



HAL
open science

Impact de l'imprécision des taux de défaillances dans les Arbres de Défaillances et facteurs d'importance flous

Mohamed Sallak, Jean-François Aubry, Christophe Simon

► **To cite this version:**

Mohamed Sallak, Jean-François Aubry, Christophe Simon. Impact de l'imprécision des taux de défaillances dans les Arbres de Défaillances et facteurs d'importance flous. JDMACS, Sep 2005, Lyon, France. 6 p. hal-00172165

HAL Id: hal-00172165

<https://hal.science/hal-00172165>

Submitted on 14 Sep 2007

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Impact de l'imprécision des taux de défaillances dans les Arbres de Défaillances et facteurs d'importance flous

Mohamed Sallak, Jean-Francois Aubry

INPL / CRAN-ENSEM
2, Avenue de la Forêt de Haye
54516 VANDOEUVRE-LES-NANCY
E-mail : msallak@ensem.inpl-nancy.fr
jean-francois.aubry@isi.u-nancy.fr

Christophe Simon

U.Nancy2 / CRAN-ESSTIN
2, rue Jean Lamour
54554 VANDOEUVRE-LES-NANCY
E-mail : christophe.simon@esstin.uhp-nancy.fr

RESUME

La méthode des arbres de défaillances constitue un outil efficace pour les études de fiabilité. Cependant, les experts éprouvent souvent des difficultés à déterminer d'une manière précise la probabilité d'occurrence des événements de base de l'arbre. L'objectif de cet article est de comparer deux approches pour évaluer la probabilité d'occurrence de l'événement sommet de l'arbre, l'une basée sur les probabilités supérieures et inférieures, et l'autre basée sur la théorie des ensembles flous. Les probabilités d'occurrences des événements de base seront modélisées par des distributions exponentielles de paramètres λ_i appartenant aux intervalles $[\lambda_{i\min}, \lambda_{i\max}]$. L'introduction de deux facteurs d'importance flous permettra de mettre en évidence les événements contribuant le plus à l'imprécision entachant la probabilité d'occurrence de l'événement sommet.

MOTS CLES : Arbres de défaillances, probabilités supérieures et inférieures, théorie des ensembles flous, facteurs d'importance flous.

ABSTRACT

Fault tree analysis is an efficient tool to analyse the reliability of systems. However, it is often difficult for expert to evaluate exactly the failure probabilities of basic events. This paper compares two approaches for evaluating the failure probability of top event. The first uses the upper and lower probabilities, the second uses fuzzy set theory. Exponential distributions are considered where the failure rates λ_i of basic events belong to $[\lambda_{i\min}, \lambda_{i\max}]$. Fuzzy importance measures are used to identify the components whose imprecision of failure probability contributes significantly to the imprecision of the system failure probability.

KEYWORDS : Fault tree, upper and lower probabilities, fuzzy set theory, Fuzzy importance measures.

INTRODUCTION

La méthode des arbres de défaillances permet l'étude de la fiabilité et la sûreté de fonctionnement des systèmes complexes. Elle est basée sur l'utilisation d'un dia-

gramme logique qui est établi sous la forme d'un arbre comportant au sommet l'événement indésirable. Les causes immédiates qui produisent cet événement sont ensuite hiérarchisées. De cette façon, l'arbre est créé pas à pas pour atteindre à la base un ensemble d'événements considérés comme élémentaires (événements de base). La problématique posée dans cet article est le calcul de la probabilité d'occurrence de l'événement sommet de l'arbre sachant qu'on ne dispose pas de lois de probabilités précises d'occurrence de chaque événement de base. Cette situation est considérée lorsque les données concernant les événements de base sont définies de façon imprécise ou lors de la prise en compte d'informations non numériques comme le jugement d'un expert. Pour ces raisons, plusieurs approches ont été introduites dans les études des arbres de défaillances, dont notamment l'approche floue, les probabilités supérieures et inférieures et la théorie de l'évidence.

Les premiers travaux d'analyse des arbres de défaillances basés sur la logique floue appartiennent à Tanaka et al. [5]. Les probabilités d'occurrences des événements de base ont été représentées par des nombres flous trapézoïdaux, et les opérations d'addition et de multiplication floues ont été utilisées pour calculer la probabilité d'occurrence de l'événement sommet. Singer [9] a associé aux fréquences d'occurrences des événements de base des nombres flous du type L-R et a utilisé les mesures de possibilités pour évaluer la distribution de possibilités de l'événement sommet. Soman et Misra [10] ont proposé une méthode connue sous le nom de l'identité de résolution et basée sur la méthode des α -coupes pour traiter les arbres comportant des événements répétés. Cette méthode a été complétée par la suite pour traiter les arbres à plusieurs états de fonctionnement [11]. Hung et al. [15] ont représenté les probabilités d'occurrences des événements de base par des nombres flous de type L-R en ajoutant des poids subjectifs qui représentent le degré de confiance associé aux informations données par les experts.

D'autres auteurs tels que Walley et Kuznetsov [14][7] ont introduit les probabilités supérieures et inférieures

qui apparaissent comme un outil intéressant dans les études de fiabilité. Coolen a proposé une approche d'analyse de fiabilité bayésienne basée sur les probabilités imprécises [2]. Kozine et Filiminov ont utilisé les probabilités supérieures et inférieures pour définir un encadrement de la valeur exacte de la fiabilité de quelques systèmes simples [6].

L'étude de la fiabilité par les arbres de défaillances demande également l'évaluation de l'importance d'un élément particulier du système dans la défaillance de celui-ci. Dans l'approche probabiliste, un grand nombre de méthodes ont été proposées pour mesurer cette importance [1][8]. Cependant, ces méthodes sont inadaptées aux approches floues. Fururata et Shiraishi ont été les premiers à introduire des facteurs d'importance flous [4]. Suresh et al. [12] ont défini deux facteurs d'importance essentiels mesurant la contribution de la disponibilité d'un composant à la disponibilité du système et celle de l'incertitude entachant cette disponibilité.

Dans cet article, nous étendons le principe d'analyse des arbres de défaillances flous proposé par Singer [9] à des taux de défaillances λ flou des composants d'un système. Parallèlement, on étudie ce problème d'imprécision des taux de défaillances des événements de base en utilisant le concept des intervalles pour modéliser cette imprécision. Enfin, nous introduisons deux facteurs d'importance flous inspirés des travaux de Suresh et al. [12] pour mettre en évidence les composants critiques de l'arbre et aussi les composants qui contribuent le plus à l'imprécision entachant le taux de défaillance du système.

On désignera par taux de défaillance d'un événement "i", le taux de défaillance du composant qui est associé à cette événement. En particulier, le taux de défaillance de l'événement sommet de l'arbre désignera le taux de défaillance du système complet.

CONTEXTE DE L'ETUDE

On suppose que les composants du système étudié sont non réparables et indépendants. Dans cette étude, nous considérons les distributions de probabilités d'occurrences des événements de base comme des distributions exponentielles. Dans ce cas, la fiabilité d'un composant "i" est définie par :

$$R_i(t) = \exp(-\lambda_i t)$$

où λ_i est le taux de défaillance du composant "i".

Ainsi, dans un arbre de défaillances constitué de portes "OU", la probabilité d'occurrence de l'événement sommet de l'arbre est donnée par :

$$p_y = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i) = 1 - \prod_{i=1}^n \exp(-\lambda_i t)$$

où n est le nombre d'événements de base, p_i la probabilité d'occurrence du "i"ème événement de base et p_y la probabilité d'occurrence de l'événement sommet.

Dans un arbre de défaillances constitué de portes "ET", la probabilité d'occurrence de l'événement sommet de l'arbre est donnée par :

$$p_y = \prod_{i=1}^n p_i = \prod_{i=1}^n (1 - \exp(-\lambda_i t))$$

Si l'expert ne possède pas toutes les informations nécessaires pour donner une valeur précise du taux de défaillance λ_i de chaque événement de base (cf. **Figure 1**), il propose de donner une distribution de possibilité de chaque λ_i . Pour évaluer le taux de défaillance de l'événement sommet de l'arbre, nous envisageons l'exploitation d'une approche floue et d'une approche probabiliste.

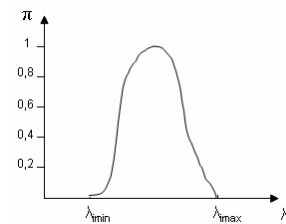


Figure 1 : Distribution de possibilités de λ_i .

APPROCHE FLOUE

On associe à chaque taux de défaillance λ_i un nombre flou de type L-R, et on utilise les opérations d'addition et de multiplication floues pour calculer les distributions de possibilités des taux de défaillances des différents événements de l'arbre [9].

Nombres flous du type L-R

On considère trois paramètres réels (m, a, b), a et b étant strictement positifs, et deux fonctions, notées L et R , définies sur l'ensemble des réels positifs, à valeurs dans $[0, 1]$, semi continues supérieurement, telles que pour tout réel x : $L(0)=R(0)=1$, ($L(1)=0$ ou $L(x)>0$) et ($\lim_{x \rightarrow +\infty} R(x)=0$ ou $R(x)>0$).

Un nombre flou M est de type L-R si sa fonction d'appartenance f_M est définie par :

$$f_M = \begin{cases} L((m-x)/a) & \text{si } x \leq m \\ R((x-m)/b) & \text{si } x > m \end{cases}$$

On utilisera la notation : $\lambda_i = (m_i, a_i, b_i)$ pour désigner le taux de défaillance flou d'un événement "i" (cf. Figure 1). m_i est sa valeur modale avec $\pi(m_i)=1$, a_i est la largeur de son support à gauche de m_i (étalement gauche), b_i celle de son support à droite de m_i (étalement droit), sur l'axe des réels.

Opérations sur les arbres flous

Dans cet article on considère que la forme floue d'une association d'opérateurs "ET" est :

$$\lambda_y \cong ET(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$$

Où λ_i est le taux de défaillance flou de l'événement "i" et λ_y est le taux de défaillance flou de l'événement sommet.

Il faut signaler que les λ_i sont en effet des nombres flous de types triangulaires, c'est-à-dire qu'ils ont une valeur modale m_i , une largeur a_i à gauche de m_i , et une largeur b_i à droite de m_i . En utilisant les opérations de multiplication et d'addition des nombres flous de type L-R définies par Dubois et Prade [3], on obtient le taux de défaillance flou λ_y de l'événement sommet:

$$\begin{aligned} \lambda_y &= (m_y, a_y, b_y) \\ &= (m_{\lambda_1}, a_{\lambda_1}, b_{\lambda_1}) \tilde{\times} \dots \tilde{\times} (m_{\lambda_n}, a_{\lambda_n}, b_{\lambda_n}) \\ &= (m_{r_{i-1}} m_{\lambda_i}, m_{r_{i-1}} a_{\lambda_i} + m_{\lambda_i} a_{r_{i-1}}, m_{r_{i-1}} b_{\lambda_i} + m_{\lambda_i} b_{r_{i-1}}) | i = n \end{aligned}$$

où les valeurs de m_{r_i} , a_{r_i} et b_{r_i} sont obtenues avec la formule de récurrence pour $i=0, 1, \dots, n-1$:

$$\begin{aligned} m_{r_0} &= m_{\lambda_1}, m_{r_1} = m_{\lambda_1} \times m_{\lambda_2}, \dots, m_{r_i} = m_{\lambda_1} \times m_{\lambda_{i+1}} \\ a_{r_0} &= a_{\lambda_1}, a_{r_1} = m_{\lambda_1} \times a_{\lambda_2} + m_{\lambda_2} \times a_{\lambda_1}, \dots \\ b_{r_0} &= b_{\lambda_1}, b_{r_1} = m_{\lambda_1} \times b_{\lambda_2} + m_{\lambda_2} \times b_{\lambda_1}, \dots \end{aligned}$$

De même la forme floue d'une association d'opérateurs "OU" est :

$$\lambda_y \cong OU(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$$

D'où l'expression du taux de défaillance flou λ_y de l'événement sommet :

$$\begin{aligned} \lambda_y &= (m_y, a_y, b_y) \\ &= 1 - (m_{r_{i-1}} (1 - m_{\lambda_i}), m_{r_{i-1}} a_{\lambda_i} + (1 - m_{\lambda_i}) a_{r_{i-1}}, m_{r_{i-1}} b_{\lambda_i} + \\ & \quad (1 - m_{\lambda_i}) b_{r_{i-1}}) | i = n \end{aligned}$$

Les paramètres m_{r_i} , a_{r_i} et b_{r_i} sont obtenus avec la formule de récurrence pour $i=0, 1, \dots, n-1$:

$$\begin{aligned} m_{r_0} &= m_{\lambda_1}, m_{r_1} = (1 - m_{\lambda_1}) \times (1 - m_{\lambda_2}), \dots \\ a_{r_0} &= a_{\lambda_1}, a_{r_1} = (1 - m_{\lambda_1}) \times a_{\lambda_2} + (1 - m_{\lambda_2}) \times a_{\lambda_1}, \dots \\ b_{r_0} &= b_{\lambda_1}, b_{r_1} = (1 - m_{\lambda_1}) \times b_{\lambda_2} + (1 - m_{\lambda_2}) \times b_{\lambda_1}, \dots \end{aligned}$$

APPROCHE PROBABILISTE

On considère une fonction de densité de probabilité $f(x, a)$, où x est un réel et $a = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ un vecteur de paramètres réels de $f(x, a)$.

Par définition, on a :

$$\forall A \subseteq R, \Pr(A) = \int_A f(x, a) dx$$

A partir de cette définition, on peut définir les probabilités inférieures et supérieures p_{Amin} et p_{Amax} par :

$$\begin{aligned} p_{Amin} &= \inf_{a \in \mathbb{R}^n} \int_A f(x, a) dx \\ p_{Amax} &= \sup_{a \in \mathbb{R}^n} \int_A f(x, a) dx \end{aligned}$$

Les probabilités d'occurrences p_i des événements de base "i" sont encadrées par deux distributions exponentielles supérieures et inférieures p_{imin} et p_{imax} correspondants aux λ_{imin} et λ_{imax} . L'objectif est d'évaluer les deux probabilités p_{ymin} et p_{ymax} qui encadrent la probabilité d'occurrence de l'événement sommet p_y :

$$p_{ymin} \leq p_y \leq p_{ymax}$$

FACTEURS D'IMPORTANCE

La notion de facteur d'importance a été introduite par Birnbaumé [1] et développée par de nombreux auteurs. Lambert dans [8] en a dressé une liste assez complète. On utilise généralement ces facteurs pour améliorer la fiabilité ou la disponibilité du système en déterminant la participation de chaque composant à la défaillance du système complet. En outre, il est important d'évaluer la contribution de chaque composant à l'imprécision de l'événement sommet. Une définition existe dans [12] et nous étendons les propositions qui y sont formulées à des taux de défaillances imprécis dans le cadre de lois de probabilités exponentielles.

Facteur d'Importance Flou des taux de défaillances

Dans un système, il est essentiel d'évaluer la contribution des taux de défaillances des événements de base au taux de défaillance de l'événement sommet afin d'identifier les composants critiques.

Le taux de défaillance flou λ_y de l'événement sommet sachant qu'un composant "i" est défaillant ($\lambda_i=1$) est donnée par :

$$\lambda_{y|\lambda_i=1} = f(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{i-1}, 1, \lambda_{i+1}, \dots, \lambda_n)$$

Si le composant "i" fonctionne ($\lambda_i=0$), le taux de défaillance serait donné par:

$$\lambda_{y/\lambda_i=0} = f(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{i-1}, 0, \lambda_{i+1}, \dots, \lambda_n)$$

Le facteur d'importance flou des taux de défaillances (λFIM) est défini par :

$$\lambda FIM = ED[\lambda_{(y/\lambda_i=1)}, \lambda_{(y/\lambda_i=0)}]$$

où $ED[\lambda_{(y/\lambda_i=1)}, \lambda_{(y/\lambda_i=0)}]$ désigne la distance euclidienne entre les taux de défaillances flous $\lambda_{(y/\lambda_i=1)}$ et $\lambda_{(y/\lambda_i=0)}$.

En pratique, pour définir λFIM de chaque composant "i", on calcule les paramètres (m_n, a_n, b_n) du taux de défaillance de l'événement sommet S quand le composant "i" fonctionne ($\lambda_i=0$) puis on calcule les paramètres (m_d, a_d, b_d) de S quand le composant "i" est défaillant ($\lambda_i=1$).

Facteur d'imprécision Flou des taux de défaillances

Le Facteur d'Imprécision Flou des taux de défaillances ($\lambda FUIM$) permet d'identifier les événements dont l'imprécision du taux de défaillances contribue à celle du taux de défaillance l'événement sommet. Ce facteur est défini par :

$$\lambda FUIM = ED[\lambda_y - \lambda_{(y/\lambda_i=cts)}]$$

Où $\lambda_{(y/\lambda_i=cts)}$ désigne le taux de défaillance de l'événement sommet quand le taux de défaillance de l'événement "i" a une valeur précise (absence d'imprécision).

En pratique, pour définir $\lambda FUIM$, on calcule les paramètres (m_n, a_n, b_n) du taux de défaillance de S quand les taux de défaillances des composants appartiennent aux intervalles $[\lambda_{imin}, \lambda_{imax}]$, puis on calcule les paramètres (m_d, a_d, b_d) du taux de défaillance de S quand l'événement "i" a un taux de défaillance précis, c'est-à-dire que $a_i=b_i=0$ et $\lambda_i=m_i$.

APPLICATION

Nous proposons d'appliquer les deux approches définies dans les paragraphes précédents au système proposé par Villemeur dans [13], représenté sur la **Figure 2**. Ce système permet à un opérateur de commander à distance le fonctionnement du moteur à courant continu. L'appui sur le bouton-poussoir (B.P.) provoque l'excitation d'un relais, la fermeture du contact associé et l'alimentation électrique du moteur. Lorsque l'opérateur relâche le B.P., le moteur s'arrête. On suppose que le fil AB traverse une zone où se trouvent des vapeurs inflammables. Une Analyse Préliminaire des Dangers a montré que l'événement indésirable à éviter est la **surchauffe du fil AB**.

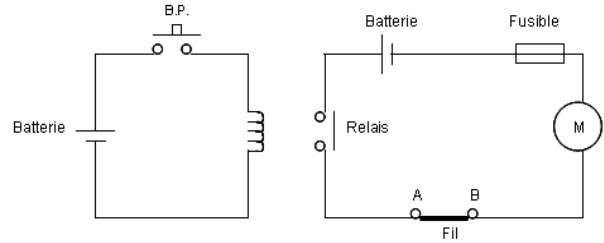


Figure 2 : Schéma du système élémentaire.

On ne détaille pas les différentes étapes qui ont amenées à l'élaboration de l'arbre de défaillances du système donné à la figure 3. En outre, certains événements de base ne sont pas non plus détaillés. Nous faisons référence à l'arbre de défaillance intermédiaire proposé par Villemeur dans [13].

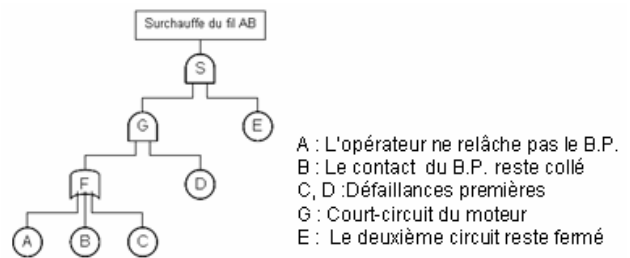


Figure 3 : Arbre de défaillance simplifié du système.

Approche floue

Chaque taux de défaillance λ_i d'un événement de base "i" est un nombre flou du type L-R (cf. **Figure 1**). Il sera représenté par les paramètres (m_i, a_i, b_i) qui sont donnés pour chaque événement élémentaire dans le tableau suivant :

EVENEMENTS ELEMENTAIRES	m	a	b
A	10^{-3}	$111 \cdot 10^{-4}$	$53 \cdot 10^{-5}$
B	$2 \cdot 10^{-3}$	$2,22 \cdot 10^{-4}$	$1,06 \cdot 10^{-4}$
C	$9 \cdot 10^{-1}$	$9,99 \cdot 10^{-2}$	$4,77 \cdot 10^{-2}$
D	$8 \cdot 10^{-1}$	$8,88 \cdot 10^{-2}$	$4,2 \cdot 10^{-2}$
E	$8 \cdot 10^{-1}$	$8,88 \cdot 10^{-2}$	$4,2 \cdot 10^{-2}$

Tableau 1 : Paramètres de distributions de possibilités des λ_i .

Comme $F = A \cup B \cup C$, on calcule d'abord la valeur modale de l'événement intermédiaire r sachant que $r = A \cup B$, d'où : $m_r = m_{A \cup B} = 1 - (1 - m_A)(1 - m_B)$.

Puisque : $F = r \cup C$, alors : $m_F = 1 - (1 - m_r)(1 - m_C)$ et puisque : $G = F \cup D$ alors : $m_G = m_F m_D$.

On obtient finalement la valeur modale de l'événement sommet S : $m_S = m_G m_E$.

En procédant de la même façon, on calcule les étalements gauches a_i des différents événements en utilisant les relations :

$$a_r = a_{A \cup B} = (1 - m_A)a_B + (1 - m_B)a_A$$

$$a_F = (1 - m_r)a_C + (1 - m_C)a_r$$

$$a_G = m_F a_D + m_D a_G$$

$$a_S = m_G a_E + m_E a_G$$

De même on calcule les étalements droits b_i .

On obtient alors pour l'événement sommet S :

$$m_S = 0,57 ; a_S = 0,19 ; b_S = 0,09.$$

$$\text{d'où : } \lambda_S \in [0,38 ; 0,66].$$

Dans la **Figure 4**, on représente la distribution de possibilités du taux de défaillance de l'événement sommet λ_S .

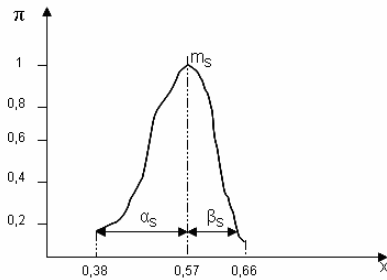


Figure 4 : Distribution de possibilités de λ_S

Approche Probabiliste

A partir du **Tableau 1**, on obtient les intervalles $[\lambda_{imin}, \lambda_{imax}]$ auxquelles appartiennent les λ_i avec $\lambda_{imin} = m_i - a_i$ et $\lambda_{imax} = m_i + b_i$.

EVENEMENTS ELEMENTAIRES	λ_{imin}	λ_{imax}
A	$8,89.10^{-4}$	$1,05.10^{-3}$
B	$1,78.10^{-3}$	$2,1.10^{-3}$
C	$4,44.10^{-3}$	$5,26.10^{-3}$
D	$8,89.10^{-3}$	$1,05.10^{-2}$
E	$7,11.10^{-3}$	$8,42.10^{-3}$

Tableau 2 : Intervalles d'appartenances des λ_i .

On utilise le logiciel CABTREE pour tracer en fonction du temps les probabilités de défaillances "smin" et "smax" de S qui correspondent respectivement aux taux de défaillances λ_{imin} et λ_{imax} des événements de base. Puis, on compare ces deux courbes avec les courbes de probabilités de défaillances "r" et "s" de S obtenues en utilisant les λ_{imin} et λ_{imax} calculés par l'approche floue (cf. **Figure 5**). La courbe "modale" correspond à la probabilité de défaillances modale de S, c'est-à-dire quand pour tout événement $\lambda_i = m_i$.

A partir de la figure 5, on constate que les deux approches permettent l'encadrement de la courbe modale de probabilités, aussi nous considérons qu'il y a une bonne adéquation entre les résultats des deux approches. En outre, cette adéquation s'améliore avec le temps.

L'intérêt de l'approche floue, dans cet exemple, par rapport aux intervalles d'appartenance donnés dans le tableau 2 est la mise à disposition d'une distribution de possibilités du taux de défaillance λ_S de l'événement sommet (cf. **Figure 5**) en plus des bornes supérieures et inférieures λ_{Smin} et λ_{Smax} .

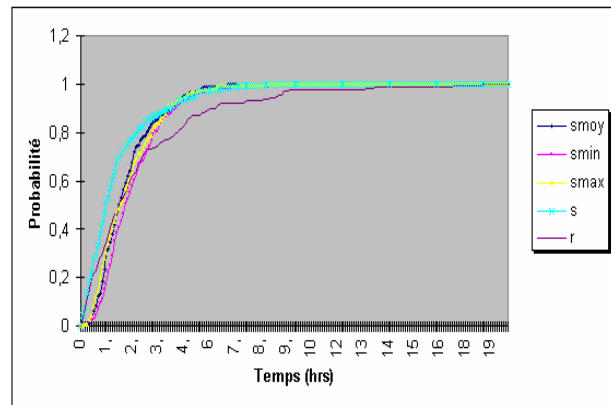


Figure 5 : Probabilités de défaillances de S en fonction du temps.

Les facteurs d'importance dont l'expression a été définie précédemment donnent les résultats regroupés dans le tableau 3 :

EVENEMENTS ELEMENTAIRES	λFIM	$\lambda FUIM$
A	$5,5.10^{-2}$	$7,9.10^{-6}$
B	$5,5.10^{-2}$	$1,5.10^{-5}$
C	$6,5.10^{-1}$	$7,1.10^{-2}$
D	$3,5.10^{-2}$	$7,1.10^{-2}$
E	$3,2.10^{-2}$	$7,1.10^{-2}$

Tableau 3 : λFIM et $\lambda FUIM$ des événements élémentaires.

On constate que l'événement le plus critique dans l'arbre est C (plus grande valeur du λFIM). De plus, le calcul des $\lambda FUIM$ nous indique que les trois événements C, D et E ont la même contribution à l'imprécision entachant le taux de défaillance de l'événement sommet.

Le calcul de λFIM nous permet la détermination des composants critiques de l'arbre et ainsi d'améliorer la fiabilité du système. En outre, le facteur $\lambda FUIM$ nous guide dans la localisation des événements de base qui participent le plus à l'imprécision du taux de défaillances de l'événement sommet et ainsi de réduire efficacement cette imprécision par un retour d'expérience sur

l'imprécision sur les événements élémentaires concernés, ici C, D et E.

CONCLUSION

A partir de taux de défaillances imprécis, nous avons proposé deux approches pour modéliser ces taux et leur imprécision afin d'évaluer la probabilité d'occurrence de l'événement sommet d'un arbre de défaillances. La première approche est basée sur les probabilités supérieures et inférieures. La seconde utilise la théorie des ensembles flous. S'il y'a une bonne adéquation entre les courbes de probabilités d'occurrence de l'événement sommet de l'arbre obtenues avec les deux approches, l'approche floue fournit des renseignements complémentaires par rapport à l'approche probabiliste proposée. En effet, elle présente l'avantage de donner la distribution de possibilités du taux de défaillance de l'événement sommet en plus des deux bornes limites fournies par l'approche probabiliste.

Par ailleurs, l'utilisation des facteurs d'importances flous adaptés aux taux de défaillances imprécis permet l'identification des composants participant à l'imprécision entachant le taux de défaillance de l'événement sommet et ainsi de guider le fiabiliste dans l'amélioration de son système par l'augmentation de la fiabilité en étudiant les composants critiques et la réduction de l'imprécision du taux de défaillances du système complet en se focalisant sur les composants caractérisés par une valeur significative de λ FUIM.

La suite de nos travaux consiste à déterminer l'influence de l'ordre de grandeur des taux de défaillances des composants utilisés sur les résultats obtenus et le traitement des arbres de défaillances dont les coupes minimales contiennent des événements répétés.

BIBLIOGRAPHIE

1. Birnbaum, Z.W. *On the importance of different components in a multicomponent system*. Academic Press, p. krishnaiaam edition, 1969.
2. Coolen, F.P.A. and Newby, M.J. *Bayesian reliability analysis with imprecise prior probability*. Reliability Engineering and System Safety, 43, 1994, pp. 75-85.
3. Dubois, D. and Prade, H. *Fuzzy sets and systems: theory and applications*. New York : Academic Press, 1980.
4. Fururata, H. and Shiraishi, N. *Fuzzy importance in fault tree analysis*. Fuzzy Sets and Systems, 12, 1984, pp. 205-213.
5. Lai, F. Tanaka, H. Fan, C. and Toguchi, K. *Fault tree analysis by fuzzy probability*. IEEE Trans. Reliability, 32, 1983, pp. 453-457.
6. Kozine, I.O. and Filiminov, Y.V. *Imprecise reliabilities: experiences and advances*. Reliability Engineering and System Safety, 67, 2000, pp. 75-83.
7. Kuznetsov, V.P. *Interval statistical models*. Moscow : Radio and Communication. Russia, 1991.
8. Lambert, H.E. *Measures of importance of events and cut sets in fault trees*. R. e. barlow, j. b. fussell, and n. d. singpurwalla edition, 1975.
9. Singer, D. *A fuzzy set approach to fault tree and reliability analysis*. Fuzzy Sets and Systems, 34, 1990, pp.145-155.
10. Soman, K.P. and Misra, K.B. *Fuzzy fault tree analysis using resolution identity*. 1, 1993, pp. 193.
11. Soman, K.P. and Misra, K.B. *Multistate fault tree analysis using fuzzy probability vectors and resolution identity*. Reliability and Safety Analysis, 1995, pp. 113-125.
12. Suresh, P.V. Babar, A.K. and Venkat, R.V. *Uncertainty in fault tree analysis: A fuzzy approach*. Fuzzy Sets and Systems, 83, 1996, pp. 135-141.
13. Villemeur, A. *Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels*. Edition Eyrolles, 1988.
14. Walley, P. *Statistical reasoning with imprecise probabilities*. Chapman and Hall, 1991.
15. Yuan, X. Huang, H.Z. and Yao, X.S. *Fuzzy fault tree analysis of railway traffic safety*. In Proceedings of the Conference on Traffic and Transportation Studies, ASCE, 2000, pp. 107-112.