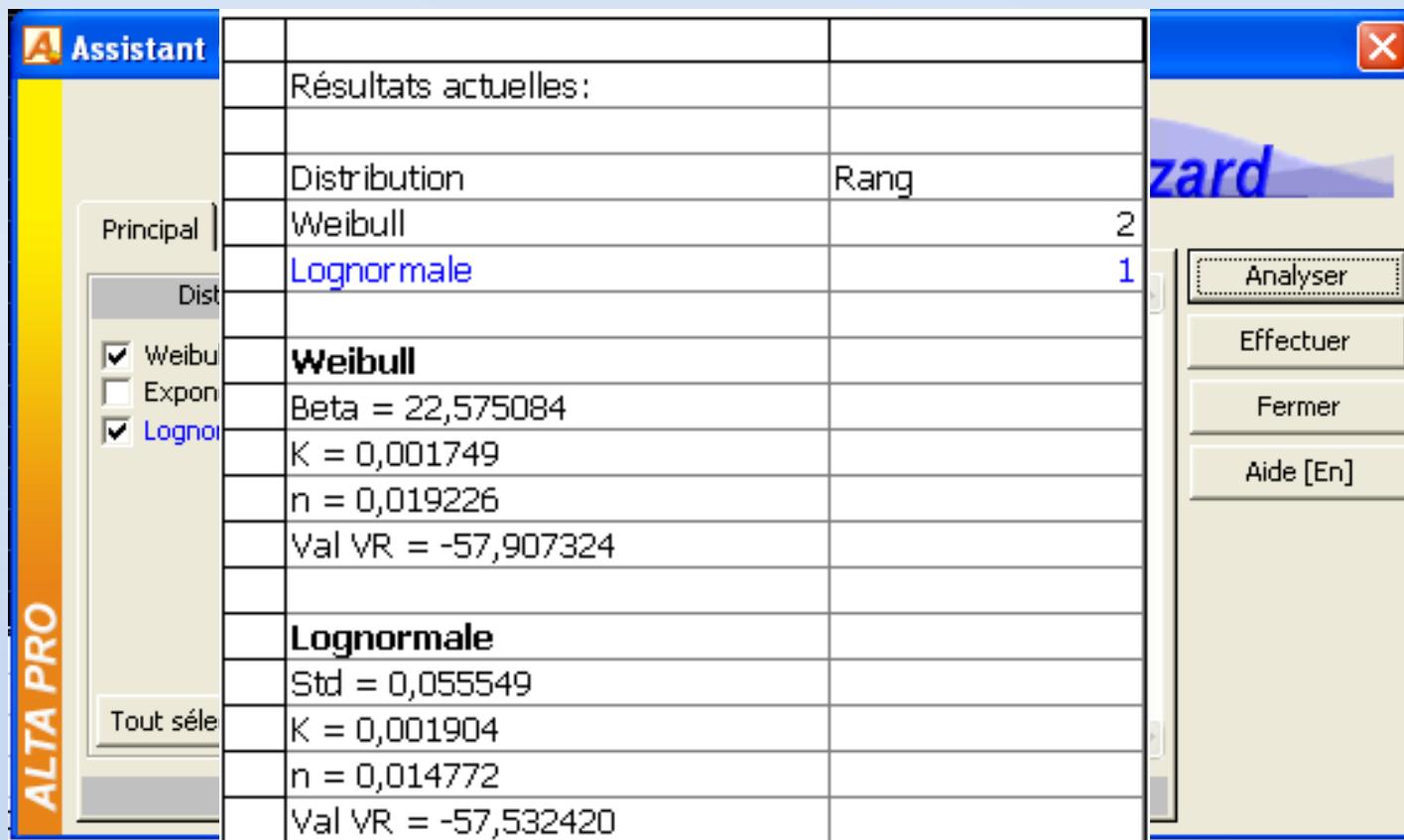
Intervalle de confiance bilatéral pour un niveau de confiance de 90%



Echantillon A en Flexion 550°C pour une sollicitation en contrainte suivant une loi logNormale

5- Résultats obtenus

- Test d'hypothèse



5- Résultats obtenus

- **Test d'hypothèse**

Détermination de la meilleure loi à l'aide de la valeur de la **vraisemblance**.

	Weibull	LogNormale
Nombre de cycle	13 échantillons sur 56	<ul style="list-style-type: none"> • Procédé LD converter • Procédé Basic electric arc furnace • Population
Contrainte	29 échantillons sur 56	<ul style="list-style-type: none"> • Procédé LD converter • Procédé Basic electric arc furnace • Population

5- Résultats obtenus

- Contrainte

Modèle de la loi de puissance inverse :

$$N = \frac{1}{K\sigma^n}$$

Modèle de Basquin :

$$N = A\sigma^{-b}$$



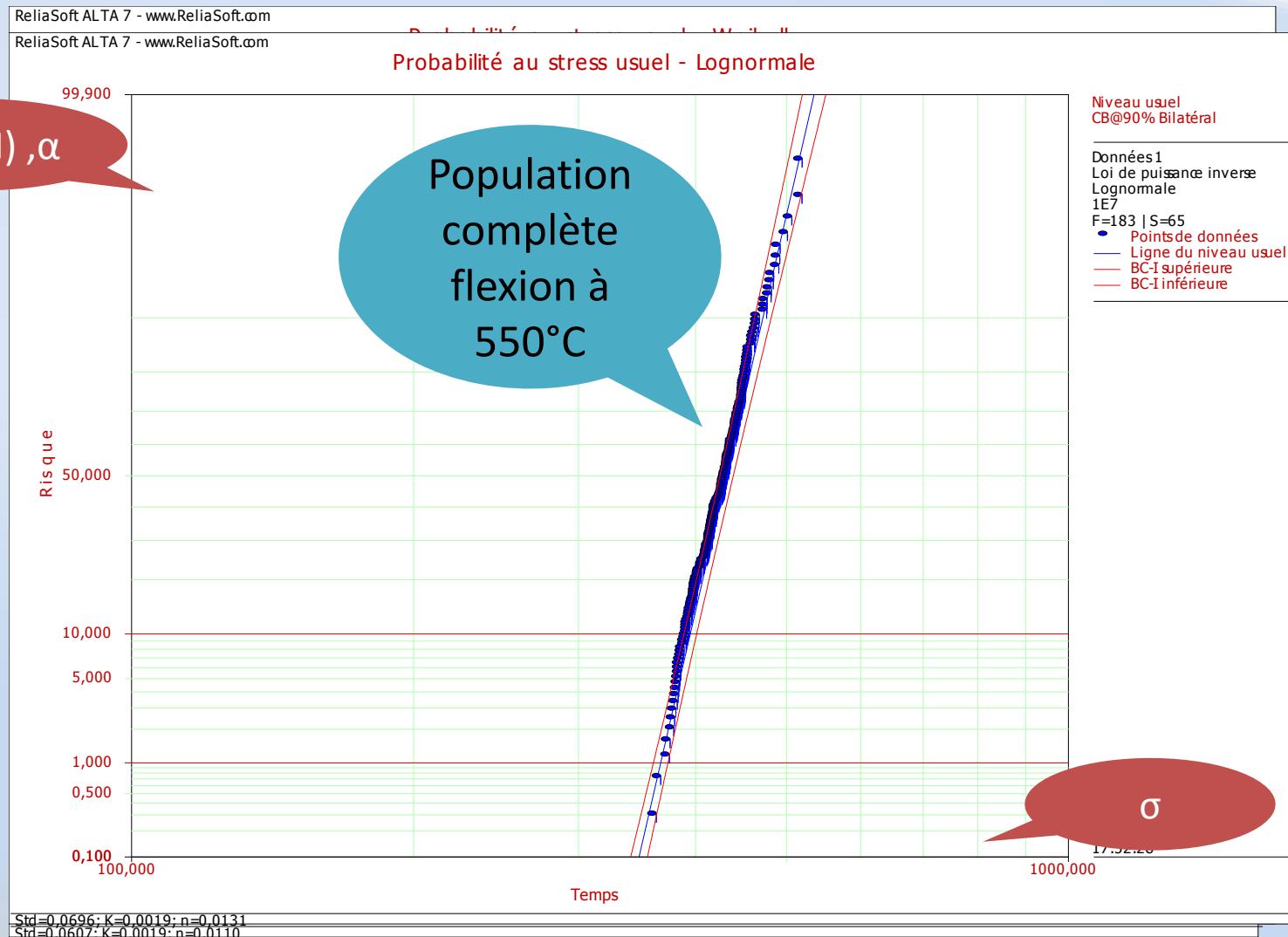
Etant en étude en contrainte nous en déduisons :

$$A = e^{-\frac{1}{n} \ln(K)} \text{ et } b = \frac{1}{n}$$

5- Résultats obtenus

CONTRAINTE		A			b			loi
		borne inf	A	borne sup	borne inf	b	borne sup	
Flexion 550	G	2,37E+77	8,39E+101	2,39E+143	26,81	35,71	51,28	LN
	H	2,07E+102	6,22E+139	2,23E+221	36,23	50,00	80,65	W
	I	3,80E+101	1,22E+127	2,68E+169	35,97	45,45	61,73	W
	J	1,62E+100	2,88E+144	2,72E+243	35,84	52,63	90,91	LN
	K	2,95E+118	8,22E+162	3,47E+280	42,37	58,82	103,09	LN
	L	6,24E+83	6,05E+110	2,47E+156	29,67	40,00	57,47	LN
	ABCEGHJK	3,51E+171	2,43E+247	--	62,50	90,91	169,49	LN
	DFL	3,13E+100	2,85E+161	--	35,59	58,82	142,86	LN
	ABCDEFGHIJKL	1,17E+155	2,12E+209	--	56,50	76,92	119,05	LN

5- Résultats obtenus



5- Résultats obtenus

- Nombre de cycle

Modèle de la loi log linéaire généralisé : $\sigma = e^{\alpha_0 + \frac{\alpha_1}{\ln(\sigma)}}$

Modèle de Basquin : $N = A\sigma^{-b}$

donc $A = e^{b \cdot \alpha_0}$ et $b = -\frac{1}{\alpha_1} (\ln(\sigma))^2$



Nos paramètres dépendent de N.

5- Résultats obtenus

- Paramètre de forme
 - Test du rapport de vraisemblance

Si
$$T = 2 \cdot \ln \left(\mathcal{L}(\hat{\beta}) - \mathcal{L}(\hat{\beta}_0) \right) > \chi^2_{\alpha, ddl-1}$$

Les valeurs de forme diffèrent statistiquement

Si
$$T = 2 \cdot \ln \left(\mathcal{L}(\hat{\beta}) - \mathcal{L}(\hat{\beta}_0) \right) < \chi^2_{\alpha, ddl-1}$$

Les valeurs de forme ne diffèrent pas statistiquement

5- Résultats obtenus

- Paramètre de forme

Vérification que β
et σ sont
constants?

- Traction retour à 0
- Procédé LD convertir
- Présence des données ayant plus de 3 défaillances pour une contrainte donnée
- Niveau d'importance de **10%**



5- Résultats obtenus

- Paramètre de forme

Vérification que β
et σ sont
constants?



5- Résultats obtenus

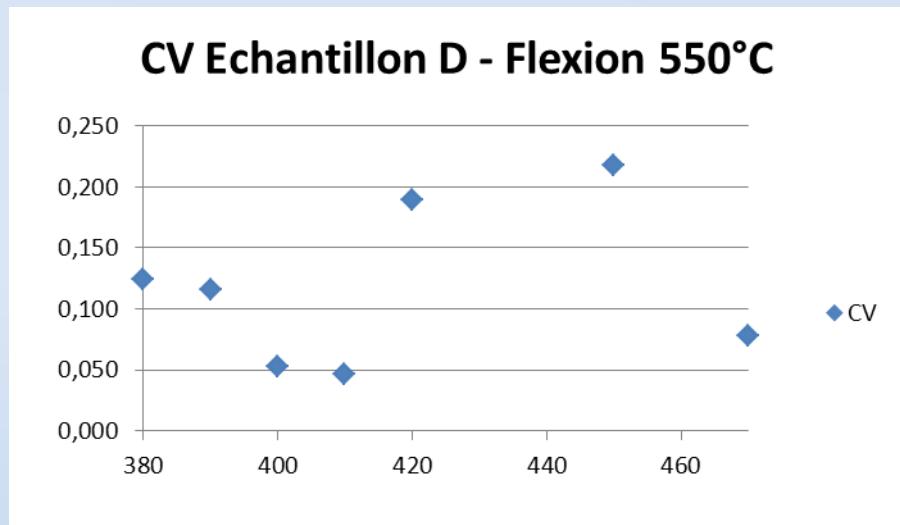
- Vérification de l'hypothèse coefficient de variation

Tableau : Coefficients de variation pour chaque niveau de contrainte

D					
Nf	Ln(Nf)	Sigma	Moyenne Ln(Nf)	Ecart type LN (Nf)	CV
714000	13,479	380	15,739	1,958	0,124
21200000	16,870				
21200000	16,870				
567000	13,248				
2180000	14,595	390	15,395	1,789	0,116
21200000	16,870				
21200000	16,870				
627000	13,349				
749000	13,526	400	13,854	0,727	0,052
2390000	14,687				
427000	12,965				
1030000	13,845				
395000	12,887	420	14,878	2,816	0,189
21200000	16,870				
342000	12,743				
325000	12,692				
236000	12,372	450	14,621	3,181	0,218
21200000	16,870				
119000	11,687				
84600	11,346				
152000	11,932	470	12,163	0,954	0,078
546000	13,210				
286000	12,564				
184000	12,123				

$$CV = \frac{\text{Ecart-type}}{\text{Moyenne}}$$

Graphique : Variation du CV en fonction du niveau de contrainte



Pour le niveau de contrainte 510 MPa, on a une valeur unique donc on ne peut pas calculer le CV.

Conclusion



Pente de Basquin
 $30 < b < 90$

Paramètre de
forme non
constant

Etude du modèle
de Basquin

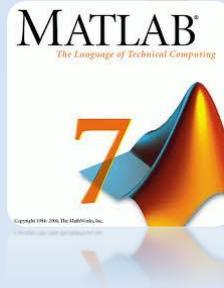
Coefficient de
variation : pas
assez de
données

Nombre de
Cycles reste à
approfondir

Les populations
complètes suivent
une loi Lognormale

Conclusion

- Travail collectif sur un sujet de Sûreté de fonctionnement dans le monde professionnel
- Outils utilisés :
 - Excel
 - Matlab
 - Alta7
- Découverte des domaines inconnus pour nous, celui de la recherche et de l'automobile.
- Problèmes rencontrés :
 - Manque de temps
 - Difficulté pour trouver les informations techniques



Merci de votre attention

