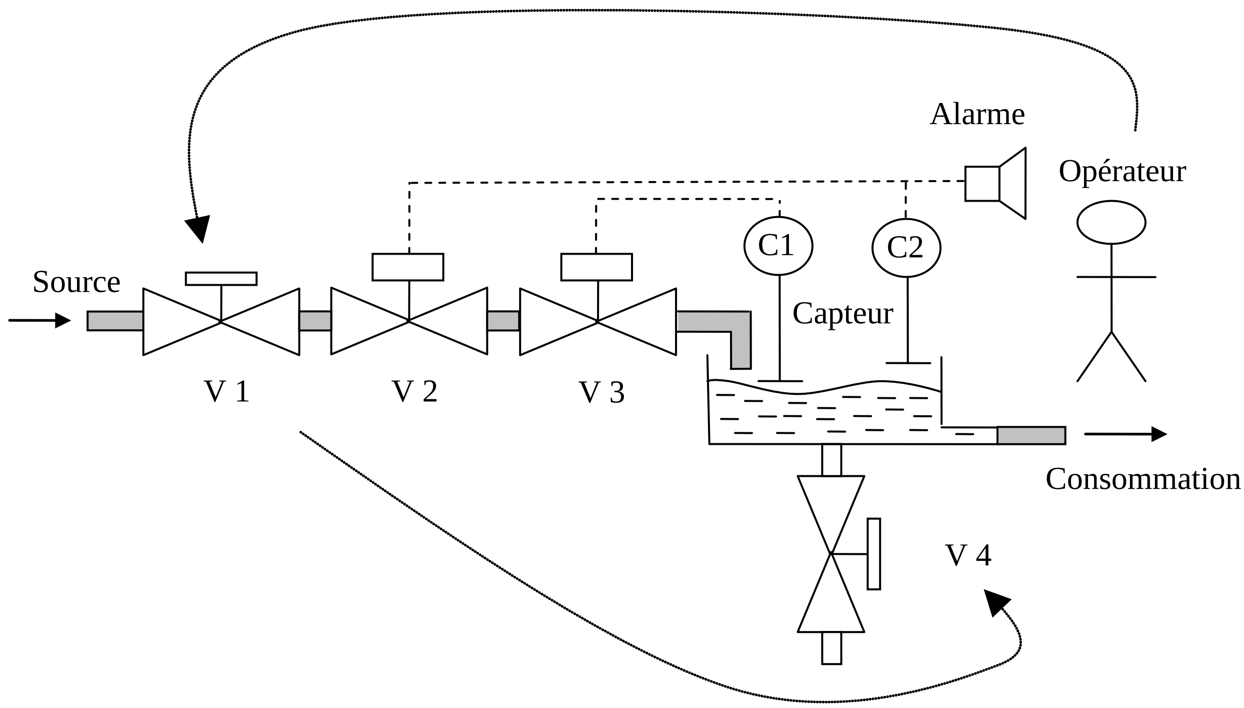
TP SdF N°1

Comparer des méthodes d'évaluation de Sûreté de Fonctionnement en traitant une même problématique



Le système permet d'alimenter en eau des personnes et comprend :

. un réservoir,

. des capteurs de niveau haut (C1) et très haut (C2),

. des vannes normalement ouverte (V1) et normalement fermée (V4)

. des électrovannes (V2 et V3) commandées respectivement par les capteurs (C2 et C1)

. une alarme activée par (C2)

En cas de déclenchement de l'alarme, un opérateur ferme la vanne (V1) et ouvre la vanne d'évacuation à grand débit (V4) en dernier recours.

L'opérateur joue correctement son rôle dans 95% des cas et les composants du système présentent des modes de défaillance dont l'occurrence est définie par les taux de panne suivants :

V1 : bloquée ouverte 10^{-3} hr^{-1}

V2 et V3 : bloquée ouverte 10^{-4} hr^{-1}

V4 : bloquée fermée 5 10^{-4} hr^{-1}

C1 et C2 : Capteur inopérant 10^{-3} hr^{-1}

Alarme inopérante 10^{-4} hr^{-1}

I - Arbre de défaillance (outil CABTREE)

1 - Construire l'arbre de l'événement redouté : « Débordement du réservoir ».

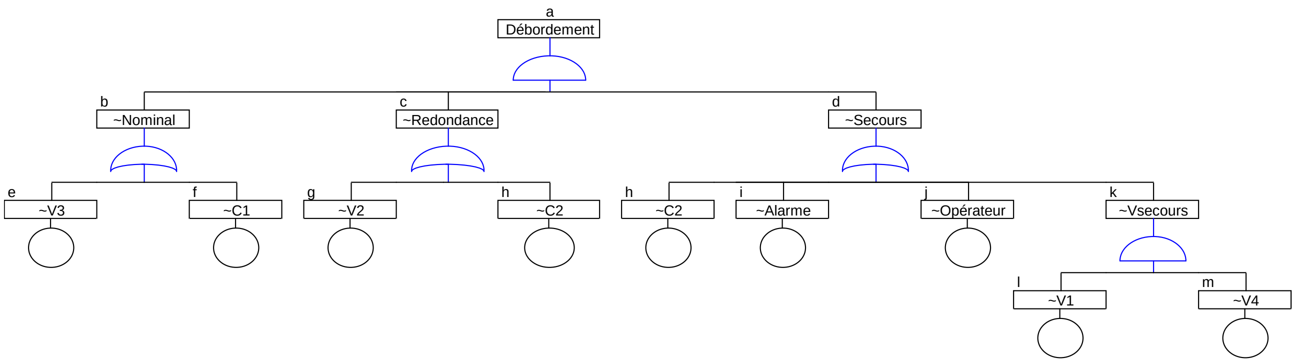
2 - Rechercher les coupes minimales.

3 - Tracer la courbe de probabilité de l'événement redouté de 0 à 5000 heures.

4 - Calculer le facteur d'importance des événements de base à 500 heures (probabilité de chacun des événements sachant que l'événement redouté s'est produit).

5 - Indiquer les maillons faibles du système et proposer des voies d'amélioration.

6 - Evaluer à nouveau le système dans le cas où chaque constituant est réparé avec un MTTR moyen de 50 heures.

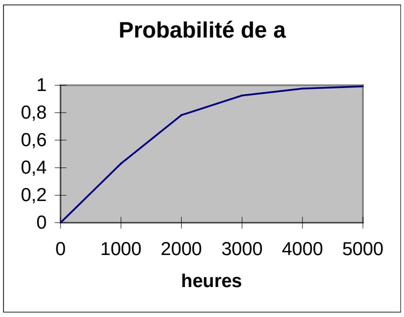


Type	Intitulé	Variable	Porte	Facteur d'importance à t = 5000 hrs	Etat initial	Loi	Après t >=
Rectangle	Débordement	a	ET(b,c,d)				
Rectangle	~Nominal	b	OU(e,f)				
Rectangle	~Redondance	c	OU(g,h)				
Rectangle	~Secours	d	OU(h,i,j,k)				
Cercle	~V3	e	-	0,395083958	0	Exp(0,0001)	0
Cercle	~C1	f	-	0,997337945	0	Exp(0,001)	0
Cercle	~V2	g	-	0,395002044	0	Exp(0,0001)	0
Cercle	~C2	h	-	0,997472999	0	Exp(0,001)	0
Cercle	~Alarme	i	-	0,393522622	0	Exp(0,0001)	0
Cercle	~Opérateur	j	-	0,050006771	1	Pro(0,95)	0

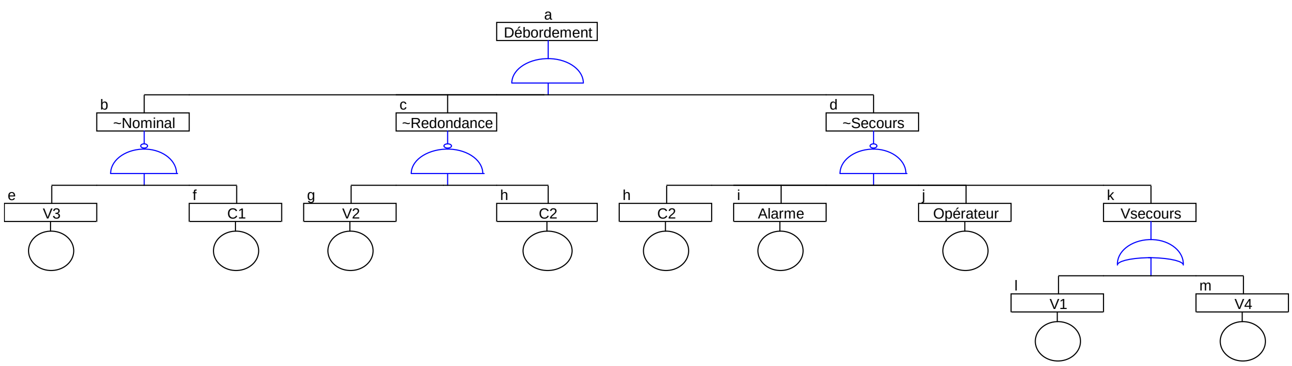
Rectangle	~Vsecours	k	ET(l,m)				
Cercle	~V1	l	-	0,993271477	0	Exp(0,001)	0
Cercle	~V4	m	-	0,918029812	0	Exp(0,0005)	0

Coupes de a classées par ordre croissant	Ordre
e*h	2
f*h	2
e*g*i	3
e*g*j	3
f*g*i	3
f*g*j	3
e*g*l*m	4
f*g*l*m	4

Temps	Probabilité de a
0	0
1000	0,42997835
2000	0,78297784
3000	0,92530412
4000	0,9750219
5000	0,99170887



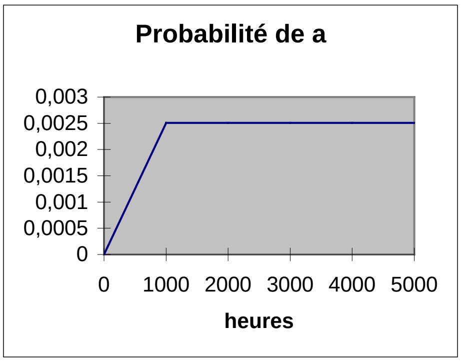
Les capteurs sont les éléments les plus défiabilisants du système, notamment le capteur 2 qui est utilisé pour la redondance et le secours. Des modifications de « design » telles que l’ajout d’un capteur spécifique à l’alarme n’auront cependant des effets qu’en début d’activité et seule une maintenance, telle que traitée ci-après avec un MTTR de 50 heures, permet réellement de limiter le risque sur la durée. Celle-ci suppose une détection des pannes de chacun des éléments et leur remplacement éventuel.



Type	Intitulé	Variable	Porte	Probabilité à t = 5000 hrs	Etat initial	Loi	Après t >=
Rectangle	Débordement	a	ET(b,c,d)	0,002507052			
Rectangle	~Nominal	b	NET(e,f)	0,052357261			

Rectangle	~Redondance	c	NET(g,h)	0,052357261			
Rectangle	~Secours	d	NET(h,i,j,k)	0,100784997			
Cercle	V3	e	-	0,995024876	1	Dis(0,0001;0,02)	0
Cercle	C1	f	-	0,952380952	1	Dis(0,001;0,02)	0
Cercle	V2	g	-	0,995024876	1	Dis(0,0001;0,02)	0
Cercle	C2	h	-	0,952380952	1	Dis(0,001;0,02)	0
Cercle	Alarme	i	-	0,995024876	1	Dis(0,0001;0,02)	0
Cercle	Opérateur	j	-	0,95	1	Pro(0,05)	0
Rectangle	Vsecours	k	OU(l,m)	0,99883856			
Cercle	V1	l	-	0,952380952	1	Dis(0,001;0,02)	0
Cercle	V4	m	-	0,975609756	1	Dis(0,0005;0,02)	0

Temps	Probabilité de a
0	4,3825E-17
1000	0,00250705
2000	0,00250705
3000	0,00250705
4000	0,00250705
5000	0,00250705



II – Bloc diagramme de Fiabilité et Traitements Markoviens (outil SUPERCAB)

La probabilité de défaillance de l'opérateur à la sollicitation (0,05) est remplacée par un taux de panne de 0,0005 Hr-1.

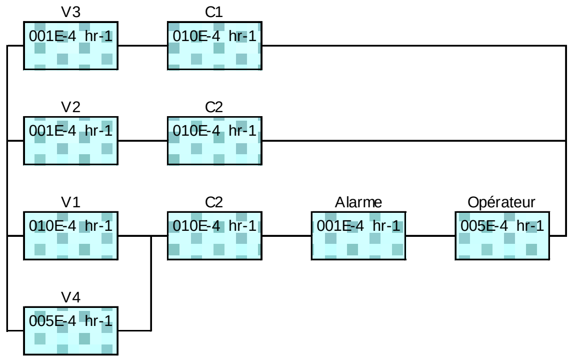
1 - Construire le Bloc diagramme Fiabilité correspondant au non débordement du réservoir.

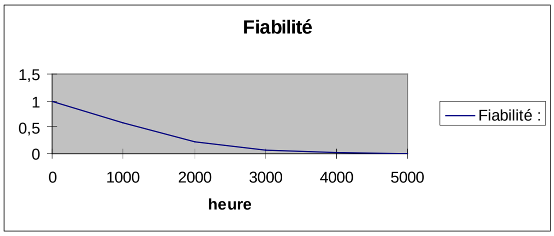
2 - Evaluer la fiabilité du système de 0 à 5000 heures et la comparer avec celle obtenue avec l'arbre de défaillance en tenant compte du taux de panne de l'opérateur.

3 - Quelle conclusion en tirez-vous, concernant les méthodes de calcul utilisées pour le traitement de l'arbre (calcul analytique) et celui de l'architecture (traitement markovien), et quel intérêt présente pour vous l'utilisation de différentes méthodes de modélisation ?

4 – Analyser la matrice de Markov générée par l'outil. Sa taille est-elle normale et comment vous y prendriez-vous pour modéliser manuellement un tel système ?

ELEMENTS	Taux de panne ON (hr-1)	Nb	Type de redondance	Fiabilité T (hr) = 1000	Fiabilité T (hr) = 2000	Fiabilité T (hr) = 3000	Fiabilité T (hr) = 4000	Fiabilité T (hr) = 5000
V1 (a)	1,00E-03							
V2 (b)	1,00E-04							
V3 (c)	1,00E-04							
V4 (d)	0,0005							
C1 (e)	0,001							
C2 (f)	0,001							
Alarme (g)	0,0001							
Opérateur (h)	0,0005							
			c*e+b*f+(a+d)*f*g*h	0,56456857	0,21230809	0,07294381	0,02448574	0,00816844





Arbre

Temps	Probabilité de a	Probabilité de non débordement
0	0	1,000000000000000
1000	0,43543143	0,564568572600843
2000	0,78769191	0,212308094821233
3000	0,92705619	0,072943806921828
4000	0,97551426	0,024485739464287
5000	0,99183156	0,008168444675570

Markov

Fiabilité
1,000000000000000
0,564568572600842
0,212308094821231
0,072943806921823
0,024485739464282
0,008168444675613

Résultats identiques à la 13 ème décimale près

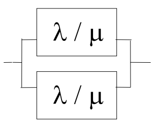
Outre la vérification des outils utilisés, l'utilisation de méthodes différentes pour traiter un même problème permet de limiter le risque d'erreur de modélisation qui est relativement courante quand les systèmes sont complexes.

La taille de la matrice n'est que de 16 états car les états équivalents ont été regroupés. Le système possède en effet 256 états différents (2^8).

ETATS :	MAT :		2	3	4	5	6	7	8	9	0		2	3	4	5	6
h g f e d c b a	1	-	Lba	Lbb	Lbd		Lbc+Lbe						Lbg+Lbh		Lbf		
h g f e d c b na	2		-			Lbb			Lbc+Lbe				Lbd+Lbg+Lbh		Lbf		
h g f e d c nb a	3			-		Lba		Lbd		Lbc+Lbe					Lbf+Lbg+Lbh		
h g f e nd c b a	4				-			Lbb			Lbc+Lbe		Lba+Lbg+Lbh		Lbf		
h g f e d c nb na	5					-						Lbc+Lbe			Lbd+Lbf+Lbg+Lbh		
h g f ne d nc b a	6						-		Lba	Lbb	Lbd					Lbg+Lbh	Lbf
h g f e nd c nb a	7							-						Lbc+Lbe	Lba+Lbf+Lbg+Lbh		
h g f ne d nc b na	8								-			Lbb				Lbd+Lbg+Lbh	Lbf
h g f ne d nc nb a	9									-		Lba		Lbd			Lbf+Lbg+Lbh
h g f ne nd nc b a	10										-			Lbb		Lba+Lbg+Lbh	Lbf
h g f ne d nc nb na	11											-					Lbd+Lbf+Lbg+Lbh
nh ng f e nd c b na	12												-		Lbb+Lbf	Lbc+Lbe	
h g f ne nd nc nb a	13													-			Lba+Lbf+Lbg+Lbh
nh ng nf e nd c nb na	14														-		Lbc+Lbe
nh ng f ne nd nc b na	15															-	Lbb+Lbf
nh ng nf ne nd nc nb na	16																-
	INIT :	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ETATS :	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

La démarche à adopter pour modéliser un système par un processus markovien est d’identifier tous les états différents, qui ne peuvent être regroupés du point de vue comportemental, puis d’analyser chacun des taux de transition entre ces états.

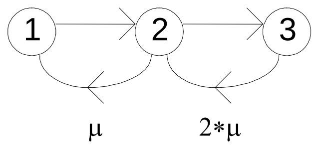
La modélisation sous forme de matrice évite d’oublier des transitions (de la gauche vers le haut), contrairement à la représentation sous forme de graphe de Markov.



λ : taux de panne

μ : taux de réparation

Redondance simple



Graphe de Markov

1 : Absence de panne

2 : Perte d'un élément

3 : Perte du système

Etats de fonctionnement

$$
\begin{array}{c|ccc|}
 & 1 & 2 & 3 \\
\hline
1 & - & 2*\lambda & 0 \\
2 & \mu & - & \lambda \\
3 & 0 & 2*\mu & - \\
\hline
\end{array}
$$

Matrice de Markov

<u>Exemple de la redondance active</u>

III – Simulation de Monte-Carlo (Outil SIMCAB)

L'opérateur est toujours modélisé par un taux de panne de 0,0005 Hr-1.

1 - Réaliser un modèle de simulation du système

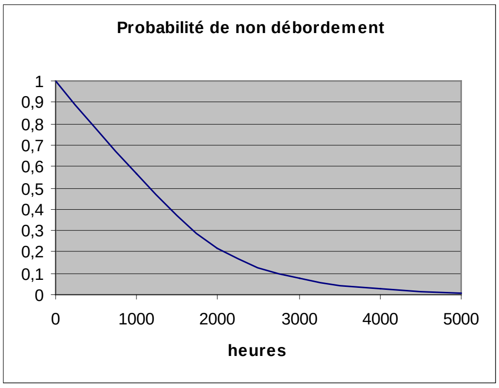
2 – Lancer 100 puis 16000 pas de simulation. Comparez les résultats avec ceux obtenus précédemment. Que constatez-vous ?

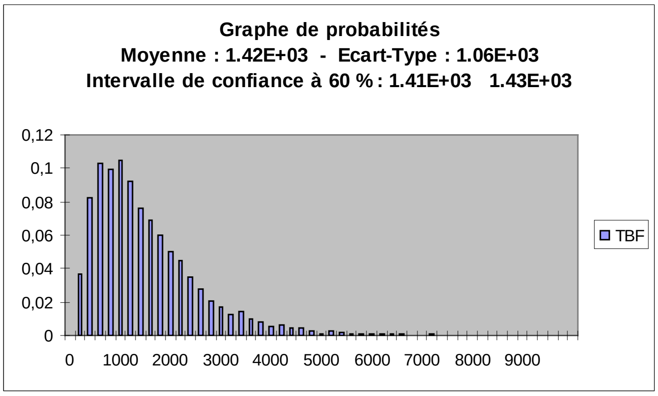
3 – Que signifie pour vous la notion d'intervalle de confiance ?

D'après le théorème « Central Limite », celui-ci a pour expression $m \pm U_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$ au risque α

4 – Comparer les avantages et inconvénients de la simulation de Monte-Carlo par rapport aux autres méthodes d'évaluation.

	V1	V2	V3	V4	C1	C2	Alarme	Opérateur	Système	Fiabilité	Intervalle de confiance à 60%	
Temps (hrs)	73,26	8695,62	6217,36	3220,28	207,65	383,53	17803,59	611,82	383,53		V min	V max
0	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	VRAI	1	1,000	1,000	1,000
1000	FAUX	VRAI	VRAI	VRAI	FAUX	FAUX	VRAI	FAUX	0	0,568	0,528	0,611
2000	FAUX	VRAI	VRAI	VRAI	FAUX	FAUX	VRAI	FAUX	0	0,217	0,185	0,255
3000	FAUX	VRAI	VRAI	VRAI	FAUX	FAUX	VRAI	FAUX	0	0,076	0,023	0,056
4000	FAUX	VRAI	VRAI	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	FAUX	0	0,027	0,015	0,044
5000	FAUX	VRAI	VRAI	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	FAUX	0	0,008	0,001	0,018





La simulation de Monte-Carlo est plus lente et aboutit à des résultats moins précis qu'avec les traitements analytiques ou markoviens.

La précision dépend du nombre N de simulation effectué mais la largeur de l'intervalle de confiance, qui correspond à un intervalle dans laquelle se trouve le résultat avec une probabilité 1- α, ne décroît que lentement en fonction de N.

La simulation de Monte-Carlo permet en revanche d'obtenir une distribution des résultats (durée de fonctionnement) et des lois de toute nature peuvent être considérées.