

Aide à la planification de la maintenance

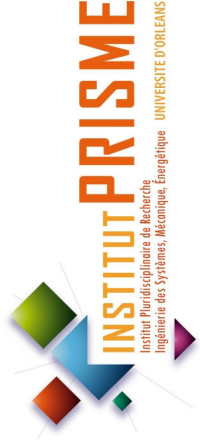
Quels indicateurs ?



Lundi 19 octobre - ENSAM - PARIS

GT S3 (Sûreté - Surveillance - Supervision) - GDR MACS

Pascal Vrignat* - Manuel Avila* - Florent Duculty* - Sébastien Aupetit - Frédéric Kratz*****



* Institut PRISME - Equipe MCDS - Université d'Orléans
IUT de l'Indre - 2 avenue François Mitterrand
36000 Châteauroux

** Laboratoire d'Informatique - Université de Tours
Polytech - 64 avenue Jean Portalis
37200 Tours

*** Institut PRISME - Equipe MCDS - Université d'Orléans
ENSI - 88 boulevard Lahitolle
18020 Bourges Cedex

Table des matières

- 1 Contexte général en maintenance et politiques de maintenance
- 2 Etude de la fiabilité d'un processus maintenu : 1ères informations pour l'expert
- 3 Etude non paramétrique des durées de vie (cas industriel : fabrication de pain de mie)
- 4 Outils utilisés
- 5 Résultats
- 6 Etablissement d'un système expert dans une **approche Markovienne**
- 7 Outils utilisés
- 8 Résultats
- 9 Complémentarité des deux approches
- 10 Conclusion
- 11 Perspectives

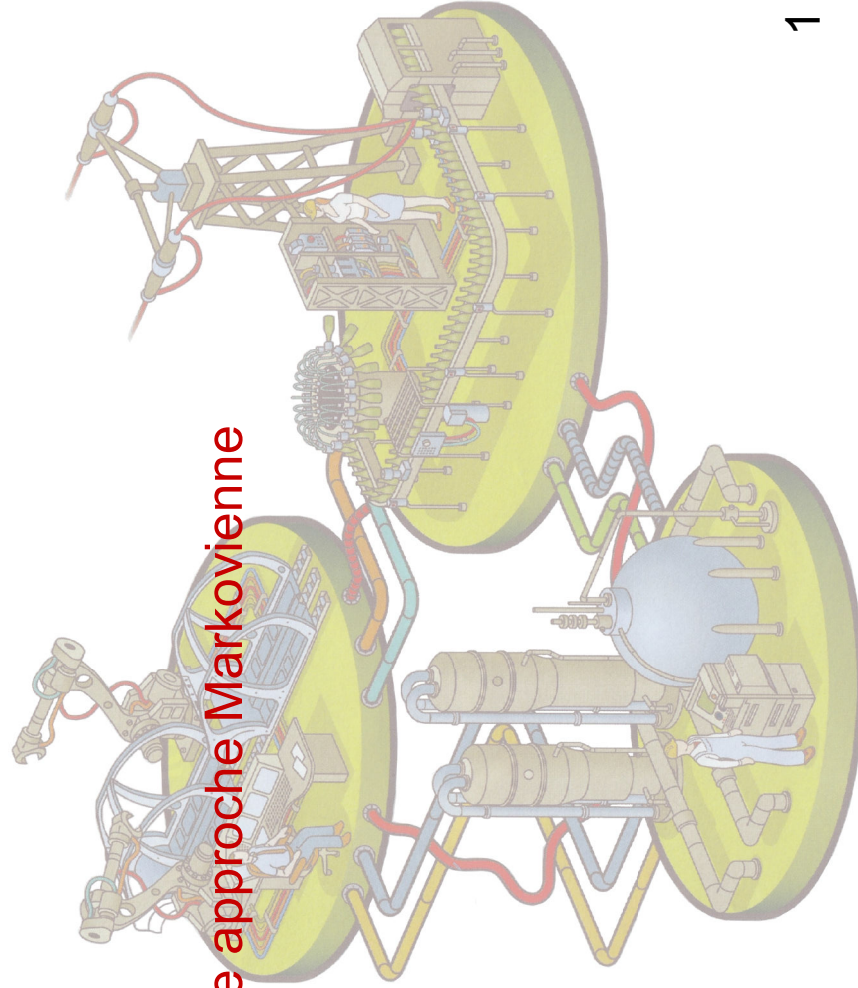


Table des matières

1 Contexte général en maintenance et politiques de maintenance

2 Etude de la fiabilité d'un processus maintenu : 1ères informations pour l'expert

3 Etude non paramétrique des durées de vie (cas industriel : fabrication de pain de mie)

4 Outils utilisés

5 Résultats

6 Etablissement d'un système expert dans une situation industrielle

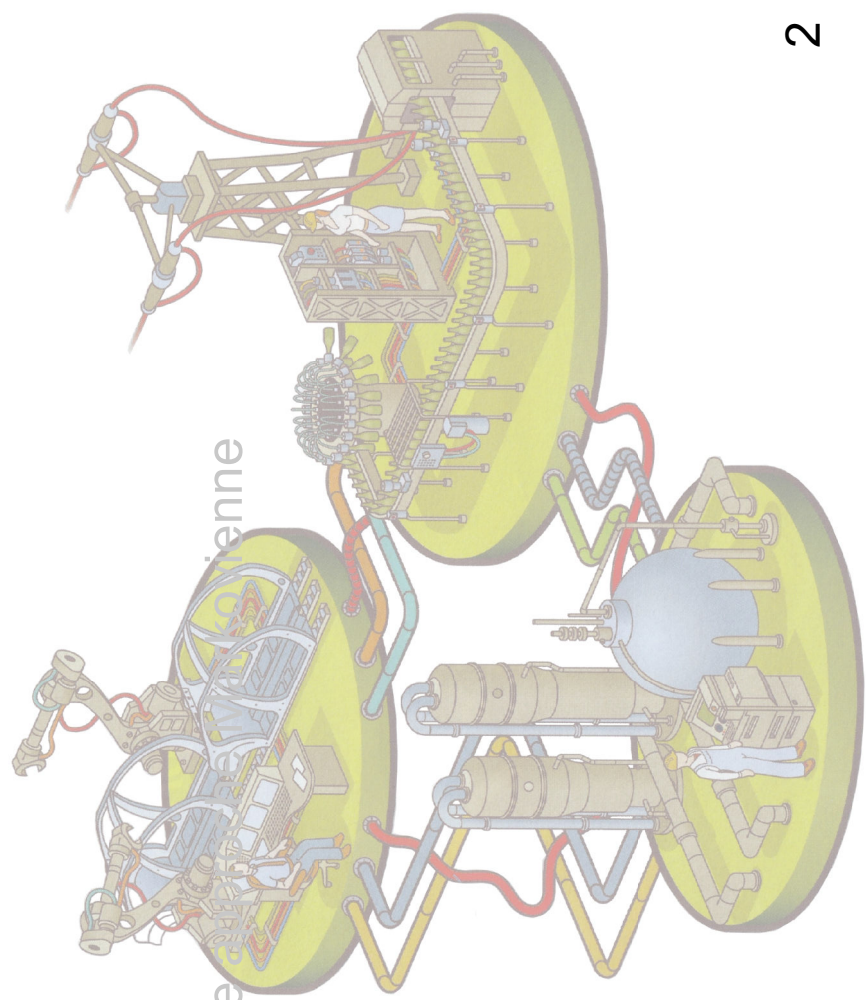
7 Outils utilisés

8 Résultats

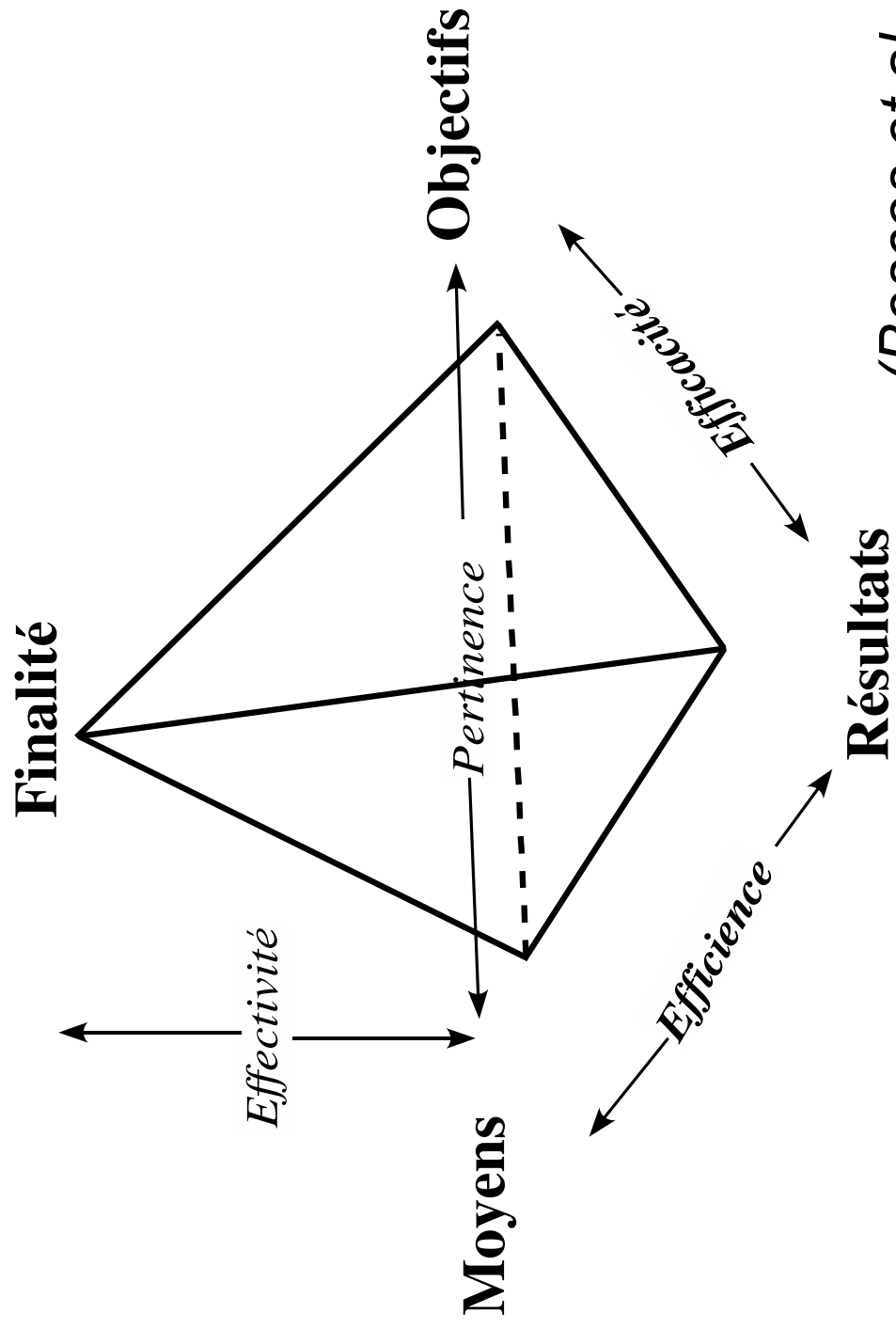
9 Complémentarité des deux approches

10 Conclusion

11 Perspectives

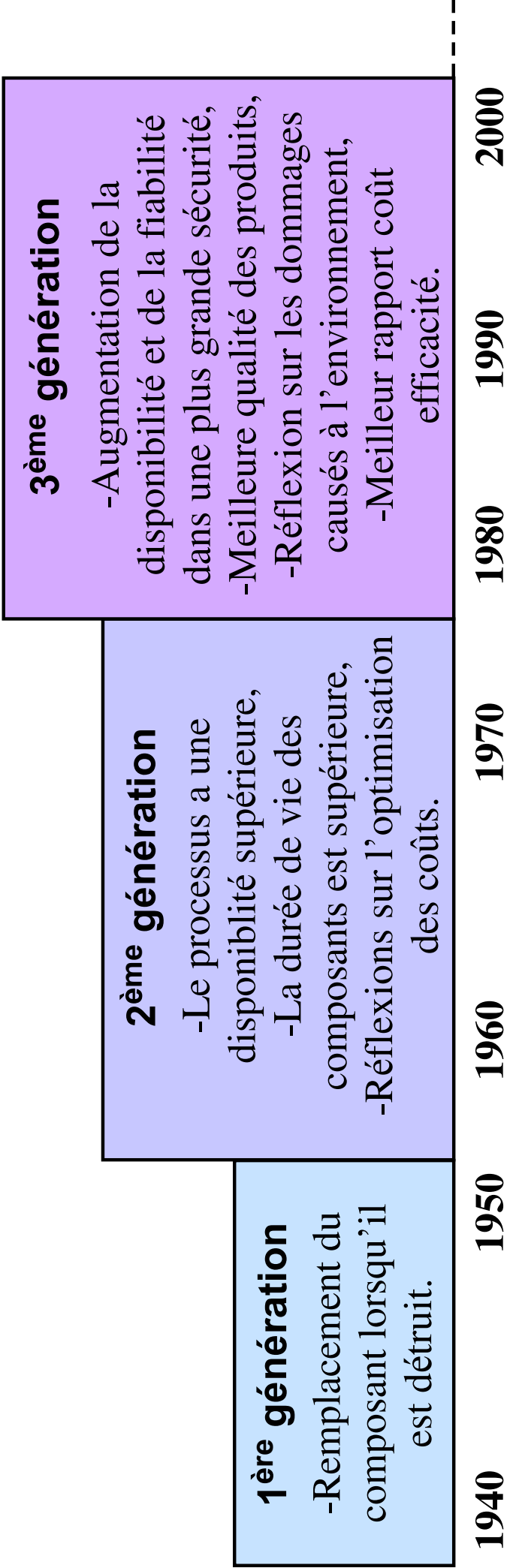


La fonction maintenance, dont la vocation est d'assurer le bon fonctionnement des outils de production, est maintenant une des fonctions stratégiques majeures dans les entreprises (*NF EN 13-306*, 2001).



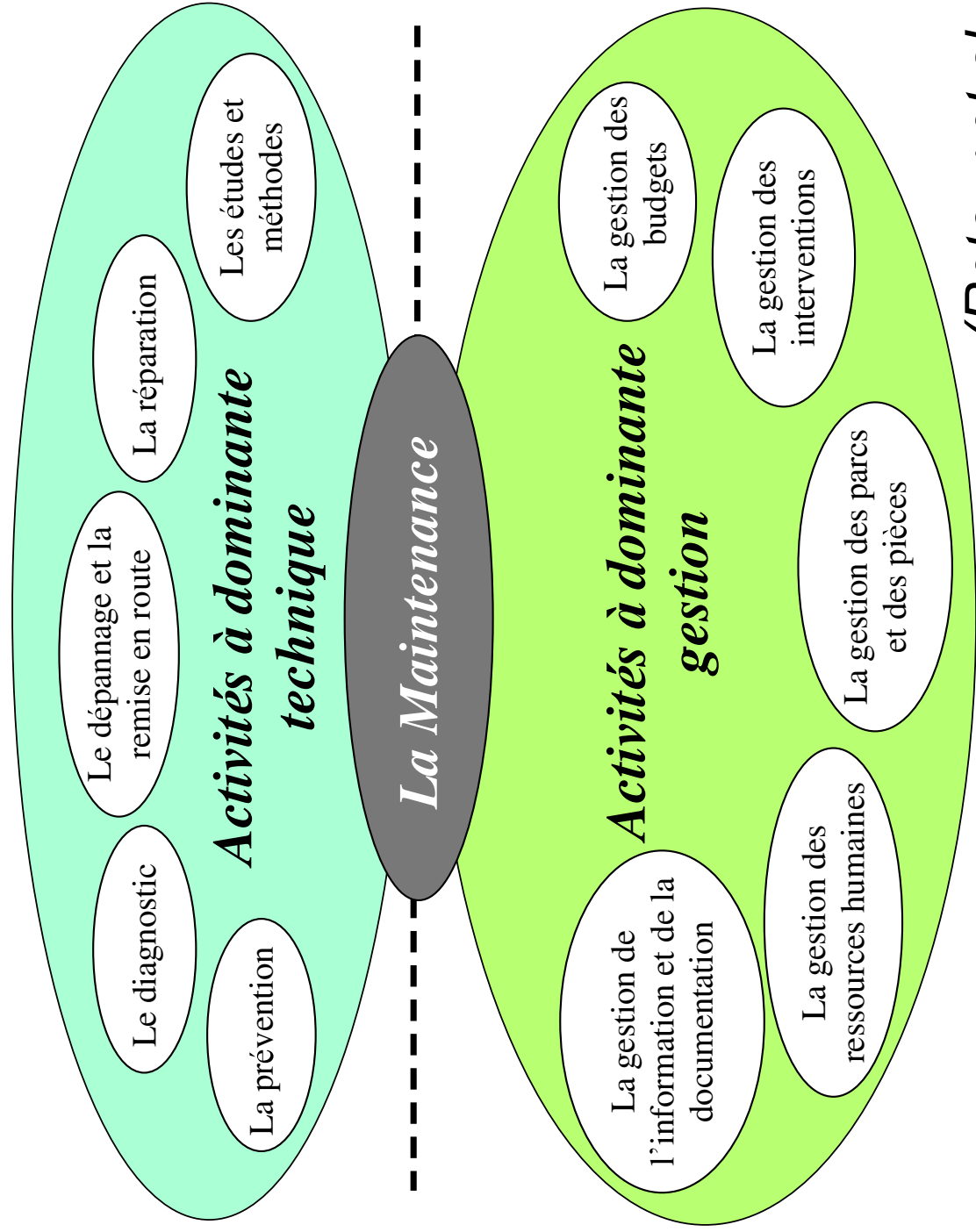
(Bescos et al., 1995)

L'évolution de la maintenance peut être tracée à travers trois générations :

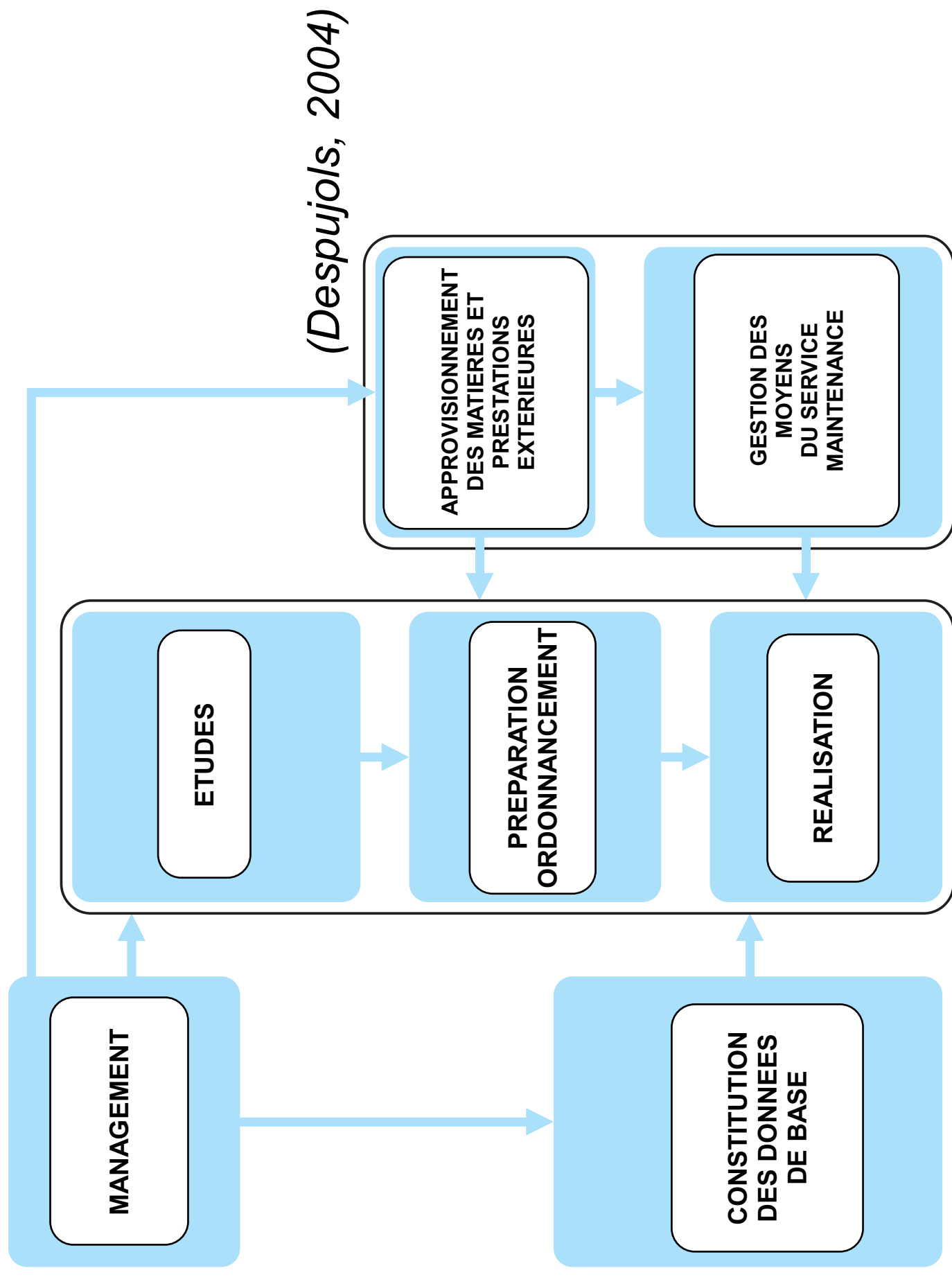


(Moubray, 2000)

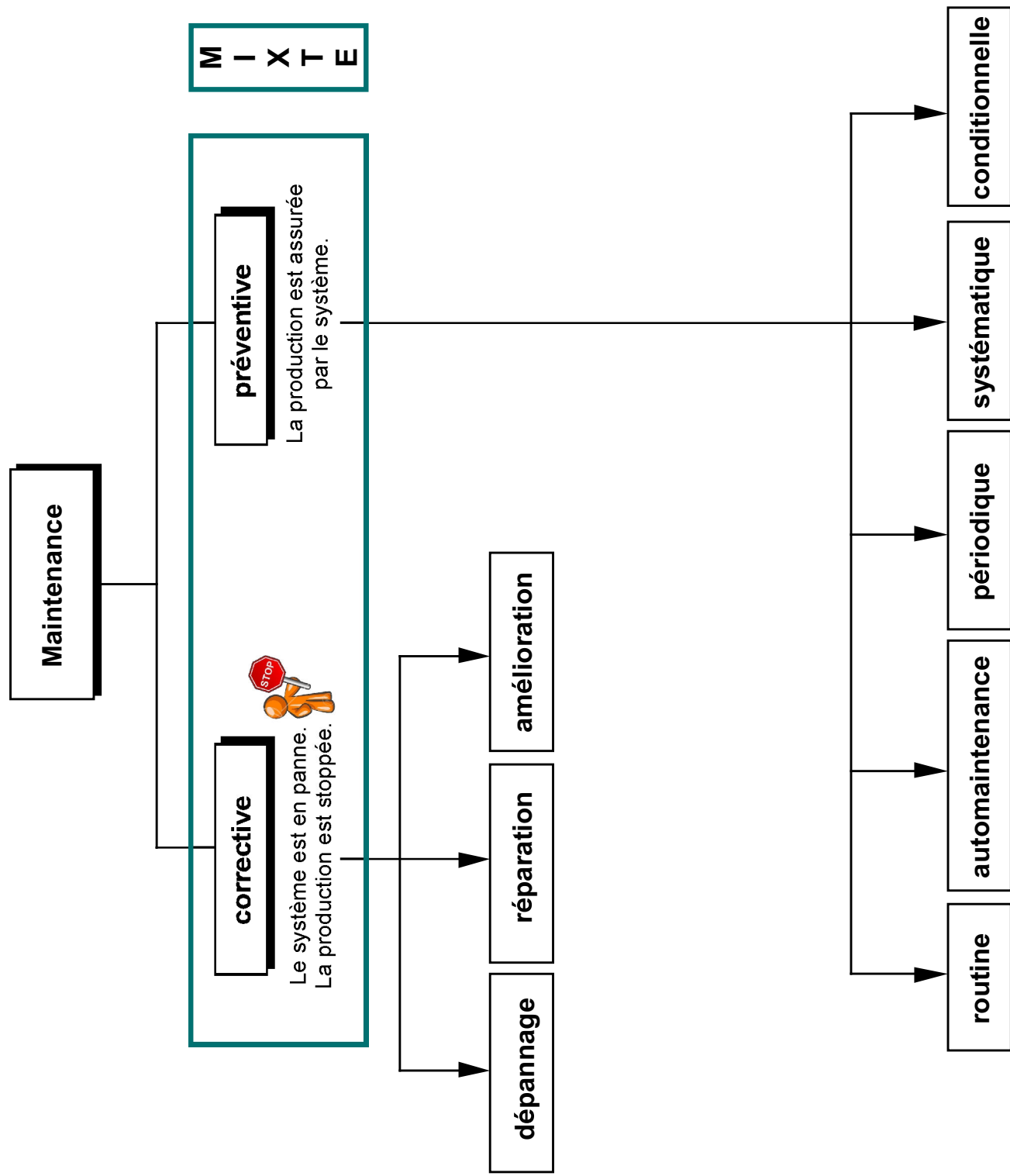
La norme FD X 60-000 (AFNOR, 2002) définit la maintenance comme l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé.



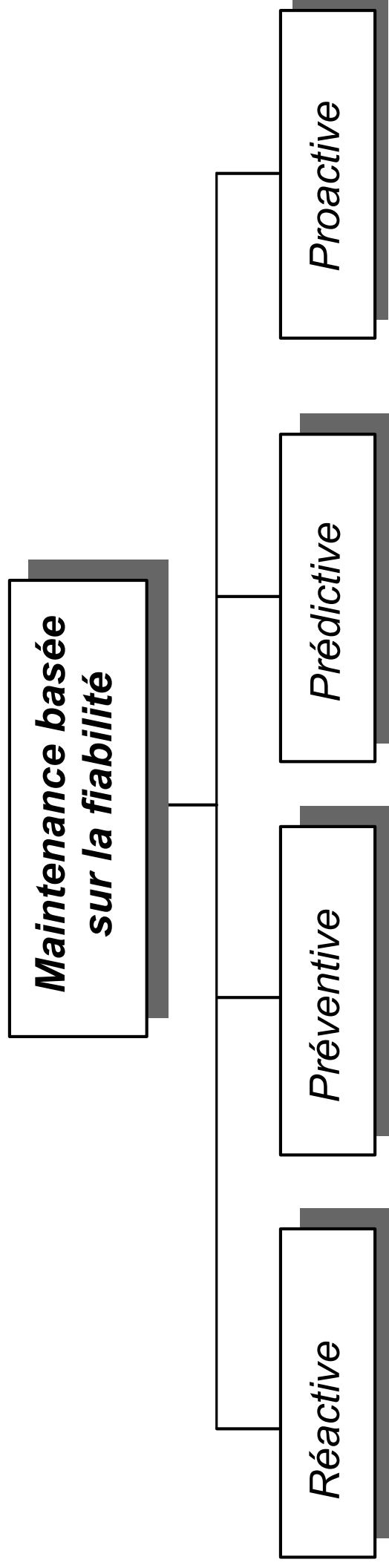
Décomposition fonctionnelle de la maintenance :



Politiques de maintenance :



Approche du concept RCM¹ :



¹ Reliability Centered Maintenance

Approche du concept **maintenance opportuniste** :

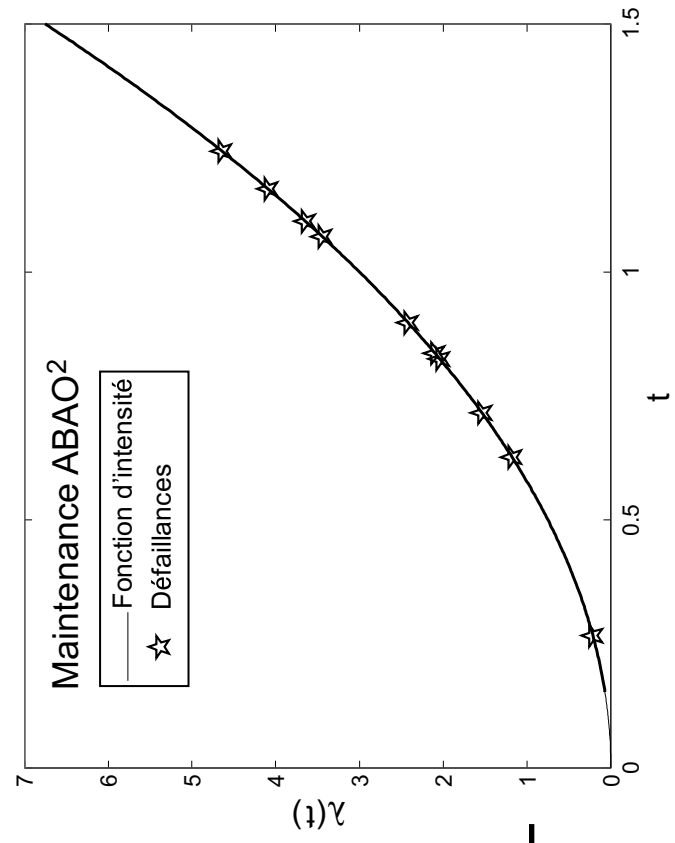
- * prise en compte des interactions entre les différents composants d'un système, conditionnée par une ou plusieurs autres actions de maintenance réalisées dans une zone voisine, ou sur un autre organe du même système,
- * optimisation des coûts de maintenance, des temps d'intervention et d'utilisation des matériels (*Bouillaut, 2007, Thomas et al., 2006*).

Critères de réparation :

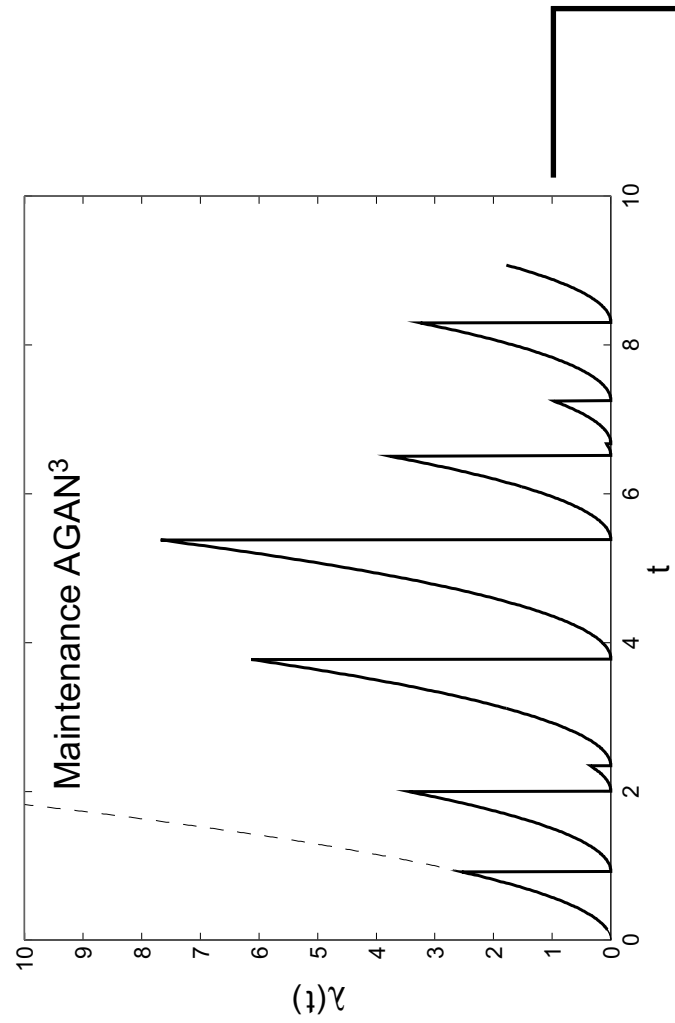
$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{1}{\Delta t} \frac{R(t) - R(t + \Delta t)}{R(t)} \right)$$

λ : taux de panne

- R(t) : nombre de composants ayant survécu jusqu'à l'instant t,
- R(t+Δt) : nombre de composants ayant survécu jusqu'à l'instant t+Δt.



Maintenance minimale



- 2 As Bad As Old
- 3 As Good As New

Maintenance parfaite

Critères de réparation :



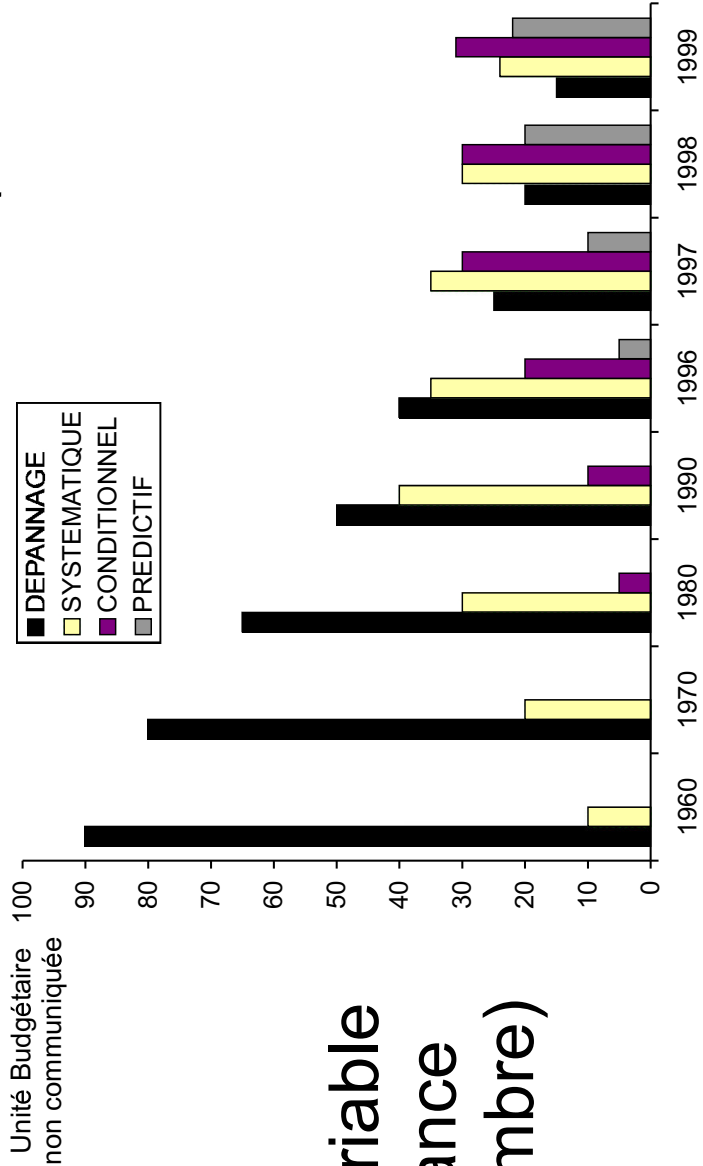
- La maintenance est “nuisible” si l’état du système après réparation est moins bien qu’avant réparation,
- La maintenance est “efficace” si le système est remis dans un meilleur état qu’avant réparation mais moins bien que le neuf,
- La maintenance est “améliorative” si l’état du système après réparation est mieux que le neuf.

Quelques chiffres :

Etude comparative sur l’emploi de différentes politiques de maintenance aux Etats-Unis.

Politiques en maintenance	Toutes industries en 2002	Industries d’avant-garde en 2002
Corrective	55%	10%
Préventive	31%	25-35%
Prédictive	12%	45-55%
Proactive	2%	5-15%

(Rinehart, 2006)



Le budget variable en maintenance (Cockerill-Sambre)

(Henry, 2001)

Table des matières

1 Contexte général en maintenance et politiques de maintenance

2 Etude de la fiabilité d'un processus maintenu : 1ères informations pour l'expert

3 Etude non paramétrique des durées de vie (cas industriel : fabrication de pain de mie)

4 Outils utilisés

5 Résultats

6 Etablissement d'un système expert dans une situation industrielle

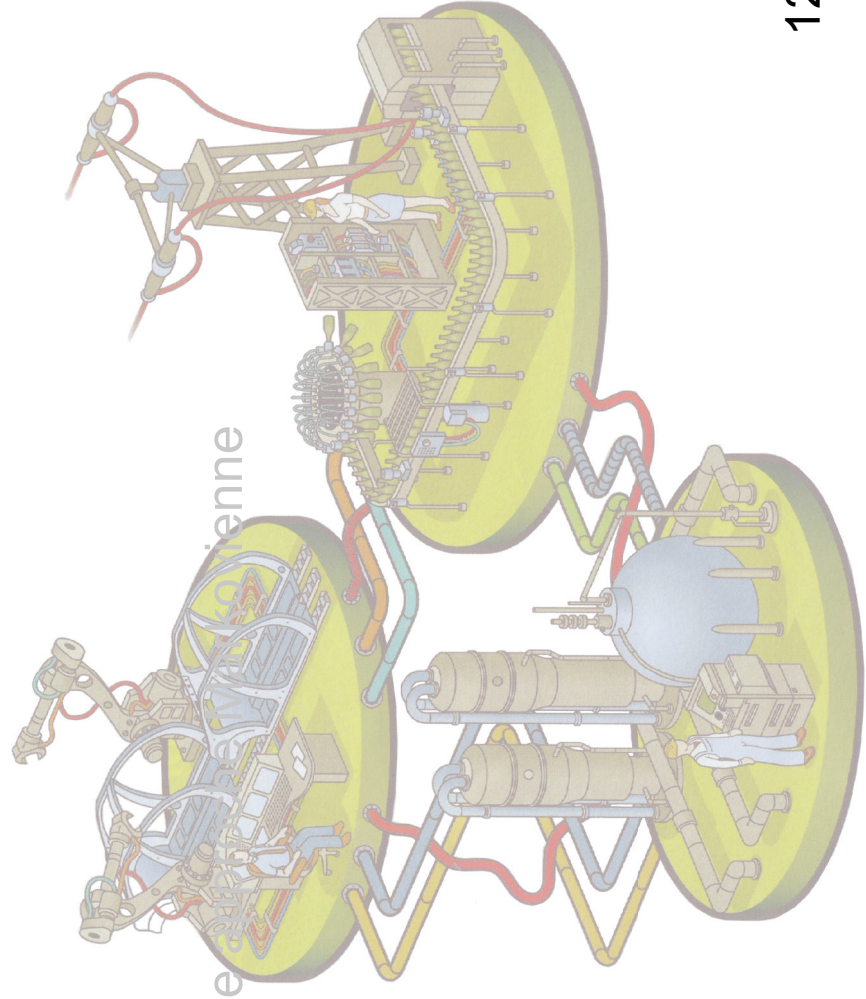
7 Outils utilisés

8 Résultats

9 Complémentarité des deux approches

10 Conclusion

11 Perspectives



Définitions :

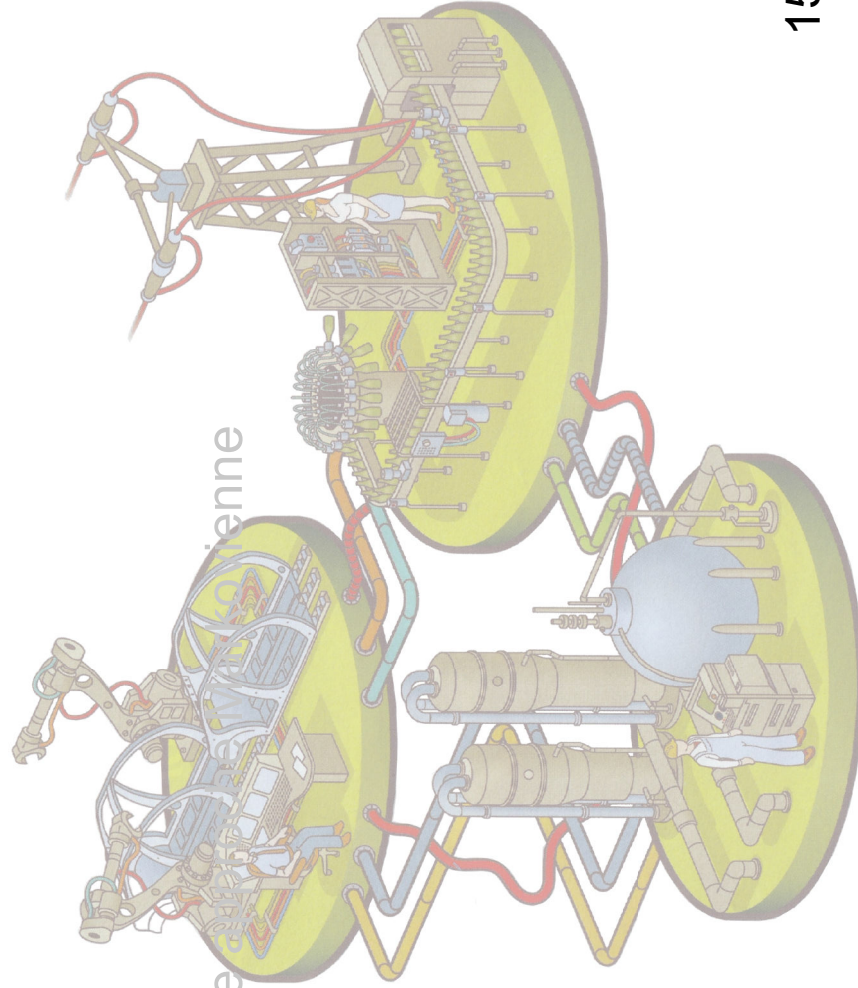
La fiabilité est l'aptitude d'un système à accomplir la fonction à laquelle il est dévolu, dans des conditions d'utilisation données et pendant un intervalle de temps donné (NF X 60-500, 1988), (NF X, 60-510, 1986) et (NF X, 60-520, 1988). L'ingénieur fiabiliste cherche à déduire de l'évolution temporelle de cette fiabilité une future stratégie de maintenance.

Principales lois et modèles de probabilité utilisés en fiabilité :

- * *la loi exponentielle,*
- * *la loi normale (Laplace-Gauss),*
- * *la loi Log-normale (ou de Galton),*
- * *la loi de Weibull,*
- * *la loi Gamma,*
- * *modèle de Bertholon,*
- * *...*

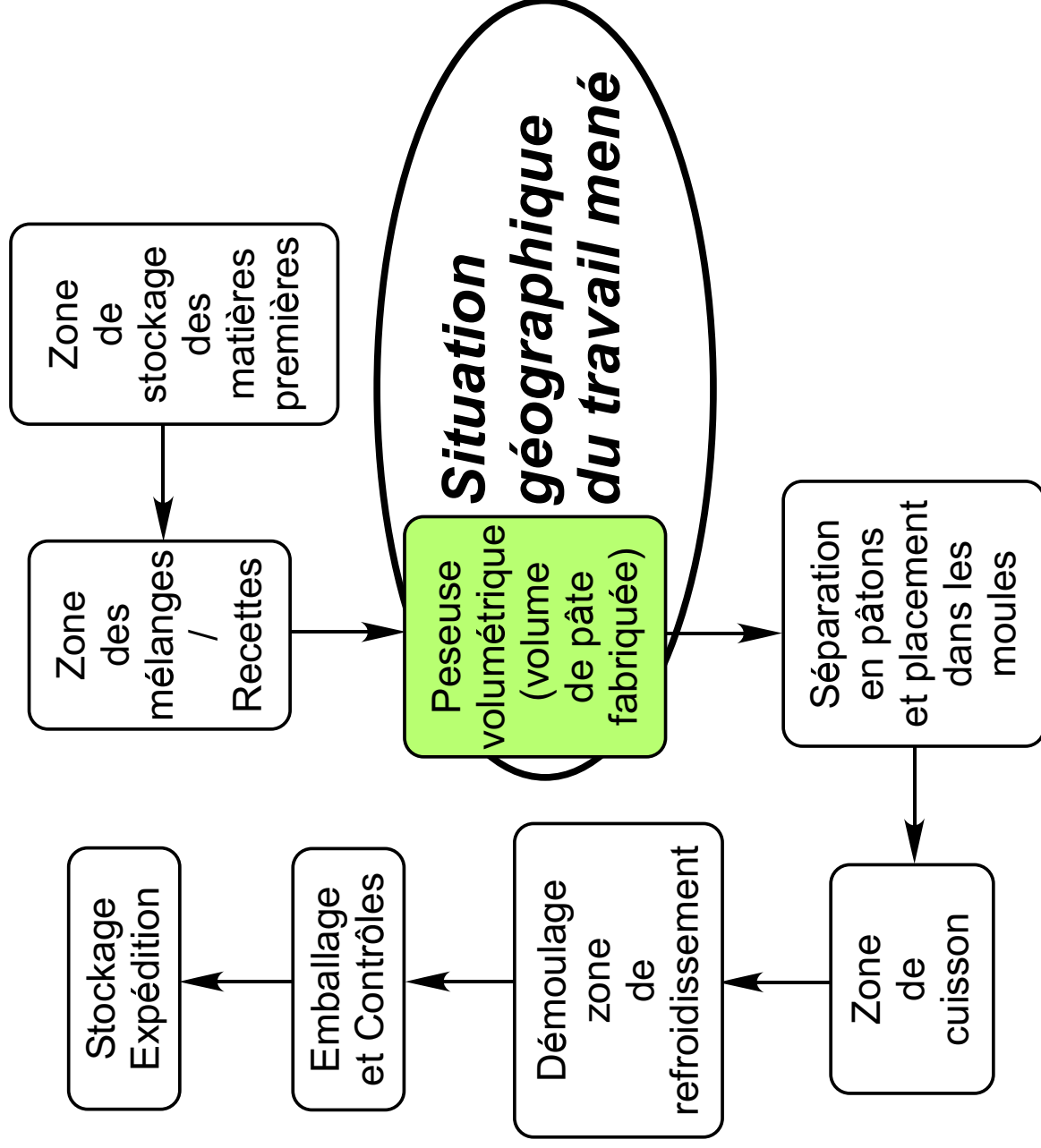
Table des matières

1	Contexte général en maintenance et politiques de maintenance
2	Etude de la fiabilité d'un processus maintenu : 1ères informations pour l'expert
3	Etude non paramétrique des durées de vie (cas industriel : fabrication de pain de mie)
4	Outils utilisés
5	Résultats
6	Etablissement d'un système expert dans une situation industrielle
7	Outils utilisés
8	Résultats
9	Complémentarité des deux approches
10	Conclusion
11	Perspectives



Etude : Boulangerie industrielle

*Pas de variation du temps d'ouverture sur l'année (144 heures par semaine sur l'année),
La quantité de produit fabriqué est de 1,6T/H.*



Numéro dans la liste	NOM	EQUIPE	DATE	LIGNE	NOM DE MACHINE	TRAVAUX EFFECTUES	OBS	CODES INTERNES A LA MAINTENANCE	TI (min)	PIECES CHANGEES	REFERENCES
1	M.Dupond	AM	03/01/2005	M2	Peseuse	réglé cadence à la demande du RL		RM	20		
2	M.Dupond	AM	03/01/2005	M2	Peseuse	réglé cadence à la demande du RL		RM	20		
3	M.Dupond	M	04/01/2005	M2	Peseuse	consigné et deconsigne armoire		SEC	20		
7	M.Dupond	M	08/01/2005	M2	Peseuse	consigné et deconsigne		SEC	10		
8	M.Dupond	VSD	08/01/2005	M2	Peseuse	pas de bruit à vide		TEP	30		
9	M.Dupond	VSD	08/01/2005	M2	Peseuse	pas de bruit à vide		TEP	30		

Consignation des activités de maintenance

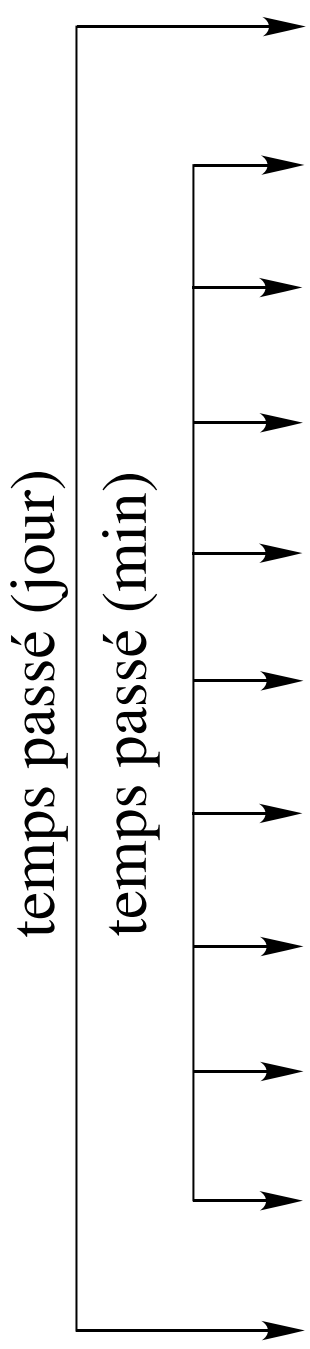
Année 2005 : 303 interventions

Année 2006 : 308 interventions

Etat du processus		
MARCHE		
ARRET		

Nature des interventions (Observations pour modèle)		SEC (Sécurité) Activité liée à la sécurité de la machine et consignations
DEP (Dépannage/arrêt prod)		RAN (Remise A Niveau / planifiée)
RM (Règlage Machine)		NET (Nettoyage Machine)
AU (Autre) Cette activité peut être associée à de petits travaux		VEP (Visite Entretien Préventif) Cette activité peut être associée à de petits travaux
OBS (Observation)		
TEP (Travaux Entretien Préventif pas d'arrêt prod)		Ras pas d'intervention

Présentation des différentes occurrences
d'observations issues d'un codage
interne au sein de l'entreprise



NUM	CAS	D_PRODOK	D_DEP	J_DEP	T_DEP	T_RM	T_AU	T_OBS	T_TEP	T_SEC	T_RAN	T_NET	T_VEP	T_RAS	EPOQ
1	DEP1	03/01/2005	18/01/2005	15	40	40	0	0	60	70	0	0	120	8	JAN
2	DEP2	18/01/2005	24/01/2005	6	40	20	0	0	0	50	0	0	0	5	JAN
3	DEP3	24/01/2005	05/02/2005	12	180	20	0	20	0	30	0	0	60	6	JAN
4	DEP4	05/02/2005	10/02/2005	5	80	40	0	0	0	0	0	0	0	4	FEV

Bilan des informations relatives aux activités de maintenance dans la base de données (années 2005 et 2006)

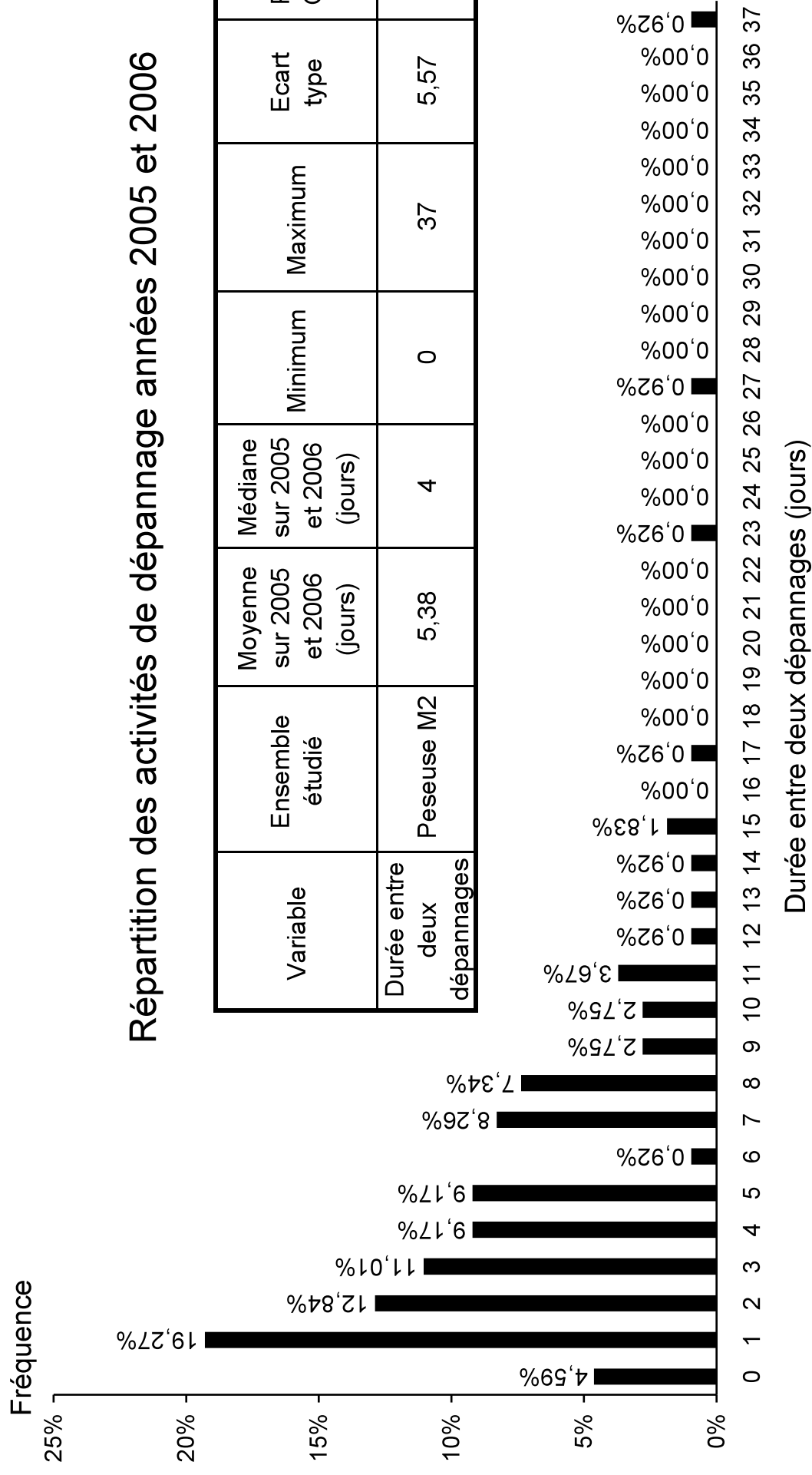
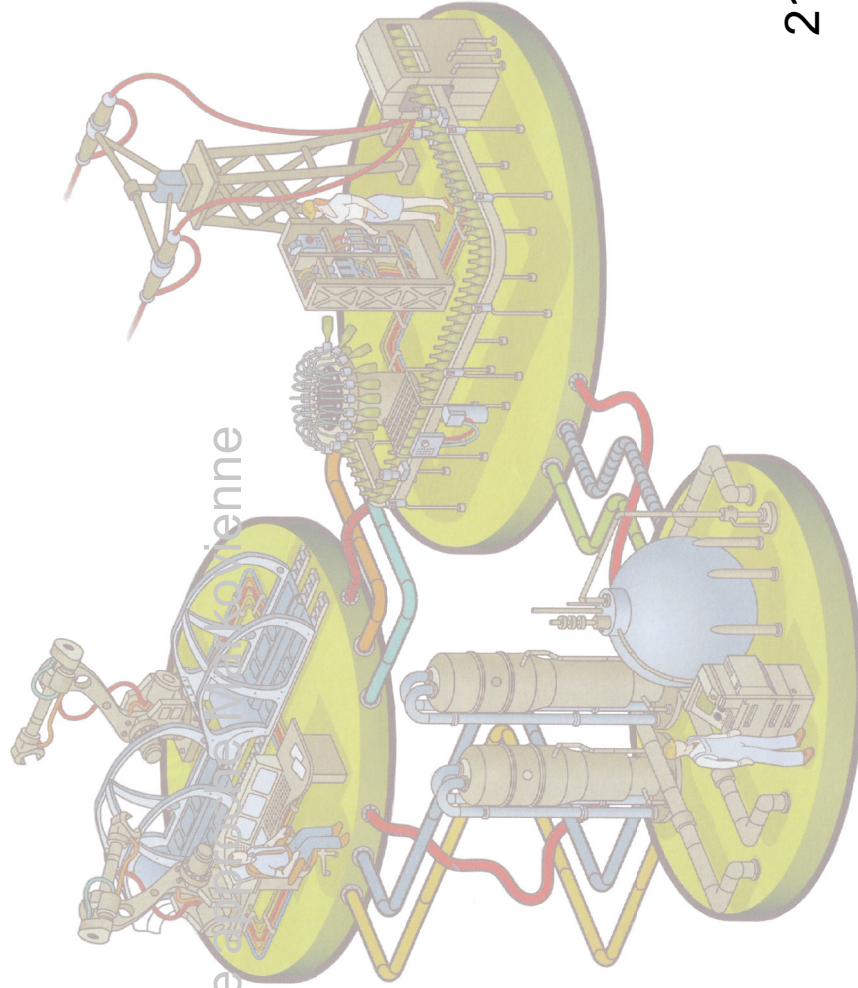


Table des matières

1	Contexte général en maintenance et politiques de maintenance
2	Etude de la fiabilité d'un processus maintenu : 1ères informations pour l'expert
3	Etude non paramétrique des durées de vie (cas industriel : fabrication de pain de mie)
4	Outils utilisés
5	Résultats
6	Etablissement d'un système expert dans une démarche industrielle
7	Outils utilisés
8	Résultats
9	Complémentarité des deux approches
10	Conclusion
11	Perspectives



Estimateur de Kaplan Meier (aussi appelé estimateur product-limit) de la fonction de survie :

$$S_n(t) = \prod_{i \in \{1, \dots, n\}, y_i < t} \left(\frac{n - i}{n - i + 1} \right)^{\delta_i}$$

La méthode de Kaplan Meier utilisée dans un champ disciplinaire large (Pacaut et al., 2007), (Cheuk-Kit et al., 2007) permet d'estimer les fonctions de survie, sans que les intervalles de temps ne soient nécessairement réguliers.

Analyse d'un modèle à risques proportionnels de Cox :

Méthode utile lorsqu'on veut déterminer l'impact de variables explicatives sur le temps de survie d'un processus économique (Gouriéroux, 1989), d'un patient (Breslow, 1973) (étude médicale), d'un système (Kalbfleisch et al., 2002), ... Il s'applique à des données de survie, c'est-à-dire une variable temporelle, une variable de censure et des variables explicatives.

$$\lambda(t, X) = \lambda_0(t) \exp(\beta X)$$

$\lambda_0(t)$: taux de mortalité de base

X : vecteur de covariables

β : vecteur de paramètres associés à X

Analyse d'un modèle à risques proportionnels de Cox :

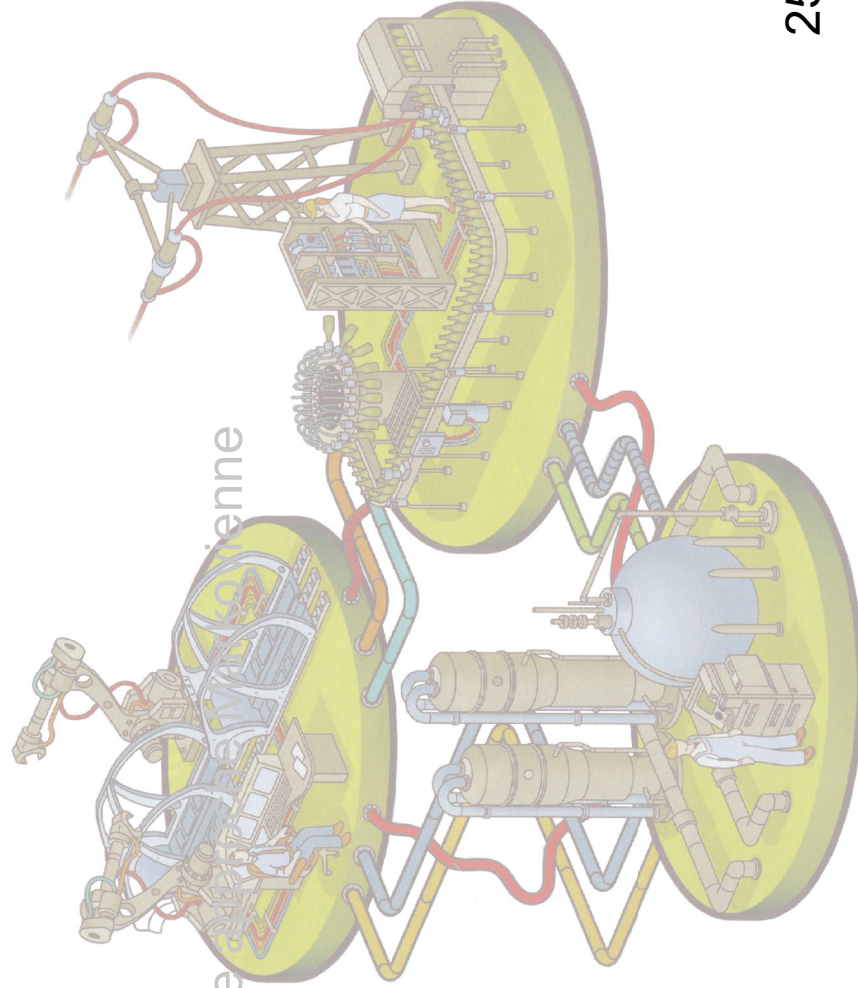
La forme de $\lambda_0(t)$ n'étant pas précisée, c'est plutôt l'association entre les variables X_j et la survenue de l'événement considéré qui est l'intérêt central du modèle. → Déterminer les coefficients β_i (racine de l'équation).

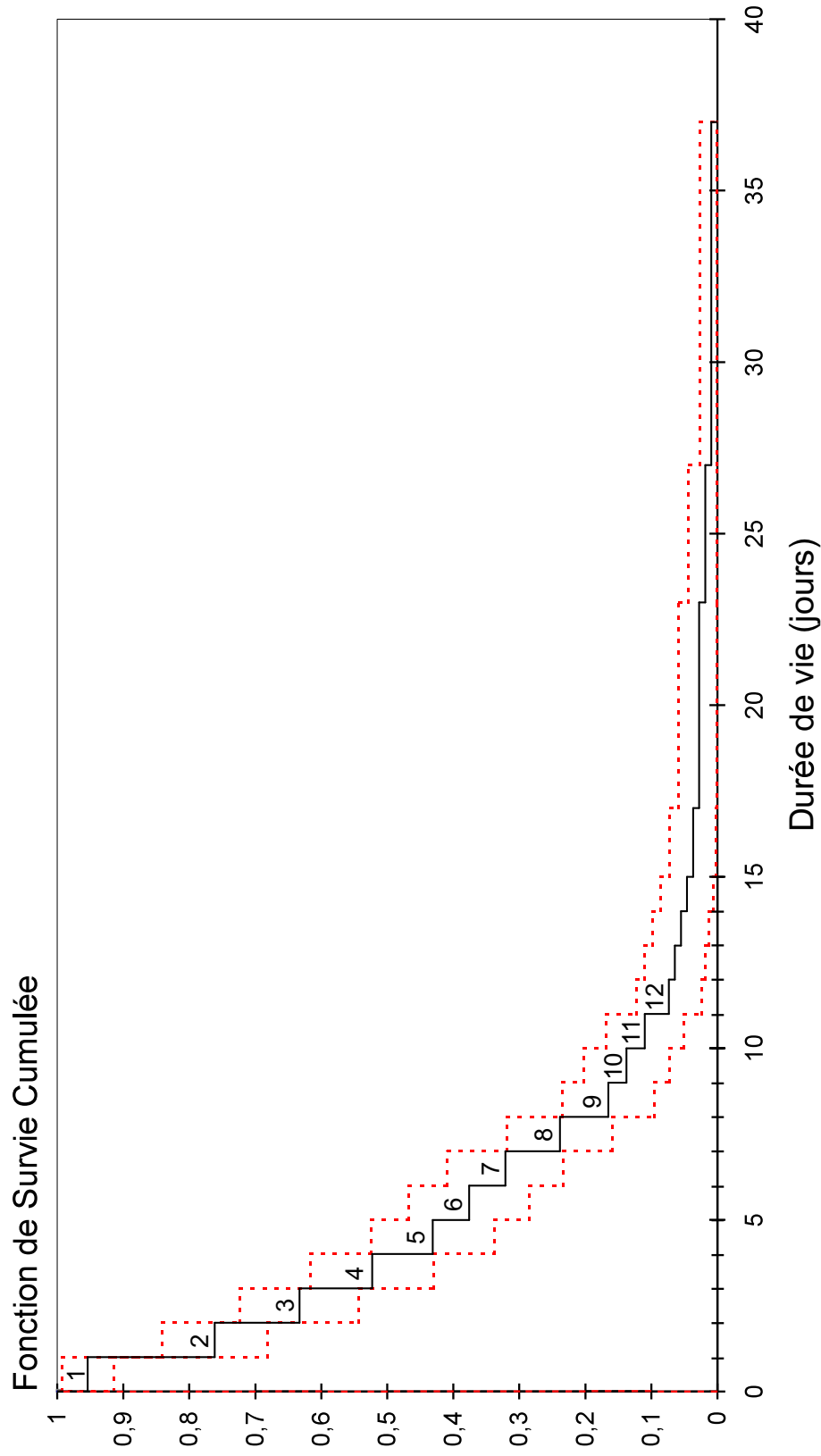
$$\log(L(\beta_i)) = \sum_{i=1}^n \beta_i X_i - \log\left(\sum_{j: t_{(j)} \geq t_{(i)}} \exp(\beta_i X_j) \right)$$

Le modèle est estimé en utilisant le principe du maximum de vraisemblance avec quelques modifications, la fonction utilisée est appelée la vraisemblance partielle (Cox, 1972).

Table des matières

1	Contexte général en maintenance et politiques de maintenance
2	Etude de la fiabilité d'un processus maintenu : 1ères informations pour l'expert
3	Etude non paramétrique des durées de vie (cas industriel : fabrication de pain de mie)
4	Outils utilisés
5	Résultats
6	Etablissement d'un système expert dans une entreprise industrielle
7	Outils utilisés
8	Résultats
9	Complémentarité des deux approches
10	Conclusion
11	Perspectives

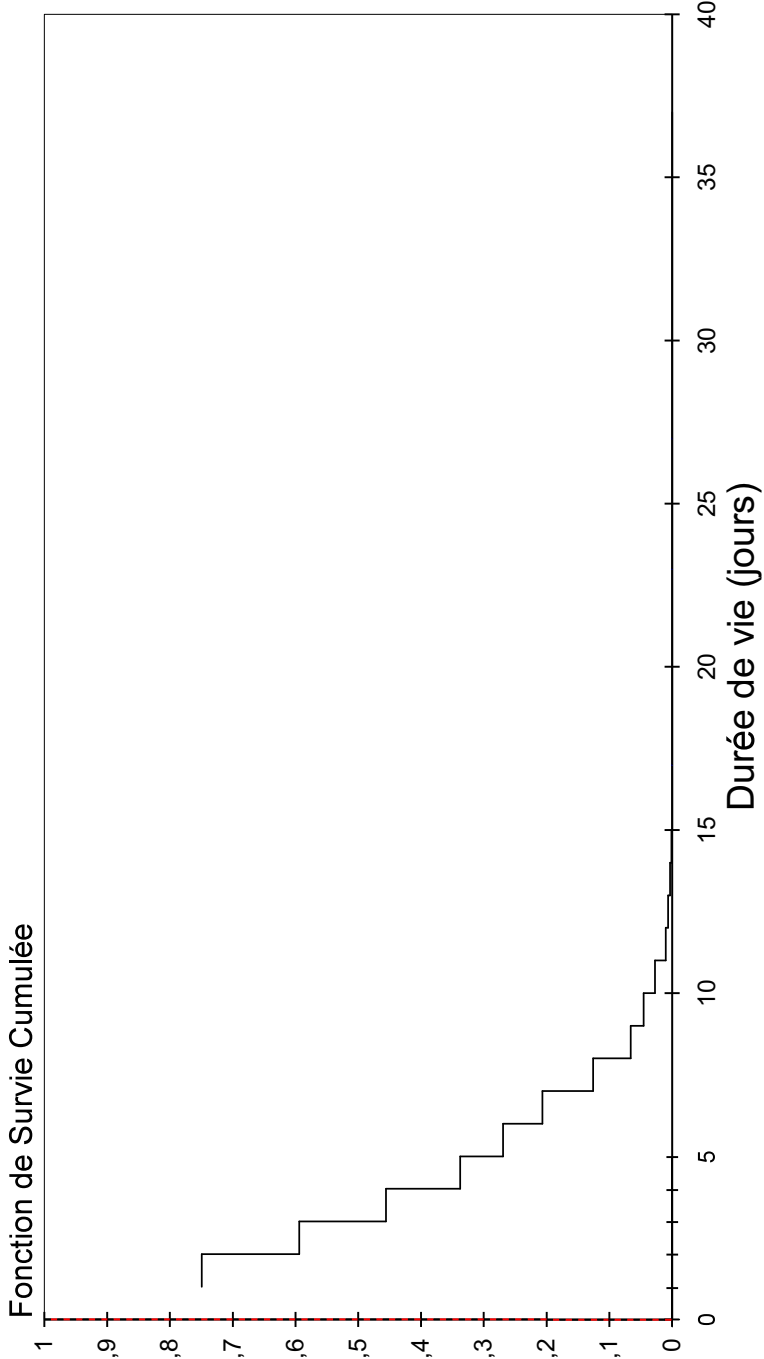




Fonction de survie cumulée estimateur de Kaplan Meier (données 2005 -2006)

Variable	Valeur	Ecart-type	Khi² de Wald	Pr > Khi²	Rapport de risque	Rapport de risque Borne inf. (95%)	Rapport de risque Borne sup. (95%)
T_DEP	0,001	0,001	4,843	0,028	1,001	1,000	1,003
T_RM	-0,004	0,005	0,586	0,444	0,996	0,987	1,006
T_AU	0,002	0,003	0,734	0,392	1,002	0,997	1,008
T_OBS	-0,007	0,005	2,175	0,140	0,993	0,984	1,002
T_TEP	0,000	0,001	0,064	0,801	1,000	0,998	1,001
T_SEC	-0,037	0,009	18,976	< 0,0001	0,963	0,947	0,980
T_RAN	-0,001	0,001	1,138	0,286	0,999	0,996	1,001
T_NET	-0,008	0,013	0,442	0,506	0,992	0,967	1,016
T_VEP	-0,002	0,002	1,132	0,287	0,998	0,995	1,001

Tableau de modèle de régression avec le rapport de risque modèle de Cox



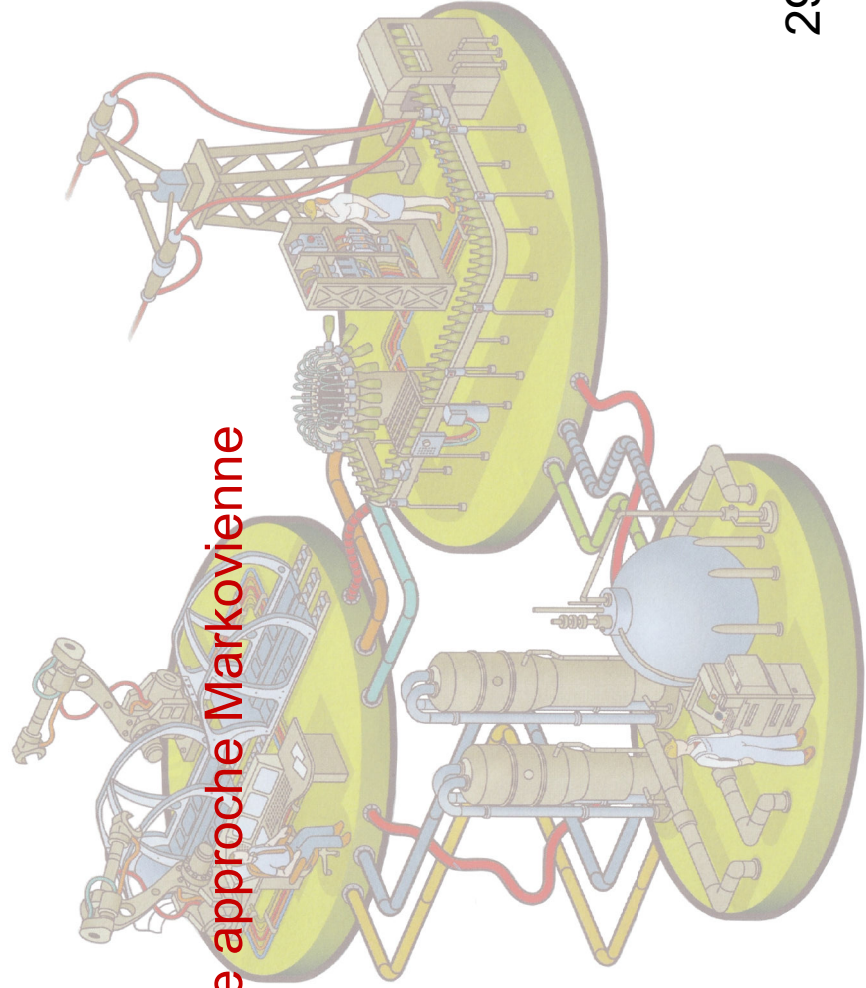
Fonction de survie cumulée modèle de Cox (données 2005 -2006)

Probabilité d’être en panne pour différents tests sur le corpus des données 2005 et 2006												
Estimateur de Kaplan Meier avec un intervalle de confiance à 95%	à + 1 jour	à + 2 jours	à + 3 jours	à + 4 jours	à + 5 jours	à + 6 jours	à + 7 jours	à + 8 jours	à + 9 jours	à + 10 jours	à + 11 jours	à + 12 jours
	1 %	15 %	27 %	38 %	48 %	53 %	59 %	68 %	76 %	79 %	83 %	88 %
	8 %	32 %	45 %	57 %	66 %	72 %	76 %	84 %	91 %	93 %	95 %	97 %
	4 %	23 %	36 %	47 %	57 %	62 %	67 %	76 %	83 %	86 %	89 %	92 %
	25 %	41 %	54 %	66 %	73 %	79 %	87 %	93 %	95 %	97 %	98 %	99 %
Estimation haute												
Estimation base												
Estimation médiane												
Test de COX												

Probabilité d’être en panne pour l’estimateur de Kaplan Meier et test de COX

Table des matières

1	Contexte général en maintenance et politiques de maintenance
2	Etude de la fiabilité d'un processus maintenu : 1ères informations pour l'expert
3	Etude non paramétrique des durées de vie (cas industriel : fabrication de pain de mie)
4	Outils utilisés
5	Résultats
6	Etablissement d'un système expert dans une approche Markovienne
7	Outils utilisés
8	Résultats
9	Complémentarité des deux approches
10	Conclusion
11	Perspectives



Hypothèse : les évènements qui précèdent une panne sont souvent récurrents. Une suite d'évènements particuliers peut, éventuellement, informer d'une panne prochaine !

- *En mécanique : un bruit, une vibration précèdent la rupture. Une baisse de performances traduit une ou des anomalies,*
- *En informatique : un déplacement inopiné du pointeur, un ralentissement, un dysfonctionnement d'une application comme un navigateur Internet peuvent traduire la présence d'un virus sur l'ordinateur concerné.*

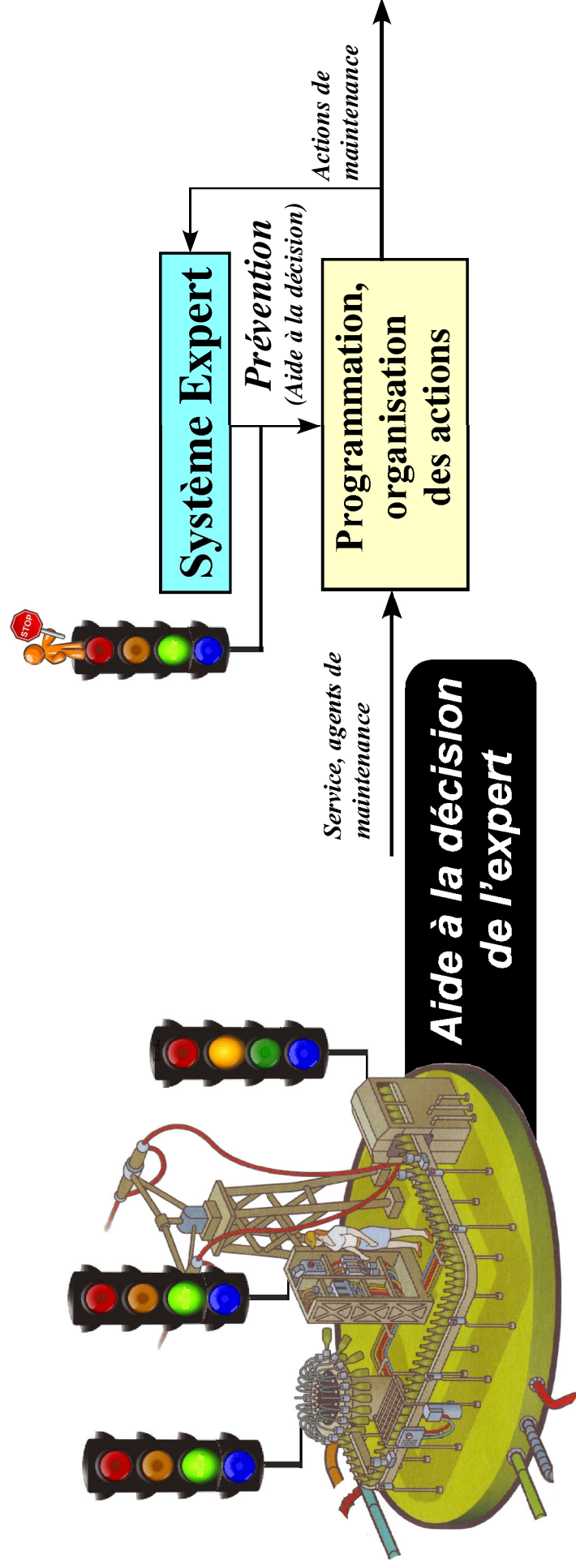
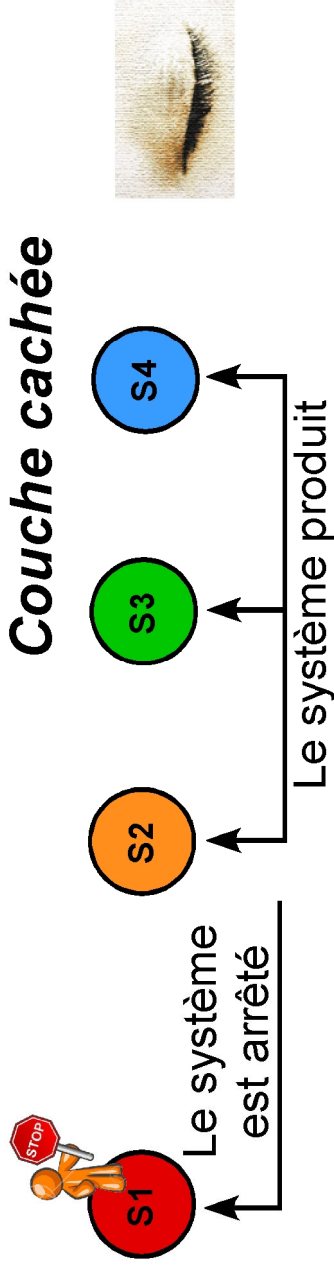
Couche visible relative à des événements observés



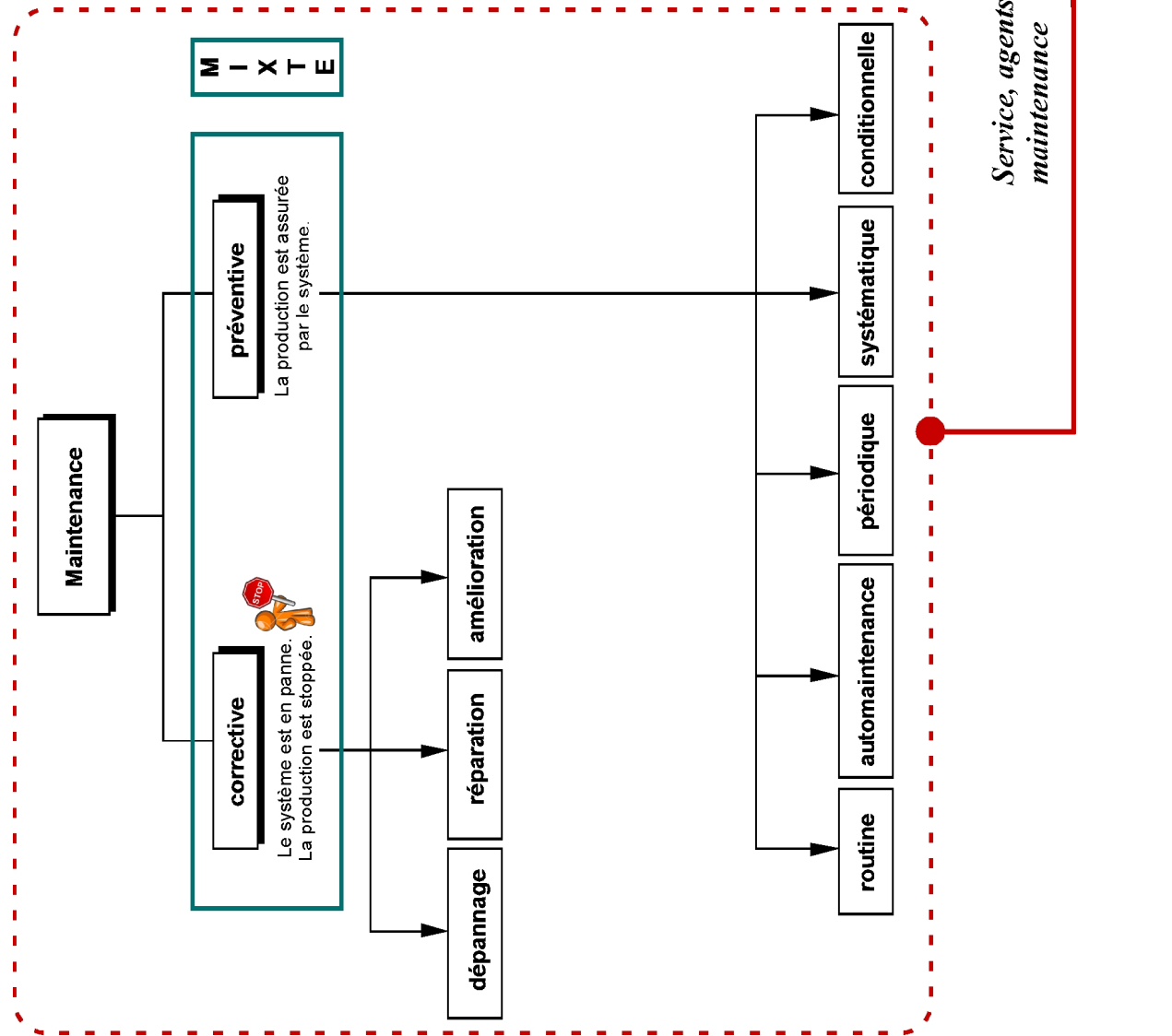
RM	RM	SEC	RAS	RAS	SEC	TEP
----	----	-----	-----	-----	-----	-----

Jours/Heure/...

Couche cachée

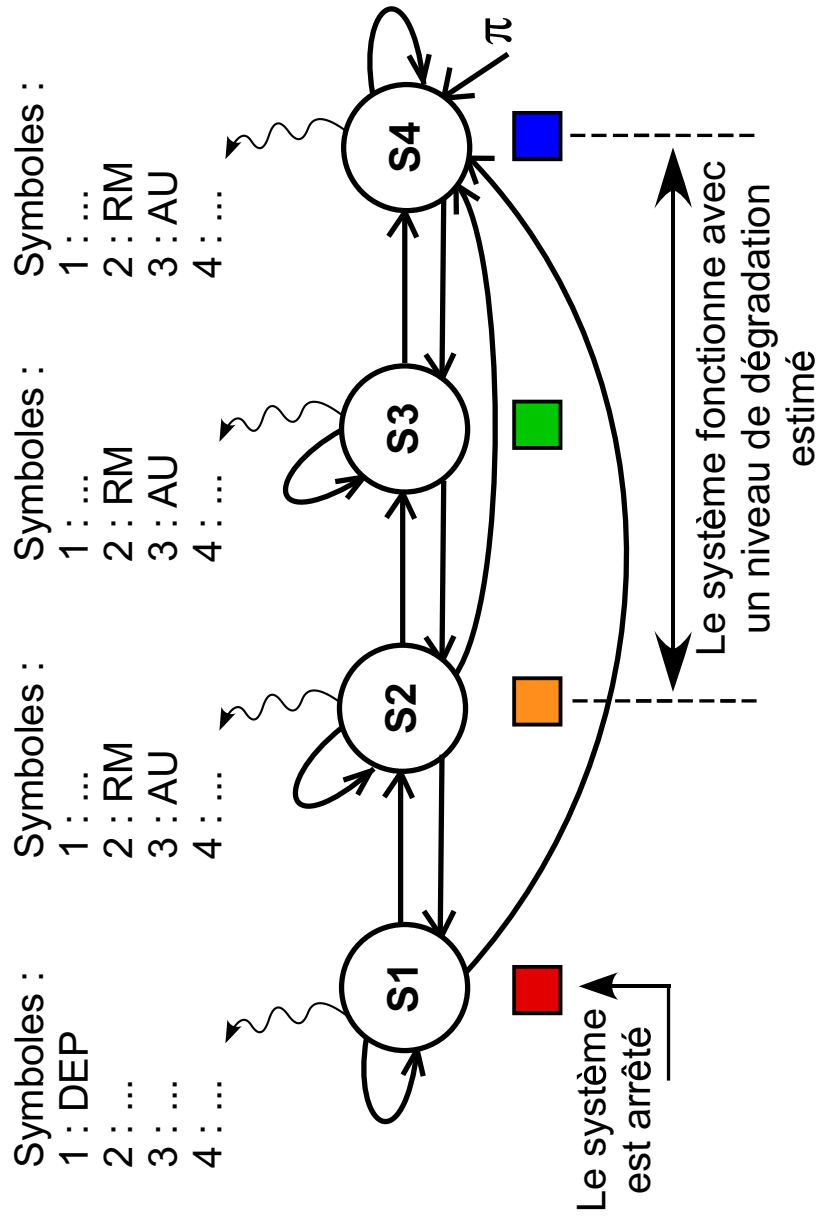


Estimation du niveau de dégradation d'un processus par rapport à des activités terrain ou autres informations collectables



Choix de la topologie : “niveau de vigilance !”

4 niveaux pourquoi ?

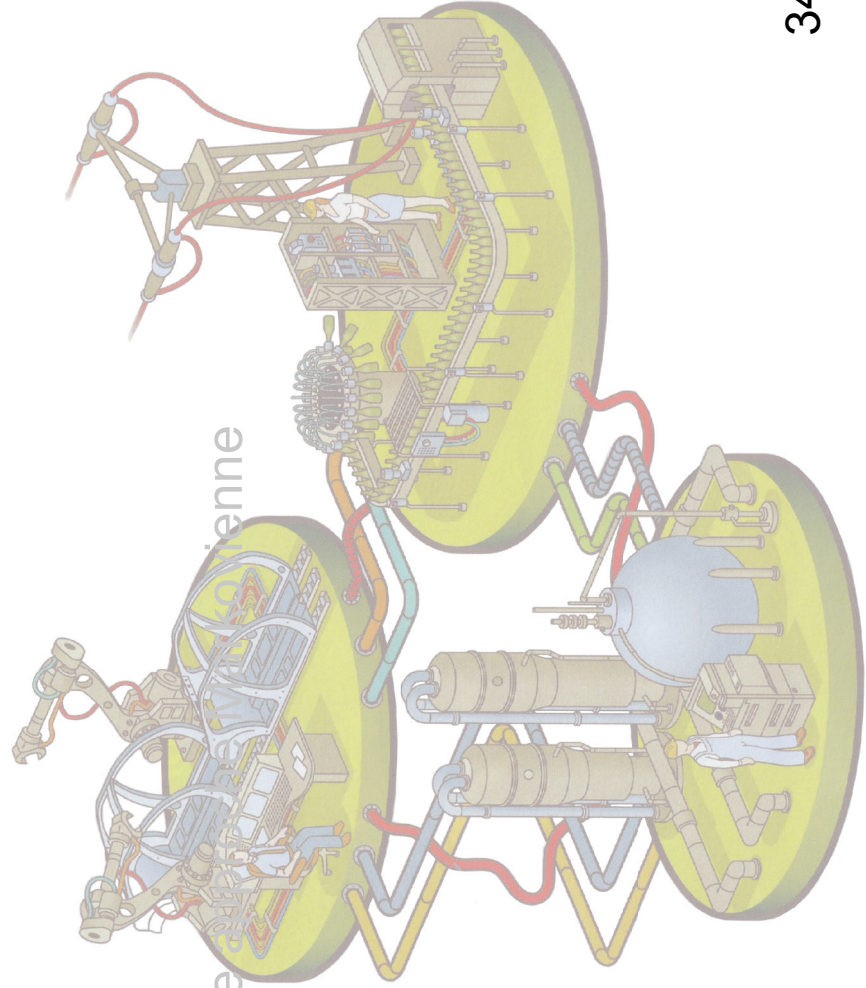


Exemples :

- renforcement de la politique de prévention des risques liés aux inondations (Ministère de l'écologie et du développement durable - 2006),
- plan national canicule, fortes chaleurs, sécurité des élèves et des personnels (Ministère de la santé - 2004),
- ...

Table des matières

1	Contexte général en maintenance et politiques de maintenance
2	Etude de la fiabilité d'un processus maintenu : 1ères informations pour l'expert
3	Etude non paramétrique des durées de vie (cas industriel : fabrication de pain de mie)
4	Outils utilisés
5	Résultats
6	Etablissement d'un système expert dans une situation industrielle
7	Outils utilisés
8	Résultats
9	Complémentarité des deux approches
10	Conclusion
11	Perspectives



Outils utilisés :

Domaines d'application des MMCs⁴ : les travaux en reconnaissance de la parole (*Schalapbach et al., 2004*) ; traitement d'images (*Aupetit, 2005*) ; biosciences (*Grundy et al., 1997*) ; reconnaissance de l'écriture (*Avila, 1996*) ...

Le modèle : $\lambda = (A, B, \Pi)$

→ 3 matrices :

- $A = [...a_{ij}...]_{ij}$ Matrice de distribution des probabilités de transition entre états.
- $B = [...b_j(k)...]_{j,k}$ Matrice de distribution des probabilités de génération de symboles.
- $\Pi = [...\Pi_i...]_{i,j}$ Matrice de distribution des probabilités initiales.

⁴ Modèle de Markov Caché

($S=\{s_1, s_2, \dots, s_k\}$) états cachés, peuvent être estimés à travers des processus stochastiques qui produisent les séquences d'observations ($O=\{o_1, o_2, \dots, o_T\}$).

Apprentissage du modèle : *utilisation de l'algorithme de Baum-Welch*

Estimation de façon itérative $\lambda = (A, B, \Pi)$ avec une séquence d'observations

$$O = \{O_1, O_2, \dots, O_T\}$$

$$\longrightarrow O : P(O = o|\lambda) \longrightarrow \lambda^* = \operatorname{argmax}_{\lambda} P(O = o|\lambda)$$

(Baum, 1972)

Apprentissage du modèle : *utilisation de l'algorithme segmental k-means*

Optimisation de la
probabilité :

$$P(O, S = Q^* | \lambda)$$

avec Q^* : séquence d'états cachés qui a le plus probablement engendré la séquence telle que calculée par l'algorithme de Viterbi (Viterbi, 1967).

Estimation des états les plus probables à partir de nouvelles séquences d'observations (Test n°1) :

Calcul de la variable Forward :

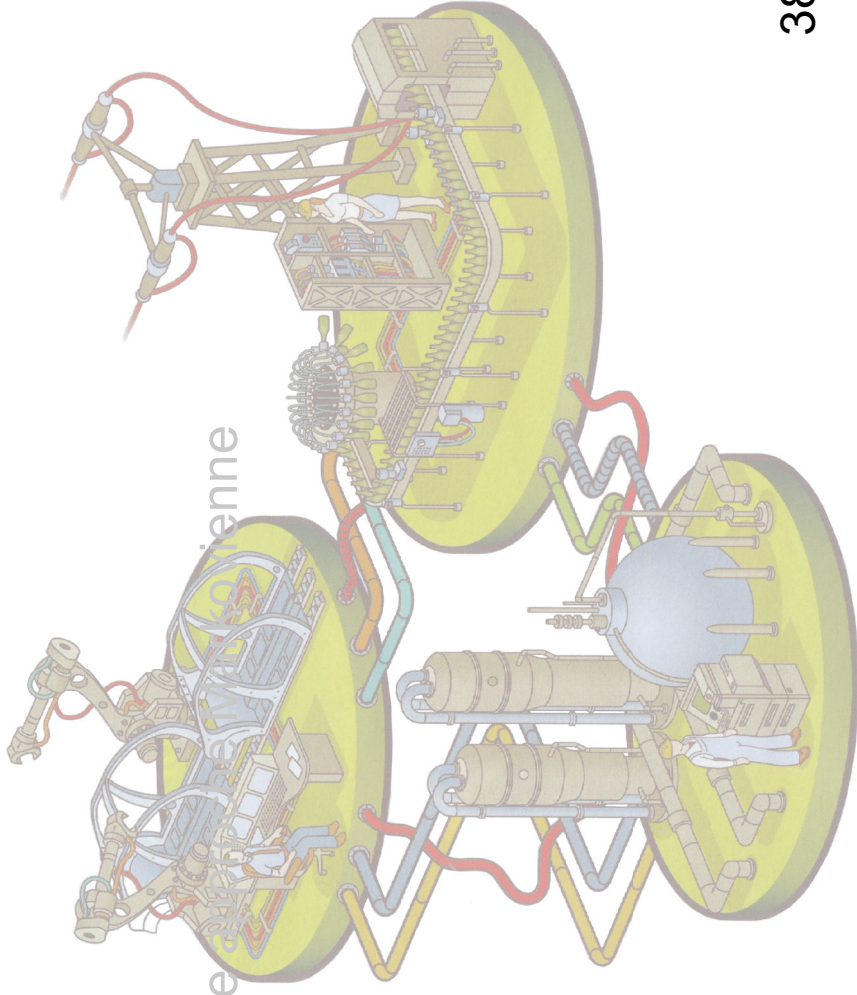
$$\alpha_t(j) = P(o_1, o_2, \dots, o_t, Q_t = s_j | \lambda)$$

A la recherche du meilleur chemin : utilisation de l'algorithme de Viterbi (Test n°2) :

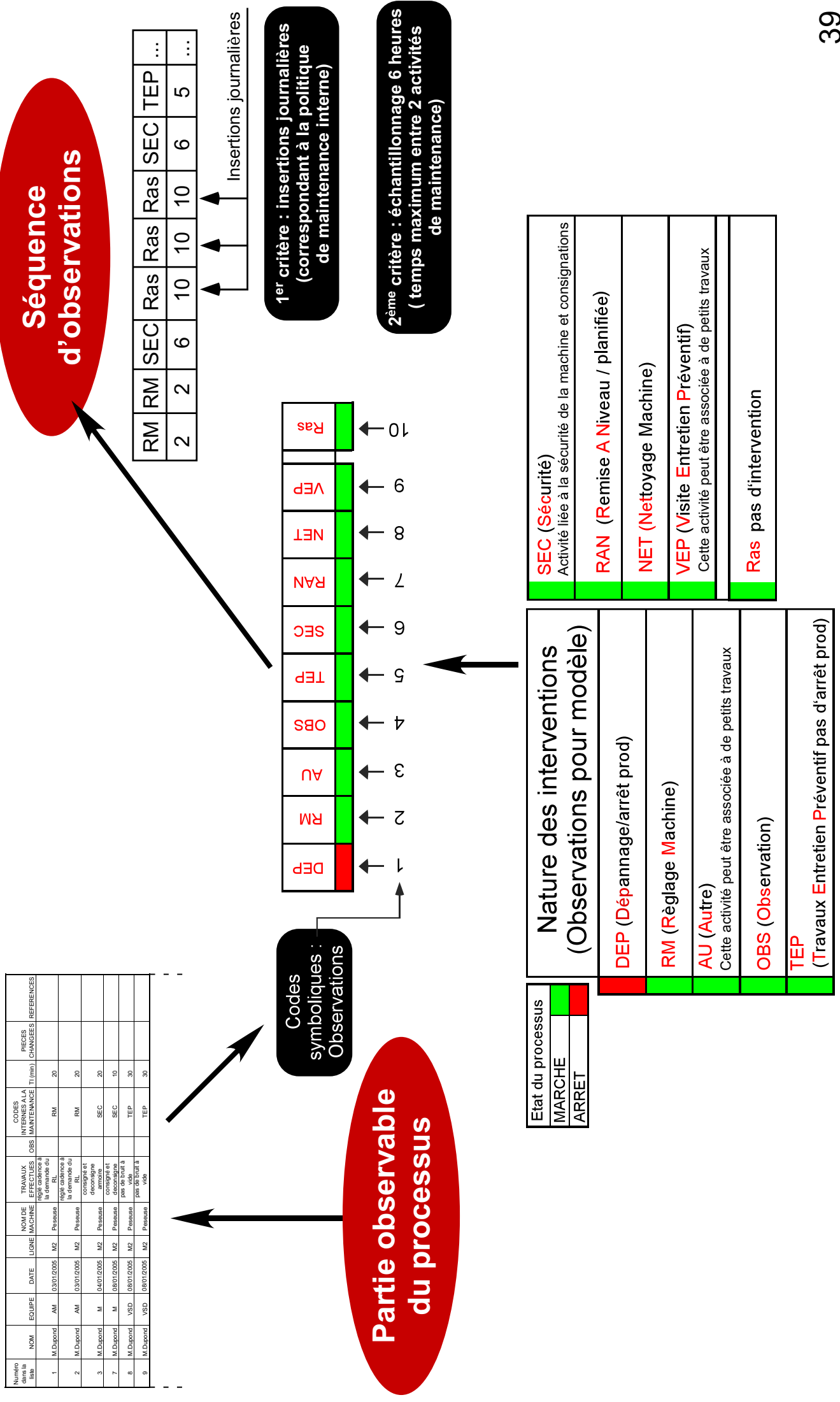
$$\delta_t(j) = \max_{q_1, q_2, \dots, q_t} P(\{q_1, q_2, \dots, q_t\} = s_j, o_1 \dots o_t | \lambda)$$

Table des matières

1	Contexte général en maintenance et politiques de maintenance
2	Etude de la fiabilité d'un processus maintenu : 1ères informations pour l'expert
3	Etude non paramétrique des durées de vie (cas industriel : fabrication de pain de mie)
4	Outils utilisés
5	Résultats
6	Etablissement d'un système expert dans une entreprise industrielle
7	Outils utilisés
8	Résultats
9	Complémentarité des deux approches
10	Conclusion
11	Perspectives



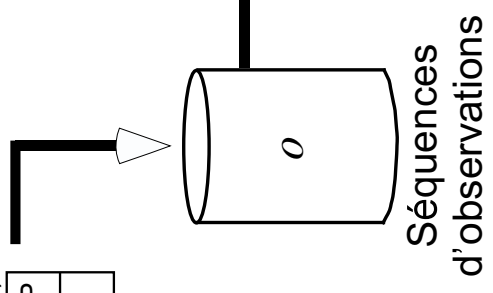
Méthode adoptée pour le codage symbolique des observations



Méthode adoptée pour les tests :

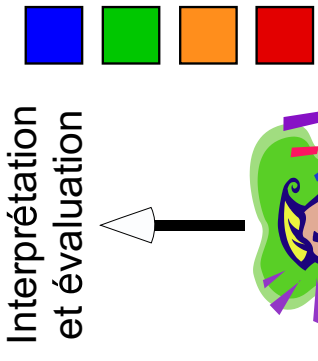
Extraction de séquences (2007)

RM	RM	SEC	Ras	Ras	Ras	SEC	TEP
2	2	6	10	10	10	6	5



Modèles du système
(estimés sur 2005
seul ou
2005 et 2006
par l'algorithme
de Baum-Welch)

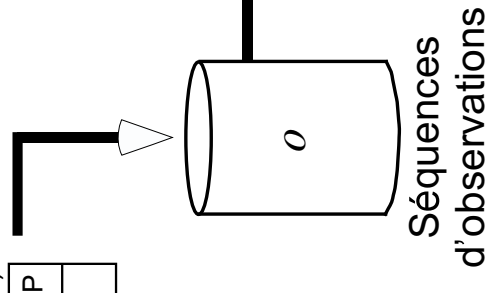
Algorithme
calcul de la variable
Forward



Séquence d'états
 $S^* = S_1, S_2, S_3, \dots$
du système

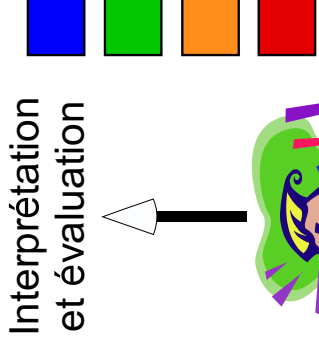
Extraction de séquences (2007)

RM	RM	SEC	Ras	Ras	Ras	SEC	TEP
2	2	6	10	10	10	6	5



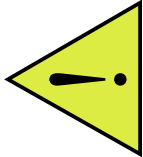
Modèles du système
(estimés sur 2005
seul ou
2005 et 2006
par l'algorithme de
segmental k-means)

Algorithme
de
Viterbi



Séquence d'états
 $S^* = S_1, S_2, S_3, \dots$
du système

Exemple de résultats :



Prévention
(Aide à la décision)
sur un sous-système
s'insérant dans un processus
continu

Traitement à 6 heures

Séquence n°xxx : traitement à la journée				Prediction Variables Forward With Smoothed Model probas / Algorithme BAUM WELCH (Corpus 2005-2006) MODELE1			
n°	DATE	CODE	Codage Symbolique	S1	S2	S3	S4
1	09/01/2007	Ras	10	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
2	10/01/2007	Ras	10	0,0%	0,0%	0,1%	99,9%
3	11/01/2007	VEP	9	0,0%	0,0%	81,8%	18,2%
4	11/01/2007	VEP	9	0,0%	17,5%	79,1%	3,4%
5	12/01/2007	TEP	5	0,0%	7,2%	91,2%	1,6%
6	12/01/2007	TEP	5	0,0%	6,2%	93,2%	0,6%
7	13/01/2007	SEC	6	0,0%	34,9%	64,0%	1,1%
8	13/01/2007	TEP	5	0,0%	10,2%	88,2%	1,7%
9	13/01/2007	TEP	5	0,0%	6,5%	92,7%	0,8%
10	14/01/2007	Ras	10	0,0%	99,6%	0,0%	0,4%
11	15/01/2007	Ras	10	0,0%	98,4%	0,0%	1,6%
12	16/01/2007	DEP	1	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%

(a)

Traitement à la journée

0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
0,0%	0,0%	0,1%	99,9%	
0,0%	0,7%	0,1%	99,2%	
0,0%	9,2%	0,1%	90,8%	
0,0%	55,5%	0,0%	44,4%	
0,0%	93,4%	0,0%	6,6%	
0,0%	98,9%	0,0%	1,1%	
0,0%	99,3%	0,0%	0,7%	
0,0%	99,4%	0,0%	0,6%	
0,0%	99,4%	0,0%	0,6%	
0,0%	72,8%	3,5%	23,7%	
0,0%	19,3%	49,4%	31,3%	
0,0%	2,8%	80,4%	16,8%	
0,0%	3,1%	87,8%	9,0%	
0,0%	98,9%	0,0%	1,1%	
0,0%	99,3%	0,0%	0,7%	
0,0%	99,4%	0,0%	0,6%	
0,0%	66,2%	1,7%	32,1%	
0,0%	5,1%	66,5%	28,4%	
0,0%	2,5%	83,7%	13,8%	
0,0%	98,2%	0,0%	1,8%	
0,0%	99,3%	0,0%	0,7%	
0,0%	99,4%	0,0%	0,6%	
0,0%	99,4%	0,0%	0,6%	
0,0%	99,4%	0,0%	0,6%	
0,0%	99,4%	0,0%	0,6%	
0,0%	99,4%	0,0%	0,6%	
100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	

(b)

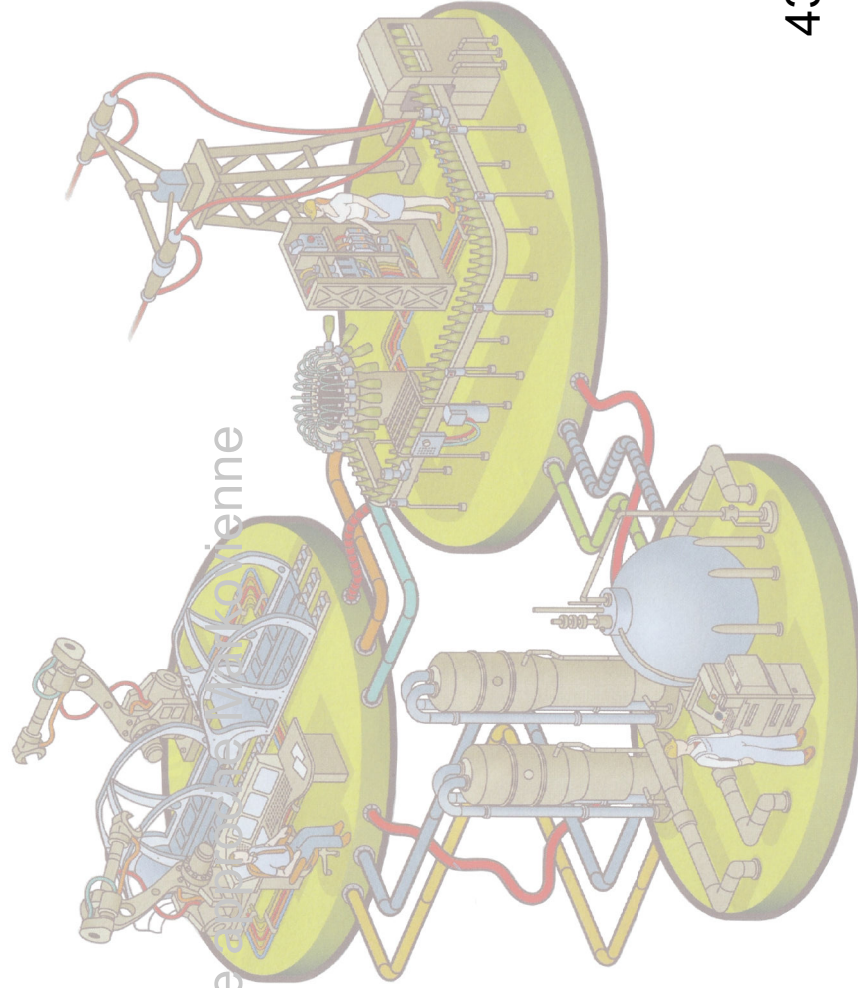
Probabilité d'être en panne sur le 1er trimestre 2007													
Prédiction variable forward (Apprentissage Baum Welch sur corpus année 2005)							Prédiction variable forward (Apprentissage Baum Welch sur corpus années 2005 et 2006)						
à + 1 jour	à + 2 jours	à + 3 jours	à + 4 jours	à + 5 jours	à + 6 jours	à + 7 jours	à + 1 jour	à + 2 jours	à + 3 jours	à + 4 jours	à + 5 jours	à + 6 jours	à + 7 jours
14,3%	28,6%	42,9%	42,9%	57,1%	57,1%	100,0%	28,6%	71,4%	85,7%	85,7%	85,7%	85,7%	100,0%

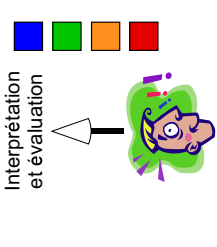
Probabilité d'être en panne sur le 1er trimestre 2007											
Prédiction Viterbi (Apprentissage segmental k-means sur corpus année 2005)											
à + 1 jour	à + 2 jours	à + 3 jours	à + 4 jours	à + 5 jours	à + 6 jours	à + 7 jours	à + 8 jours	à + 9 jours	à + 10 jours	à + 11 jours	
0,0%	9,1%	18,2%	27,3%	36,4%	36,4%	45,5%	45,5%	54,5%	54,5%	100,0%	

Probabilité d'être en panne sur le 1er trimestre 2007											
Prédiction Viterbi (Apprentissage segmental k-means sur corpus années 2005 et 2006)											
à + 1 jour	à + 2 jours	à + 3 jours	à + 4 jours	à + 5 jours	à + 6 jours	à + 7 jours	à + 8 jours	à + 9 jours	à + 10 jours	à + 11 jours	
0,0%	9,1%	18,2%	27,3%	36,4%	36,4%	45,5%	45,5%	54,5%	63,6%	100,0%	

Table des matières

1	Contexte général en maintenance et politiques de maintenance
2	Etude de la fiabilité d'un processus maintenu : 1ères informations pour l'expert
3	Etude non paramétrique des durées de vie (cas industriel : fabrication de pain de mie)
4	Outils utilisés
5	Résultats
6	Etablissement d'un système expert dans une entreprise industrielle
7	Outils utilisés
8	Résultats
9	Complémentarité des deux approches
10	Conclusion
11	Perspectives





Complémentarité
des deux
approches

Séquence n°xxx : traitement à la journée					Prediction Variables Forward With Smoothed Model probas / Algorithme BAUM WELCH (Corpus 2005-2006) MODELE1				
n°	DATE	CODE	Codage Symbolique		S1	S2	S3	S4	
1	09/01/2007	Ras	10		0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
2	10/01/2007	Ras	10		0,0%	0,0%	0,1%	99,9%	
3	11/01/2007	VEP	9		0,0%	0,0%	81,8%	18,2%	
4	11/01/2007	VEP	9		0,0%	17,5%	79,1%	3,4%	
5	12/01/2007	TEP	5		0,0%	7,2%	91,2%	1,6%	
6	12/01/2007	TEP	5		0,0%	6,2%	93,2%	0,6%	
7	13/01/2007	SEC	6		0,0%	34,9%	64,0%	1,1%	
8	13/01/2007	TEP	5		0,0%	10,2%	88,2%	1,7%	
9	13/01/2007	TEP	5		0,0%	6,5%	92,7%	0,8%	
10	14/01/2007	Ras	10		0,0%	99,6%	0,0%	0,4%	
11	15/01/2007	Ras	10		0,0%	98,4%	0,0%	1,6%	
12	16/01/2007	DEP	1		100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	

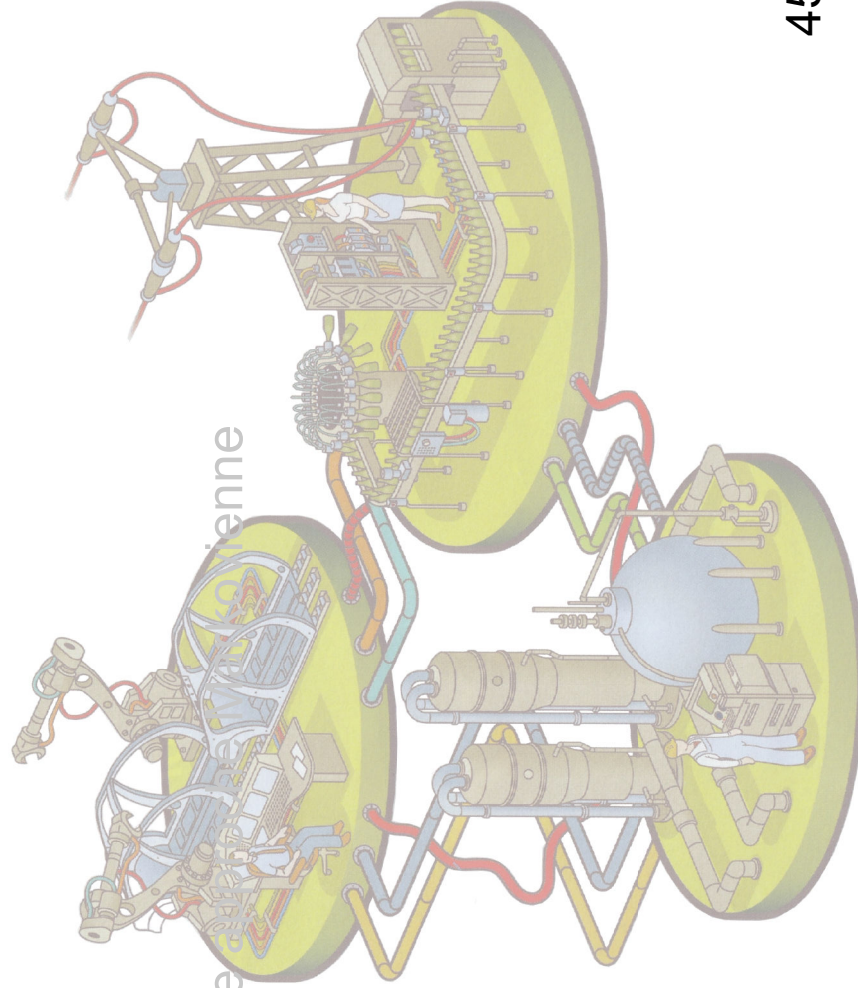
Modèles non paramétriques				
Estimation optimiste par Kaplan Meier de tomber en panne	Estimation pessimiste par Kaplan Meier de tomber en panne	Estimation médiane par Kaplan Meier de tomber en panne	Estimation Test de COX de tomber en panne	
1%	8%	4%	25%	
15%	32%	23%	41%	
27%	45%	36%	54%	
27%	45%	36%	54%	
38%	57%	47%	66%	
38%	57%	47%	66%	
48%	66%	57%	73%	
48%	66%	57%	73%	
48%	66%	57%	73%	
53%	72%	62%	79%	
59%	76%	67%	87%	
68%	84%	76%	93%	

Séquence n°7 : traitement à la journée					Prediction Variables Forward With Smoothed Model probas / Algorithme BAUM WELCH (Corpus 2005-2006) MODELE1				
n°	DATE	CODE	Codage Symbolique		S1	S2	S3	S4	
1	02/03/2007	Ras	10		0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
2	03/03/2007	AU	3		0,0%	0,0%	0,2%	99,8%	
3	04/03/2007	Ras	10		0,0%	0,6%	0,1%	99,3%	
4	05/03/2007	Ras	10		0,0%	4,0%	0,1%	96,0%	
5	06/03/2007	Ras	10		0,0%	20,2%	0,1%	79,8%	
6	07/03/2007	DEP	1		100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	

Modèles non paramétriques				
Estimation optimiste par Kaplan Meier de tomber en panne	Estimation pessimiste par Kaplan Meier de tomber en panne	Estimation médiane par Kaplan Meier de tomber en panne	Estimation Test de COX de tomber en panne	
1%	8%	4%	25%	
15%	32%	23%	41%	
27%	45%	36%	54%	
38%	57%	47%	66%	
48%	66%	57%	73%	
53%	72%	62%	79%	

Table des matières

1	Contexte général en maintenance et politiques de maintenance
2	Etude de la fiabilité d'un processus maintenu : 1ères informations pour l'expert
3	Etude non paramétrique des durées de vie (cas industriel : fabrication de pain de mie)
4	Outils utilisés
5	Résultats
6	Etablissement d'un système expert dans une situation industrielle
7	Outils utilisés
8	Résultats
9	Complémentarité des deux approches
10	Conclusion
11	Perspectives



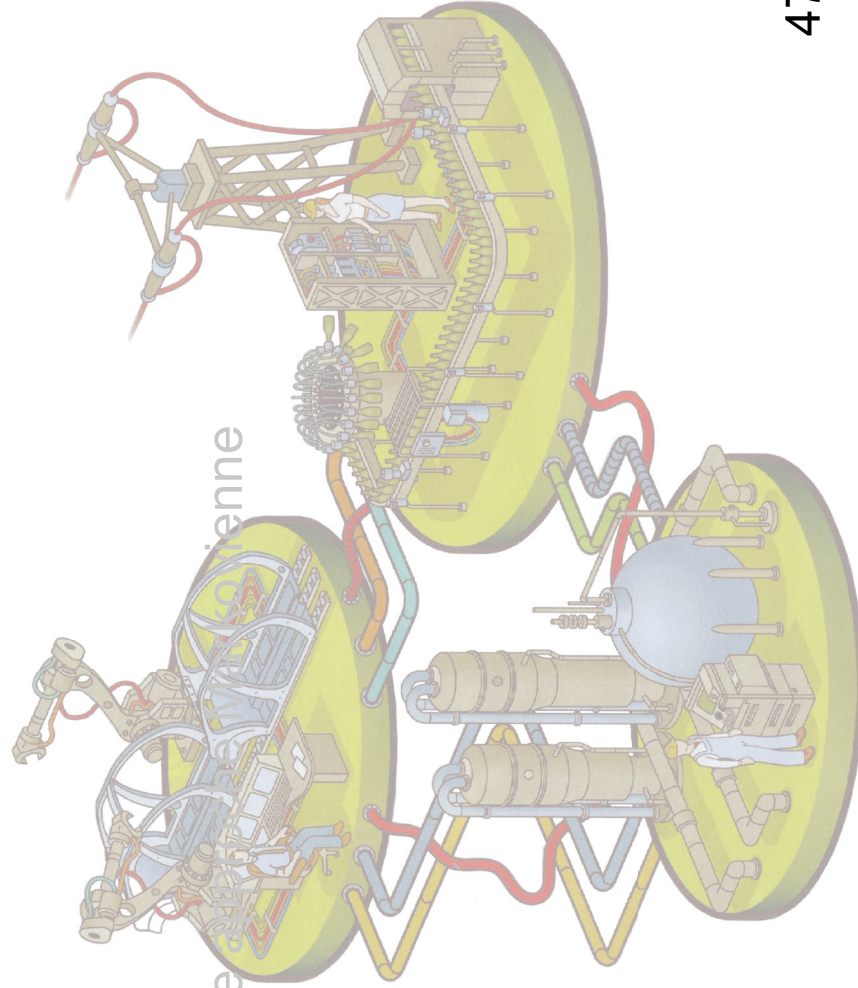
Conclusion



Notre approche montre que l'ensemble des résultats obtenus par cette étude, pourra apporter des éléments d'aide à la décision pour l'expert. Nous montrons également que l'expert disposant d'un tel outil d'analyse peut à la fois qualifier les différentes interventions de maintenance et estimer le niveau de dégradation du système maintenu.

Table des matières

1	Contexte général en maintenance et politiques de maintenance
2	Etude de la fiabilité d'un processus maintenu : 1ères informations pour l'expert
3	Etude non paramétrique des durées de vie (cas industriel : fabrication de pain de mie)
4	Outils utilisés
5	Résultats
6	Etablissement d'un système expert dans une situation industrielle
7	Outils utilisés
8	Résultats
9	Complémentarité des deux approches
10	Conclusion
11	Perspectives

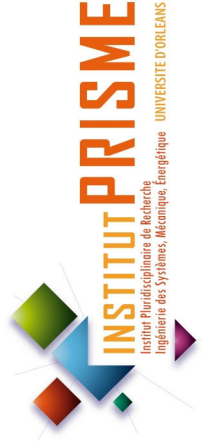


Perspectives



Les tests ayant été effectués a posteriori, nous ne pouvons évaluer les effets d'éventuelles actions de maintenance. Afin d'améliorer la pertinence de notre estimateur, il nous reste à effectuer une analyse de la pertinence des symboles, par exemple pour limiter leur nombre. Nous attendons avec impatience de tester “*Online*” notre approche.

Merci de votre attention.



pour la présentation

AFNOR, Maintenance industrielle - Fonction maintenance, FD X60-000, Mai, 2002.

Aupetit S., Contributions aux modèles de Markov cachés : Métaheuristiques d'apprentissage, nouveaux modèles et visualisation de dissimilarité, Thèse de doctorat, Université François-Rabelais, Tours, 2005.

Avila M., Optimisation de modèles Markoviens pour la reconnaissance de l'écrit, Thèse de doctorat, Université de Rouen, 1996.

Baum L. E., "An inequality and associated maximisation technique in statistical estimation for probabilistic functions", *Inequalities*, 3, 1972, pp. 1-8.

Bescos PL., Dobler P., Mendoza C., Naulleau G., Contrôle de gestion et Management, Paris, Editions Montchrestien, 1995.

Boullaut L., Aknin P., Maintenance de l'Infrastructure Ferroviaire : Etat Actuel et Perspectives , Pôle Diagnostic et Maintenance des systèmes de transport, Forum NTIC&T : Maintenance et Transports, 2007.

Breslow N. "Applications to clinical trials of multiple regression models for censored survival data", The Scientific Meeting of the Committee on Controlled Therapeutic Trials of the U.I.C.C, April, 1973.

Cheuk-Kit W., Eng Wie T. "Survival over 5 years in the initial hospital survivors with acute coronary syndrome: a comparison between a community hospital and a tertiary hospital in New Zealand", *Journal of the New Zealand Medical Association*, vol. 120, n° 1261, 2007.

Cox D.R. "Regression Models and Life Tables (with Discussion)", *Journal of the Royal Statistical Society, Series B* 34:187-220, 1972.

Despujols A., "Approche fonctionnelle de la maintenance ", *Techniques de l'ingénieur*, MT 9 020, 2004.

Grundy W.N., Bailey TL., Baker M.E., "Meta-MEME : Motif-based Hidden Markov Models of protein families", *Computer applications in the biosciences*, 13(4), 1997, pp. 397-406.

Henry D., " Le budget variable en Maintenance " , CEMI, 2001.

Kalbfleisch J.D., Prentice R. L., *The Statistical Analysis of Failure Time Data*, 2nd edition, John Wiley & Sons, New York, 2002.

Moubray J., *Reliability Centered Maintenance*, May, RCM II Edition, 2000.

NF EN 13-306, Terminologie de la maintenance, 2001.

NF X 60-500, Terminologie relative à la fiabilité - Maintenabilité - Disponibilité, Octobre, 1988.

NF X 60-510, Techniques d'analyse de la fiabilité des systèmes - Procédures d'analyse des modes de défaillance et de leurs effets, Décembre, 1986.

NF X60-520, Prévisions des caractéristiques de fiabilité, maintenabilité et disponibilité, Mai, 1988.

Pacaut P., Le Bourdais C., Laplante B. "Dynamique et déterminants de la participation des femmes au marché du travail après la naissance d'un enfant au Canada" *Cahiers québécois de démographie*, Volume 36, numéro 2, 2007, pp. 249-279.

Rinehart N., "Rethink your Control valve MAINTENANCE", *Chemical Processing*, March, 2006.

Retour D., Bouche M., Plauchu V., " Où va la maintenance industrielle ? ", *Problèmes Économiques*, No. 2.159, 1990, pp. 7-13.

Schalapbach A., Bunke H., "Using HMM-based recognizers for writer identification and verification", *Workshop on frontiers in Handwriting Recognition*, Proc. 9th Int., 2004, pp. 167 - 172.

Thomas, E., Levrat, E., Jung, B. and Monnin, M., 'Odds algorithm'-based opportunity triggered preventive maintenance with production policy, 6th IFAC Symposium Safeprocess'06, China, p. 835-840, 2006.

Viterbi A.J., "Error bounds for convolutional codes and asymptotically optimum decoding algorithm", *IEEE Trans. on Information Theory*, 13 (1967), pp. 260 - 269.

Publications

P. VRIGNAT, M. AVILA, JC BARDET, F. KRATZ, “ Que peut-on attendre aujourd’hui des nouveaux produits d’automation pour la e-maintenance ? “ CNRIUT, 2007.

P. VRIGNAT, S. BEGOT, F. DUCULTY, M. AVILA, “ UNE NOUVELLE APPROCHE DE LA MAINTENANCE “ ON-LINE “ : UN CAS D’ECOLE “ , CETSIS, 2008.

P. VRIGNAT , M. AVILA , F. DUCULTY, F. KRATZ, “ MODELISATION DES DYSFONCTIONNEMENTS D’UN SYSTEME DANS LE CADRE D’ACTIVITES DE MAINTENANCE “ , Im16, Communication 4A-1, 2008. 

P. VRIGNAT, M. AVILA, F. DUCULTY, F. KRATZ, “Conventional approaches to the modelling of a dysfunctional process in the context of maintenance activity”, IEEE MELECON, 2008. 

P. VRIGNAT, M. AVILA, JC BARDET, F. KRATZ, “Utilisation des chaînes de Markov cachées pour une évaluation des activités de maintenance dans le cadre d’un processus industriel pour l’agroalimentaire”, CNRIUT, 2009.

P. VRIGNAT, M. AVILA, F. DUCULTY, F. KRATZ, “ Evaluation et organisation des activités opérationnelles en maintenance dans le cadre de processus industriels “ , Colloque International Francophone, Evaluation des Performances et Maîtrise des Risques Technologiques pour les Systèmes Industriels et Energétiques, 2009.

P. VRIGNAT, M. AVILA, F. DUCULTY, F. KRATZ, “Towards a maintenance and servicing indicator”, APMS Advances in Production Management Systems, IFIP Working Group 5.7, 2009.



Soumission :

P. VRIGNAT, M. AVILA, F. DUCULTY, S. AUPEIT, F. KRATZ, “Politiques de maintenance : quels indicateurs ?” , Journal Européen des Systèmes Automatisés, 2009.