



LES PRODUITS

**SIMCAB**

CAB INNOVATION

# Simulation

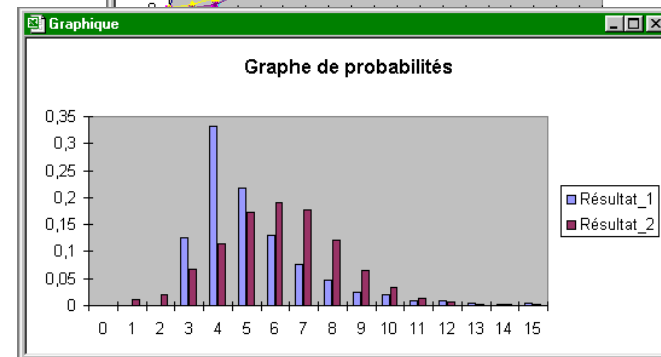
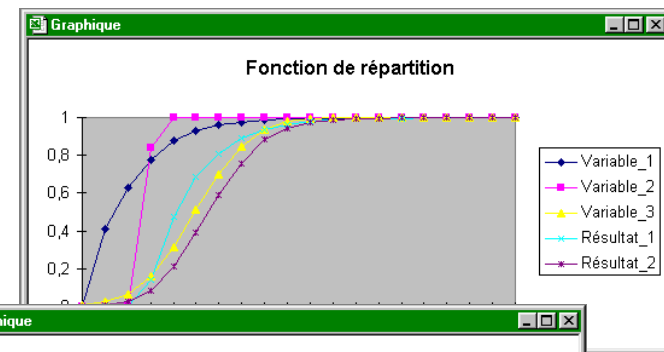
## Simulation de Monte-Carlo

CAB INNOVATION

### □ Outil générique de simulation

*Variables → Noms de paramètre*

Classeur1		
Variable 1		
Variable 2		
Variable 3		
		Résultat 2
	Résultat 1	



### Ajout de variables aléatoires au tableur

**Lois :** Bêta, Binomiale, Erlang , Exponentielle, Gamma, Géométrique, Gumbel, Hypergéométrique, Lognormale, Normale, Pareto, Pearson, Personnalisée (Kaplan-Meyer), Poisson, Triangulaire, Uniforme, Weibull (2 ou 3 paramètres)

**Ajustement de lois à partir de données expérimentales (censurées ou pas)**

**Traitements statistiques divers (corrélations, quantiles...)**

### Electronique

**Exemple1.xls**

#### Lancement d'un nouveau produit

Coût de lancement	3872,59875	Min	Probable	Max
Prix de vente :	36,9429184	2000	3800	4500
Nombre d'unités vendues :	1725,0632	30	35	50
Coût par unité	25,9116519	200	1500	5000
		25	Ecart-type :	3

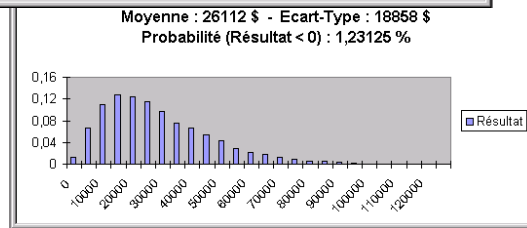
Résultat : **15157,033 \$**      Risque de perte : **1,2 %**

Résultat moyen :

Ecart-type :

Marketing

Mécanique



**Exemple2.xls**

#### Analyse de pires cas

Probabilité (V2 < 4 Volts) : **0,08 %**

Tension V1 : 21,5357638  
 Résistance 1 : 19,0937725  
 Résistance 2 : 4,66612358

Tension V2 : **4,2293339 Volts**

Tension moyenne :

Ecart-type :

**Exemple4.xls**

#### Eblouissement d'un instrument optique

Durée avant éblouissement destructif après panne de satellite

Attitudes initiales/soleil	Téta X0 :	231,670	degré
	Téta Y0 :	110,245	degré
	Téta Z0 :	271,357	degré

Vitesses initiales	VX0 :	2,856	degré /seconde
	VY0 :	1,083	degré /seconde
	VZ0 :	0,155	degré /seconde

Cône instrument optique : 10 degré

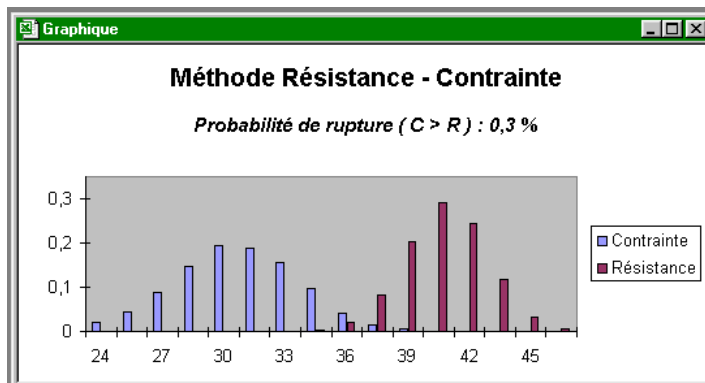
Durée avant éblouissement : **4,68 heures**

Durée moyenne :

Ecart-type :

Probabilité de destruction avant reprise par le sol (durée < 10 heures) : **33 %**

Problèmes divers

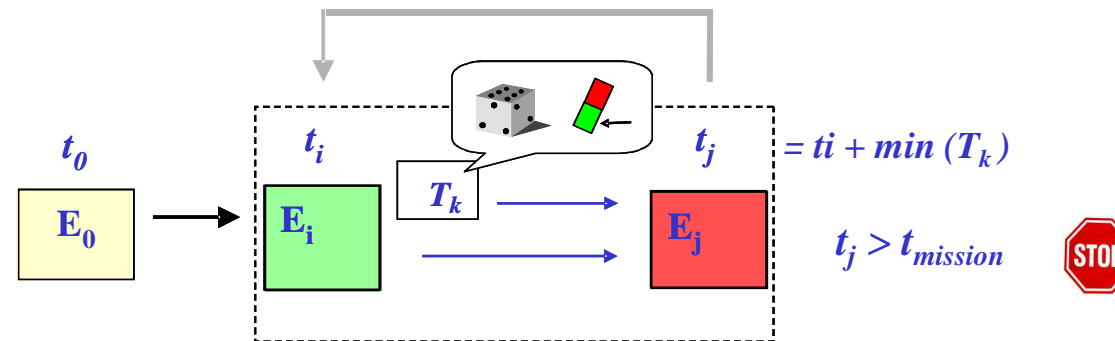


## Modèle de simulation récurrente

CAB INNOVATION

### ❑ Modélisation des systèmes hybrides à états discrets

Transition générique  
entre deux instants  
courants :



*$T_k$  = durée avant prochaine transition aléatoire entre états ou franchissement d'un seuil par une variable continue*

- Méthode originale : modélisation d'une transition générique
- Systèmes hybrides (variables aléatoires et continues)
- Outil de développement de simulateurs
- Optimisation des modèles de simulation (couplage avec l'outil Gencab)

# Modèle de simulation récurrente

CAB INNOVATION

Overflow.XLS

## Tank overflow

Flow in the tank: 100 l/hr

Flow of the pump: 150 l/hr  
 MTBF of pump: 2000 hr  
 MTTR of pump: 100 hr

Section of the tank: 1 m<sup>2</sup>  
 Height of the tank: 10 m

Lost volume (during 10000 hours)  
 Average: 18.2 E+03 - Standard deviation: 19.4 E+03

<b>T<sub>0</sub></b>	<b>T<sub>i</sub></b>	<b>T<sub>k</sub></b>		<b>T<sub>j</sub></b>	<b>deltaT</b>	Initialisation
0	2786,4	TTF	TTR	2789,57	3,17353	Step
State of the pump:	0	T next overflow	3	1	<b>Tmission</b>	Simulation
State of the tank:	1	100		1	10000	
Level of the liquid:	0			0,31735		
Number of overflows:	0			0		
Lost volume (l):	0			0		



Systemes hybrides :  
 variables aleatoires  
 et/ou  
 continues

# Modèle de simulation récursive

CAB INNOVATION

## □ Génération automatique de simulateur

Architecture		Passif		Simulateur												
		Rechange		BDF												
N°	Equipement	Panne		Réparation		Passif					Stock rechange					
		Loi	$\lambda$	Loi	$\mu$	Condition <sub>OFF</sub>	Loi	$\lambda_{OFF}$	Loi	$T_{Reconf}$	$\gamma$	N°	S	Loi	TAT	
1	Escavatrice 1	EXP	0,0001	EXP	0,02		EXP		EXP							
2	Escavatrice 2	EXP	0,0001	EXP	0,02		EXP		EXP			1		EXP		
3	Escavatrice 3	EXP	0,0001	EXP	0,02	1*2	EXP	1E-06	EXP	1	0,01	1		EXP		
4	Broyeur 1	EXP	7E-05	EXP	0,002		EXP		EXP				1	EXP		4000
5	Four 1	EXP	5E-05	EXP	0,0033		EXP		EXP					EXP		
6	Broyeur 2	EXP	7E-05	EXP	0,002		EXP		EXP			4		EXP		
7	Escavatrice 4	EXP	0,0001	EXP	0,02	1/3(1+2+3)*4*5*6	EXP	1E-06	EXP	24		1		EXP		
8	Broyeur 3	EXP	7E-05	EXP	0,002	1/3(1+2+3)*4*5*6	EXP	7E-07	EXP	24		4		EXP		
9	Four 2	EXP	5E-05	EXP	0,0033	1/3(1+2+3)*4*5*6	EXP	5E-07	EXP	24				EXP		

Fonctionnement		
N°	Nom	Condition
1	Nominal	2/3(E1+E2+E3)*E4*E5*E6
2	Dégradé 1	1/3(E1+E2+E3)*E4*E5*E6
3	Secours	E7*E8*E9
4	Dégradé 2	F2+F3



**Simulateur**

	T0	Ti			Tj	DeltaT
	0	0			4005	4005

<b>Equipements</b>			TTF	TTR	TTS	
E1 :	1	1	20437			1
E2 :	1	1	22061			1
E3 :	1	1	685235			1
E4 :	1	1	4005			0
E5 :	1	1	23665			1
E6 :	1	1	5386			1
E7 :	1	1	266954			1
E8 :	1	1	526963			1
E9 :	1	1	2532818			1

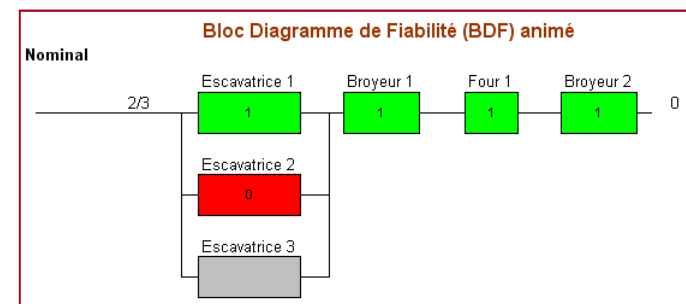
<b>Stocks</b>			TAT		
S1 :	2	2			2
S4 :	1	1			1

<b>Fonctions</b>					
F1 :	1	1			0
F2 :	1	1			0
F3 :	0	0			0
F4 :	1	1			0

<b>Moyenne/mission</b>					
F1 :	1	1			1
F2 :	1	1			1
F3 :	0	0			0
F4 :	1	1			1



*Systemes non markovien ou markovien  
(avec ou sans memoire des transitions passees)*

## Couplage (Markov, arbre de fautes...)

CAB INNOVATION

### Etude de dispersion

MAT :	1	2	3	4	5
1	-	-	Lbd2	Lbd1	Lbd2/10
2	-	-	Lbd2	-	2*Lbd1
3	-	-	-	-	Lbd1+Lbd2
4	-	-	Mu2	-	3*Lbd2
5	-	Mu1	-	-	-

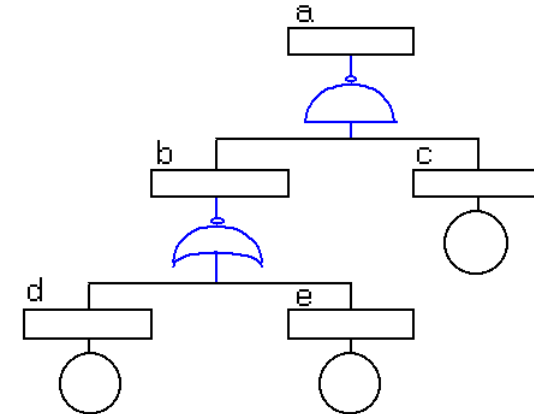
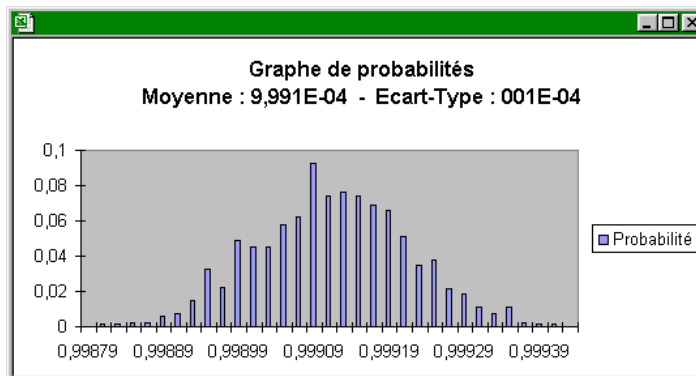
INIT :	1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0

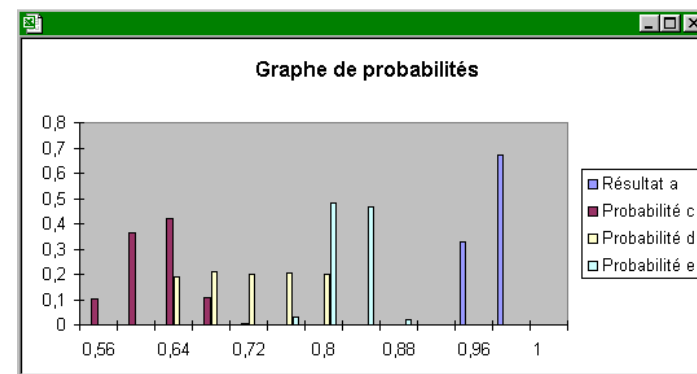
ETATS :	1	0	1	1	0
1	1	0	1	1	0

Probabilité = 0,9991836 à t = 1000 hr

*Incertitudes sur Lbd et Mu ?*



*Incertitudes sur les probabilités élémentaires (éventuellement corrélées) ?*



Conservation des performances en **précision** et **rapidité de traitement**

# Optimisation des modèles de simulation

CAB INNOVATION

### SIMULATEUR DE CONSTELLATIONS DE SATELLITES

**Initialisation**    **Pas à pas**    **Simulation**

	<b>TO</b>	<b>TI</b>	<b>TTF</b>	<b>TJ</b>	<b>deltaT</b>
	0	4,7025		4,7075	0,005

**MISSION & STRATEGIE**

Délai pendant déploiement : 0,25  
 CU redondée : VRAI  
 Nb sat mission (besoin) : 6  
 Nb sat min (critère lancement) : 7  
 Durée renouvellement (ans) : 25  
 Nombre lanceurs max : 1000  
 Anticipation : VRAI

**PARAMETRES LANCEUR**

Choix du lanceur : Véga  
 Taux réussite : 0,98  
 Délai réservation : 0,25  
 Capacité : 8

**Liste**

- Soyouz
- Véga
- Véga
- Véga
- Véga
- Véga
- Véga
- Véga
- Véga
- Véga
- Véga
- Véga

Lanceur			
Nb lancements	1	1	
Nb satellites	15	15	
Déploiement	VRAI	FAUX	FAUX

SAT	Usure		
SAT1	1,3837	1,3786	
	Défaillance	10,226	10,221
	Satellite	1	1,3837
SAT2			
	Défaillance		0
	Satellite	0	0
SAT3	0,5631	0,558	
	Défaillance	2,1038	2,0987
	Satellite	1	0,5631
SAT4	1,1771	1,172	
	Défaillance	9,0734	9,0683
	Satellite	1	1,1771
SAT5	0,5353	0,5302	
	Défaillance	1,297	1,2919
	Satellite	1	0,5353
SAT6	0,7137	0,7086	
	Défaillance	5,2687	5,2636
	Satellite	1	0,7137
SAT7			
	Défaillance		0
	Satellite	0	0

**TABLE D'AFFECTATION**

Sat	Etat	Affectation	Durées
1	1	FAUX	1,38369
2	0	FAUX	
3	1	FAUX	0,56308
4	1	FAUX	1,17708
5	1	FAUX	0,53529
6	1	FAUX	0,71368
7	0	FAUX	
8	1	FAUX	0,12089
9	1	FAUX	0,62242
10	1	FAUX	0,2082
11	1	FAUX	0,0837
12	0	FAUX	
13	1	FAUX	0,79932
14	1	FAUX	0,00505
15	1	FAUX	0,52031
16	0	FAUX	
17	0	FAUX	
18	0	FAUX	
19	0	FAUX	
20	0	FAUX	
21	0	FAUX	
22	0	FAUX	
23	0	FAUX	
24	0	FAUX	
25	0	FAUX	
26	0	FAUX	
27	0	FAUX	
28	0	FAUX	
29	0	FAUX	

**DECISION LANCEMENT**

Nombre satellites ok : 12  
 Fin renouvellement : FAUX  
 Décision lancement : FAUX  
 Pendant déploiement :  
 Sans anticipation :  
 Anticipation :  
 Prochain lancement :

**Nombre de satellites opérationnels**

	moyenne	écart-type	Quantile 90%
Nb satellites consommés	51,56	4,66	56
Nb lanceurs consommés	6,45	0,58	7
Nb satellites ok (1 à 20 ans)	8,45	0,39	7,97597
Disponibilité nominal (1 à 20 ans)	0,98	0,01	0,97

❑ Temps de calcul non rédhibitoire avec couplage optimisé (outil Gencab)