



TP N° 84

Couplage de Cab Designer avec GRIF

L'objet de ce TP est de montrer la capacité de couplage de l'outil d'optimisation hybride Cab Designer à la suite logicielle de modélisation et de simulation comportementale GRIF.

Il peut être fourni au format Word avec les fichiers Excel incrustés sur demande.

1 – Optimisation d'un cas test avec le moteur de calcul MOCA-RP (réseau de Pétri)

Portant sur un système de production, ce cas test a été proposé par la société Satodev.

2 – Optimisation d'un cas test avec le moteur de calcul ALBIZIA

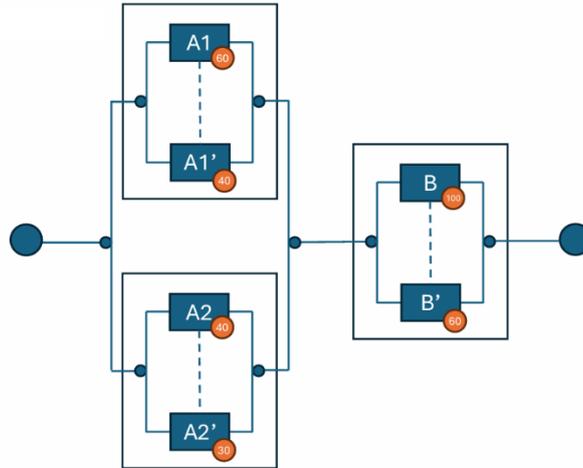
Portant sur un réseau de fiabilité, ce cas test a été proposé par la société Satodev.

3 - Optimisation d'un cas test industriel

Portant sur une constellation de satellites, ce cas test proposé par le CNES est issu d'un véritable cas industriel qui a été modifié pour des raisons de confidentialité.

I – Cas test I

Le système de production est composé de 3 sous-systèmes, A1 et A2 en redondance en série avec B.



Chaque sous-système est composé d'une unité de production principale à laquelle peut être ajoutée une unité de production de secours de moindre capacité.

Chacune des unités peut être acquise auprès de fournisseurs différents avec un taux de défaillance et un coût d'acquisition spécifiques conformément à la table suivante :

Fournisseur	1 ^{er}		2 ^{eme}		3 ^{eme}	
	Taux	Coût	Taux	Coût	Taux	Coût
A1	5e-4	0	2e-4	+20		
A1'	5e-4	0	2e-4	+20		
A2	5e-4	0	2e-4	+20		
A2'	5e-4	0	2e-4	+20		
B	2e-4	0	1e-4	+20	5e-5	+60
B'	2e-4	0	1e-4	+20	5e-5	+60

Le nombre d'équipes de réparation n'est pas limité mais le coût de chacune d'elle est égal à 20.

L'Optimisation porte sur 10 variables de décision :

- 6 variables alphanumériques (de 1 à 2 ou 1 à 3) pour choisir le fournisseur de chaque unité de production,
- 3 variables binaires (0 ou 1) définissent la présence ou non d'unité de secours dans chaque unité de production.
- 1 variable entière (1 à 6) définit le nombre d'équipes de réparation.

La disponibilité correspond à la production asymptotique calculée par GRIF à 2 ans.

Elle est maximisée, ci-après, sous contrainte de coût (≤ 140) puis le coût est minimisé sous contrainte de disponibilité ($\geq 90\%$).

GRIF Cas test 1

Assessment

id	name	value	description	dimension	unit	Availability		Cost
1	LambdaB	1E-4		Other		88,297	A1	20
2	LambdaBs	2.0E-4		Other			A1s	20
3	NbrRepairerInit	3		Other			A2	0
4	WithBs	1		Other			A2s	20
5	LambdaA1	2.0E-4		Other			B	20
6	LambdaA1s	2.0E-4		Other			Bs	0
7	WithA1s	1		Other			Nb_repairers	60
8	LambdaA2	5.0E-4		Other			Total :	140
9	LambdaA2s	2.0E-4		Other				
10	WithA2s	1		Other				

DATA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Name	SupplierA1	SupplierA1s	SupplierA2	SupplierA2s	SupplierB	SupplierBs	VariantA1	VariantA2	VariantB	Nb_repairers
Type	Alphanumeric	Alphanumeric	Alphanumeric	Alphanumeric	Alphanumeric	Alphanumeric	Binary	Binary	Binary	Integer
Min / k	2	2	2	2	3	3				1
Max / n										6
Init / End	2	2	1	2	2	1	1	1	1	3

RESULT

Criteria Max

Constraints >=

Penalty Factor:

GRIF Cas test 1

Assessment

id	name	value	description	dimension	unit	Availability		Cost
1	LambdaB	5.0E-5		Other		90,024	A1	20
2	LambdaBs	2.0E-4		Other			A1s	0
3	NbrRepairerInit	3		Other			A2	20
4	WithBs	1		Other			A2s	0
5	LambdaA1	2.0E-4		Other			B	60
6	LambdaA1s	5.0E-4		Other			Bs	0
7	WithA1s	1		Other			Nb_repairers	60
8	LambdaA2	2.0E-4		Other			Total :	160
9	LambdaA2s	5.0E-4		Other				
10	WithA2s	1		Other				

DATA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Name	SupplierA1	SupplierA1s	SupplierA2	SupplierA2s	SupplierB	SupplierBs	VariantA1	VariantA2	VariantB	Nb_repairers
Type	Alphanumeric	Alphanumeric	Alphanumeric	Alphanumeric	Alphanumeric	Alphanumeric	Binary	Binary	Binary	Integer
Min / k	2	2	2	2	3	3				1
Max / n										6
Init / End	2	1	2	1	3	1	1	1	1	3

RESULT

Criteria Min

Constraints >=

Penalty Factor:



Feuille de calcul
Microsoft Excel

L'interface avec GRIF est réalisée au moyen des six premières colonnes de la feuille de calcul affichées ci-après.

Calculation	Write	Launch	Wait	Read	Calculation
All	C:\Users\andre\Documents\CABINNOV\CLIENTS Total GRIF.grif-2024-CABINNOV\GRIF2024.15\Travaux\CasTest1\ChangeParams.csv	C:\Users\andre\Documents\CABINNOV\CLIENTS Total GRIF.grif-2024-CABINNOV\GRIF2024.15\Travaux\CasTest1\ChangeParams.Launch.bat	5	C:\Users\andre\Documents\CABINNOV\CLIENTS Total GRIF.grif-2024-CABINNOV\GRIF2024.15\Travaux\CasTest1\ChangeParams.Result.xml	All


```

<id name="value" description="dimension unit"
1.LambdaB 1E-4;Other;
2.LambdaB 2.0E-4;Other;
3.NbRepairesA1;C;Other;
4.WiHbA1;C;Other;
5.LambdaA1 2.0E-4;Other;
6.LambdaA1 2.0E-4;Other;
7.WiHAts1;C;Other;
8.LambdaA2 5.0E-4;Other;
9.LambdaA2 2.0E-4;Other;
10.WiHAts2;C;Other;
</id>
<model version="1.0" encoding="ISO-8859-1">
<meta version="14.24.2" grif-version="16.15.0.0" date="173762626688" endDate="173762626688">
<option name="Net-Name" value="CasTest1.jpg"/>
<option name="Histo-Del" value="10000"/>
<option name="Seed-Begin" value="12466661"/>
<option name="Seed-Current" value="190128409038881"/>
<option name="Histo-Delay" value="17520.000"/>
</option>
<states type="1">
</states>
<states type="2">
</states>
<states type="3">
<state id="T" name="Prod">
<point time="1.7520000000000000E+04" value="8.82970000000000054E+01" sdx="1.7844329615458747E+01"/>
</state>
</states>
<states type="4">
</states>
<states type="5">
<state id="T" name="Prod">
<point time="1.7520000000000000E+04" value="8.82970000000000054E+01" sdx="1.7844329615458747E+01"/>
</state>
</states>
<states type="6">
</states>

```

GRIF Cas test 1

Assessment

id	name	value	description	dimension	unit	Availability	Cost
1	LambdaB	1E-4	Other			88,297	A1
2	LambdaB	2.0E-4	Other				A2
3	NbRepairesA1	3	Other				A3
4	WiHbA	1	Other				A4
5	LambdaA1	2.0E-4	Other				B
6	LambdaA1s	2.0E-4	Other				B1
7	WiHAts	1	Other				B2
8	LambdaA2	5.0E-4	Other				Nb_repairs
9	LambdaA2s	2.0E-4	Other				
10	WiHAts2	1	Other				
						Total	140

DATA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Name	SupplierA1	SupplierA1s	SupplierA2	SupplierA2s	SupplierB	SupplierB1	VariantA1	VariantA2	VariantB	Nb_repairs
Type	Alphanumeric	Alphanumeric	Alphanumeric	Alphanumeric	Alphanumeric	Alphanumeric	Binary	Binary	Binary	Integer
Min / Max	2	2	2	2	3	2	1	1	1	1
Int / Ext	2	2	1	2	2	1	1	1	1	3

RESULT

Criteria: 88,297 Max

Constraints: 140 >= 140

Penalty Factor: 1.00E+03

Disponibilité = CNUM(SUBSTITUE(STXT(E19;CHERCHE("value";E19)+7;22);".";";"))

- la première lance un calcul général du classeur pour mettre à jour les données du fichier « ChangeParams.CSV » conformément à une configuration de variables de décision,
- la seconde envoie à GRIF le fichier modifié,
- la troisième lance le calcul de GRIF au moyen du fichier « ChangeParams.Launch.bat »,
- la quatrième temporise 5 secondes en attente des résultats de GRIF,
- la cinquième reçoit le fichier de résultats « ChangeParams.Result.xml »,
- la sixième lance à nouveau un calcul général du classeur pour récupérer la donnée de disponibilité (valeur nommée « value » de la ligne 19 du fichier de résultats).

2 – Cas test 2

Le réseau de fiabilité est représenté ci-dessous. Sa disponibilité est assurée tant qu'un chemin subsiste entre l'entrée et la sortie.

```

graph TD
    N1((N1)) -- Link1 --> N2((N2))
    N1 -- Link2 --> N6((N6))
    N2 -- Link3 --> N6
    N2 -- Link4 --> N3((N3))
    N3 -- Link5 --> N6
    N3 -- Link8 --> N8((N8))
    N4((N4)) -- Link7 --> N3
    N4 -- Link10 --> N8
    N4 -- Link11 --> N5((N5))
    N6 -- Link6 --> N7((N7))
    N7 -- Link9 --> N8
    N8 -- Link12 --> N5

```

Les arêtes du réseau sont des composants remplacés périodiquement.

Les variables de décision sont les périodes de remplacement de chacun de ces composants (10, 20, 40 ou 80)

Le coût de remplacement Cr est égal à 10.

© CAB INNOVATION

4

Le coût d'indisponibilité du réseau CIH est égal à 50 par unité de temps.

La durée de la mission TM est égale à 500.

Le taux de panne λ , égale à 0,01, est identique pour chacun des composants.

Réalisée ci-après, l'optimisation cherche à minimiser le coût global de la maintenance et des indisponibilités, soit :

$$\sum_1^n \text{INT}(TM/\text{Period}_i) \times Cr + \text{Unavailability} \times TM \times \text{CIH}$$

12 variables entières (1 à 4) définissent la période de remplacement de chacun des composants, divisée par 10.

Calculation	Write	Launch	Wait	Read	Calculation
All	C:\Users\andre.D\ocuments\CABINNOV\CLIENTS.Tot	C:\Users\andre.D\ocuments\CABINNOV\CLIENTS.Tot	5	C:\Users\andre.D\ocuments\CABINNOV\CLIENTS.Tot	All

GRIF Cas test 2

Cost:	120	160	160	160	160	160	120	250	120	120	250	120	1933,9
Unavailability:													0,0736

DATA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Name	Period1	Period2	Period3	Period4	Period5	Period6	Period7	Period8	Period9	Period10	Period11	Period12
Type	Integer	Integer	Integer									
Mn / k	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Max / n	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Init / End	4	3	3	3	3	3	4	2	4	4	2	4

RESULT	Criteria	3833,92	Mn
--------	----------	---------	----

Cr:	<input type="text" value="10"/>
CIH:	<input type="text" value="50"/>
TM:	<input type="text" value="500"/>

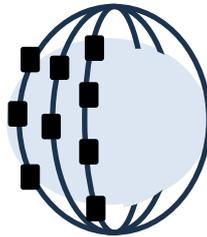
$$\text{Unavailability} = \text{CNUM}(\text{SUBSTITUE}(\text{SUBSTITUE}(\text{SUBSTITUE}(\text{E1244}; "<generic name='mean' v='"; """); "/>"; """); ". "; ", ("))$$



Feuille de calcul
Microsoft Excel

3 – Cas industriel

Illustré par la figure suivante, ce cas test porte sur le déploiement et le renouvellement d'une constellation de satellites sur 6 plans orbitaux.



Le modèle de réseau de Pétri correspondant comprend un processus de fabrication des satellites et 6 processus de déploiement et de renouvellement pour chacun des plans.

La mise en orbite est réalisée par des lanceurs de type Ariane ou Véga dont la capacité d'emport maximale est respectivement de 32 et de 7 satellites.

Les satellites peuvent tomber en panne ou atteindre leur limite de fin de vie.

Le service assuré par la constellation est considéré disponible si au moins 21 satellites sont opérationnels sur chacun des 6 plans d'orbite.

L'optimisation porte sur 3 variables de décision :

- l'emport d'Ariane de 22 à 32 satellites,
- l'emport de Véga de 1 à 7 satellites,
- le délai de lancement de Vega de 1488 à 10 000 heures.

Elle cherche à maximiser la disponibilité moyenne de la constellation sous contrainte de limitation du nombre de satellites utilisés pendant toute la durée de la mission (≤ 400), puis à minimiser le nombre de satellites utilisés sous contrainte de tenue d'une performance de disponibilité moyenne ($\geq 85\%$).

DATA	32	1749,62	3
	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	32	1749,62	3

	μ	σ
Temps_disponible:	67130,0688	3377,378973
Nb_Sat_lances:	399,8737	13,91168939

Durée mission:	131400	hr
Disponibilité:	0,510883324	

RESULT	Criteria	Value	Direction
		0,510883324	Max
	Constraints	400	\geq
		399,8737	
	Penalty	Factor:	1,00E+03

Nb satellites ≤ 400

DATA	31	1537,03	4
	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:	112009,6648	5565,134454
Nb_Sat_lances:	491,7484	12,46199132

Durée mission:	131400	hr
Disponibilité:	0,852432761	

RESULT	Criteria	Value	Direction
		491,7484	Min
	Constraints	85,24%	\geq
		85%	
	Penalty	Factor:	1,00E+03

Disponibilité $\geq 85\%$



Feuille de calcul
Microsoft Excel (code)

L'interface avec GRIF est réalisée au moyen des 6 premières colonnes de la feuille de calcul :

Calculation	Write	Launch	Wait	Read	Calculation
All	C:\Users\andre\Documents\CABINNOV\CLIENTS>Total\GRIF\grif-2024-CABINNOVATION-x64\GRIF2024.15\Travaux\CasCNES\ChangeParams.csv	C:\Users\andre\Documents\CABINNOV\CLIENTS>Total\GRIF\grif-2024-CABINNOVATION-x64\GRIF2024.15\Travaux\CasCNES\ChangeParams.Launch.bat	10	C:\Users\andre\Documents\CABINNOV\CLIENTS>Total\GRIF\grif-2024-CABINNOVATION-x64\GRIF2024.15\Travaux\CasCNES\ChangeParams.Result.xml	All


```

id:name=value;description:dimension;unit
1:Emport_Ariane;32;Other;
2:Delais_Lancement_Vega;1749.62035883353;Other;
3:Emport_Vega;3;Other;
<!-- version="16.15.0.0" date="1744338971577" -->
<option name="Net-Name" value="Scenario_2.5_fiab_max"/>
<option name="Histo-Done" value="10000"/>
<option name="Seed-Begin" value="123456811"/>
<option name="Seed-Current" value="123456811"/>
<option name="Histo-Delay" value="131400.00"/>
</options>
<states type="1">
<state id="1" name="Temps_disponible">
<point time="1.3140000000000000E+05"
value="6.7130068795110201E+04" sdc="3.3773789729398459E+03"/>
</state>
</states>
<states type="2">
</states>
<states type="3">
<state id="2" name="Nb_Sat_lances">
<point time="1.3140000000000000E+05"
value="3.9987369999999993E+02" sdc="1.3911689394900328E+01"/>

```

GRIF Cas test 3

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	32	1749.62	3

Temps_disponible :	67130.07	3377.379
Nb_Sat_lances :	399.8737	13.91169
Durée miss :	131400	hr
Disponibilit	0.510883	

Criteria Max

Constraints >=

Penalty Factor:

- la première met à jour la feuille de calcul selon la configuration des variables de décision,
- la seconde envoie à GRIF le fichier « ChangeParams.CSV »,
- la troisième lance le traitement par GRIF au moyen du fichier « ChangeParams.Launch.bat »,
- la quatrième attend les résultats de GRIF par une temporisation de 10 secondes,
- la cinquième lit le fichier de résultats « ChangeParams.Result.xml »,
- la sixième lance un calcul de la feuille pour récupérer les résultats.

Le temps disponible pendant la mission est obtenu au moyen de la formule Excel suivante :

$$\text{Temps_disponible} = \text{CNUM}(\text{SUBSTITUE}(\text{STXT}(\text{E12}; \text{CHERCHE}(\text{"value"; E12} + 7; 22); \text{"."}; \text{""})))$$