ANALYSE DES DONNEES DE FATIGUE ET FIABILITE MECANIQUE

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

EI4 en Qualité et Sûreté de Fonctionnement

Tuteur en entreprise : Pauline BEAUMONT

Enseignants encadrants : Fabrice GUERIN, Sylvain CLOUPET

SOMMAIRE

Introduction

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

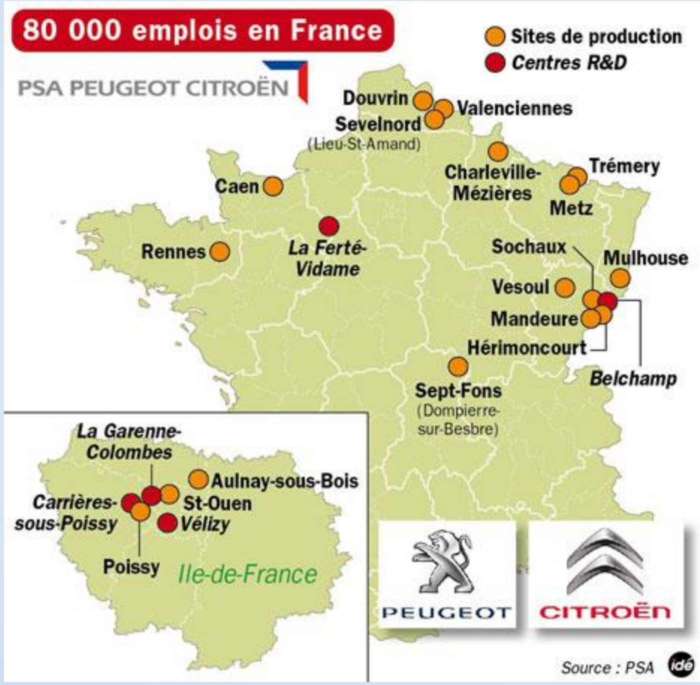
Sujet : Analyser les données d'essais de fatigue

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 connaissance acquises .
- Réaliser un projet concret en entreprise, pouvoir trouver des solutions ainsi que les interpréter.

1- Présentation de l'entreprise

Raison sociale	PSA PEUGEOT CITRÖEN
Date de fusion	1976
Présence de PSA à l'international	-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	-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

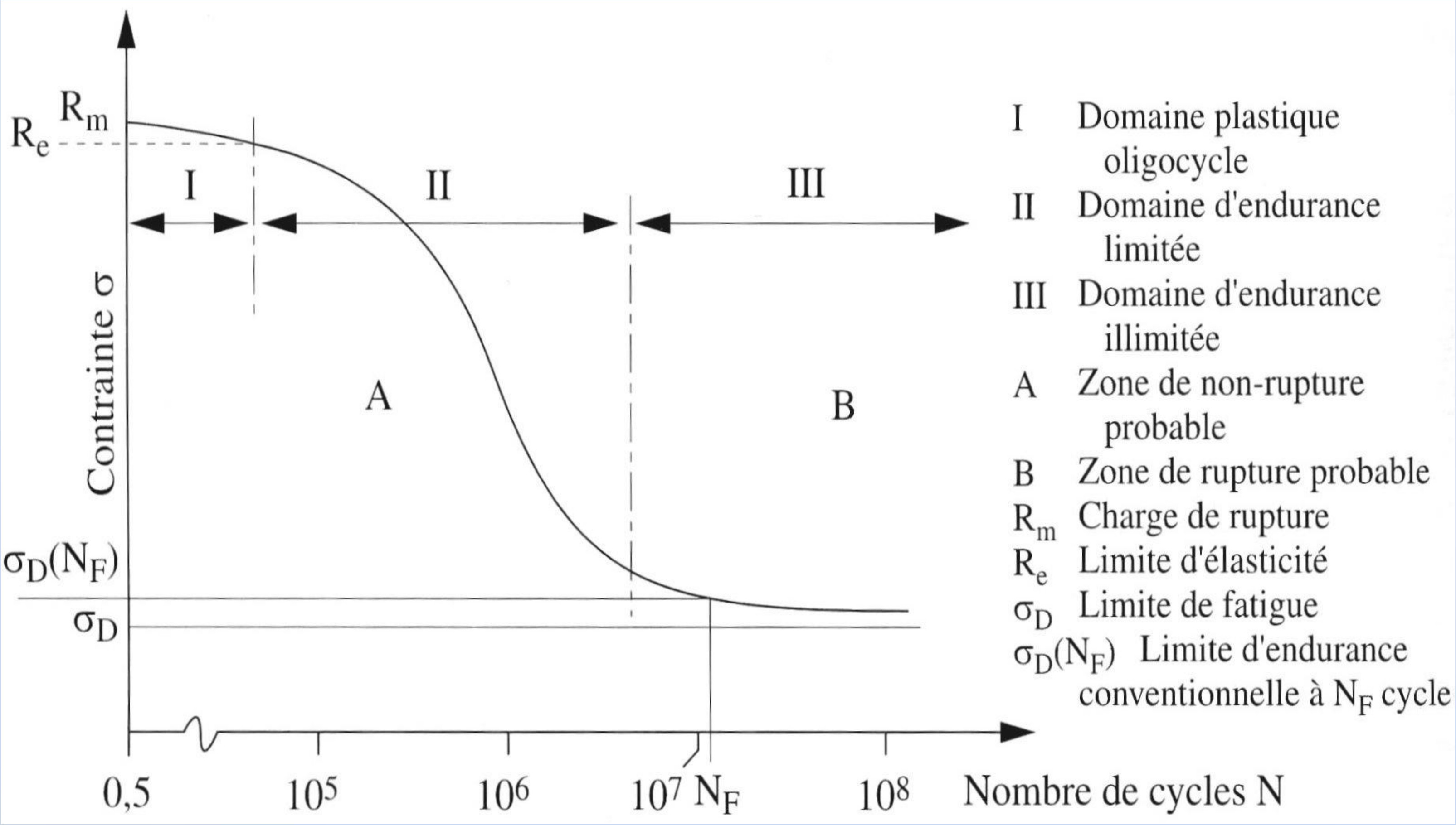
- Présentation des données
  - CETIM - Centre Technique des Industries Mécaniques

Sollicitation	Flexion	Torsion	Traction retour à zéro	Traction compression
Température de trempe	• 550°C • 600°C • 650°C	• 550°C • 600°C • 650°C	• 600°C	• 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

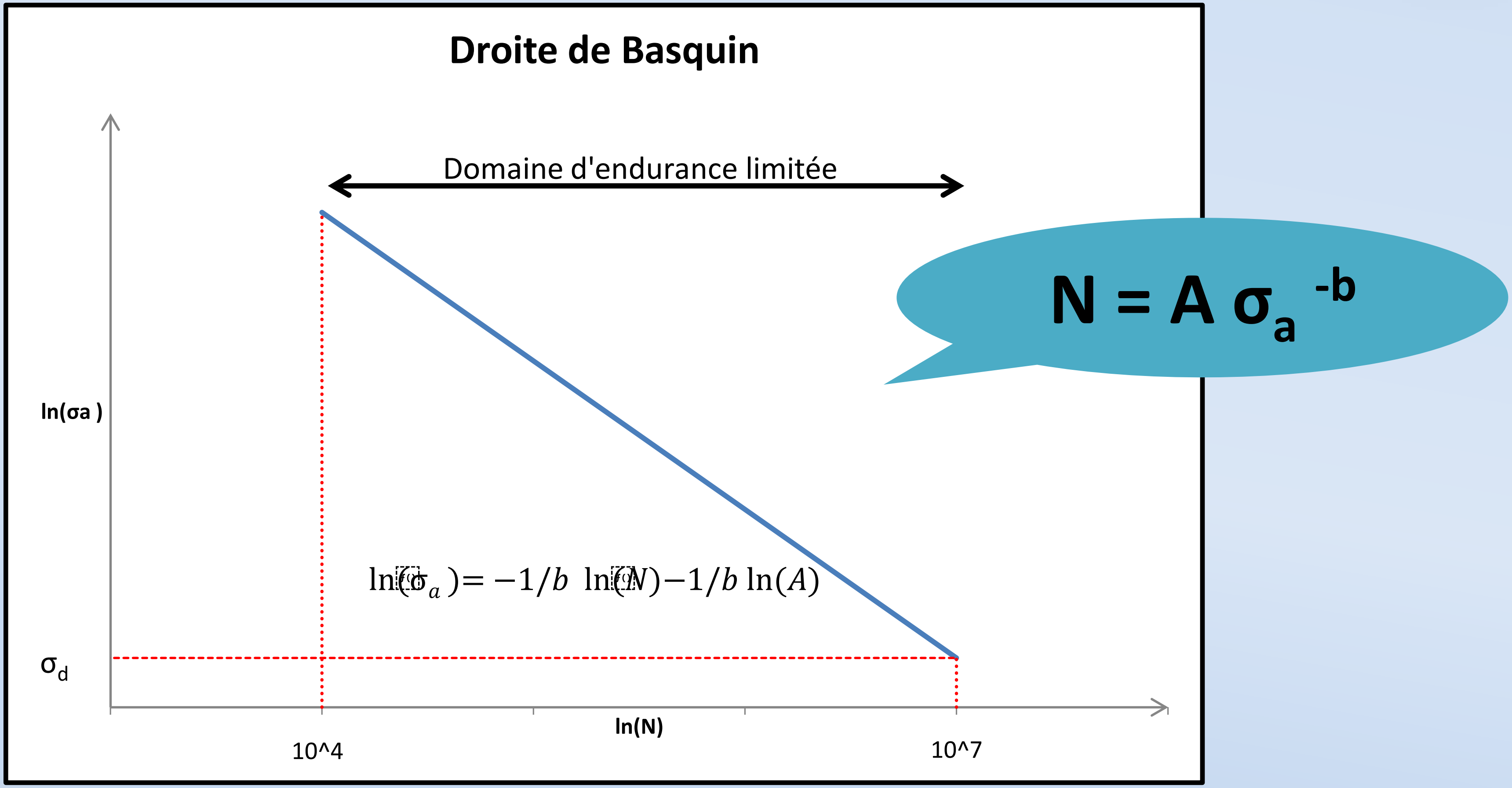
- 2 types de procédés :
  - LD converter
  - Basic electric arc furnace

3- Modèles mécaniques

- Wöhler

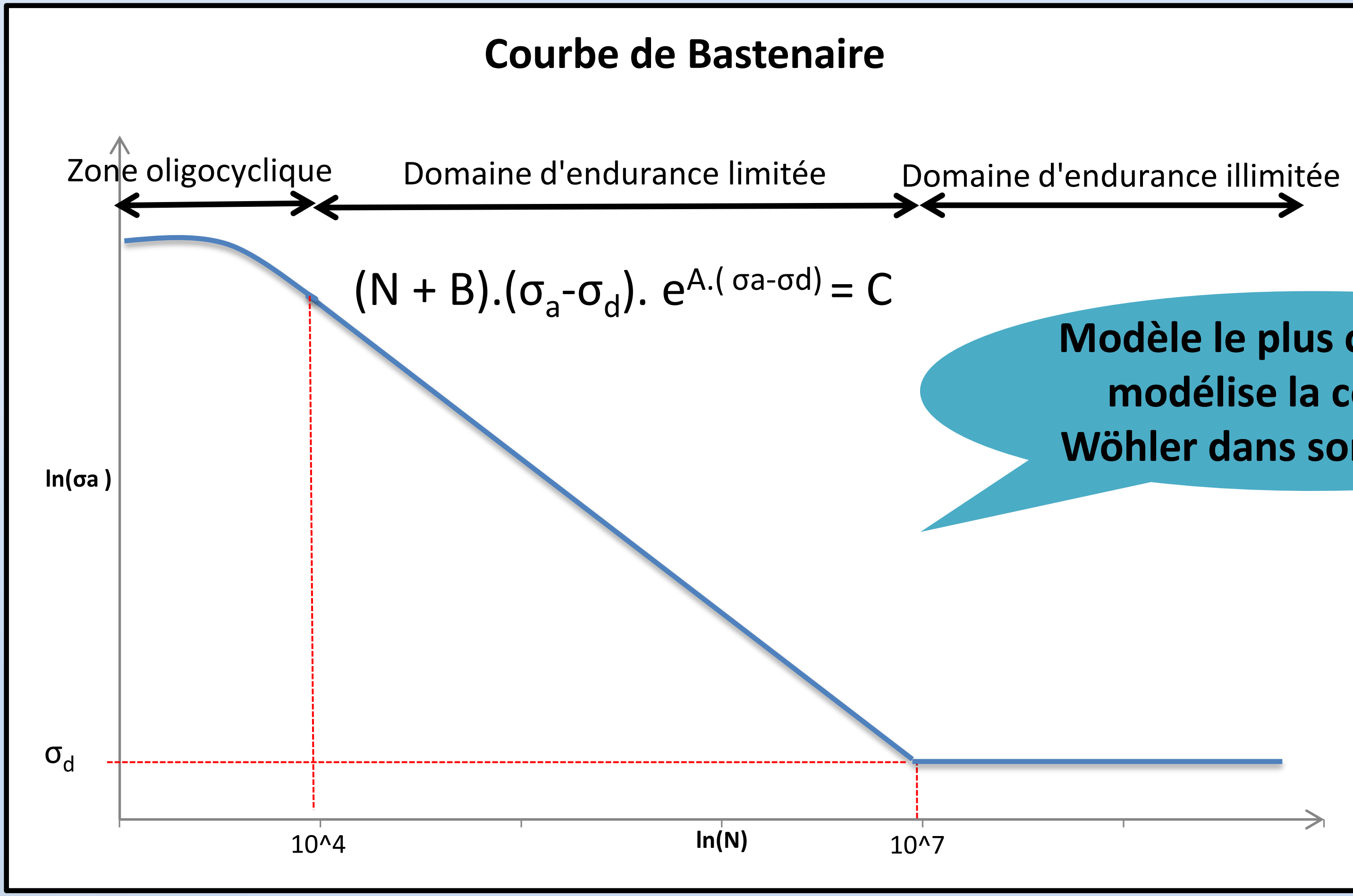


3- Modèles mécaniques



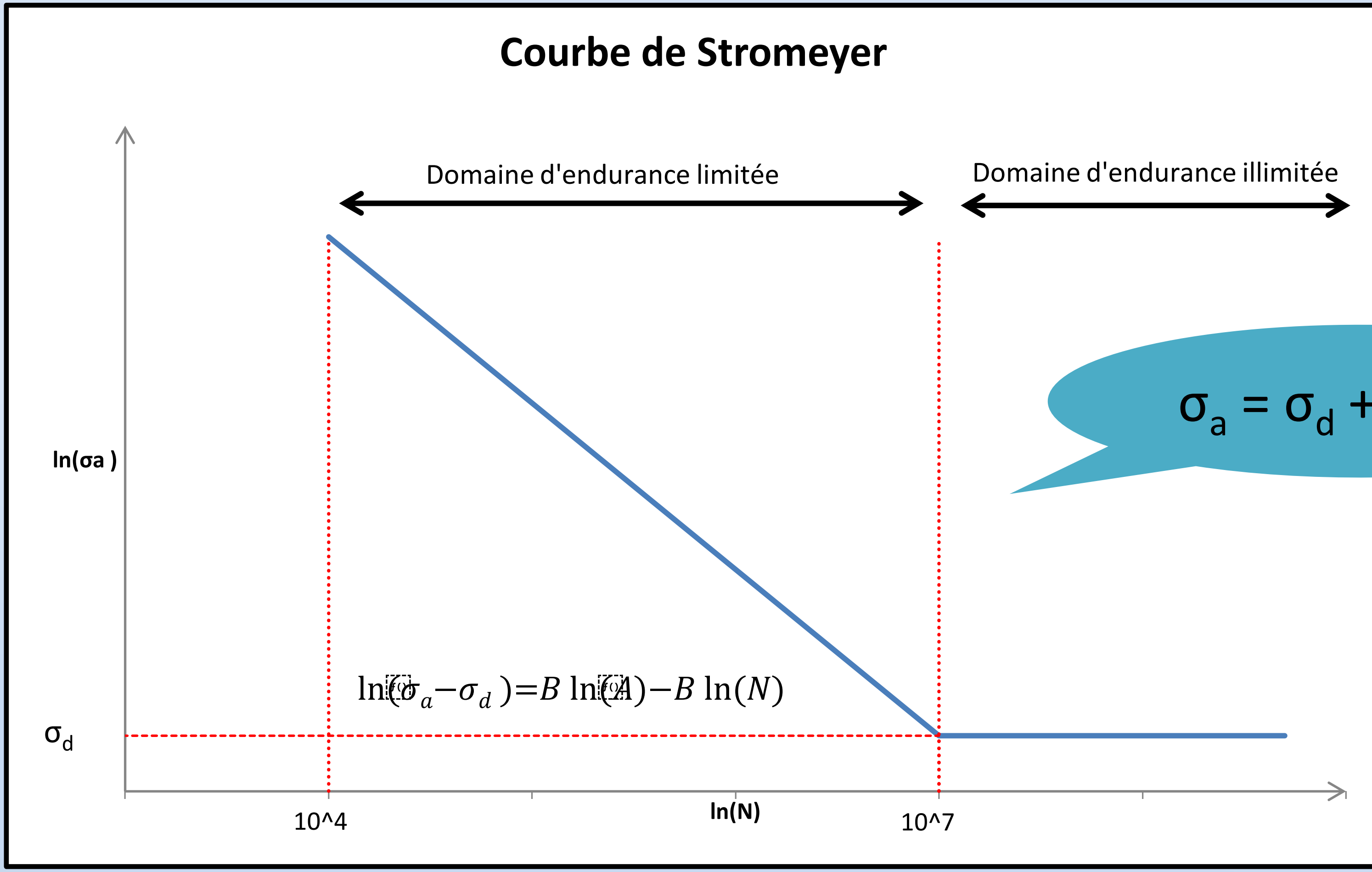
3- Modèles mécaniques

PSA PEUGEOT CITROËN



Modèle le plus complet qui modélise la courbe de Wöhler dans son ensemble

3- Modèles mécaniques

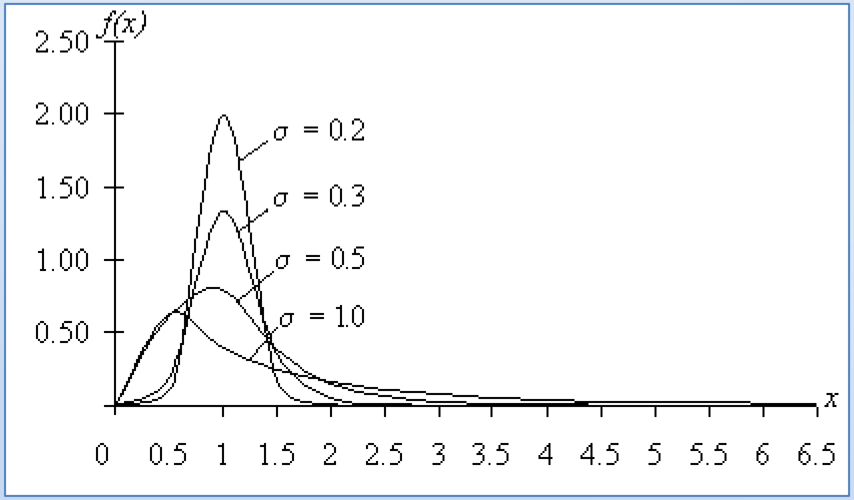


$$\sigma_a = \sigma_d + (A/N)^B$$

4- Modèles probabilistes

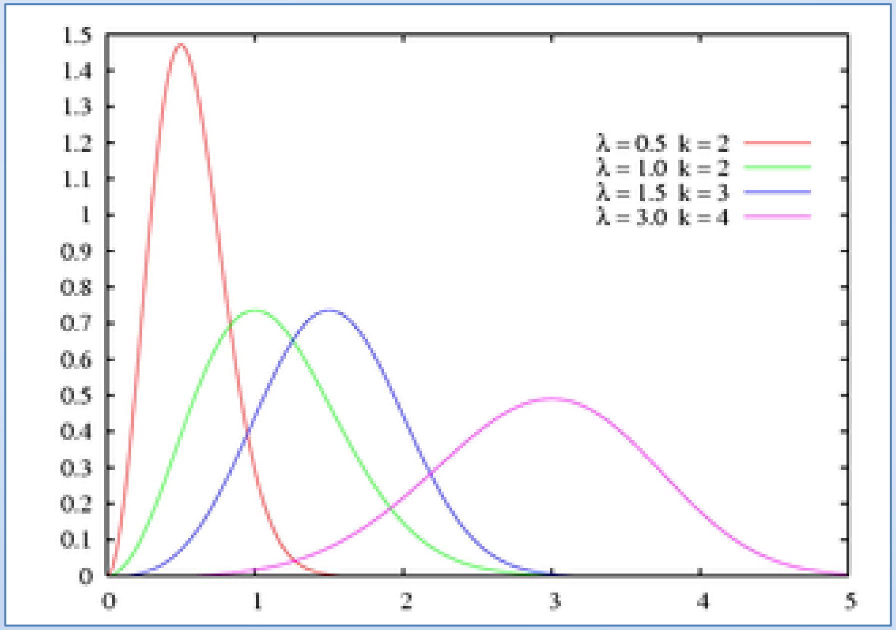
Loi LogNormale

- Utilisée en général pour l'analyse de fiabilité



Loi de Weibull

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



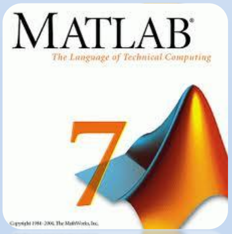
4- Modèles probabilistes

- 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 :

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

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

4- Modèles probabilistes

- Intervalle de confiance

  – Matrice de Fisher

A

b

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

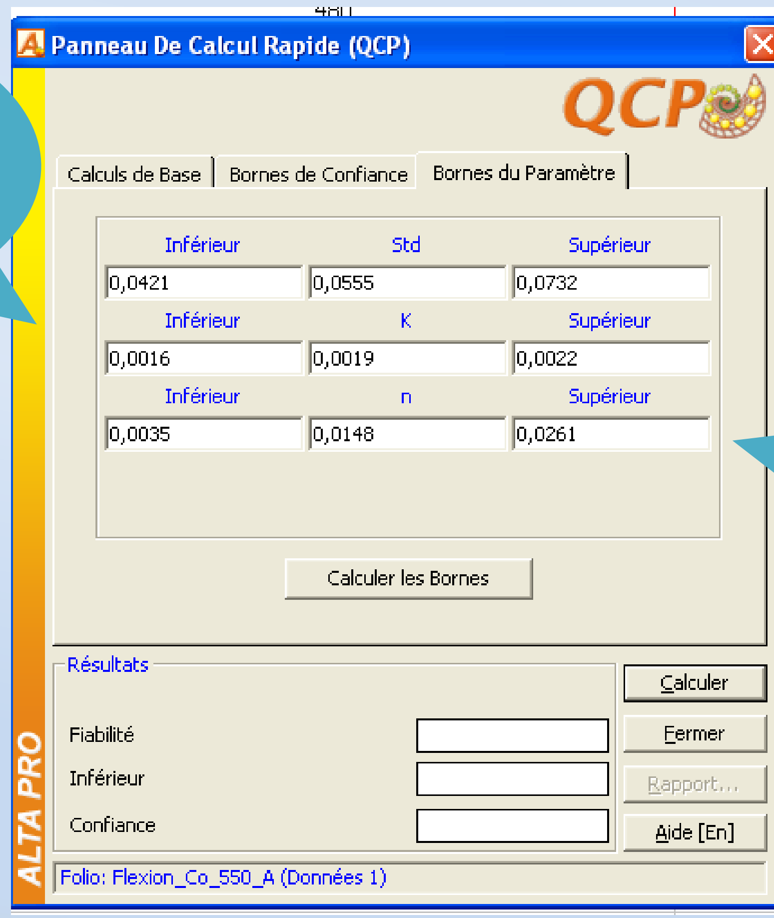
Paramètre de forme

→ Programmée sous Matlab

4- Modèles probabilistes

- Intervalle de confiance

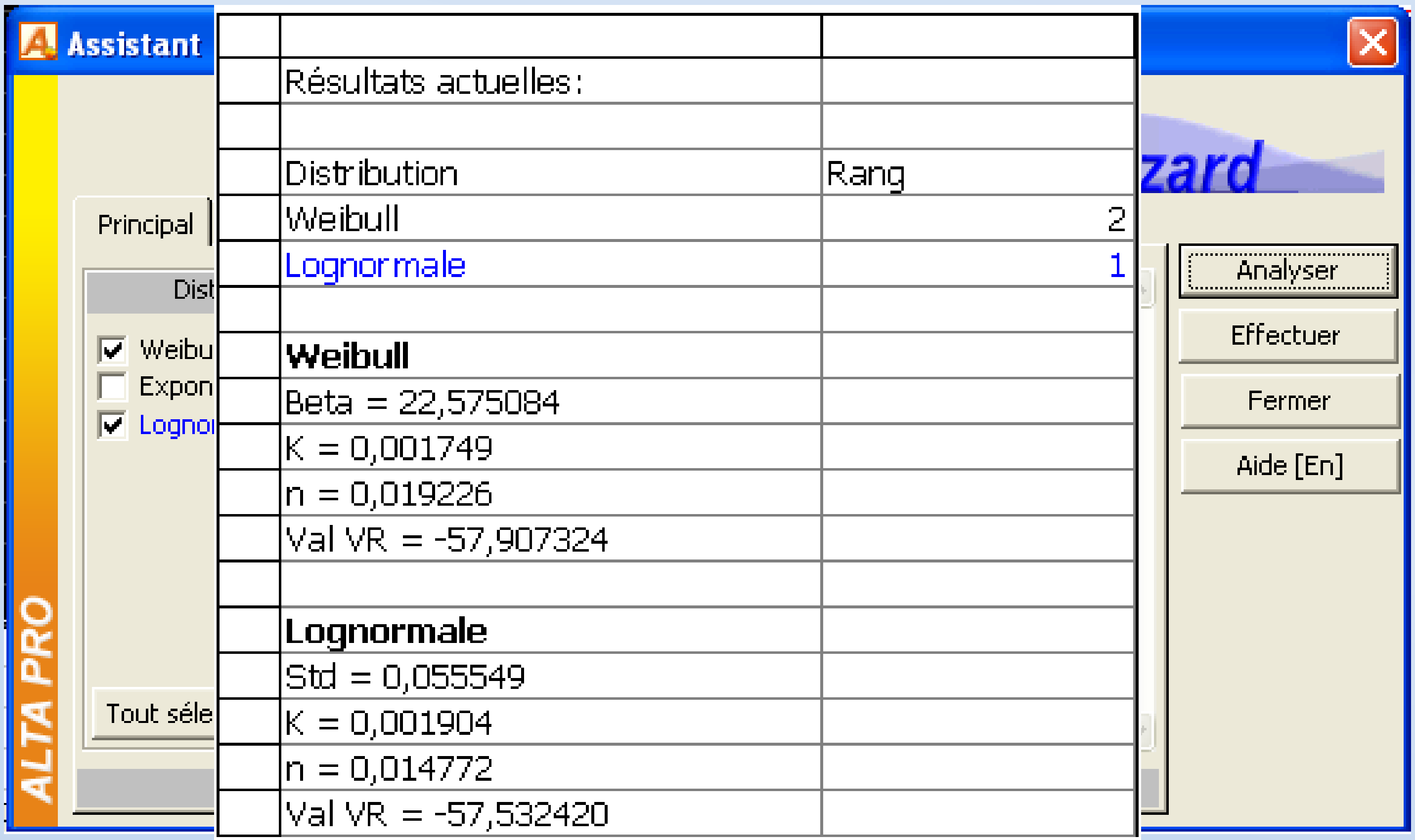
Intervalle de confiance bilatéral pour un niveau de confiance de 90%



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

5- Résultats obtenus

- Test d’hypothèse



	Résultats actuelles:	
	Distribution	Rang
	Weibull	2
	Lognormale	1
	Weibull	
	Beta = 22,575084	
	K = 0,001749	
	n = 0,019226	
	Val VR = -57,907324	
	Lognormale	
	Std = 0,055549	
	K = 0,001904	
	n = 0,014772	
	Val VR = -57,532420	

5- Résultats obtenus

PSA PEUGEOT CITROËN

- 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	•Procédé LD converter •Procédé Basic electric arc furnace •Population
Contrainte	29 échantillons sur 56	•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 :

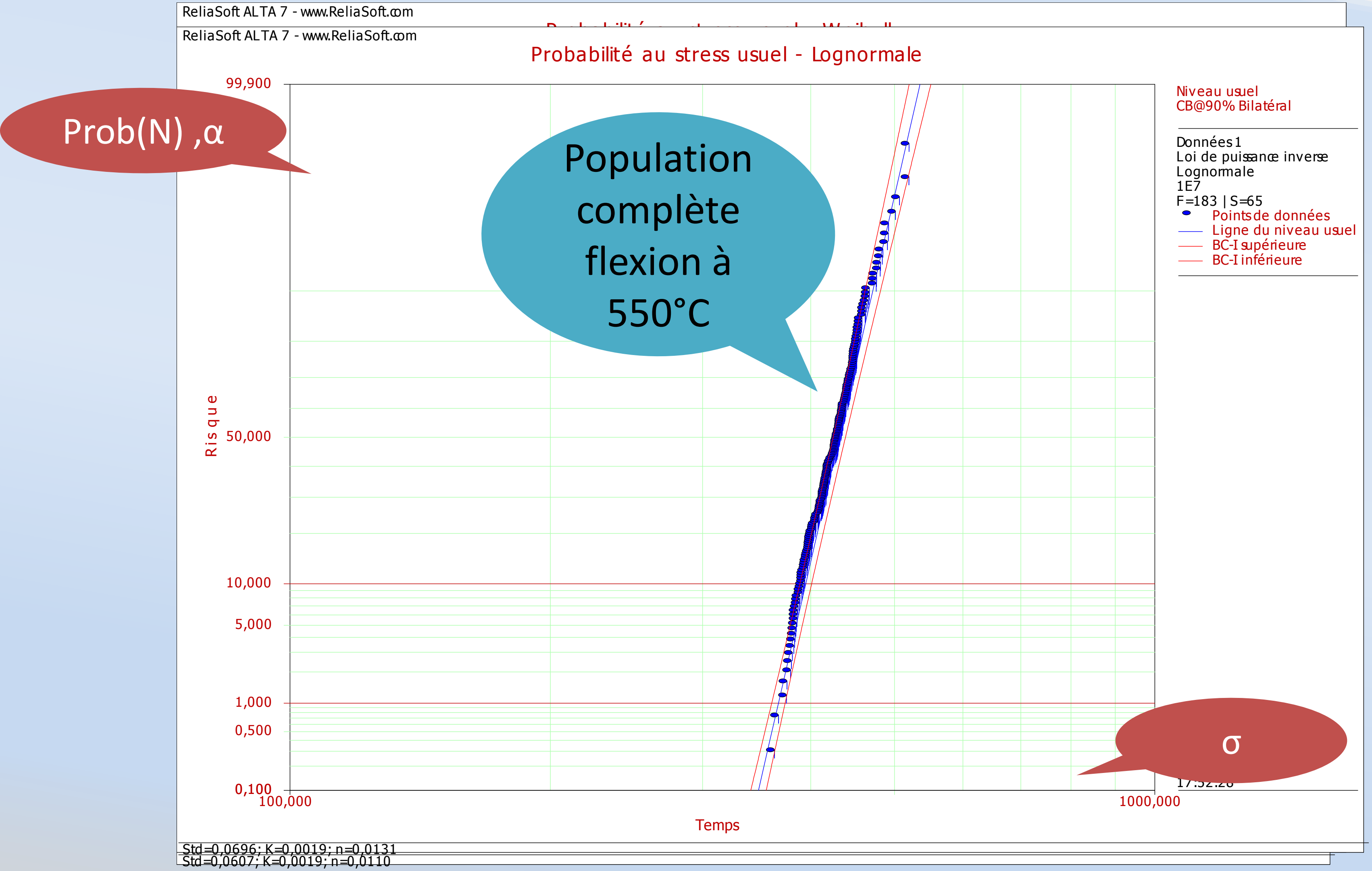
$$\boldsymbol{A = e^{-\frac{1}{n}ln(K)}\ et\ b = \frac{1}{n}}$$

5- Résultats obtenus

PSA PEUGEOT CITROËN

CONTRAINTE		A			b			
		borne inf	A	borne sup	borne inf	b	borne sup	loi
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
	ABCEGHIJK	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 : $\sigma = e^{\alpha_0 + \frac{\alpha_1}{\ln(N)}}$

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

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

Nos paramètres dépendent de N.

5- Résultats obtenus

- Paramètre de forme
  - Test du rapport de vraisemblance

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

Les valeurs de forme diffèrent statistiquement

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

Les valeurs de forme ne diffèrent pas statistiquement

5- Résultats obtenus

PSA PEUGEOT CITROËN

IstiA École d'Ingénieurs Université d'Angers

- Paramètre de forme

Vérification que β et σ sont **constants**?

- Traction retour à 0
- Procédé LD converter
- 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

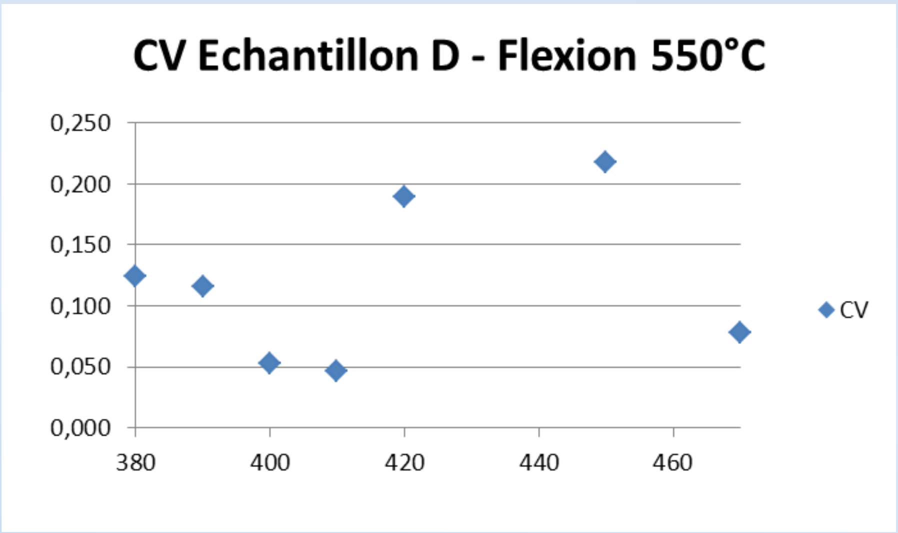
- Vérification de l'hypothèse coefficient de variation

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	390	15,395	1,789	0,116
2180000	14,595				
21200000	16,870				
21200000	16,870				
627000	13,349	400	13,854	0,727	0,052
749000	13,526				
2390000	14,687				
427000	12,965	410	13,405	0,623	0,046
1030000	13,845				
395000	12,887	420	14,878	2,816	0,189
21200000	16,870				
342000	12,743	430			
325000	12,692	440			
236000	12,372	450	14,621	3,181	0,218
21200000	16,870				
119000	11,687	460			
84600	11,346	470	12,163	0,954	0,078
152000	11,932				
546000	13,210				
286000	12,564	490			
184000	12,123	510			

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

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

PSA PEUGEOT CITROËN

IstiA
École d'Ingénieurs
Université d'Angers

Etude du modèle de Basquin

Paramètre de forme non constant

Coefficient de variation : pas assez de données

Pente de Basquin
$30 < b < 90$

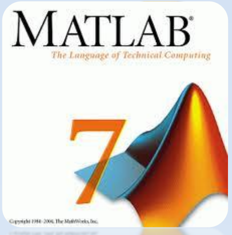
Nombre de Cycles reste à approfondir

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