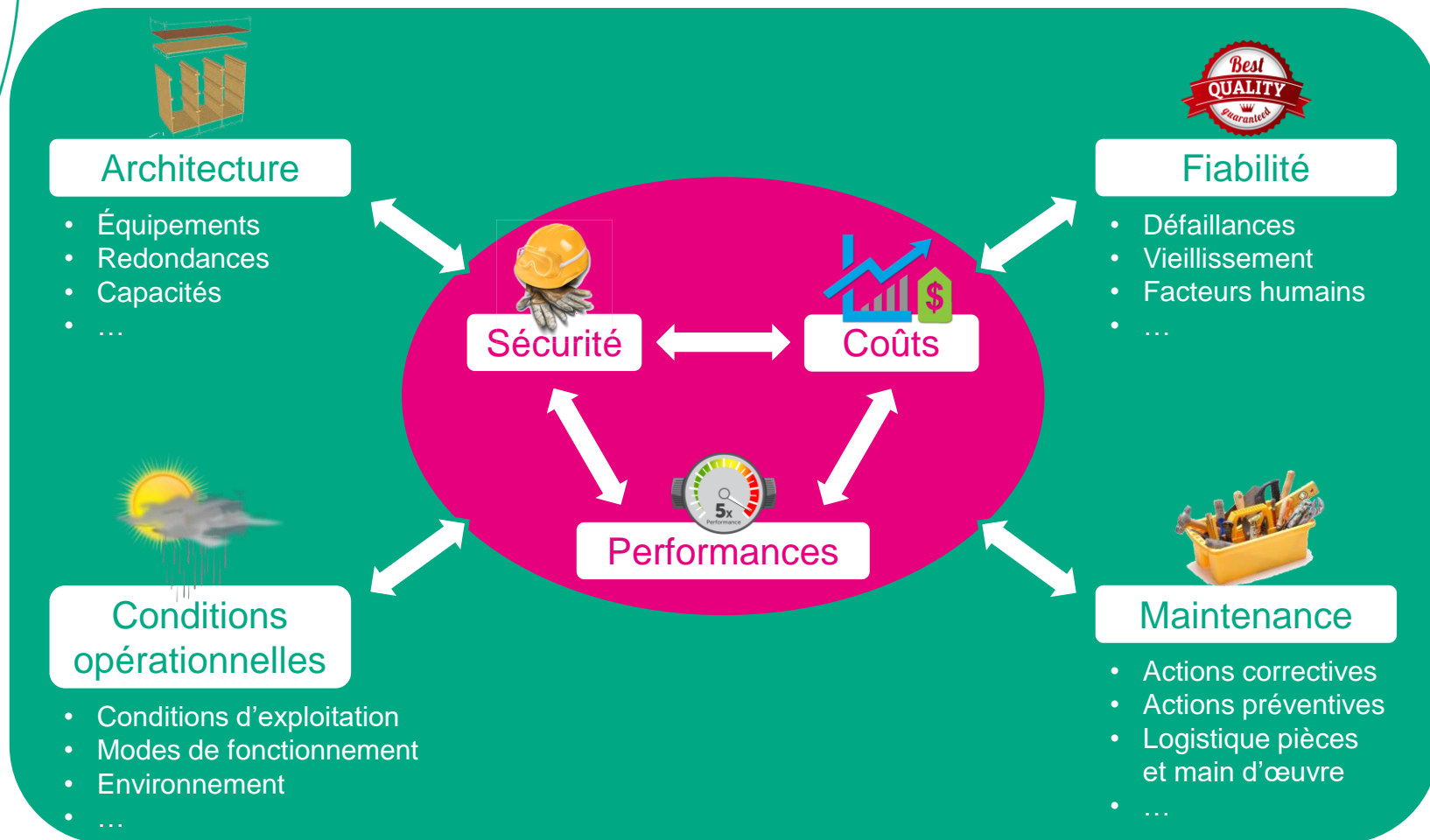




Modélisation de maintenances imparfaites pour la gestion d'actifs

Club GRIF – 21 janvier 2020

+ Gestion des actifs



+ Problématique

Fiabilité

caractérise le temps de bon fonctionnement avant défaillance

→ lois de vieillissement estimées à partir du retour d'expérience

Maintenance

+ **préventive** (MP) : réduire la probabilité de défaillance → rajeunir

- coûts et indisponibilités **planifiés**

+ **corrective** (MC) : réparer en cas de défaillance → rétablir

- coûts et indisponibilités **aléatoires**

→ comment définir une politique de maintenance optimale ?

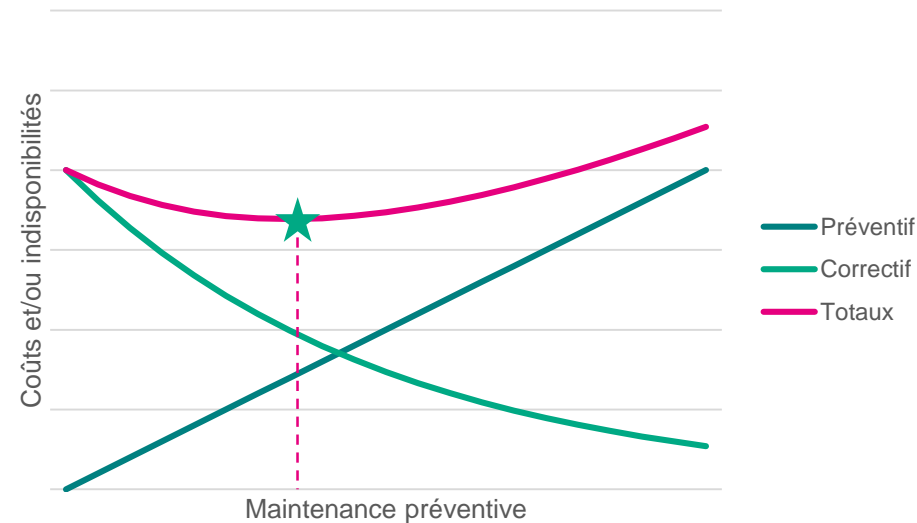
+ Problématique

De la théorie à la pratique..

trouver le juste investissement en maintenance préventive

- + optimum disponibilité \neq optimum coûts
- + systèmes dynamiques (e.g. « opportunités » de maintenance)
- + relations non-monotones (e.g. « effet de groupe »)
- + contraintes logistiques
- + contraintes réglementaires (maintenances minimales)

→ nécessite une modélisation spécifique



+ Modélisation

Fiabilité

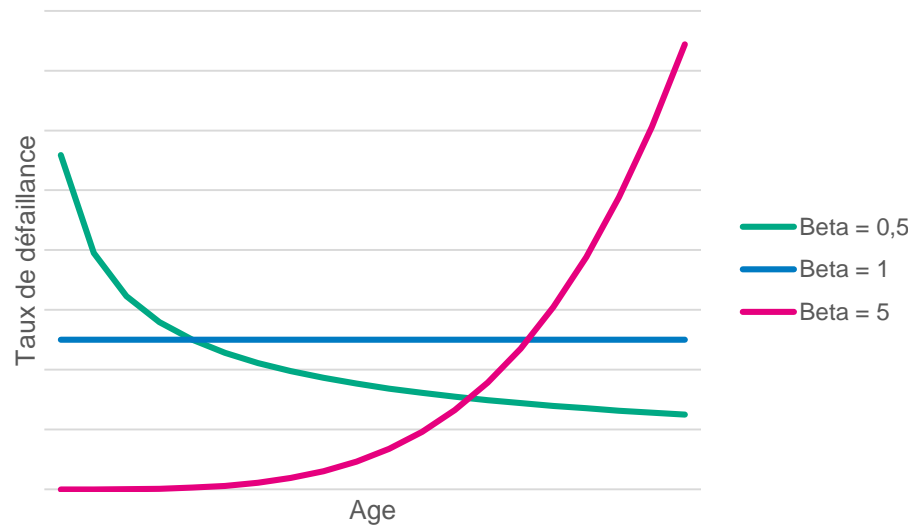
loi de Weibull à 3 paramètres :

- + **forme (β)** : vieillissement
- + **échelle (η)** : grandeur de fiabilité
- + **âge ($x(t)$)** : âge « virtuel » au temps t

taux de défaillance* :

$$\lambda(x(t)) = \frac{\beta}{\eta^\beta} (x(t))^{\beta-1}$$

*probabilité qu'une entité ayant bien fonctionné jusqu'au temps t soit défaillante dans l'unité de temps suivante



→ l'âge « virtuel » de l'entité est modifié par la maintenance...

+ Modélisation

Modèles « classiques »

- + **ABAO** (*As Bad As Old*) : maintenance sans effet sur l'âge
- + **AGAN** (*As Good As New*) : remise à neuf systématique

Modèle de Brown-Proschan (BP)

- + **efficacité (p)** : probabilité de remise à neuf
→ l'âge « virtuel » de l'entité est remis à 0 ($x(t) \leftarrow 0$)
avec une probabilité p , après l'action de maintenance

Modèle de réduction virtuelle de l'âge (ARA $^{\infty}$)

- + **efficacité (e)** : facteur de réduction (systématique) de l'âge
→ l'âge « virtuel » de l'entité est réduit d'un facteur e
($x(t) \leftarrow (1-e) \cdot x(t)$), après l'action de maintenance

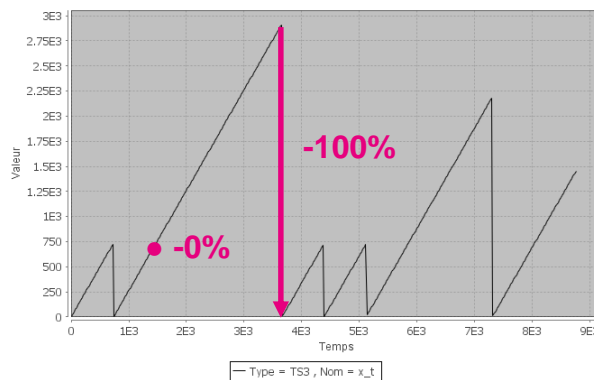
+ Modélisation

Réseau de Petri : modèle BP

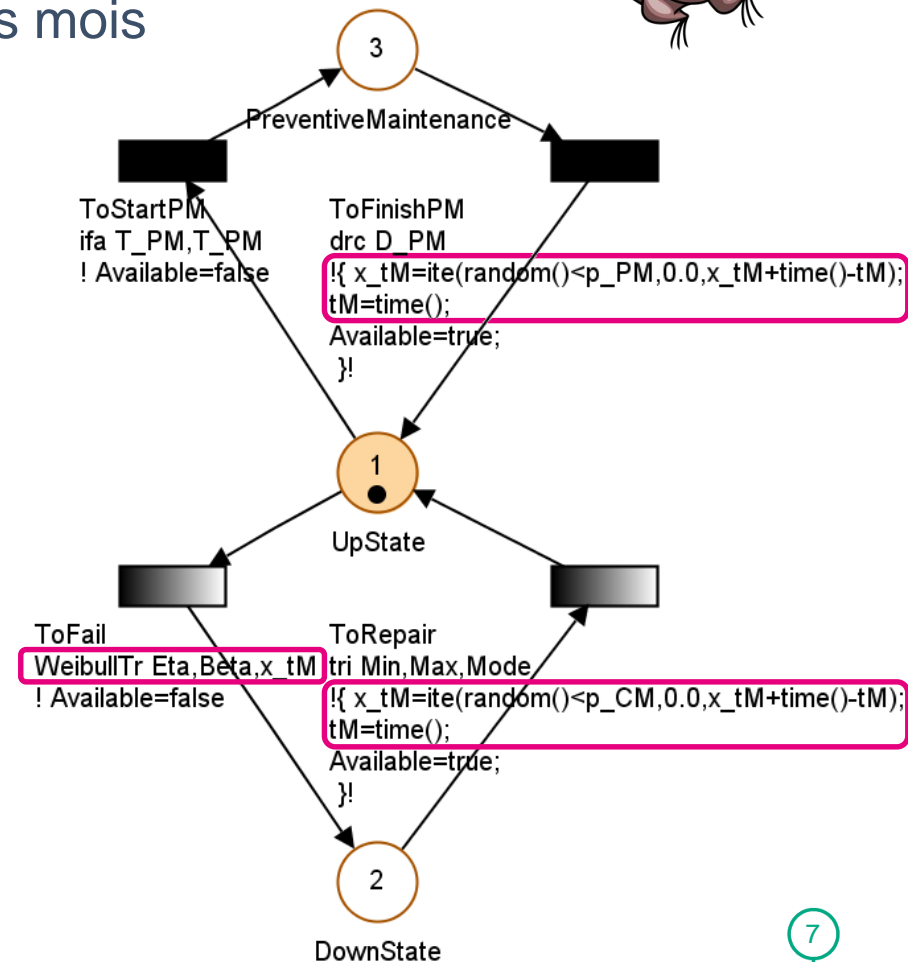
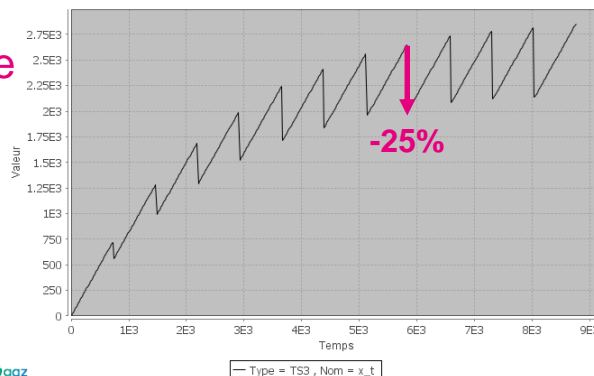
- + MP : efficacité $p=25\%$, tous les mois
- + MC : ABAO (efficacité $p=0\%$)



âge(t) :
1 tirage



âge(t) :
moyenne



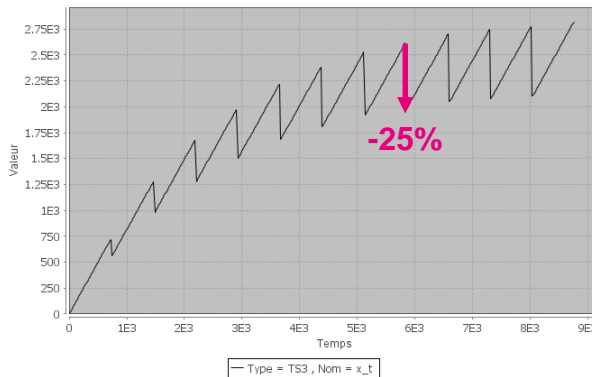
+ Modélisation

Réseau de Petri : modèle ARA^∞

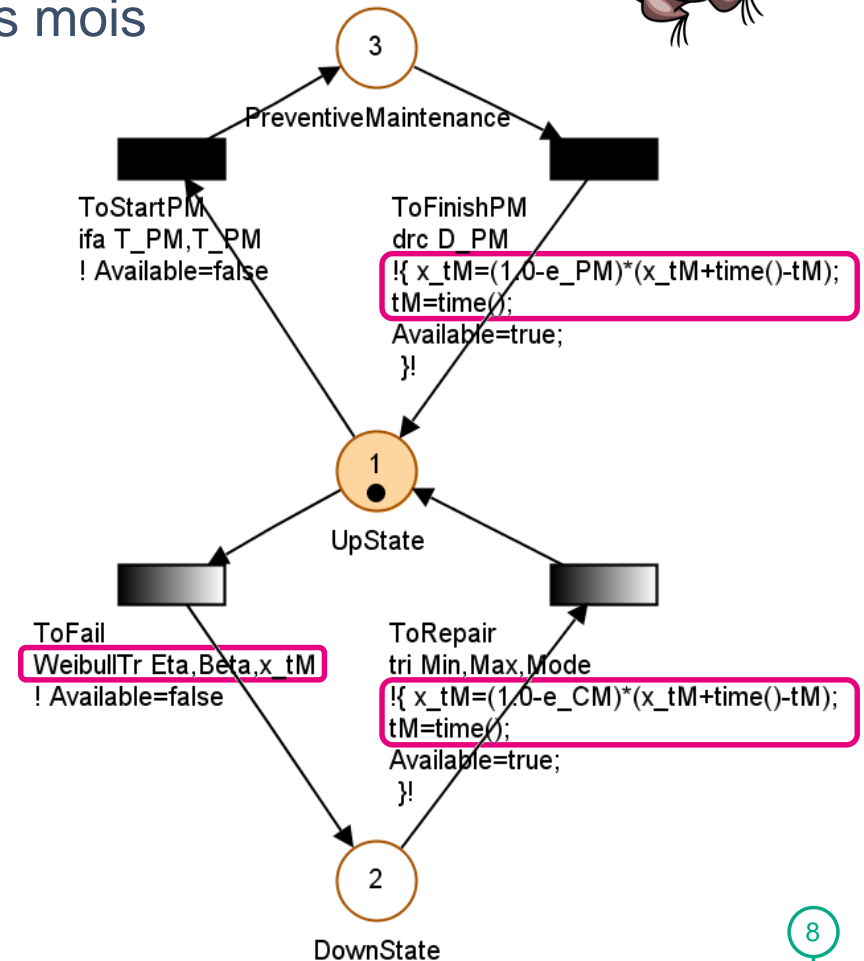
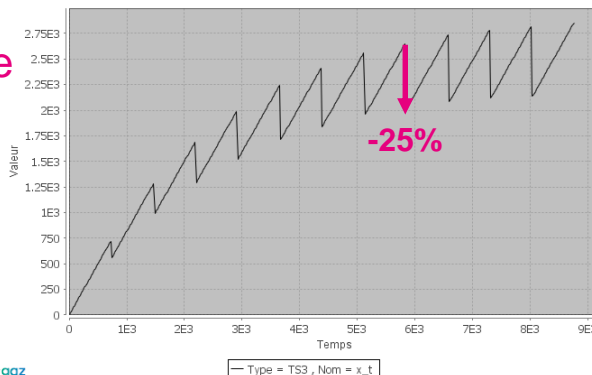
- + MP : efficacité $e=25\%$, tous les mois
- + MC : ABAO (efficacité $e=0\%$)



âge(t) :
1 tirage



âge(t) :
moyenne



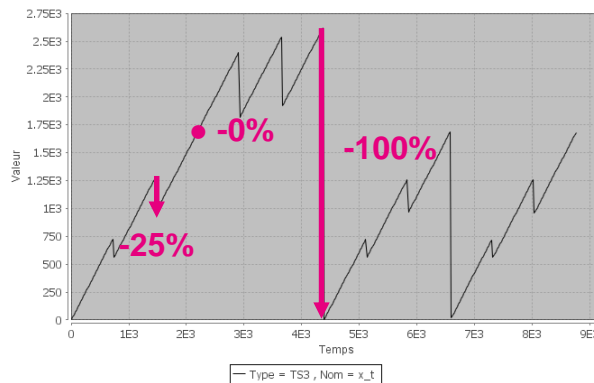
+ Modélisation

Réseau de Petri : modèles combinés

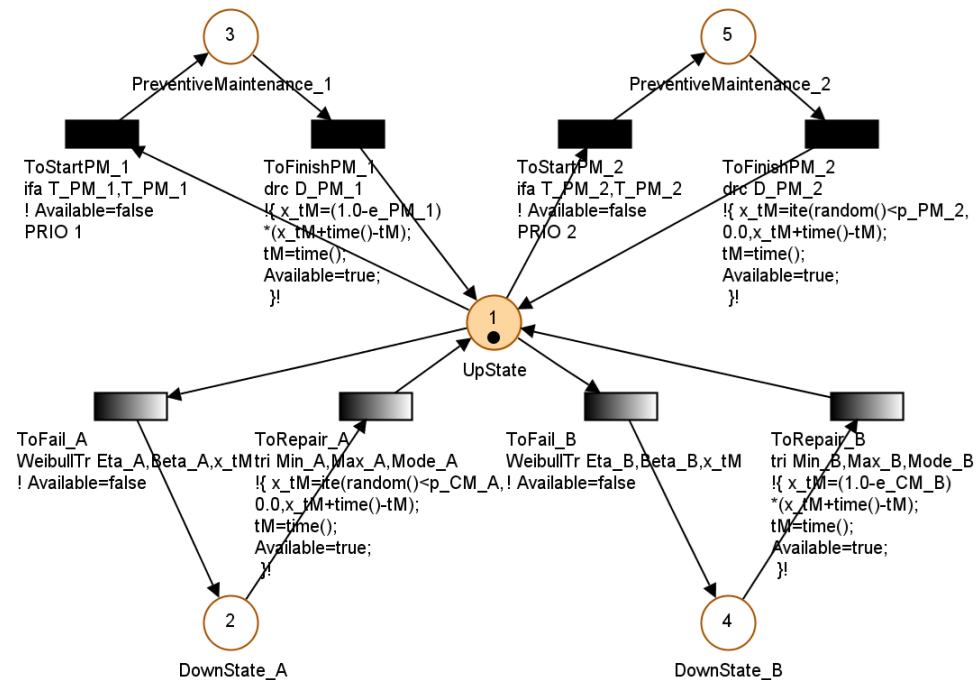
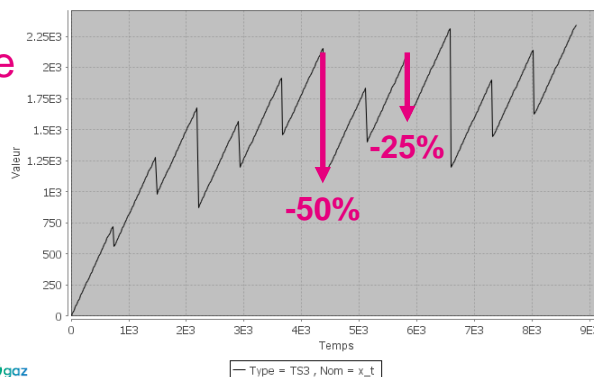
- MPs : $e=25\%$ / mois et $p=50\%$ / 3 mois
- MCs : ABAO ($p=0\%$ et $e=0\%$)



âge(t) :
1 tirage



âge(t) :
moyenne



+ Développement de l'outil

Choix de l'outil

module Petro du logiciel GRIF (SATODEV/TOTAL)

→ « support » aux réseaux de Petri et simulations de Monte Carlo

+ interface « accessible » et paramétrisation par « block »

+ fiabilité, maintenabilité et coûts (CAPEX/OPEX)

+ logistique (pièces et équipes)

→ longue expérience pour applications GRTgaz...

figure supprimée



Développement de l'outil

Ajout de fonctionnalités

- vieillissement (lois de Weibull)
- modèle et efficacité de maintenance

Propriétés des 'Equipements' - Equipement05_A

Description Démarrage Pannes critiques Pannes dégradées Périodes de maintenance

Número: 5

Nom (☐ Automatique): Equipement05_A

Coût de l'équipement: 0 €

☐ Utiliser une image spécifique pour ce composant: Zoom: 100.0 %

Réseau de Pétri à utiliser: [Modèle par défaut](#)

Description: Compresseur d'air

Capacité nominale Caractéristiques Contribution aux pertes

☐ Composant parfait ☐ Nécessite des composants utilitaires

☒ Pannes critiques ☐ Soumis à des DCC

☒ Panne dégradée ☐ Défauts de jeunesse

☐ Pannes additionnelles ☐ SIMOPs

☐ Panne cachée ☒ Périodes de maintenance

☐ By-pass ☒ Composant avec vieillissement

Priorité: 1

Priorité des réparations: 1

OK Annuler Aide

Description Démarrage Pannes critiques Pannes dégradées Périodes de maintenance

Eta (η en h): CoeffCrit_05*Eta_05 MTTR (h): MRT_05

Beta (β): Beta_05 Efficacité de maintenance: _ABAO

Modèle d'efficacité: Brown-Proschan (BP)

Description Démarrage Pannes critiques Pannes dégradées Périodes de maintenance

Capacité (débit) dégradée: 100.0 % de la capacité nominale

☐ Appliquer une capacité dégradée pendant les réparations

☐ Réparation des pannes dégradées aux occasions de maintenance préventives

Eta (η en h): CoeffDeg_05*Eta_05

Beta (β): Beta_05

Efficacité de maintenance: _ABAO

Coefficient DC: _CoeffDC

MTTR (h): 0

Description Démarrage Pannes critiques Pannes dégradées Périodes de maintenance

Maintenances périodiques Maintenances détaillées

1 colonnes masquées ● Temps calendaire ○ Temps opérationnel

t0 (h) ▲	Durée (h)	Type de maintenance	Nom	Coût (€)	Modèle d'efficacité	Efficacité de maintenance
100000.0	3.0	Type 2	4000 h	200.0	ARA ∞	1.0
105120.0	1.0	Type 1	ANNUEL	200.0	ARA ∞	0.60
108000.0	3.0	Type 2	4000 h	200.0	ARA ∞	1.0
116000.0	3.0	Type 2	4000 h	200.0	ARA ∞	1.0
12000.0	3.0	Type 2	4000 h	200.0	ARA ∞	1.0
122640.0	1.0	Type 1	ANNUEL	200.0	ARA ∞	0.60

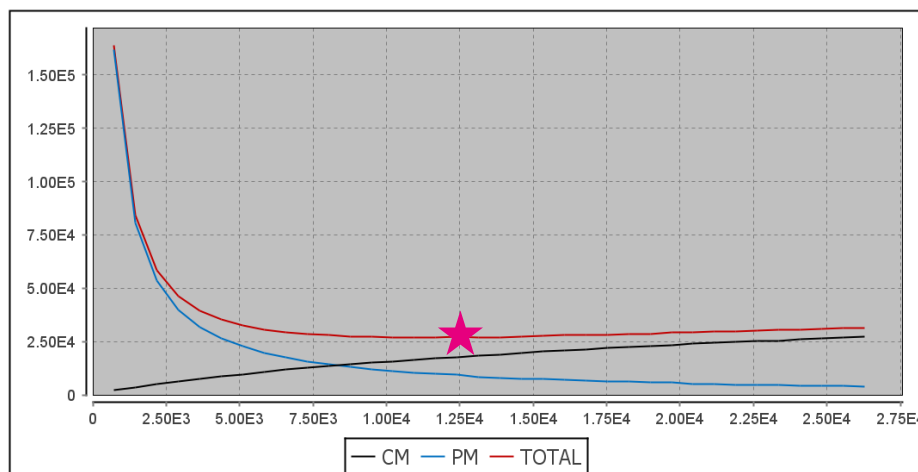
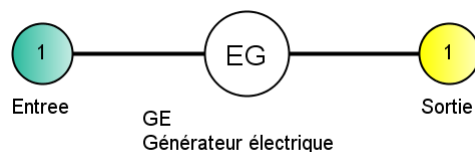


Application

Générateur électrique

identification d'une période de maintenance optimale

Nom	t0 (h)	Durée (h)	Type de maint...	Coût (€)	Modèle d'efficacité	Efficacité de maintenance	Période (h)	Répéter	Mode
MP	MP_Periode	MP_Duree	Type 1	MP_Cout	ARA ∞	Eff1	MP_Periode	pendant toute la durée d'exploitation	Temps calendaire



GRIF - Module Petro

Nom du lot: Batch

Nombre de paramètres à faire varier 1 ☐ Générer toutes les combinaisons

MP_Periode ☐ Manuelle De 730 à 26280 pas 730 36 valeurs

OK Annuler Aide

- Calculs (17,1 Mo)
 - default-Moca
 - Batch (16,6 Mo)
 - MP_Periode=730.0
 - MP_Periode=1460.0
 - MP_Periode=2190.0
 - MP_Periode=2920.0
 - MP_Periode=3650.0
 - MP_Periode=4380.0
 - MP_Periode=5110.0
 - MP_Periode=5840.0
 - MP_Periode=6570.0
 - MP_Periode=7300.0
 - MP_Periode=8030.0
 - MP_Periode=8760.0
 - MP_Periode=9490.0
 - MP_Periode=10220.0
 - MP_Periode=10950.0
 - MP_Periode=11680.0

+ Application

Station de compression

principes de modélisation des éléments

	Défaillance critique	Défaillance à la demande	Défaillance dégradée	Maintenance préventive (MP)
Occurrence	Weibull	probabilité (cste)	Weibull	périodique
Condition	dispo. + service	(re)démarrage	dispo. + service	éq. maint. dispo.
Effet	indisponibilité	indisponibilité	taux déf. crit. x2	indisponibilité
Maintenance	MC (expo.) dès que possible	MC (expo.) dès que possible	MC (expo.) à la prochaine MP	MP (durée fixe)
Modèle maint.	BP	BP	BP	ARA $^{\infty}$
Pièce rechange	% + délais appro.	-	-	-
Équipe maint.	plages horaires + délais mob.	plages horaires + délais mob.	plages horaires + délais mob.	plages horaires + délais mob.
Coûts	fixe + horaire éq. maint. + pièce	fixe + horaire éq. maint.	fixe + horaire éq. maint.	fixe + horaire éq. maint.

+ Application

Station de compression

test d'une politique de maintenance alternative

→ disponibilité : ↗

→ coûts totaux : ↘

figure supprimée

+ Suite des développements

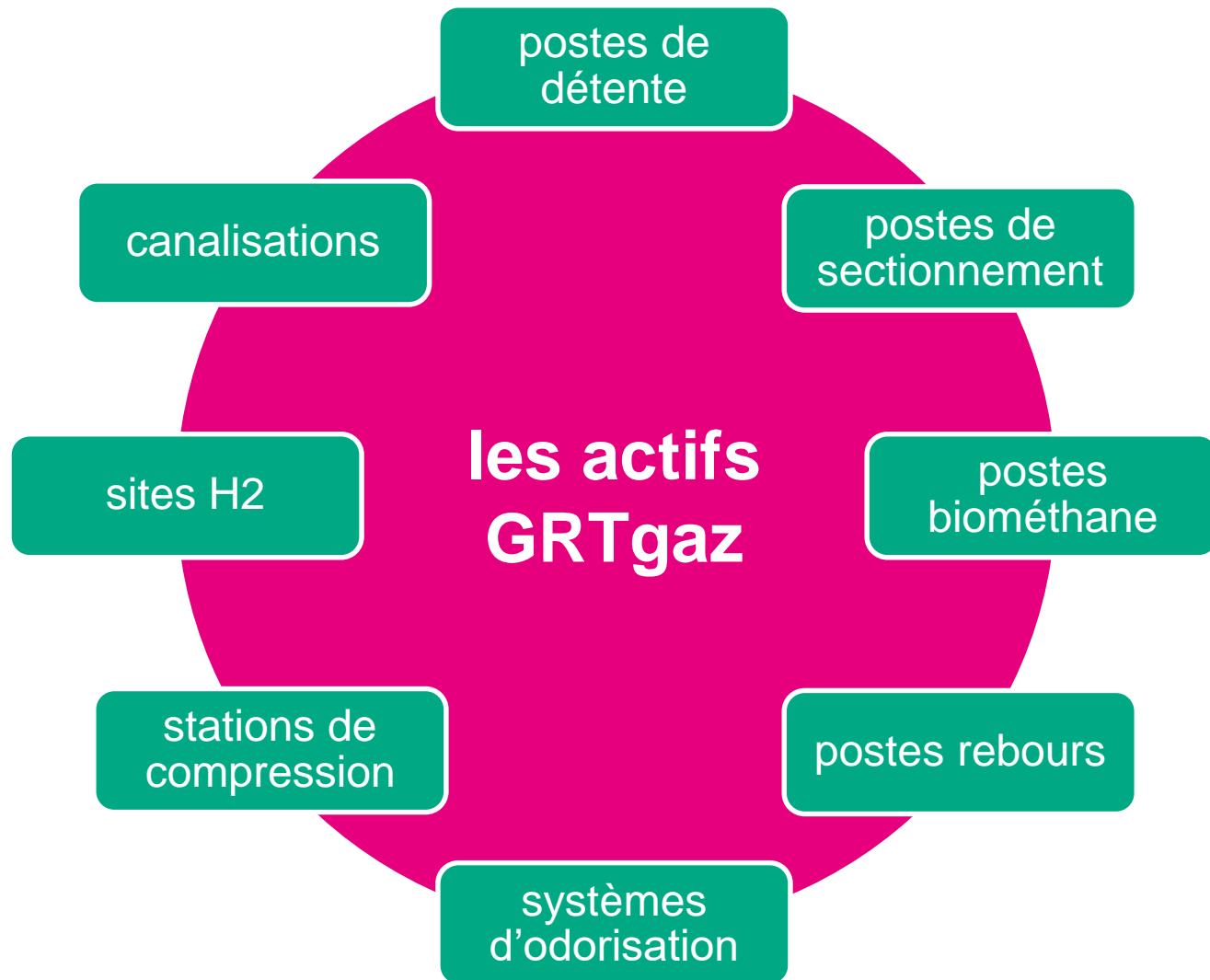
Structuration du
retour d'expérience

Estimation des
données d'entrée

Développement
des modélisations

figures supprimées

+ Suite des développements





Connecter les énergies d'avenir

grtgaz.com