

LA FORMALISATION DES FACTEURS DE L'APTITUDE LOGISTIQUE

APPROCHES MULTIPLES

DE LA MODÉLISATION ET DE LA SIMULATION

Sébastien PIERRON

Sofreten

Sebastien_PIERRON@sofreten.fr

Les facteurs d'aptitude au soutien se caractérisent par leur extrême diversité; ils constituent autant de degrés de liberté présentés par les systèmes de soutien et contribuent tous à la construction tant des indicateurs de performance opérationnel que des indicateurs de coûts ; parmi ces facteurs d'aptitude au soutien, bien sûr, il y a les plus connus, ceux que les méthodes d'optimisation du soutien logistique ont intégré depuis longtemps à travers des approches algorithmiques spécifiques : processus de ravitaillement et d'affectation des rechanges, politique d'échange, niveaux de réparation et de mise au rebut, dimensionnement qualitatif et quantitatif des effectifs en personnel et en équipements de test et de soutien. Mais il y a aussi des facteurs d'aptitude au soutien moins classiquement « traités » par les méthodes et les techniques d'analyse, parce qu'ils renverraient à un nombre trop important de techniques de simulation spécifiques ; on peut évoquer tous les paramètres définissant la configuration géographique d'un système de soutien : nombre de niveaux de maintenance, topologie des sites de stockage et de réparation intermédiaires.

Plusieurs indicateurs du soutien seront évoqués lors de cette présentation : les disponibilités intrinsèques ou opérationnelles, en régime stationnaire ou transitoire, mais également les indicateurs de coûts d'exploitation et de soutien, s'inscrivant dans des démarches de coût global (du type *Life Cycle Cost*).

Par ailleurs, les traitements et utilisations courantes de ces critères d'aptitude au soutien seront également mentionnés au travers d'exemples d'algorithmes d'optimisation de rechanges, de personnel et/ou d'équipements de tests et de soutien, mais également d'optimisations LORA,...

Enfin, nous soulignerons l'importance de la connaissance mathématique exacte des hypothèses de calcul de ces indicateurs, indispensable pour une interprétation précise et juste de l'indicateur au-delà du vocabulaire par trop usuel qui finit par recouvrir des cas de figure extrêmement différents.

Sébastien Pierron

est Ingénieur d'études en sûreté de fonctionnement et en soutien logistique intégré et le responsable du progiciel SIMLOG, outil d'aide à la décision pour le soutien logistique.

SOFRETEN

10, avenue de l'Entreprise

Parc St Christophe

95865 Cergy

Téléphone : 01-34-24-41-60 - fax : 01-34-24-44-34

SOMMAIRE

- Introduction
- Les indicateurs du SLI
 - Disponibilités stationnaire ou transitoire
 - Coût global
- Utilisation des indicateurs
- Conclusion

INTRODUCTION

- La disponibilité caractérise le mieux la performance opérationnelle d'un système réparable
- Elle connaît de nombreuses variantes:
 - disponibilité de mission/disponibilité à l'emploi
 - stationnaire/transitoire
 - avec ou sans hypothèse de rupture de réapprovisionnement
 - avec ou sans prise en compte des temps de standby

INTRODUCTION (suite)

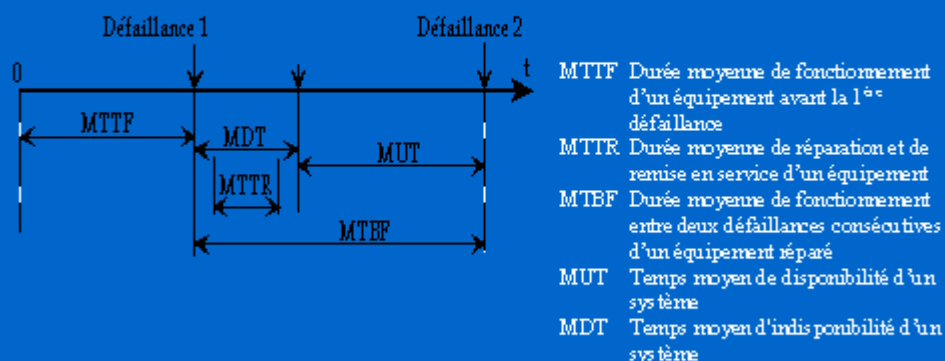
- D'autres indicateurs ont parfois été utilisés:
 - PNRS: articles, sites, niveaux d'intervention, globales
 - temps moyen d'attente d'une pièce
 - rendement opérationnel d'un système
 - ...
- Cependant, ainsi que le confirment les normes, la disponibilité opérationnelle est la meilleure synthèse de tous les paramètres de définition d'un système et de son soutien

Les indicateurs du SLI

On distingue 2 types de facteurs d'aptitude au soutien:

- les indicateurs de type probabilité:
 - disponibilités instantanées
 - disponibilités moyennes
 - disponibilités transitoires ou stationnaires...
- les indicateurs du type moyenne de temps:
 - MUT
 - MDT...

Les indicateurs du SLI



DISPONIBILITE STATIONNAIRE :

$$D(\infty) = \frac{MUT}{MUT + MDT} = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} = \frac{\mu}{\mu + \lambda} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

REGIME STATIONNAIRE

- t quelconque suffisamment grand
- le régime d'équilibre est atteint
- prise en compte de
 - valeurs moyennes
 - probabilités asymptotiques
- disponibilité d'un élément
 - probabilité pour que l'élément fonctionne à l'instant t
 - rapport entre
 - durée moyenne d'une période de bon fonctionnement
 - durée moyenne entre deux pannes consécutives

Conditions d'atteinte du régime stationnaire

- On considère que le régime stationnaire est atteint lorsque le temps de mission T fixé par l'utilisateur (pour un régime transitoire) est proche de:

$$T = 3 * \max(MDT_i)$$

avec $MDT_i = MET_i + MTT_i + MLDT_i$

i : indice des articles

Conditions d'atteinte du régime stationnaire

$$A(t) = \frac{\mu}{\mu + \lambda} + \frac{\lambda}{\mu + \lambda} e^{-(\mu + \lambda)t}$$

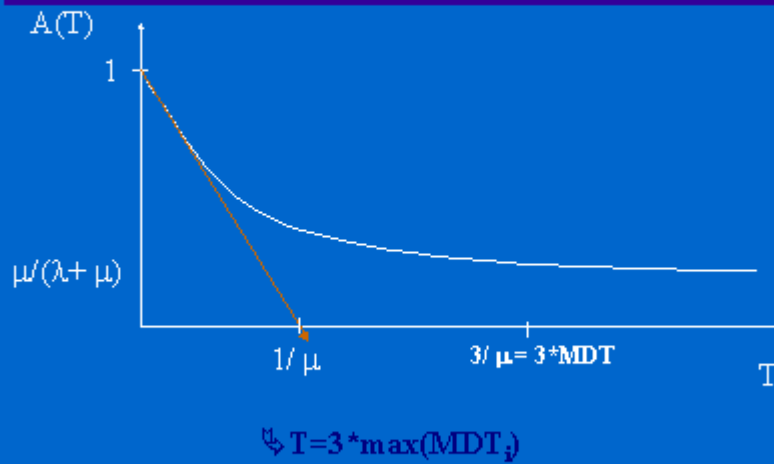
$$A(\infty) = \frac{\mu}{\mu + \lambda} = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} \approx \frac{MUT}{MUT + MDT}$$

Car:

$MUT \approx MTTF \approx 1 / \lambda$,

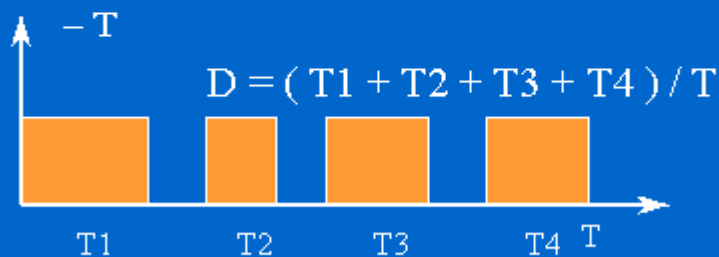
$MDT \approx MTTR \approx 1 / \mu$,

Conditions d'atteinte du régime stationnaire



REGIME TRANSITOIRE

- rapport entre
 - durée cumulée de bon fonctionnement entre 0 et T



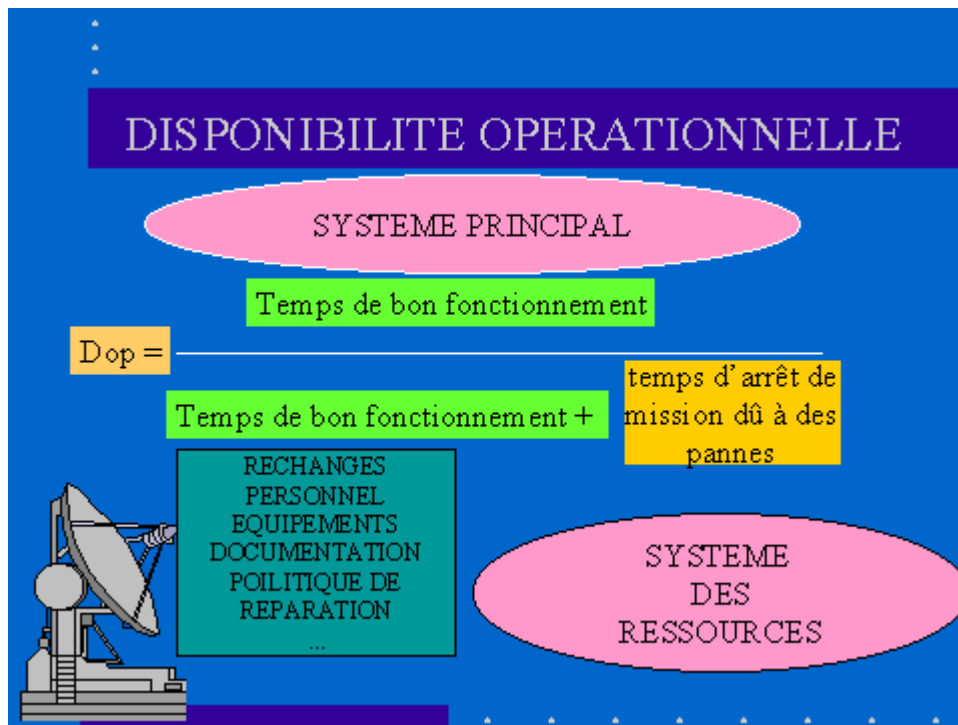
Exemple

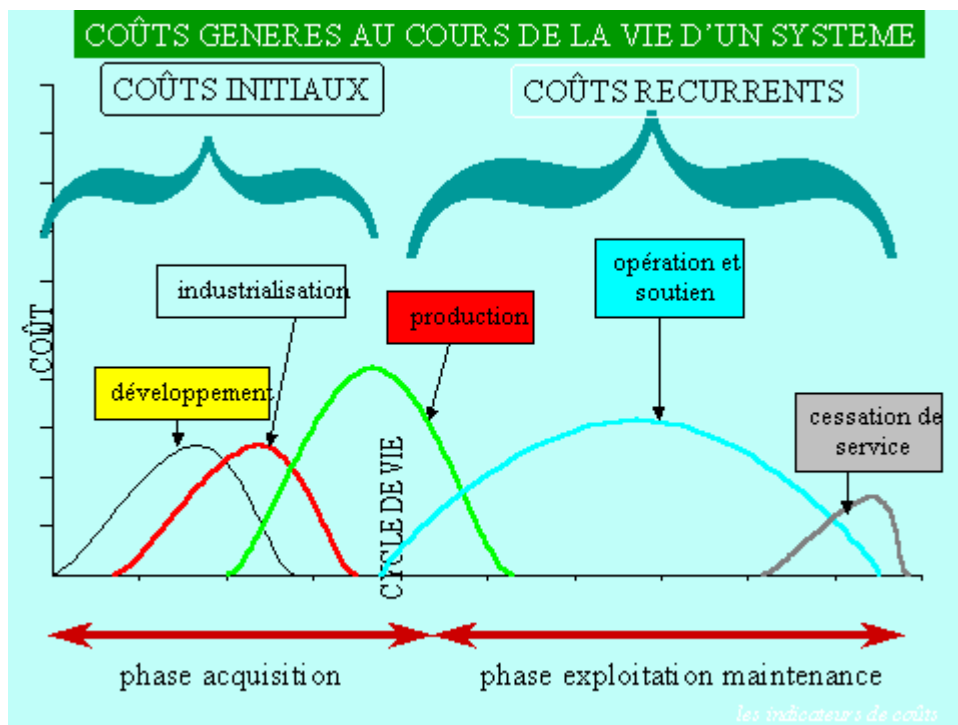
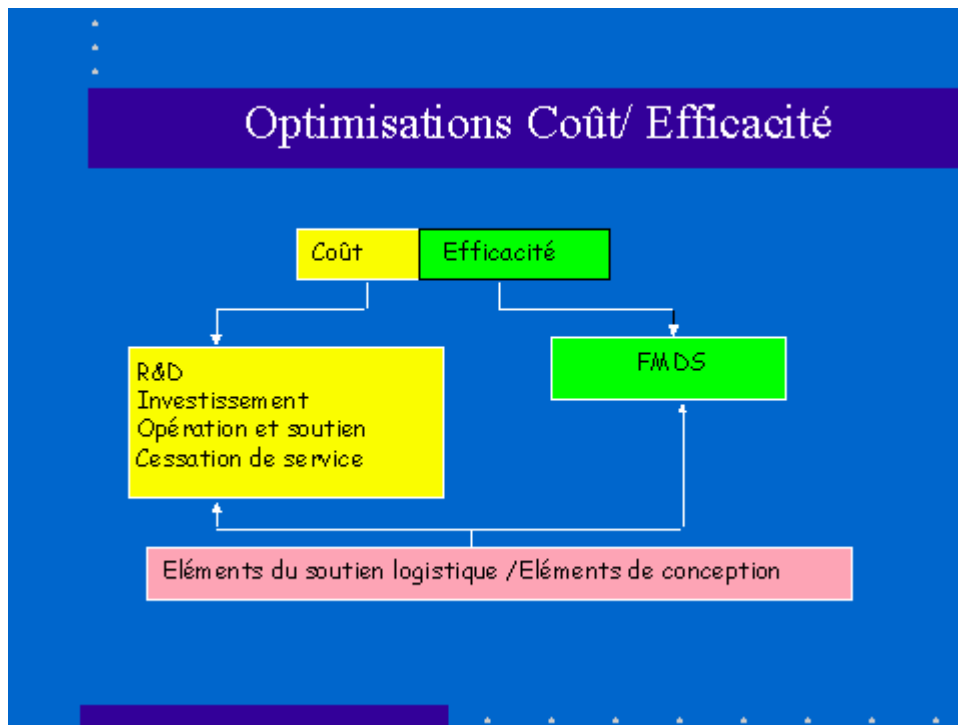
$$D = \sum_{n=0, n_{\max}} p_n [T - (n-1) MET - In] / T$$

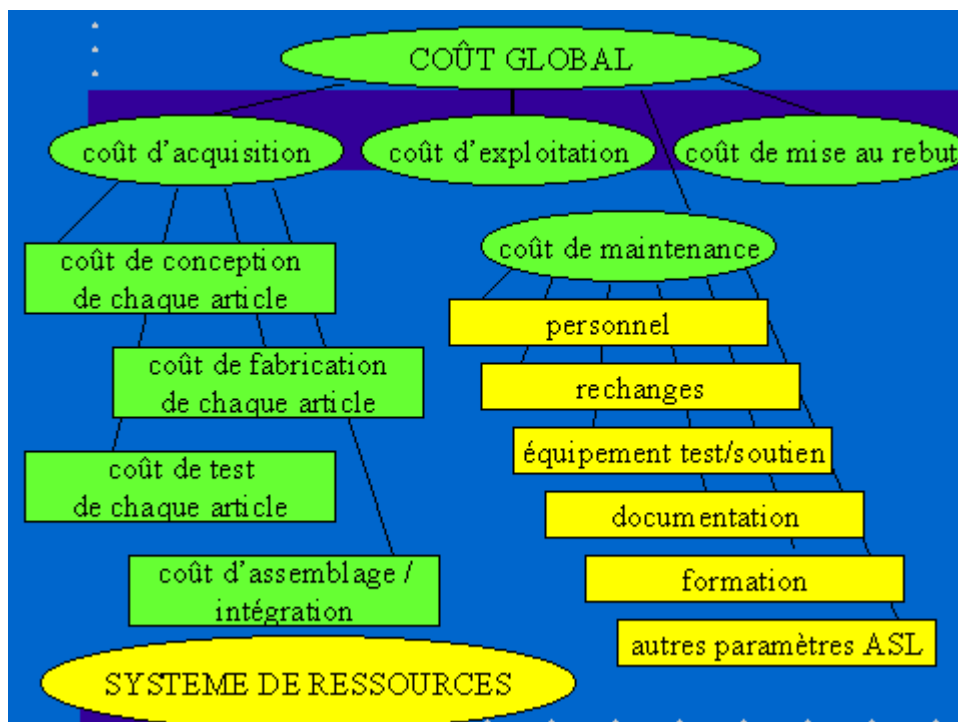
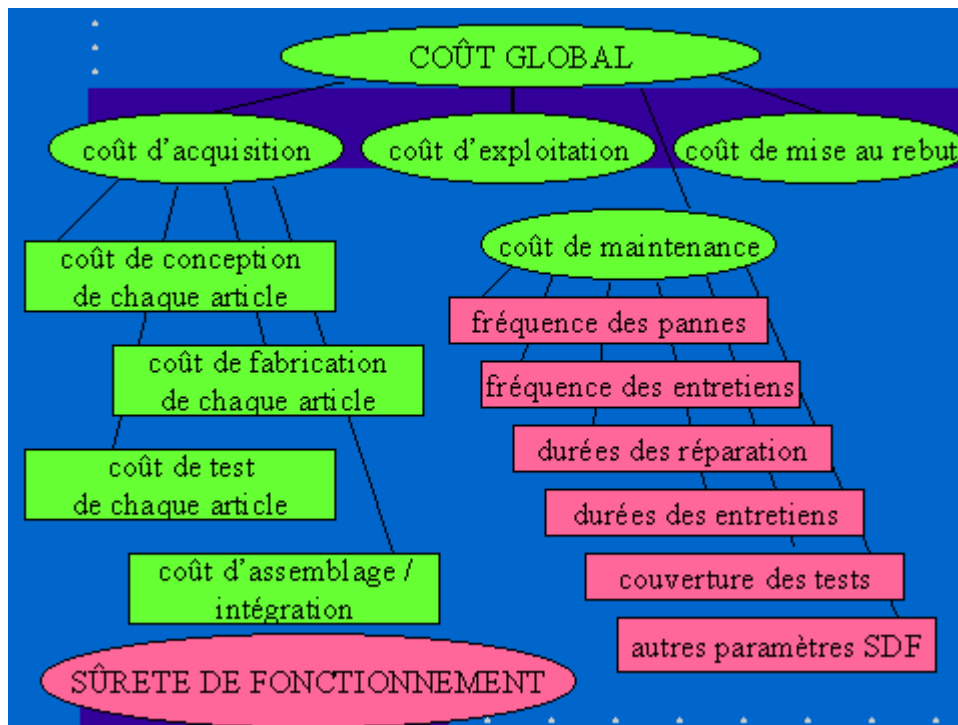
avec $n_{\max} = T / MET$

Autre exemple de disponibilité transitoire

- C'est la disponibilité transitoire instantanée
- Elle s'obtient par exemple quand on modélise le système réparable par une chaîne de Markov ou un réseau de Pétri régénérable (sans état absorbant)
- La disponibilité est alors la probabilité instantanée d'existence dans la classe d'états correspondant à la mission ou de satisfaction de la condition de remplissage des places (pour Pétri)







Utilisation des indicateurs

- Evaluation des performances d'un système
- Optimisation des rechanges
- Optimisation des personnels et des équipements de test et de soutien
- Optimisations LORA
- ...

Heuristiques d'optimisation du soutien LORA

- En théorie :
 - allocations initiales :
 - en rechanges ;
 - en réparateurs ;
 - en moyens de test et de soutien ;
 - LORA (*Level Of Repair Analysis*) : optimisation de la politique des niveaux de réparation. Réparer-lieu de la réparation ? Mettre au rebut ?
- En pratique :
 - approche itérative.
 - algorithmes empiriques pour des sous-problèmes.
 - programmation linéaire en nombres entiers pour LORA difficilement applicable à notre modèle.

Heuristiques d'optimisation du soutien

LORA

- Les variables de l'optimisation :
 - Politique de remise en état : réparation, rebut, stockage ;
 - Allocation en ressources initiales du soutien : rechanges, réparateurs, moyens de test et de soutien.
- Les fonctionnelles de l'optimisation :
 - La disponibilité opérationnelle ;
 - Les coûts globaux liés ressources (rechanges, réparateurs, moyens de test et de soutien).

➤ Approches en 2 étapes :

1. Politique de remise en état donnée ➔ Optimisation unitaire et globale des ressources
2. Optimisation globale

Heuristiques d'optimisation du soutien

LORA

- Problème d'optimisation (P) tel que :

$$(P) \begin{cases} \text{Déterminer } X \text{ telle que :} \\ \text{Minimiser } Z(X) \\ A(X) > A^* \\ \text{avec } X \in \Omega_X \end{cases}$$

- X : Matrice des variables de décision de type ressources initiales.
- A : Vecteur des disponibilités opérationnelles des sites d'exploitation.
- A^* : Vecteur des disponibilités opérationnelles d'objectif.
- Ω_X : Domaine de variation de X .
- $Z(X)$: fonction d'objectif : $Z(X) = C \cdot X \cdot e$

CONCLUSION

- Néanmoins les objectifs de disponibilité deviennent de véritables engagements contractuels qui sont soumis à des formules de pénalité
- Il importe donc:
 - de parfaitement connaître les hypothèses de calcul de l'indicateur choisi
 - d'adapter les procédures de mesure en retour opérationnel à ces hypothèses de calcul