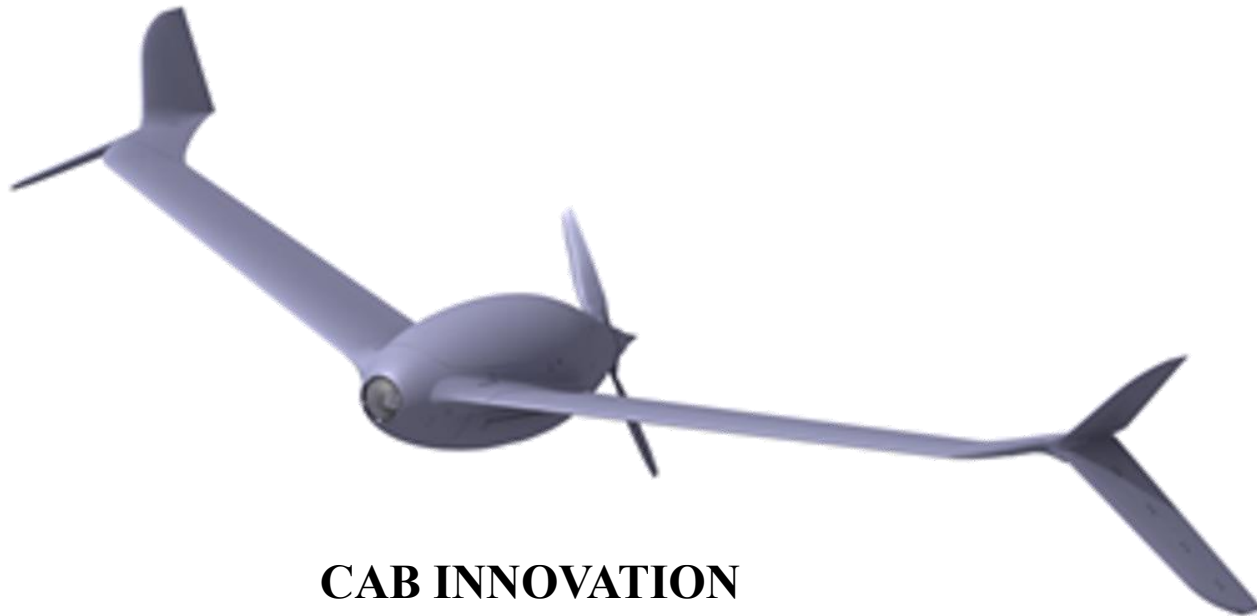


Logiciel d'optimisation et de simulation *Cab Designer V.2*



CAB INNOVATION

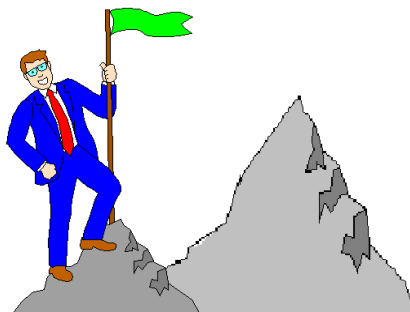
3 rue de la Coquille 31500 Toulouse

Contact@cabinnovation.com

Introduction

❑ Cab Designer est un logiciel d'amélioration et d'innovation qui met, à la portée de tous, les techniques d'optimisation et de simulation les plus efficaces

- Qu'est-ce que l'optimisation ?
- Le logiciel Cab Designer
- Exemples d'applications dans différentes thématiques



L'optimisation

- ❑ L'optimisation, c'est la recherche de la meilleure solution dans tous les domaines

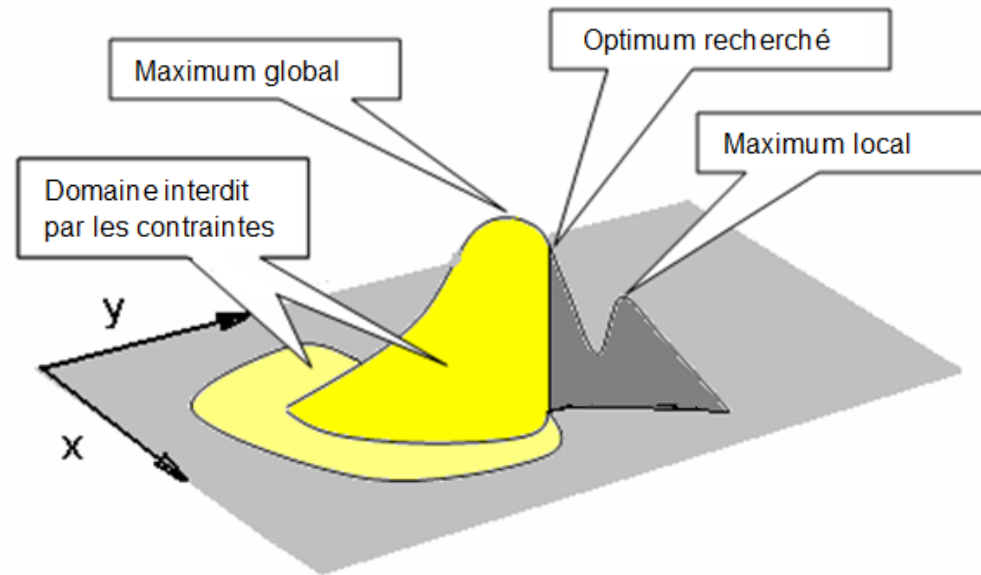
- ❑ Mais ce n'est pas :
 - retenir la première solution qui répond au cahier des charges
 - choisir entre quelques solutions
 - faire une analyse de sensibilité sur quelques paramètres



- Cette aide à la décision :
- n'est pas réservée à des mathématiciens de haut vol
 - constitue un outil de base des ingénieurs et analystes qui sont les mieux à même de formaliser correctement des problématiques concrètes
 - nécessite des outils performants accessibles aux non spécialistes
 - est peu et mal enseignée dans les écoles et universités



❑ Fonction de performance



- ❑ L'optimisation est paramétrique quand une fonction de performance peut être définie à partir de diverses variables de décision
- ❑ Elle peut avoir un optimum global et plusieurs optima locaux
- ❑ Les variables peuvent être soumises à des contraintes qui en limitent le domaine de variation

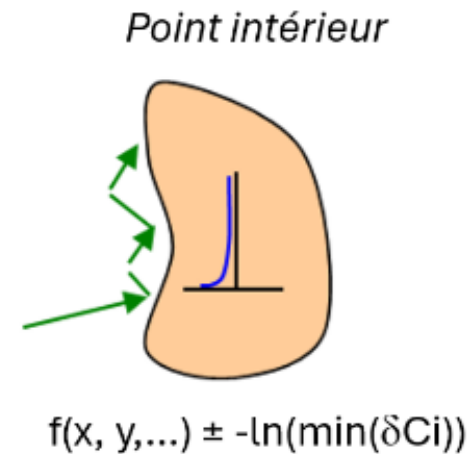
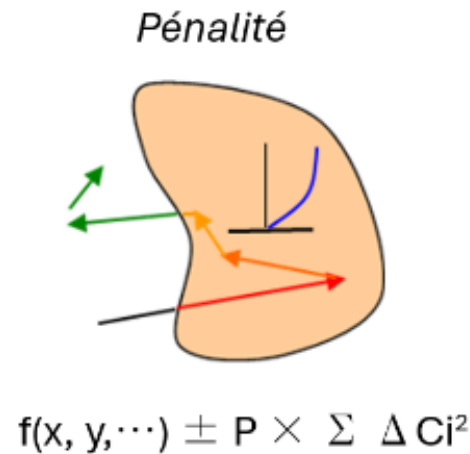


- ❑ La formulation d'un problème consiste à
 - identifier les variables de décision : $x, y...$
 - choisir un critère d'optimisation (ou une combinaison de critères) sous la forme d'une fonction de performance : $f(x, y...)$
 - exprimer d'éventuelles contraintes sous la forme d'autant d'inégalités interdisant certaines configurations des variables de décision : $C_i(x, y...) \geq 0$

- ❑ Un problème peut être traité différemment selon le choix des critères et contraintes :
 - tenir une performance au moindre coût
 - rechercher la meilleure performance dans une enveloppe de coût



- ❑ Les contraintes sont ensuite agrégées à la fonction de performance par diverses méthodes qui autorisent ou pas le franchissement transitoire du domaine des contraintes

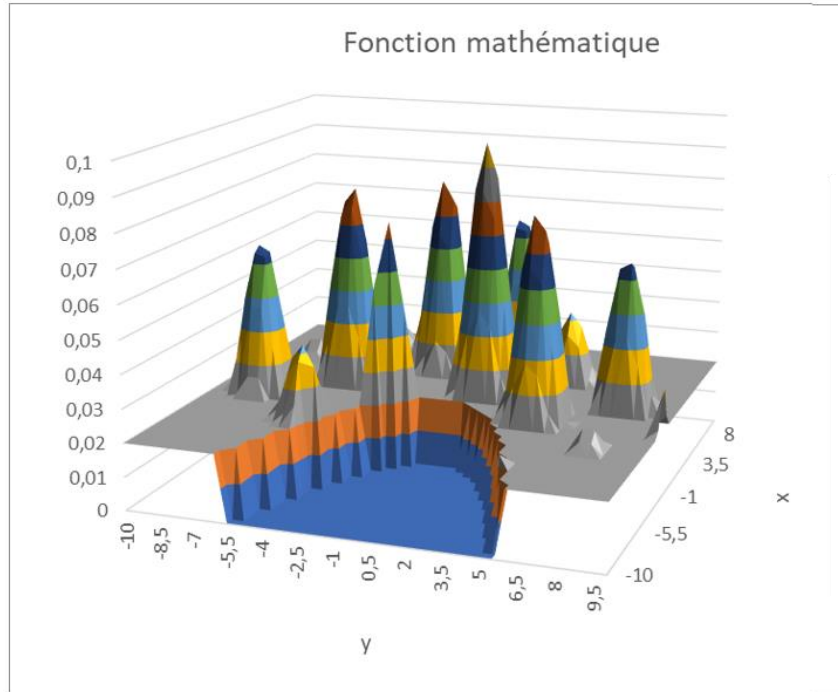


□ Une foison de méthodes d'optimisation existe :

- *annulation et changement de signe de la dérivée d'une fonction dérivable,*
- *déplacement dans la direction de pente maximale (méthode du gradient),*
- *recherche arborescente par séparation et évaluation (branch and bound) pour résoudre des problèmes combinatoires,*
- *algorithmes propres à des problèmes types tels que le plus court chemin (voyageur de commerce) ou meilleur remplissage (sac à dos),*
- *programmation dynamique adaptée à la conduite de procédés ou la gestion de stocks, etc.*

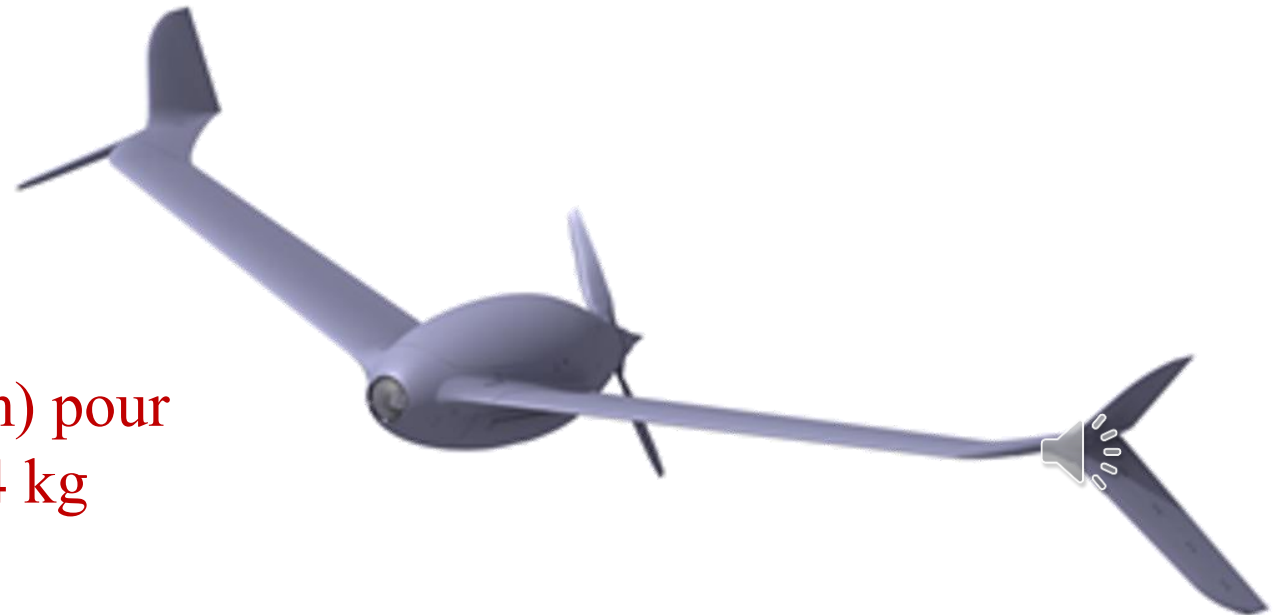
□ Mais outre la planification et l'ordonnancement, les problématiques industrielles sont de type boîte noire ne donnant accès qu'au résultat d'évaluation des configurations de variables de décision

L'optimisation



- ❑ Les méthodes d'optimisation locales (pseudo gradient, simplexe...) permettent de trouver l'optimum local le plus proche d'une solution initiale
- ❑ Les méthodes de recherche aléatoire de l'optimum global (algorithmes génétiques, recuit simulé...) sont très lentes à converger sans garantie de succès

- ❑ L'hybridation de méthodes globales et locales :
 - évite le blocage sur un optimum local et la nécessité de partir d'une bonne solution
 - accélère fortement la vitesse de convergence et améliore la qualité des solutions trouvées
 - permet de trouver des solutions difficiles à imaginer a priori



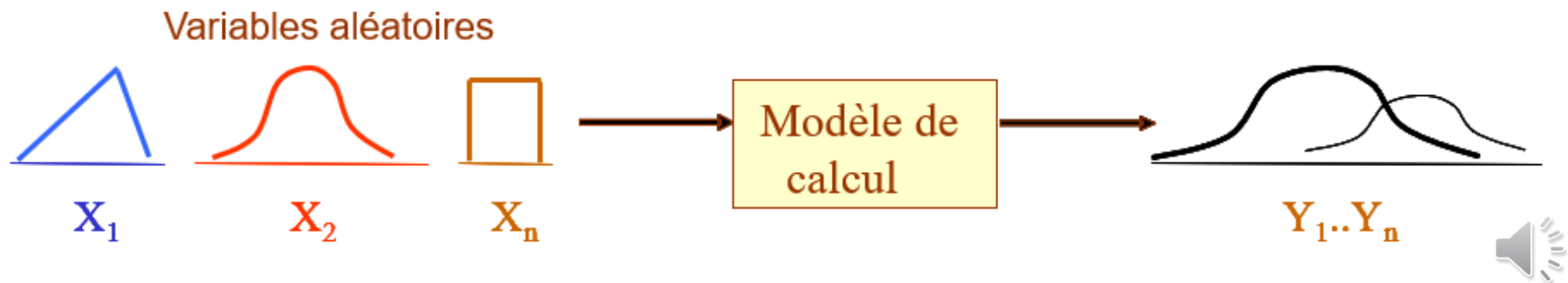
+ 30% d'élongation (> 500 Km) pour le drone électrique Cabiota de 4 kg

Simulation de Mont-Carlo

- ❑ Méthode de calcul approchée utilisant des procédés aléatoires pour résoudre des problèmes multiples dans tous les domaines :

Calcul intégral, physique des particules, dimensionnement mécanique, fiabilité, gestion financière...

- ❑ Consiste à simuler une configuration des variables aléatoires utilisées dans un calcul, pour obtenir des résultats, puis à réitérer l'opération un grand nombre de fois, afin d'obtenir une distribution des résultats



- ❑ Logiciel d'optimisation hybride (*algorithmes génétiques + simplexe*) et de simulation de Monte-Carlo
- ❑ Facile d'emploi dans l'environnement Excel
- ❑ Se couple aux logiciels de calcul fonctionnant sous Windows via leur invite de commande
- ❑ Réalise des optimisations à partir de résultats de simulation de Monte-Carlo dans des temps raisonnables
- ❑ Permet de résoudre ainsi tout un champ de problématiques nouvelles de nature déterministe et aléatoire



Optimisation



DATA	1	2	3	4	5	6	RESULT
Name	X	Y	Variable 3	Variable 4	Variable 5	Variable 6	
Type	Real	Integer	Binary	Alphanumeric	Permutation	Combination	
Min / k	-100	1		9	8		
Max / n	100	10					
Init / End	x	x	x	x	x		

Criteria	=Coût	Min
Constraints		
Performance	>=	Objecif
	=X + Y	>= 34
Penalty	Factor:	1,00E+09
Objective		

Optimisation

Number of optimisation loops: 20

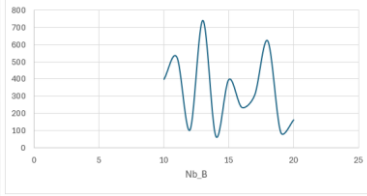
Number of simplex steps per loops: 50

Loops with simplex (%): 50

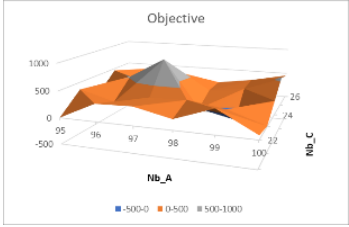
☒ Reset parameters ☒ Display ☐ Fisher

OK Cancel

Objective



Objective



- Variables de décision (< 100 paramètres du tableur) : **réelles, entières, binaires, alphanumériques, permutation, combinaison avec ou sans répétition et arrangement**
- Contraintes : **méthode de pénalité ou du point intérieur**
- Nombre de boucles A.G et de pas de simplexe à chaque boucle (ou à certaines)
- Démarrage à partir de résultats précédents ou de variables réinitialisées
- Possibilité de tracer une courbe 2D ou 3D de la fonction de performance en fonction d'un ou de deux paramètres réels ou entiers



Simulation

Help	1	2	3	4	5
Name	X	Y	Var_3	Var_4	Var_5
Law	Triangular	Uniform	Normal	Weibull	
Parameter 1	0,9	-10	9	2,5	
Parameter 2	0,1	10	2	5000	
Parameter 3	1,5			100	
Parameter 4					
Parameter 5					
Value					



RESULTS	1	2	3
Name	Résultat 1	Résultat 2	Résultat 3
Chart	Yes	No	No
Output	Average	Quantile	>
Parameter		95	Average
Value			Standard deviation
			Quantile
			>
			<

Simulation

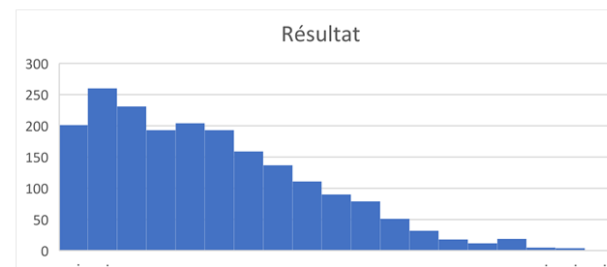
Numbers of simulations : 10000

☒ Show graphs

☐ Keep the detailed simulation results

OK

Cancel



- Variables aléatoires : lois Bêta, Binômiale, Chi carré, Erlang, Exponentielle, Gamma, Géométrique, Gumbel, Hypergéométrique, Lognormal, Normal, Normal Standard, Pareto, Pearson, Poisson, Student, Triangulaire, Uniforme, Variance Gamma, Weibull ...
- Résultats : moyenne, écart type, quantiles, probabilité de dépassement d'un seuil...

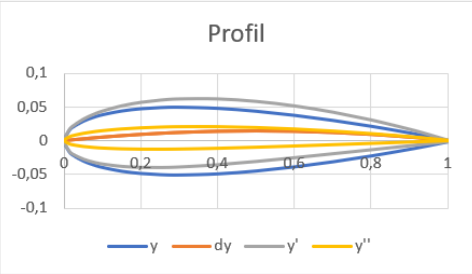


❑ Méthode générique de couplage

- **GRIF** : optimiser la conception et le soutien logistique des systèmes
- **Xfoil** : améliorer les performances aérodynamiques des aéronefs
- Tout logiciel de calcul fonctionnant sous Windows

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Calculation	Write	Write	Write	Write	LaunchWait	Read	Calculation
2	All	C:\xfoil\Profil.dat	C:\xfoil\commands.bat	C:\xfoil\xfoil.bat	C:\xfoil\result.txt	C:\xfoil\xfoil.bat	C:\xfoil\result.txt	All
3			LOAD C:\xfoil\profil.dat	del C:\xfoil\result.txt				
4		1 0.000359601264276504	oper	C:\xfoil\xfoil.exe < C:\xfoil\commands.bat			XFOIL Version 6.99	
5		0.95 0.00321124041976394	visc80000					
6		0.9 0.00585729014370084	0				Calculated polar for:	
7		0.8 0.0105534668319901	iter				1 1 Reynolds number fixed	Mach number fixed
8		0.7 0.0144760326536429	100				xtrf = 1.000 (top) 1.000 (bottom)	
9		0.6 0.0176184967685487	pacc				Mach = 0.000 Re = 0.080 e 6 Ncrit = 9.000	
10		0.5 0.0198954547841711	C:\xfoil\result.txt					
11		0.4 0.0211597130281859					alpha CL CD CDp CM Top_Xtr Bot_Xtr	
12		0.3 0.0211509170734039	Cl 0.5					
13		0.25 0.0205491951183253	quit					
14		0.2 0.019440755220538						
15		0.15 0.0176988314102052						
16		0.1 0.0150870559267978						
17		0.075 0.0133153935581655						
18		0.05 0.0110539727549372						

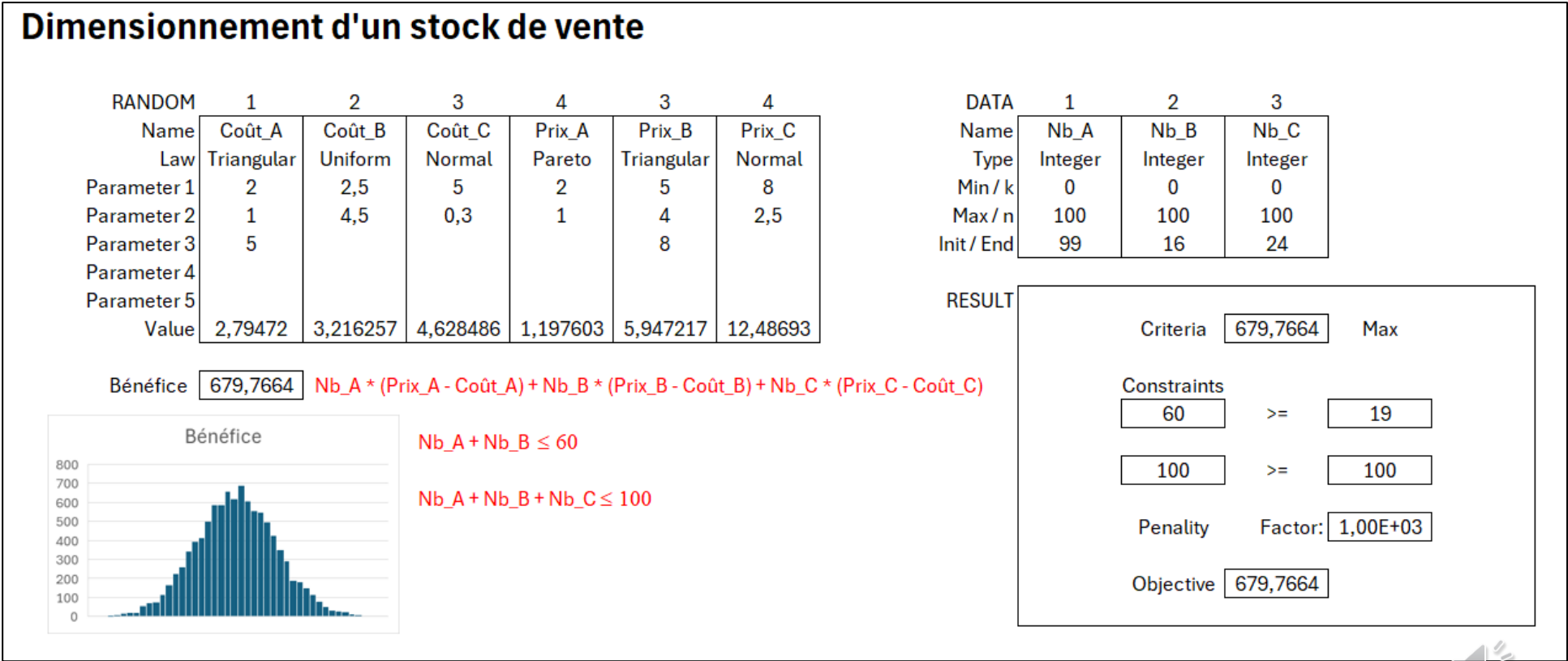
Profil



Xfoil address : <https://web.mit.edu/drela/Public/web/xfoil/>

❑ Les premières colonnes du fichier de calcul correspondent à des actions traitées séquentiellement à chaque évaluation : **calcul, écriture ou lecture de fichiers texte (.txt, .dat, .bat), lancement de fichiers (.bat)**

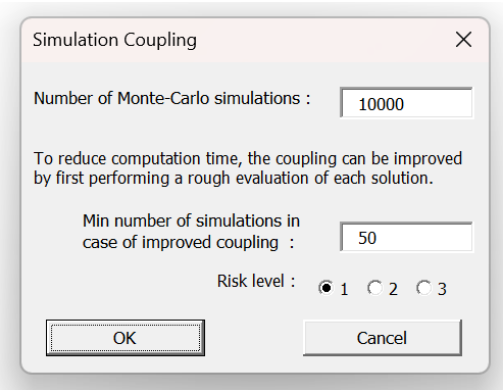
- ❑ **Optimisation à partir de résultats de simulation**
 - Valeur moyenne, quantile, probabilité de dépassement de seuil...



L'espérance de bénéfice constitue le critère d'optimisation et les nombres de produit en stock sont soumis à des contraintes.

❑ Optimisation à partir de résultats de simulation

- L'optimisation nécessite beaucoup de simulations :
5000 évaluations * 5000 simulations = 25 millions pour une application typique en valeur moyenne
- Un algorithme fondé sur le principe de l'OCBA permet de diminuer considérablement les temps de calcul dans un rapport de 10 à 50
16,5 pour ce cas d'école qui passe de 2 heures à 7 minutes

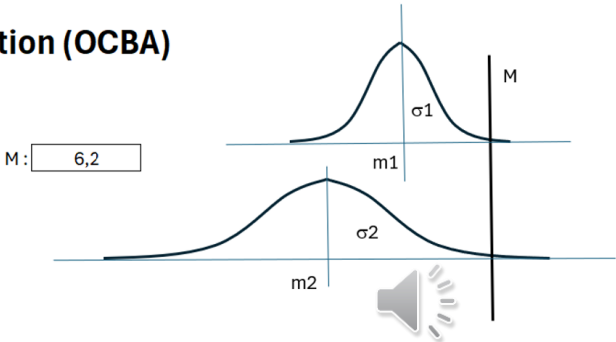


Evaluation grossière éventuellement suivie d'une évaluation + ou - fine

Optimal Computing Budget Allocation (OCBA)

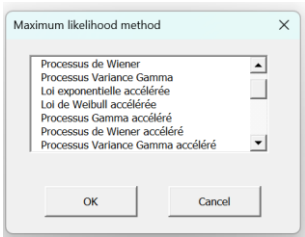
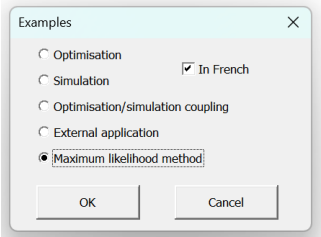
$$N1/N2 : 0,16735537 = (\sigma1/(M-m1))^2 / (\sigma2/(M-m2))^2$$

m1 :	4	m2 :	5
$\sigma1$:	0,3	$\sigma2$:	0,4
N1 :	16,7355372	N2 :	100

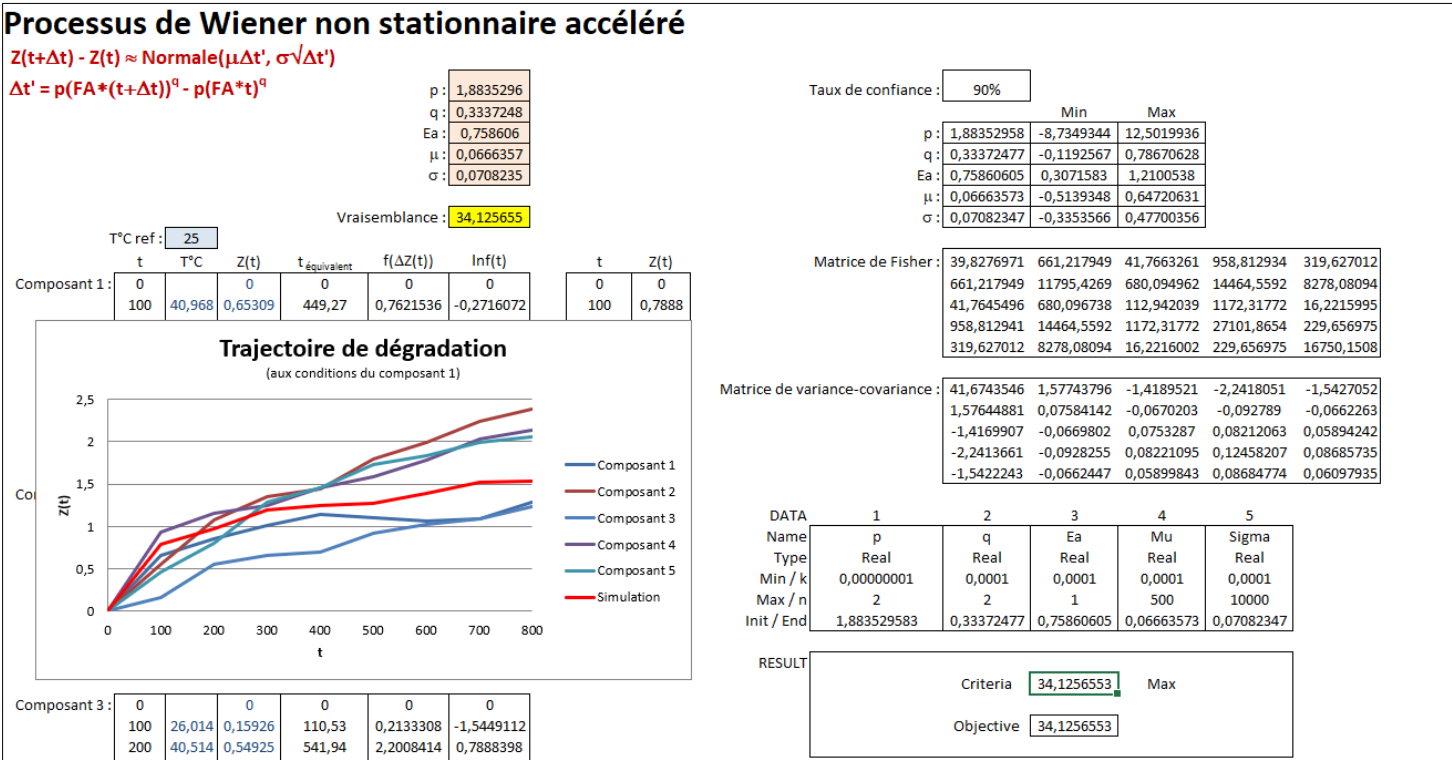


Même risque de perdre une bonne solution

❑ Nombreux exemples proposés par l'outil :



❑ Ajustement (maximum de vraisemblance)



- Vraisemblance supérieure à celle obtenue par les outils existants (méthode hybride)
- Intervalles de confiance estimées à partir de la matrice de Fischer

Plan d'essais (optimisation/simulation)

Plan d'essais accélérés de fiabilité

$$\sum_{k=0}^m C_n^k (1-p)^{n-k} \leq \alpha$$

Durée de la mission T : 100000 hr
Objectif de fiabilité à T : 0,95
Niveau de confiance de l'estimation : 60%

Nombre de pièces n : 24
Type d'essai : 1
Coût d'une pièce : 250 €
Coût de l'essai : 20000 €
Coût si le test échoue : 500000 €
Coût global : 26000 €

Type d'essai : 1 2 3
Facteur d'accélération : 1 8 25
Coût horaire (€): 0,2 0,5 3

Fiabilité réelle (Weibull)
 β : 2,5
 σ : 800000

Nombre de pannes : 0 Succès de l'essai : VRAI

Pannes :	1er	2ème	3ème	4ème	5ème
t(hr) :	396011	422359	428989	434050	473866
1	600470	600470	600470	600470	600470
2	893665	893665	893665	893665	893665
3	1211974	1211974	1211974	1211974	1211974
4	883617	883617	883617	883617	883617
5	428989	428989	428989		
6	704088	704088	704088	704088	704088
7	712896	712896	712896	712896	712896
8	1402354	1402354	1402354	1402354	1402354
9	396011				
10	1346445	1346445	1346445	1346445	1346445
11	422359	422359			
12	815321	815321	815321	815321	815321
13	473866	473866	473866	473866	473866
14	1063948	1063948	1063948	1063948	1063948
15	434050	434050	434050	434050	
16	592091	592091	592091	592091	592091
17	1056440	1056440	1056440	1056440	1056440

Optimisation

DATA	1	2
Name	n	Type_essai
Type	Integer	Integer
Min / k	1	1
Max / n	50	3
Init / End	24	1

RESULT	Criteria	323250	Min
	Objective	-323250	

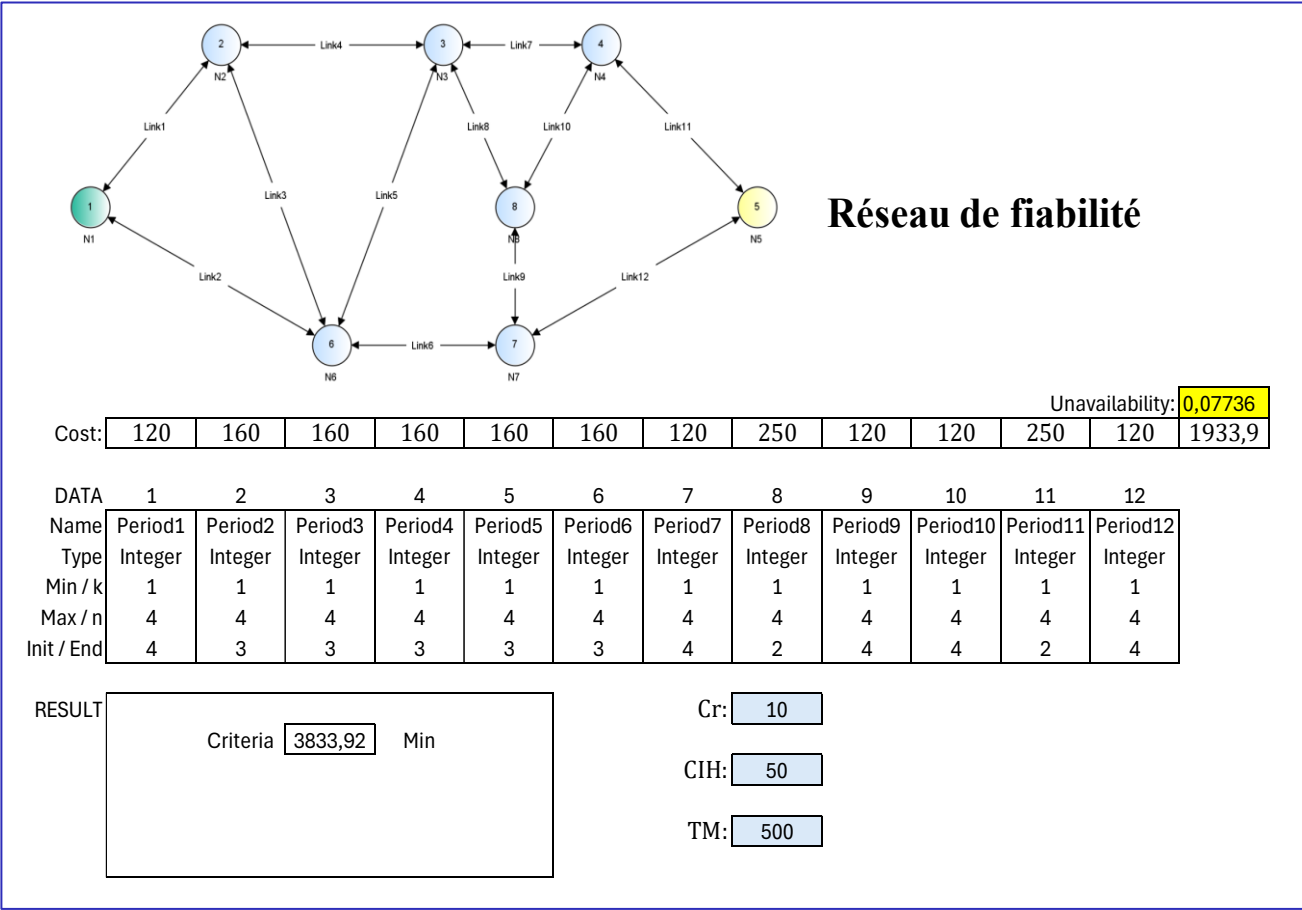
Simulation

RESULTS	1
Name	Coût_global
Chart	Yes
Output	Average
Parameter	
Value	323250

Optimisation du plan à partir de simulations de séquences d'essais

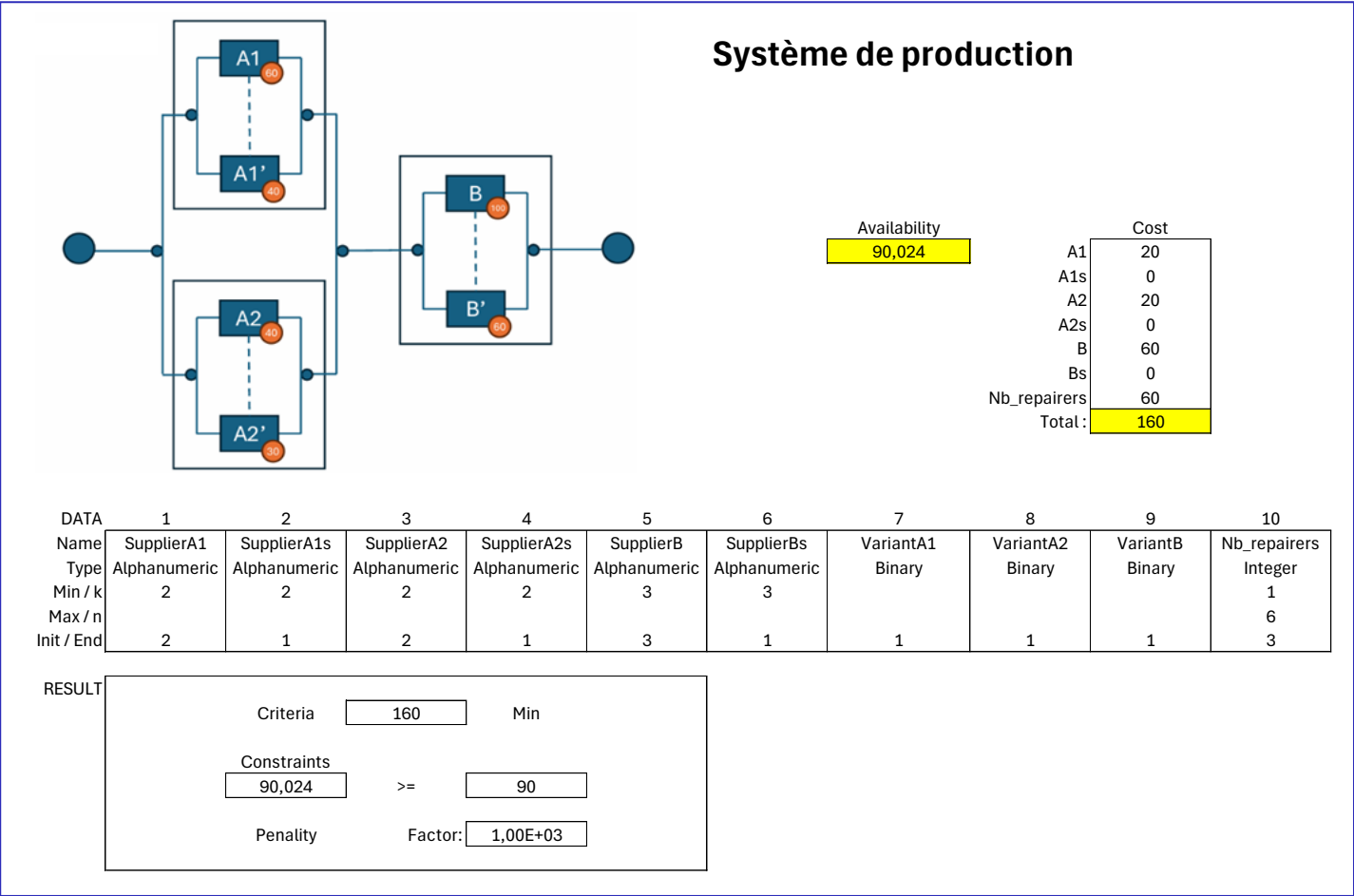


❑ Réseau de fiabilité (couplage avec GRIF/ ALBIZIA)



Coût d'exploitation minimal en jouant sur la période de maintenance de chacun des équipements

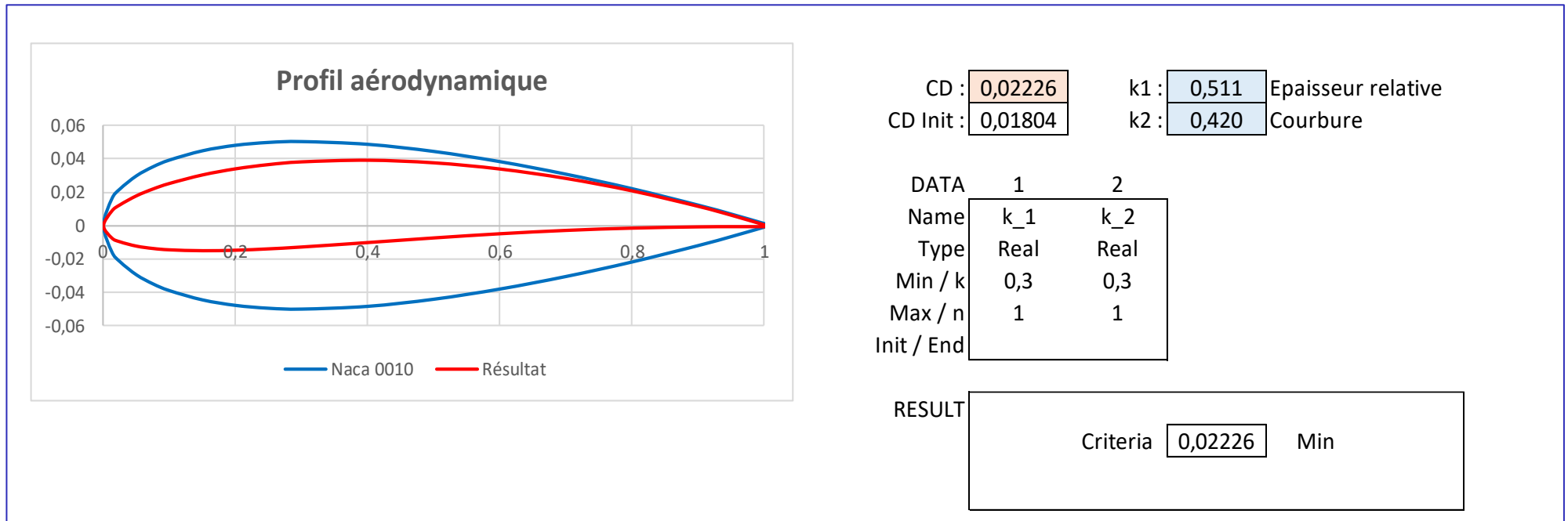
❑ Système de production (couplage avec GRIF/MOCA-RP)



Réseau de
Petri
stochastique

Coût d'exploitation minimal en assurant une capacité de production de 90%

❑ Optimisation de forme (couplage avec XFoil)



Minimisation du coefficient de traînée (CD) en jouant sur l'épaisseur relative ($k_1/10$) et la courbure ($k_2 \times 10$) à partir du profil standard symétrique Naca 0010 (à l'angle d'incidence donnant un coefficient de portance CL égal à 0,5)

Cas industriel (R&D Cab Innovation + Total + CNES)

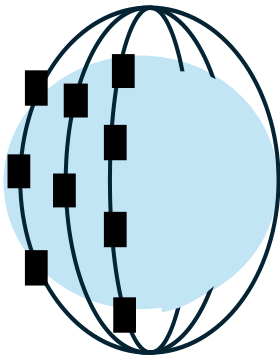
Constellation de satellites

DATA	1	2	3
Name	Emport_Ariane	Delais_Lancement_Vega	Emport_Vega
Type	Integer	Real	Integer
Min / k	22	1488	1
Max / n	32	10000	7
Init / End	31	1537,03	4

	μ	σ
Temps_disponible :	112009,66	5565,13
Nb_Sat_lances :	491,75	12,46
Durée mission :	131400	hr
Disponibilité :	0,85243276	

RESULT

Criteria	491,7484	Min
Constraints		
85,24%	>=	85%
Penalty	Factor:	1,00E+03



GRIF/
MOCA-RP

Optimisation du déploiement et du renouvellement d'une constellation de satellites placés sur 6 plans orbitaux.

Disponibilité supérieure à 85 % (> 21 satellites opérationnels par plan)

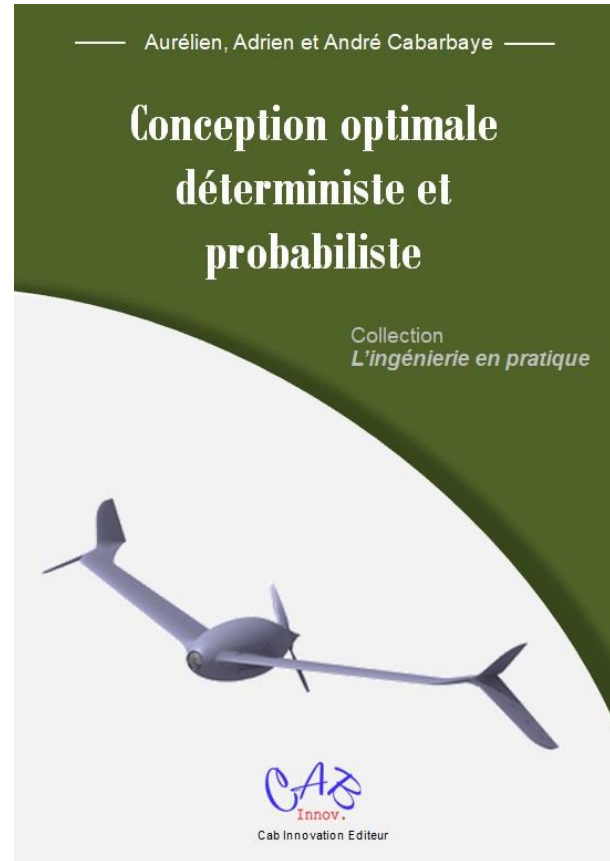
Conclusion

- ❑ L'optimisation est devenue incontournable pour élaborer des produits et services performants et innovants
- ❑ Elle doit être mise en œuvre par les ingénieurs et analystes qui sont les seuls à pouvoir formaliser correctement leurs problématiques
- ❑ Le logiciel Cab Designer tente de répondre à leur attente en mettant les techniques d'optimisation et de simulation les plus efficaces à la portée de tous, avec des outils génériques applicables à tous les domaines d'ingénierie



□ Livres

Cab
Innovation
Editeur



ISBN : 979-10-97287-14-6



ISBN : 979-10-97287-15-3

□ Newsletter : L'optimisation appliquée et groupe : Optimisation multidisciplinaire
<https://www.linkedin.com/newsletters/7341107414638727168/>



□ Boutique (livres et logiciels) : <https://www.cabinnovation.com/shop/>