



EURODECISION
OPERATIONAL RESEARCH

L'apport du HPC pour l'optimisation

Eric Jacquet-Lagrèze

FORUM TERATEC – 28 juin 2011

Sommaire

- 1 / Recherche Opérationnelle et calcul scientifique
- 2 / Où se trouve la complexité et quels enjeux pour le HPC ?
- 3 / Simuler pour mieux optimiser la conception
- 4 / Optimisation multicritère et HPC
- 5 / Optimisation stochastique
- 6 / Optimisation combinatoire : génération de colonnes et HPC
- 7 / Conclusion et perspectives

Sommaire

1 / Recherche Opérationnelle et calcul scientifique

2 / Où se trouve la complexité et quels enjeux pour le HPC ?

3 / Simuler pour mieux optimiser la conception

4 / Optimisation multicritère et HPC

5 / Optimisation stochastique

6 / Optimisation combinatoire : génération de colonnes et HPC

7/ Conclusion et perspectives

Recherche Opérationnelle et optimisation Business Analytics & OR : « *the science of better* »



USA : INFORMS

UK : The OR society

Operational Research (O.R.), is the discipline of applying advanced analytical methods to help **make better decisions**



France : ROADEF

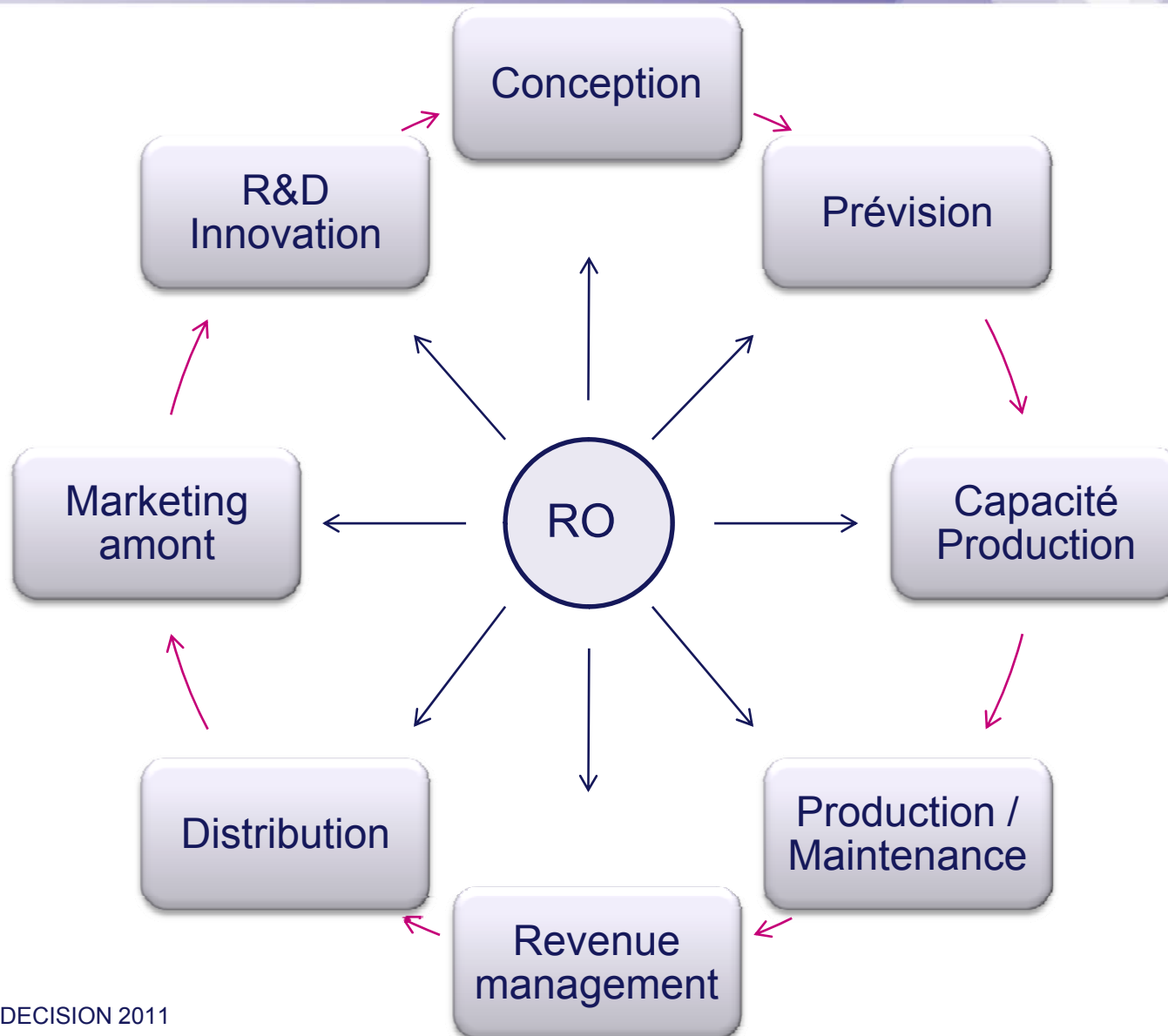
La Recherche Opérationnelle (RO) ... permet de **rationaliser, de simuler et d'optimiser** l'architecture et le fonctionnement des systèmes de production ou d'organisation



Secteur aérien : AGIFORS

Conférences annuelles depuis 1961

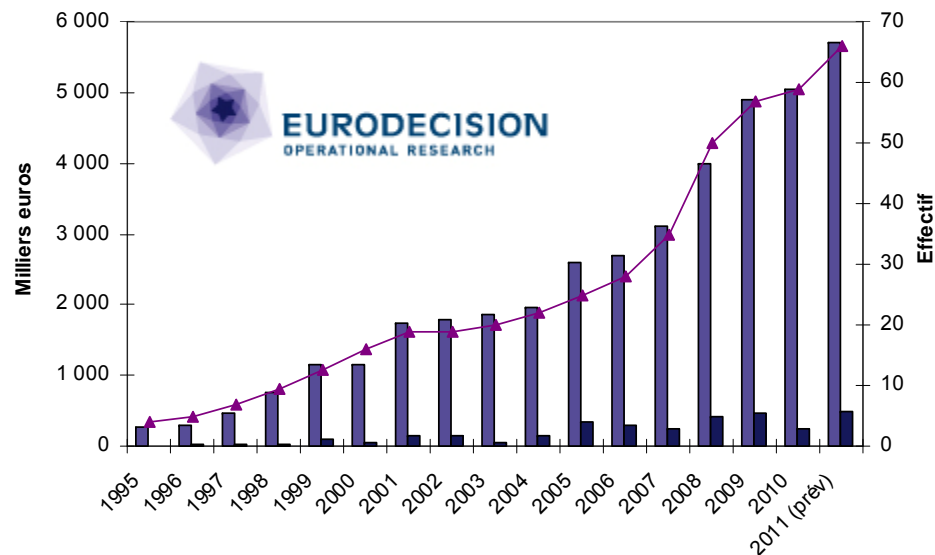
La RO dans le cycle de vie de l'offre de produits ou de services



La RO, un marché en croissance

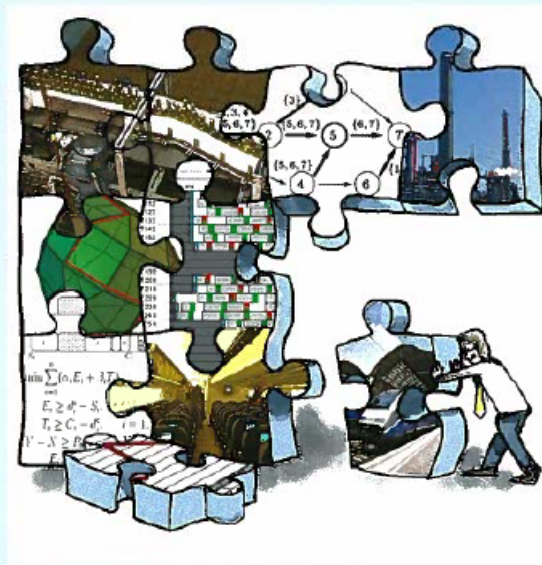
Dans de nombreux secteurs industriels

Quelques entreprises utilisatrices et clientes d'EURODECISION



Livre blanc « La Recherche Opérationnelle en France »

La Recherche Opérationnelle en France



AIR FRANCE	www.airfrance.com
ALMA	www.alma.fr
AMADEUS	www.amadeus.net
ARTELYS	www.artelys.com
BOUYGUES	e-lab.bouygues.com
COSYTEC	www.cosytec.fr
EDF	innovation.edf.com
EURODECISION	www.eurodecision.fr
GDF SUEZ	www.gdfsuez.com
GOOGLE	www.google.fr
ILOG	www.ibm.com/ilog
LA POSTE	www.laposte.fr
OPTILOGISTICS	www.optilogistic.fr
ORACLE	www.oracle.com
ORANGE LABS	www.orange.com
ORDECSYS	www.ordecsys.com
RENAULT	www.renault.com
SFR	www.sfr.fr
SNCF	www.sncf.com

Sommaire

1 / Recherche Opérationnelle et calcul scientifique

2 / Où se trouve la complexité et quels enjeux pour le HPC ?

3 / Simuler pour mieux optimiser la conception

4 / Optimisation multicritère et HPC

5 / Optimisation stochastique

6 / Optimisation combinatoire : génération de colonnes et HPC

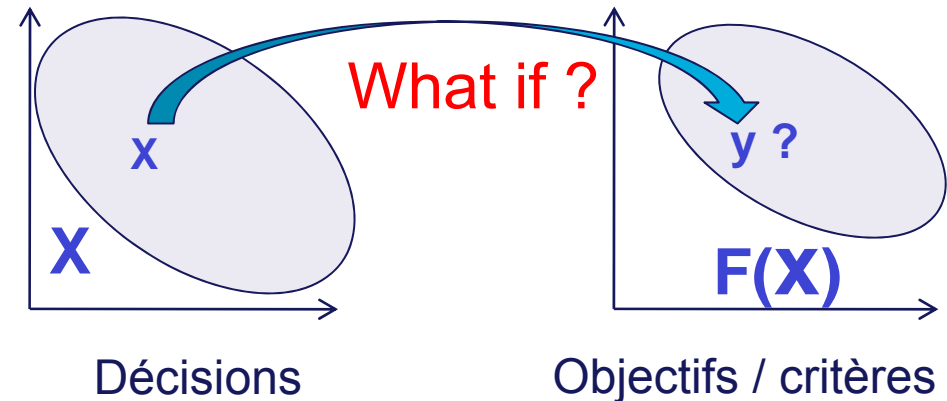
7/ Conclusion et perspectives

De la simulation à l'optimisation

Où se trouve la complexité ?

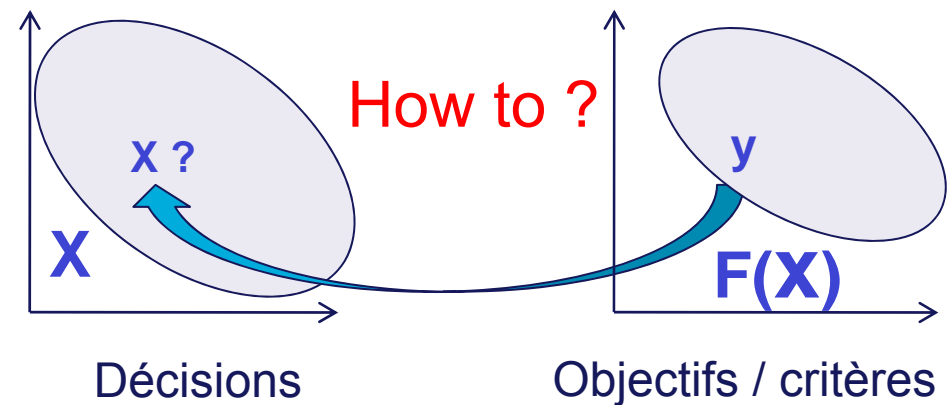
✧ Simulation (What if ?)

- Expérimentation réelle
- Simulation numérique



✧ Optimisation (How to ?)

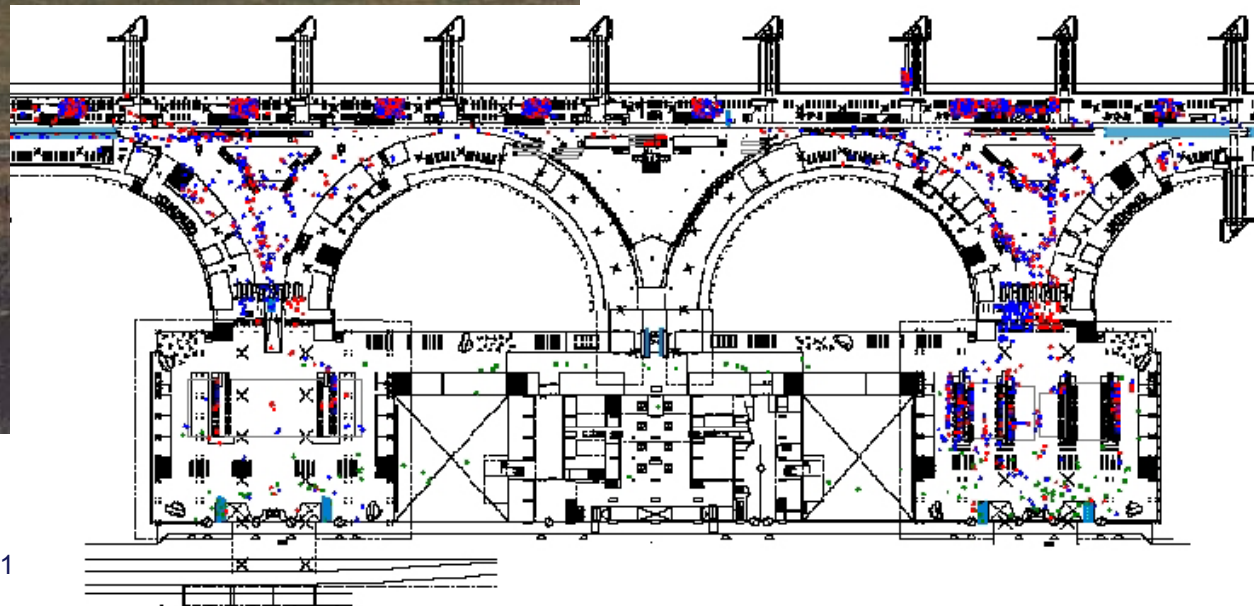
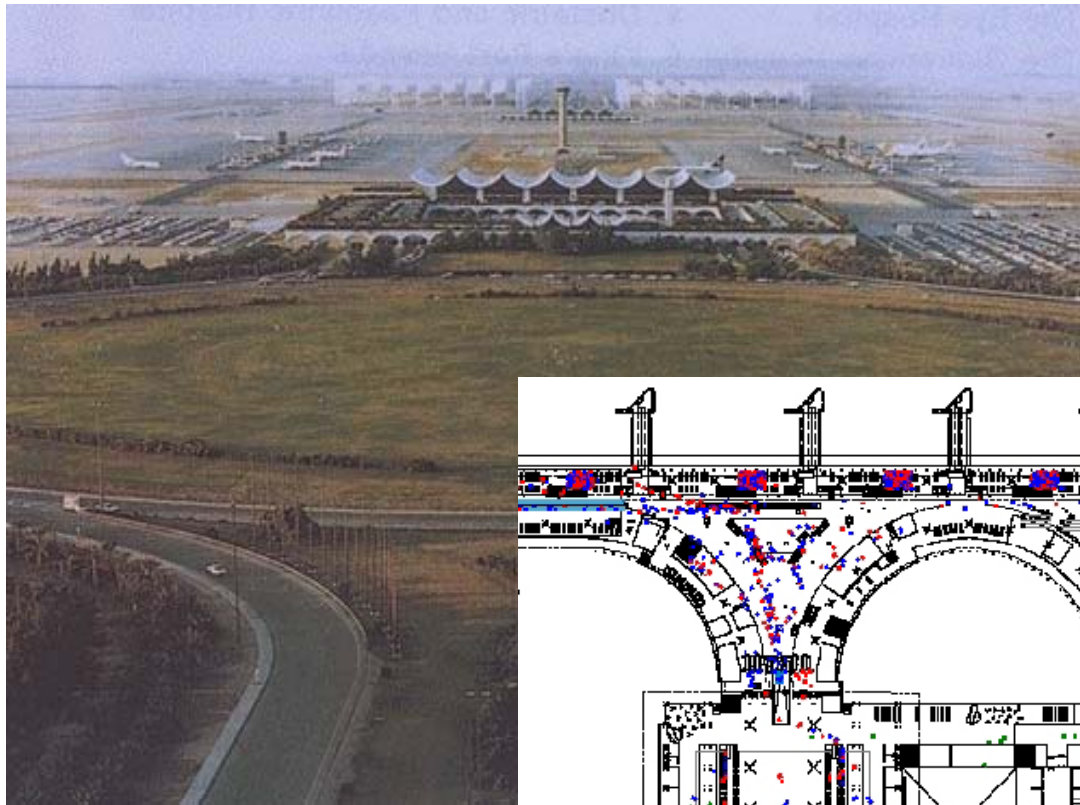
- Optimisation continue ou combinatoire
- Optimisation robuste / stochastique
- Optimisation dynamique (arbres de décisions)
- Optimisation multicritère (pareto,...)



La simulation (What if ?)

Simulation des flux de passagers dans un aéroport

- ▶ INCONTROL (Enterprise Dynamics)
- ▶ King Abdulaziz International Airport (Saudi Arabia)



L'optimisation : un problème inverse (How to ?)

✧ Optimisation

$$\begin{aligned} \text{Min } y &= F(x) \\ x &\in X \end{aligned}$$

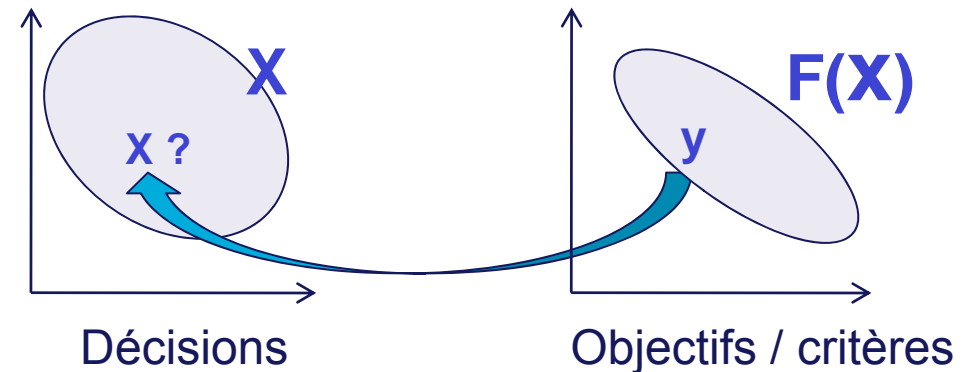
✧ Programmation mathématique

- Objectif et contraintes se modélisent par des fonctions analytiques

$$\begin{aligned} \text{Min } f(x) \\ g(x) &\geq 0 \end{aligned}$$

✧ Cas très important de la programmation linéaire

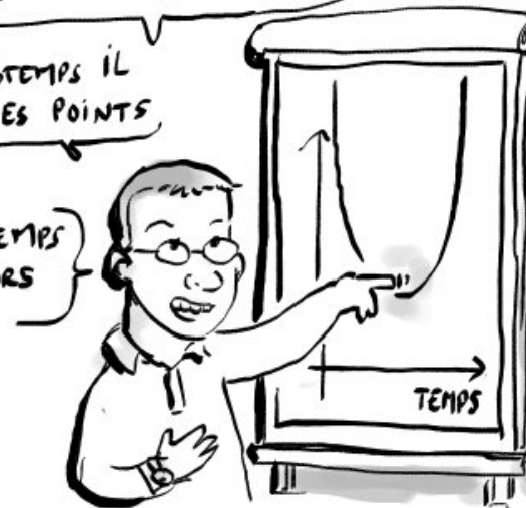
$$\begin{aligned} \text{Min } cx \\ Ax &\geq b \\ x &\geq 0 \end{aligned}$$



NOUS ALLONS EN RESTER LÀ
C'EST L'OPTIMUM DE LA REUNION

MOINS LONGTEMPS IL
MANQUAIT DES POINTS

PLUS LONGTEMPS
JE M'ENDORS



Programmation Linéaire : 64 ans d'innovations et de progrès

✧ Pourquoi la Programmation Linéaire (PL) est elle si utilisée ?

- De très nombreux problèmes se modélisent comme des PL
- Algorithmes très performants (optimalité, taille des problèmes et temps de calcul)

✧ Progrès logiciels seuls

- 1947 : Dantzig (simplexe) 120 jours homme (77 variables et 9 contraintes)
 - Un plan de production (9 500 000 variables et 400 000 contraintes)
 - Temps d'exécution sur un PC 2.0 Ghz P4
 - 1988 (CPLEX 1.0) 29.8 jours
 - 1997 (CPLEX 5.0) 1.5 jours
 - 2003 (CPLEX 9.0) 59 sec
- accélération : 43500 x....

1 minute au lieu d'un mois de calcul

✧ Effet logiciel + machine de 1988 à aujourd'hui

- Algorithmes (moyenne jeux tests CPLEX) : 3300 x
- Machines 1600 x
- Algo x machine : accélération : 5 300 000 x

1 sec au lieu de 2 mois de calcul

Optimisation dans les graphes

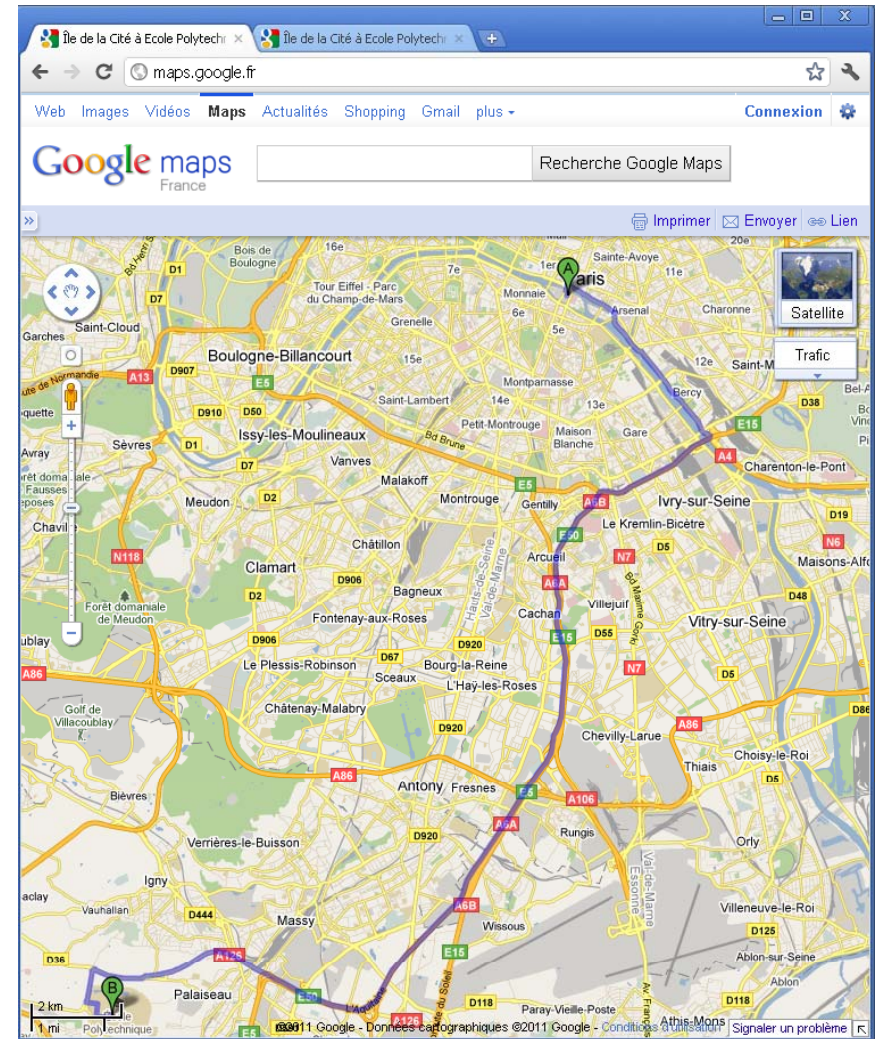
Recherche de plus courts chemins



Calcul de plans de vol optimaux



Lionel Lagarde in « Le Livre Blanc de la Recherche Opérationnelle »



Sommaire

1 / Recherche Opérationnelle et calcul scientifique

2 / Où se trouve la complexité et quels enjeux pour le HPC ?

3 / Simuler pour mieux optimiser la conception

4 / Optimisation multicritère et HPC

5 / Optimisation stochastique

6 / Optimisation combinatoire : génération de colonnes et HPC

7/ Conclusion et perspectives

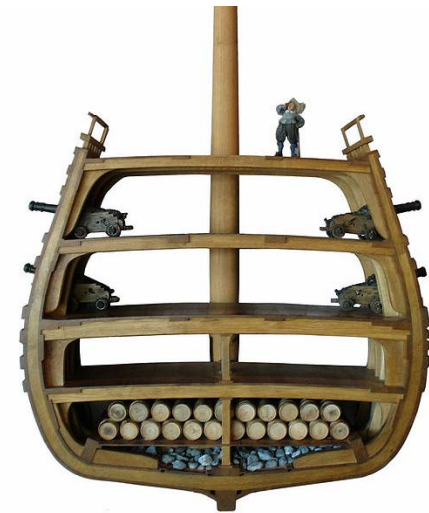
Une conception sans essais peut être fort coûteuse... en 1628, le Vasa coule par beau temps le jour de son inauguration



Source : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Vasa>



- ✧ Un CdC venant du roi évolutif (changement de taille, plus de canons,..)
- ✧ Des délais de livraisons trop courts pour modifier la conception (élargir le bateau de 42 cm)
- ✧ Une catastrophe économique

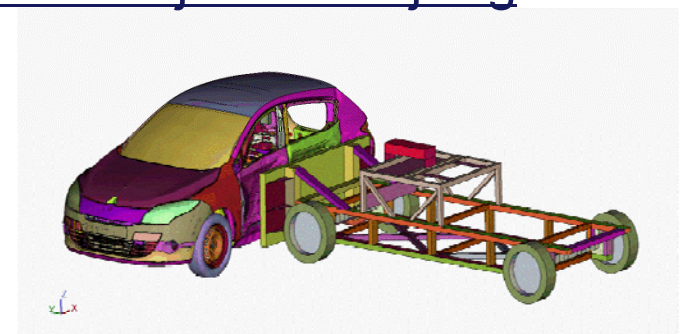
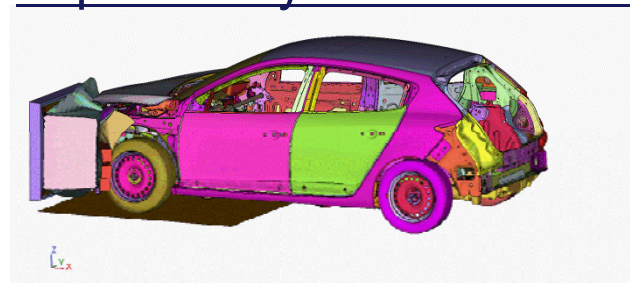
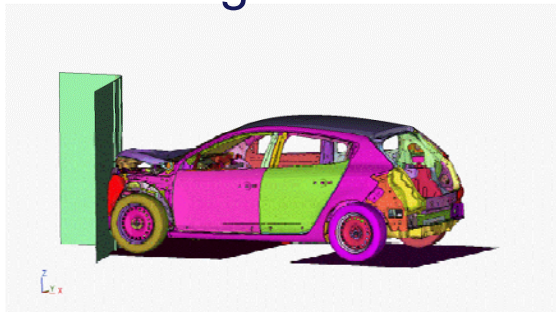


Des essais réels aux essais numériques

Exemple des crash tests

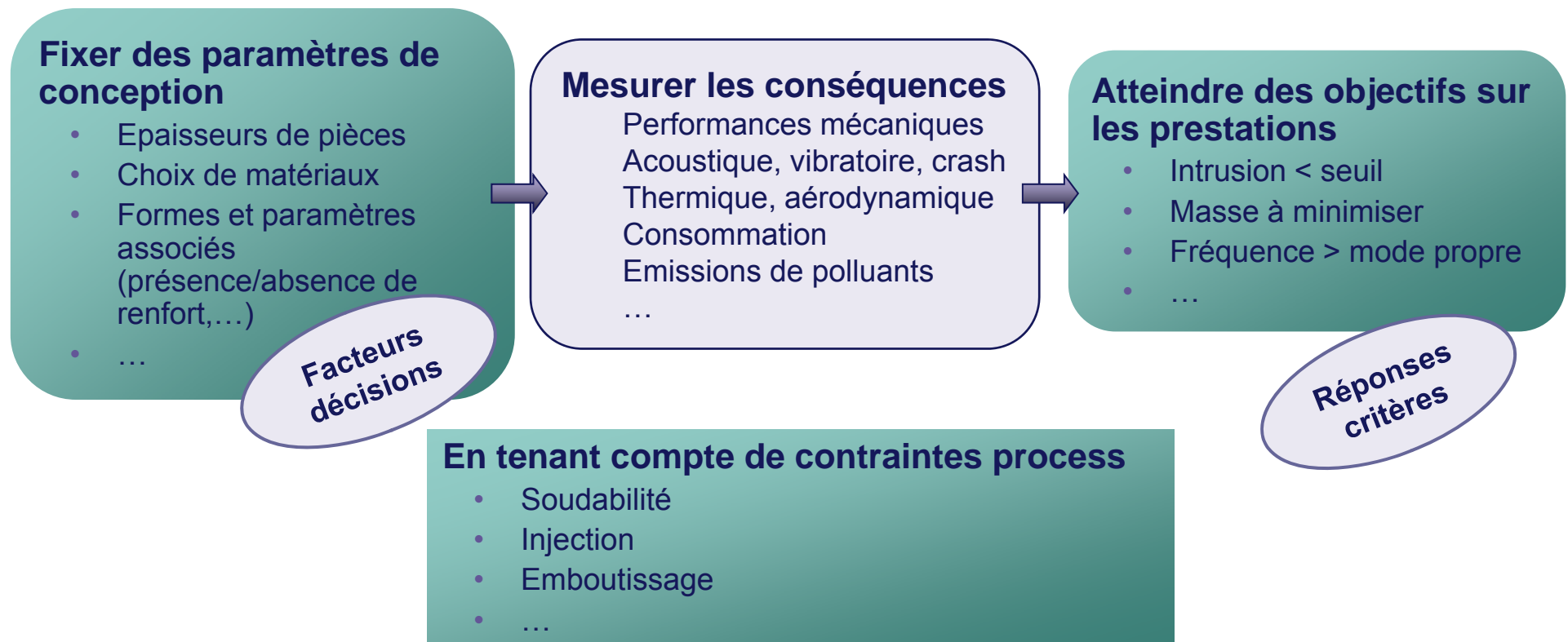


Progrès en crash : <http://www.youtube.com/watch?v=joMK1WZjP7g>



La démarche du concepteur

- ✧ Un cahier des charges fixe des objectifs sur les prestations du produit et des contraintes sur son process de fabrication



Des outils à la pointe de l'innovation grâce à des projets de recherche



Péta Opérations Par Seconde



OPSIM

Optimisation de SIMulation pour la conception



ACTIVOP T

Outils Interactifs d'Optimisation pour la Conception Robuste



CSDL

Complex System Design Lab



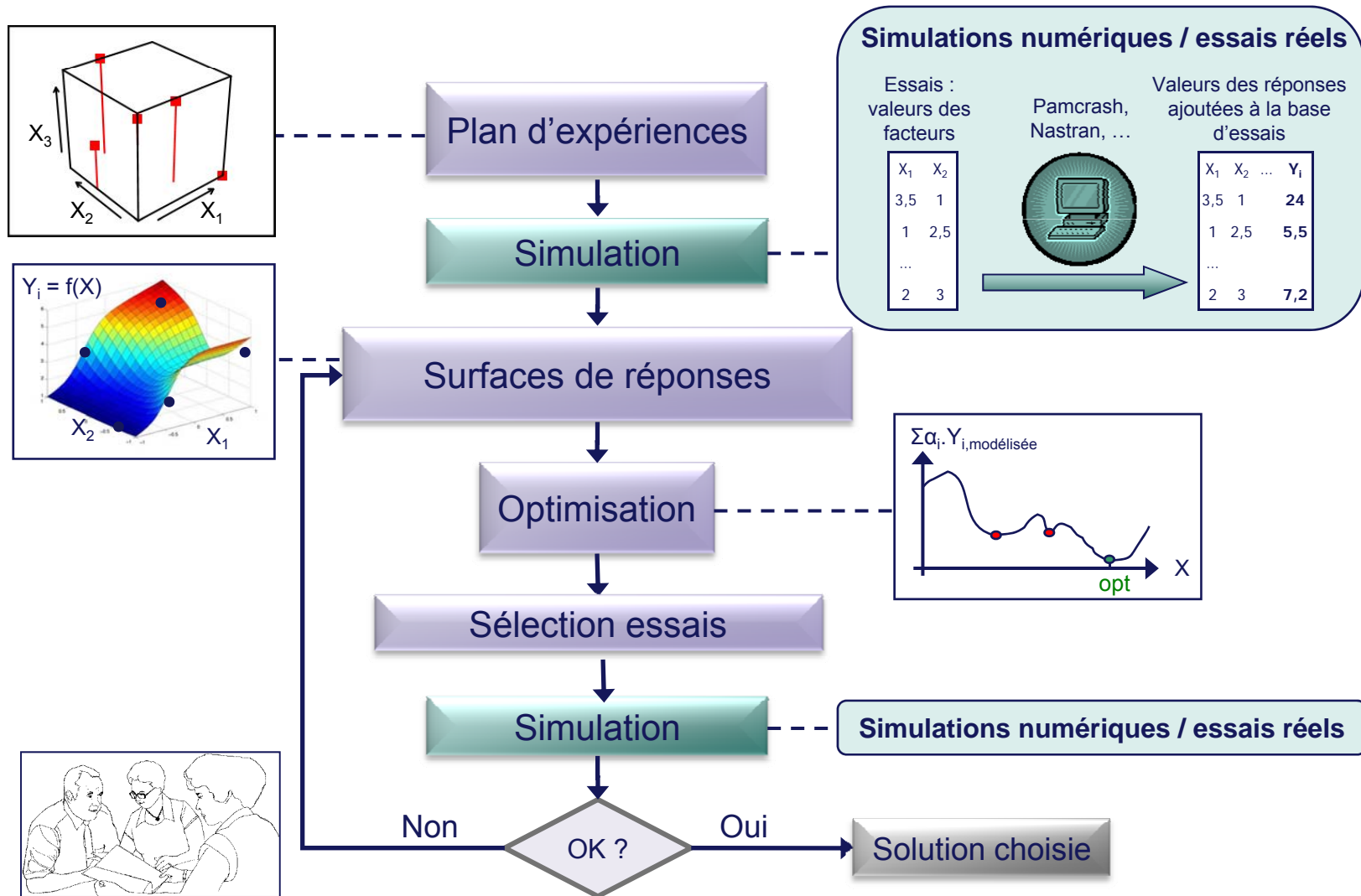
OASIS

Outils de validation et d'optimisation du processus d'emboutissage



Aide à la conception par optimisation : Méthodologie et outils Alternova

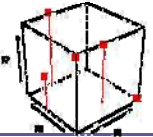
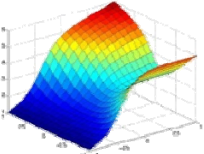
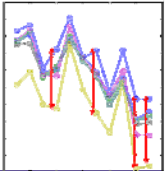
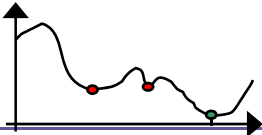
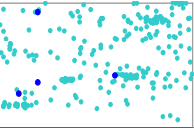
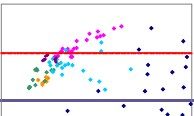
Alternova



Les modules et outils d'Alternova

Alternova



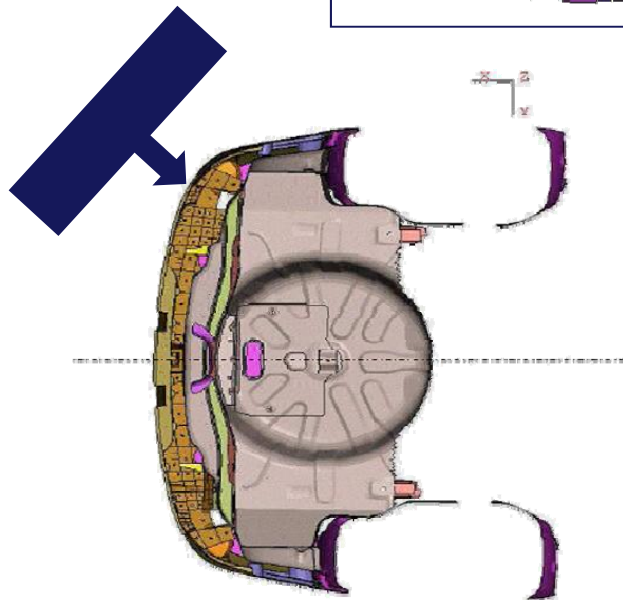
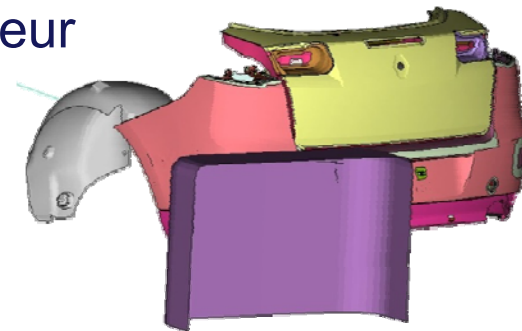
	Plans d'expériences
	Construction de modèles statistiques de surfaces de réponse
	Amélioration des modèles statistiques
	Optimisation
	Sélection d'essais
	Analyse des solutions

Exemple d'étude : Optimisation de l'absorbeur de choc arrière



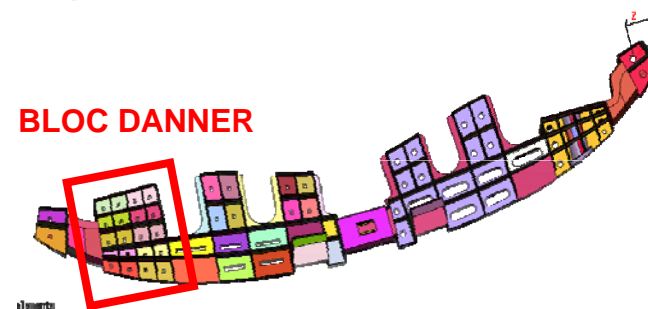
✧ Etude métier pour RENAULT

- Connaître les zones potentielles d'allègement
- Possibilité de modifier la forme de l'absorbeur



✧ Objectif de l'étude

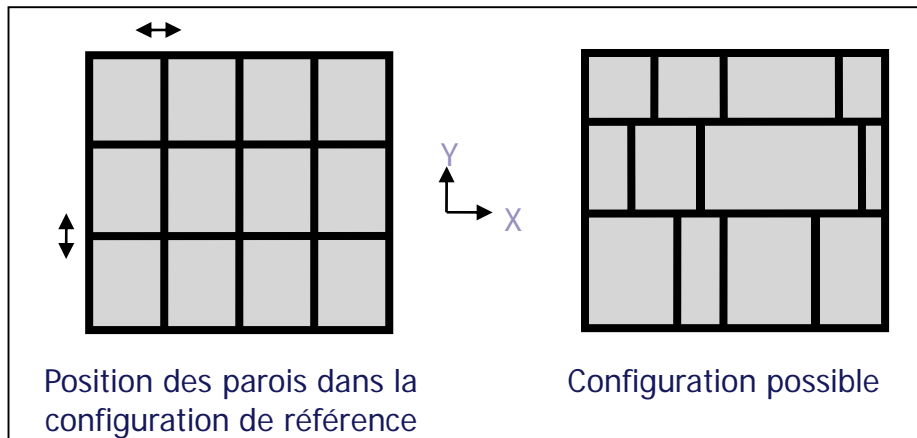
- Minimiser la masse
- Respecter la prestation « choc Danner »
- Respecter les contraintes de faisabilité



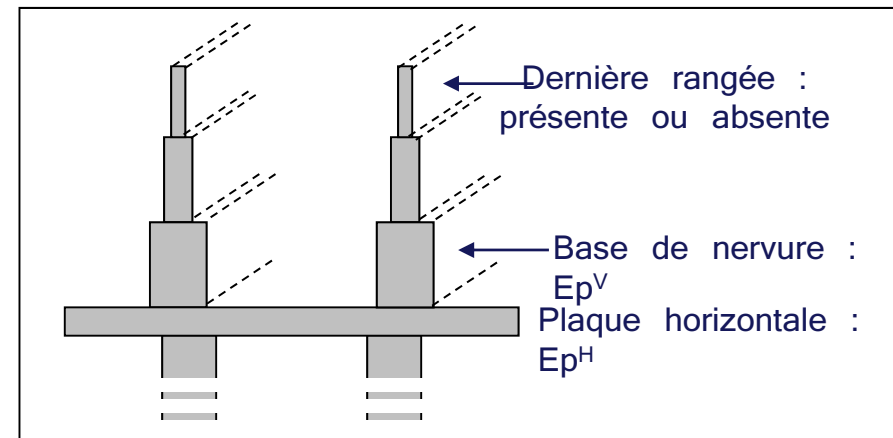
Exemple de l'absorbeur de choc arrière : les facteurs



✧ Modification de formes



Vues de dessus

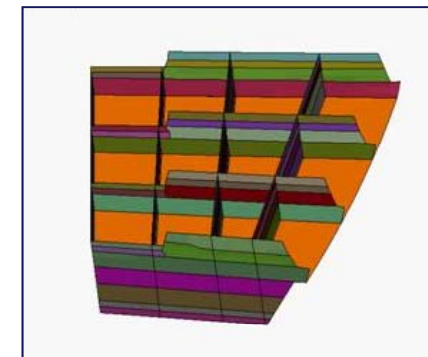


Vue de côté

✧ 56 paramètres de conception indépendants

- 30 épaisseurs
29 épaisseurs verticales, 1 épaisseur horizontale
- 4 facteurs qualitatifs
Présence/absence
- 22 facteurs de forme
Positions des parois

✧ 7 réponses (prestations)

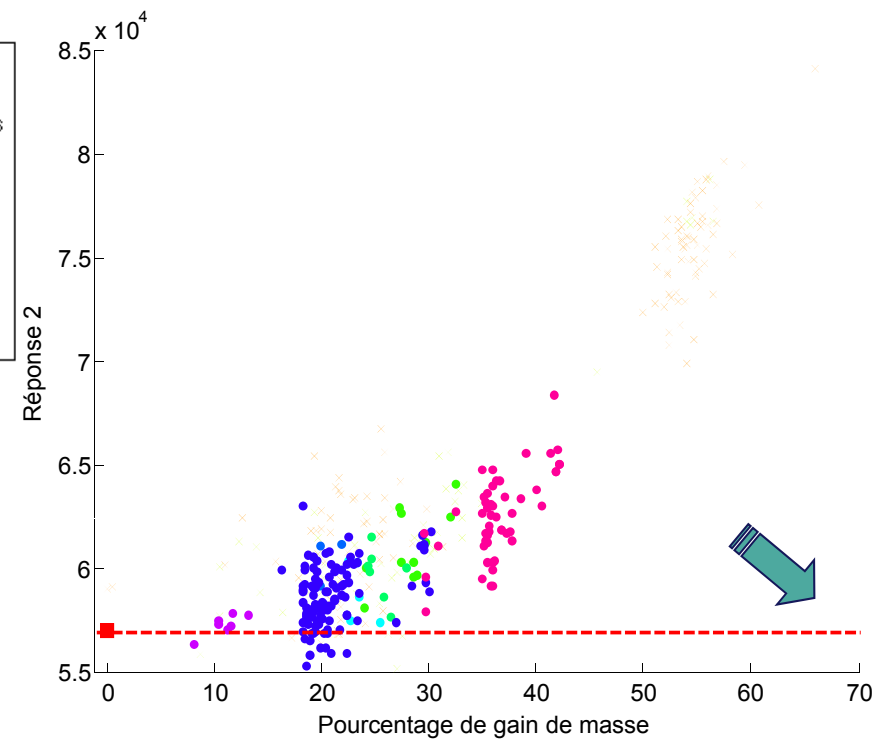
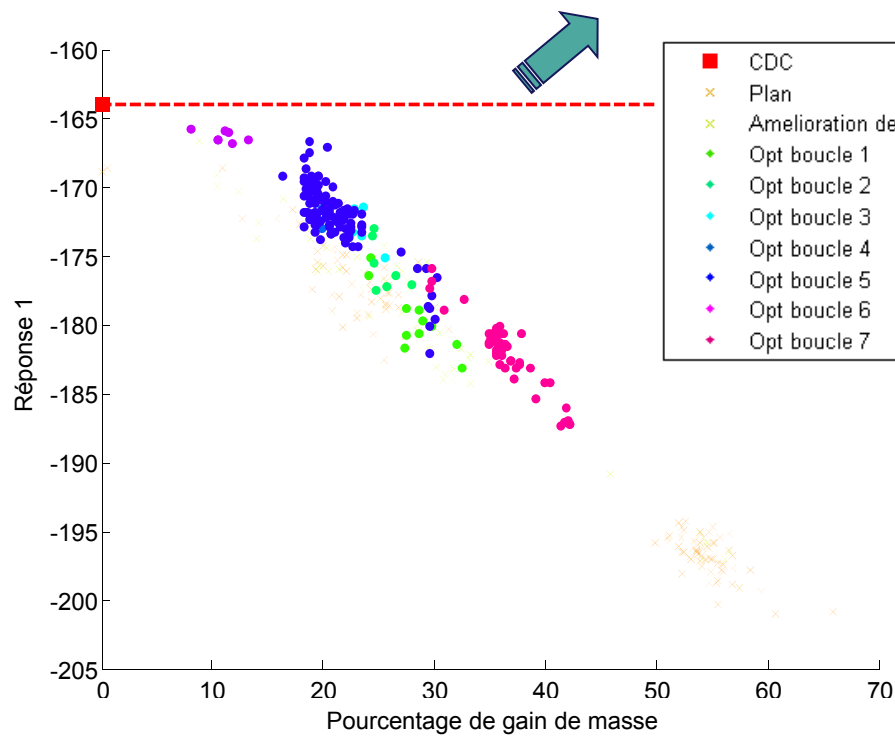


Bloc Danner

Absorbeur de choc arrière : les différentes boucles d'itérations



✧ Trouver différents compromis
entre la masse et les prestations à respecter



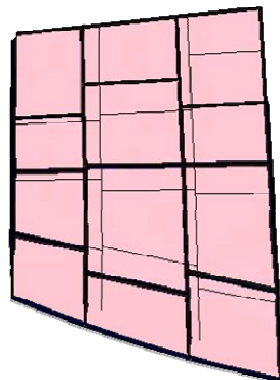
Absorbeur de choc arrière : les résultats



✧ Optimisation : **40 % de gain de masse**

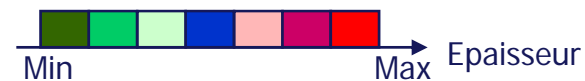
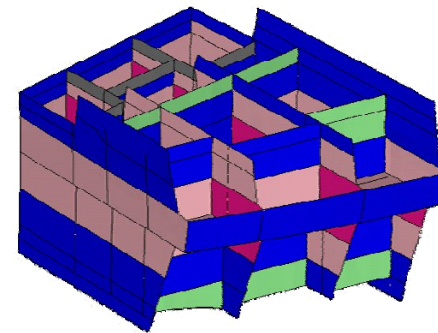


Géométrie



Vue de dessus :
nervures en Z+ en gras, en Z- en fin

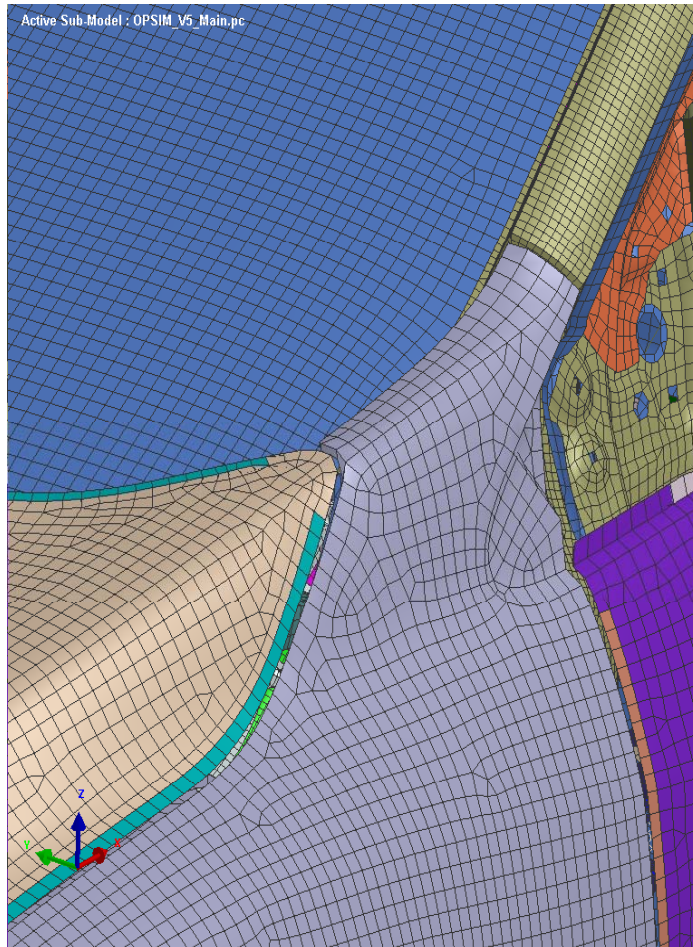
Cartographie des épaisseurs



✧ Coût

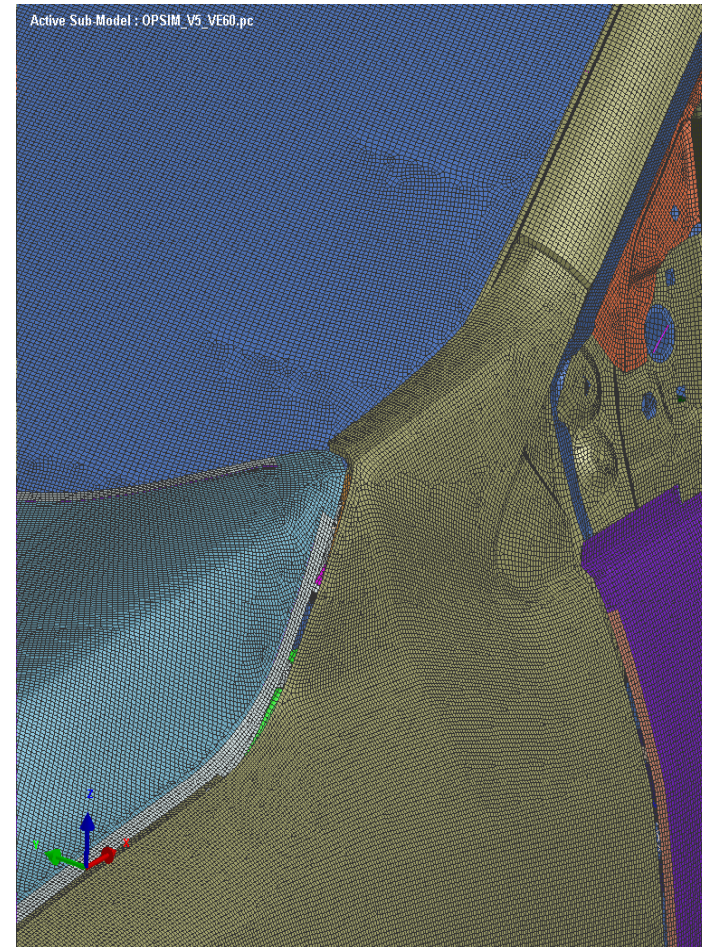
- 373 calculs
 - 128 : plan d'expériences initial
 - 245 au cours des 7 boucles d'optimisation
- 1 équivalent temps plein durant 1 mois $\frac{1}{2}$
 - Mise en donnée du modèle (morphing)
 - + Boucles d'optimisation

L'apport du HPC : évolution des modèles éléments finis, modélisation plus fine de la réalité



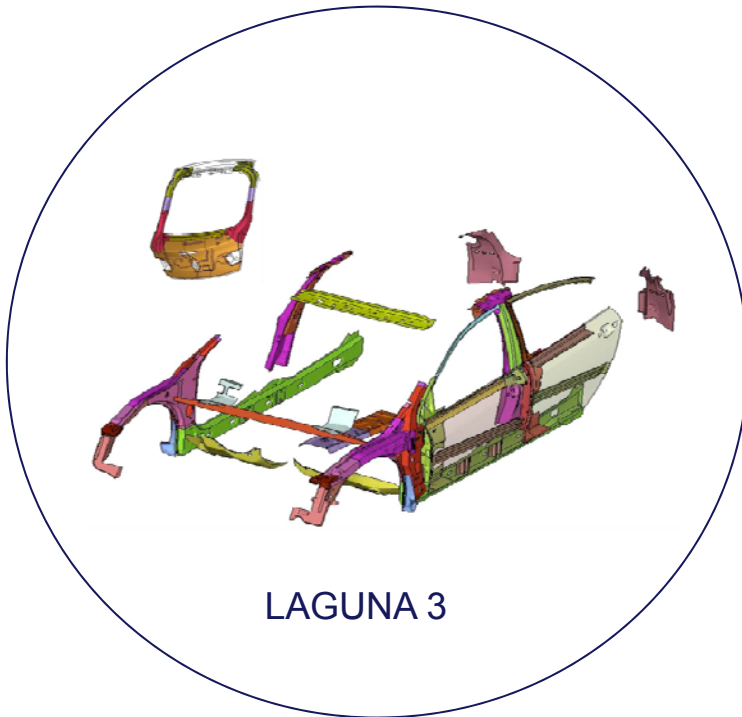
5 à 7mm , 2 MEF
32 cœurs = 3h

© EURODECISION 2011



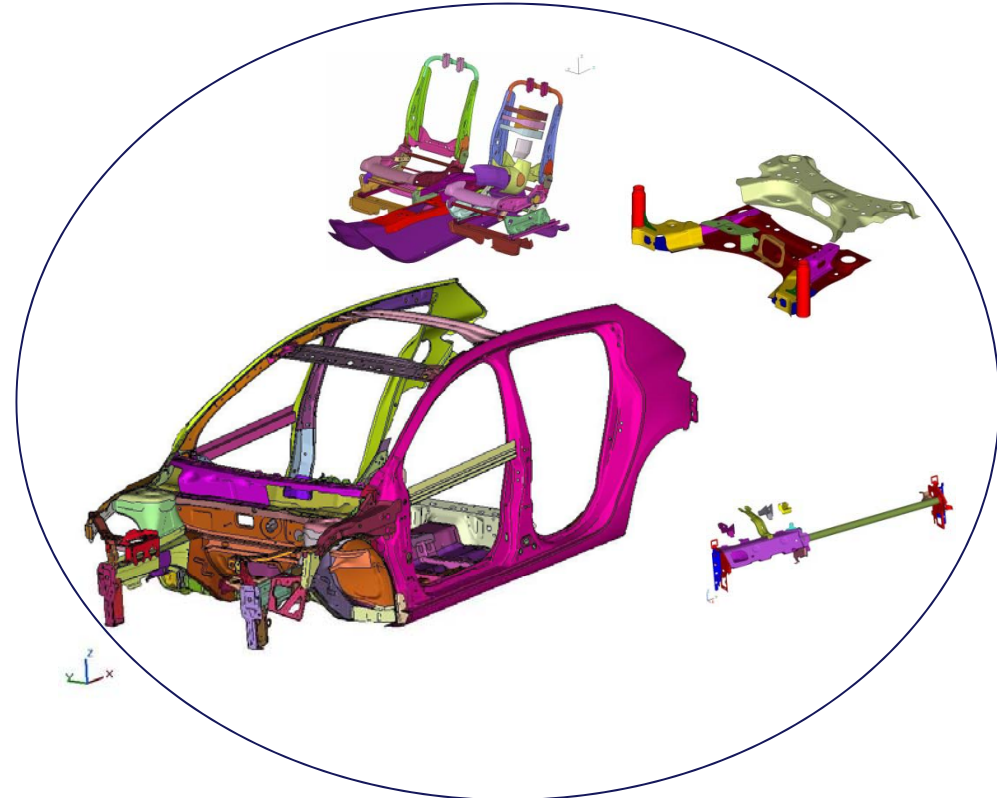
2,5 à 3mm, 5 MEF
128 cœurs = une nuit

Apport du HPC : OPTIMISATION GLOBALE de la caisse



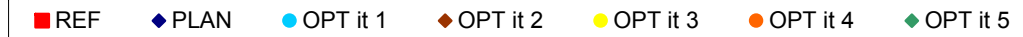
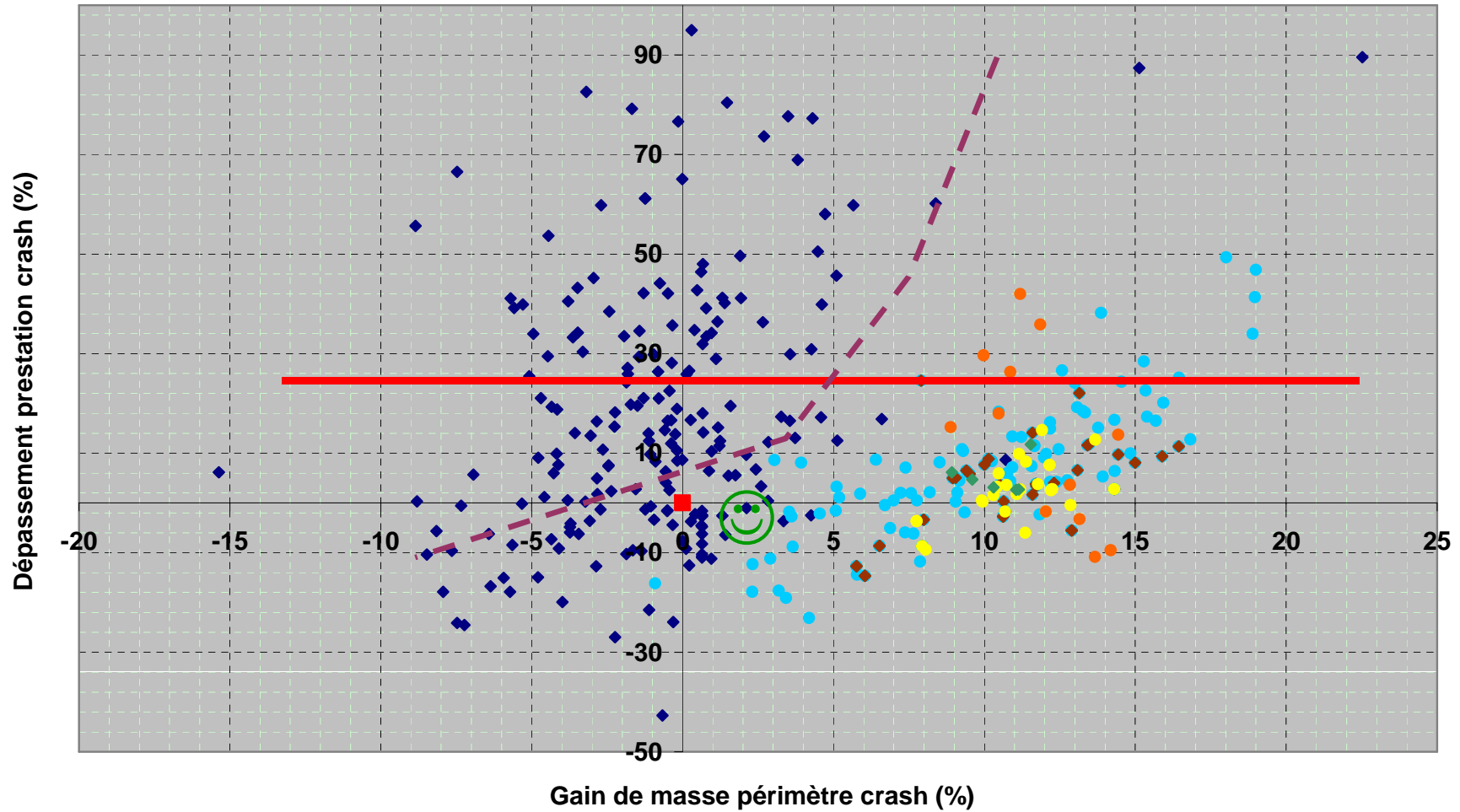
LAGUNA 3

2004
50 paramètres
4 prestations



2010
200 paramètres
10 prestations

Apport du HPC : l'optimisation par simulation nécessite de nombreux calculs



Projet OPSIM : optimisation globale caisse (2010)



	Facteurs	Réponses	Nb calculs	Temps de 1 calcul
NVH	98	63	537	2h chez Renault
Crash frontal AMS	180	43	352	12 h chez BULL sur 16 CPU (proc)
Endurance	19	40	334	5 min + 5 min post-tt
Choc trottoir (4 calculs)	10	4*8	310 * (2 ou 4)	30 minutes chez BULL
Crash BFD (barrière frontale déformable)	48	Validation	20	16 h chez BULL (barrière + plus de tps de simu)
Choc latéral AEMDB	55	36	109	8 h
Choc latéral BMD55	55	34	107	8 h

Sommaire

1 / Recherche Opérationnelle et calcul scientifique

2 / Où se trouve la complexité et quels enjeux pour le HPC ?

3 / Simuler pour mieux optimiser la conception

4 / Optimisation multicritère et HPC

5 / Optimisation stochastique

6 / Optimisation combinatoire : génération de colonnes et HPC

7/ Conclusion et perspectives

Optimisation multicritère

OPTIMISER DES CRITERES
C'EST DE L'OPTIMISATION



OPTIMISER TOUS LES CRITERES
C'EST ...

DE
L'OPTIMISME



Lionel Lagarde in « Le Livre Blanc de la Recherche Opérationnelle »

Exemple optimisation multicritère du pilotage d'une centrale à énergie d'un site industriel



✧ Planification des besoins énergétiques

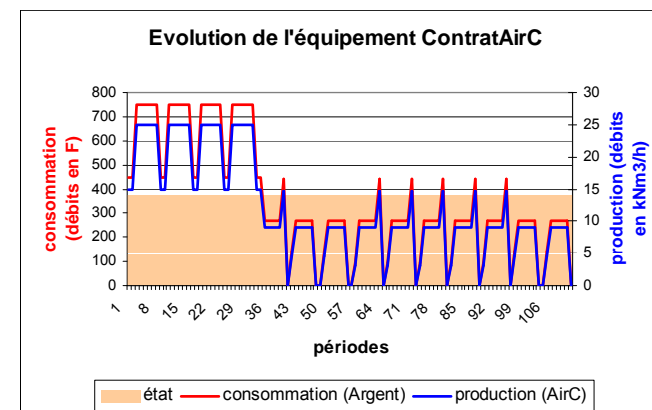
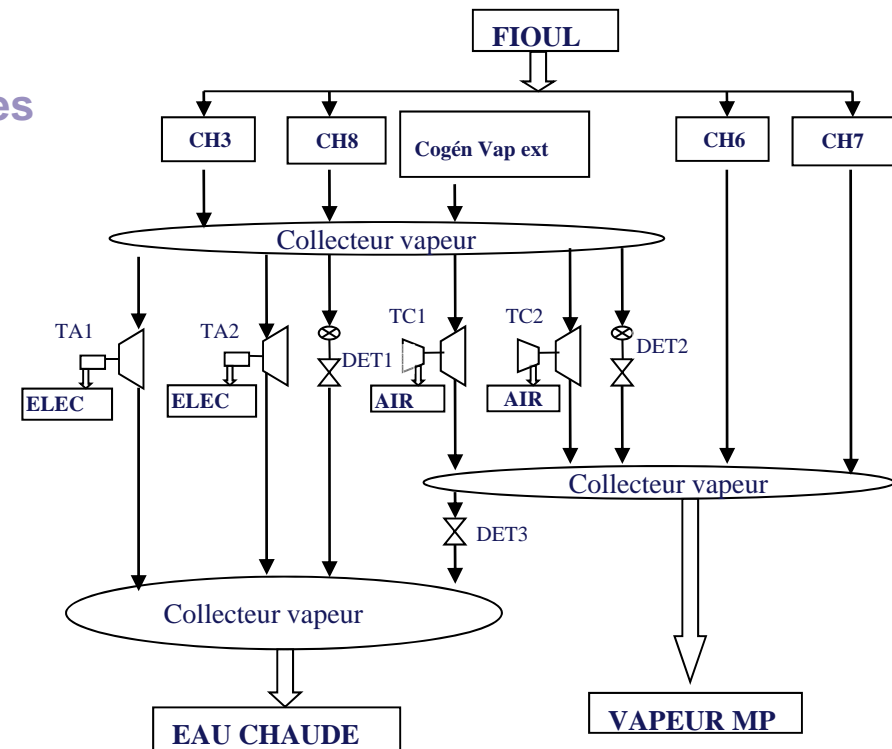
- Modélisation d'une centrale
- Horizon : 2 à 30 jours
- Pas de temps : 10 à 180 minutes

✧ Données

- Prévisions de demandes
- Description du système industriel

✧ Trois critères

- Minimiser le coût énergétique
- Minimiser la maintenance
- Minimiser la pollution



Optimisation multicritère

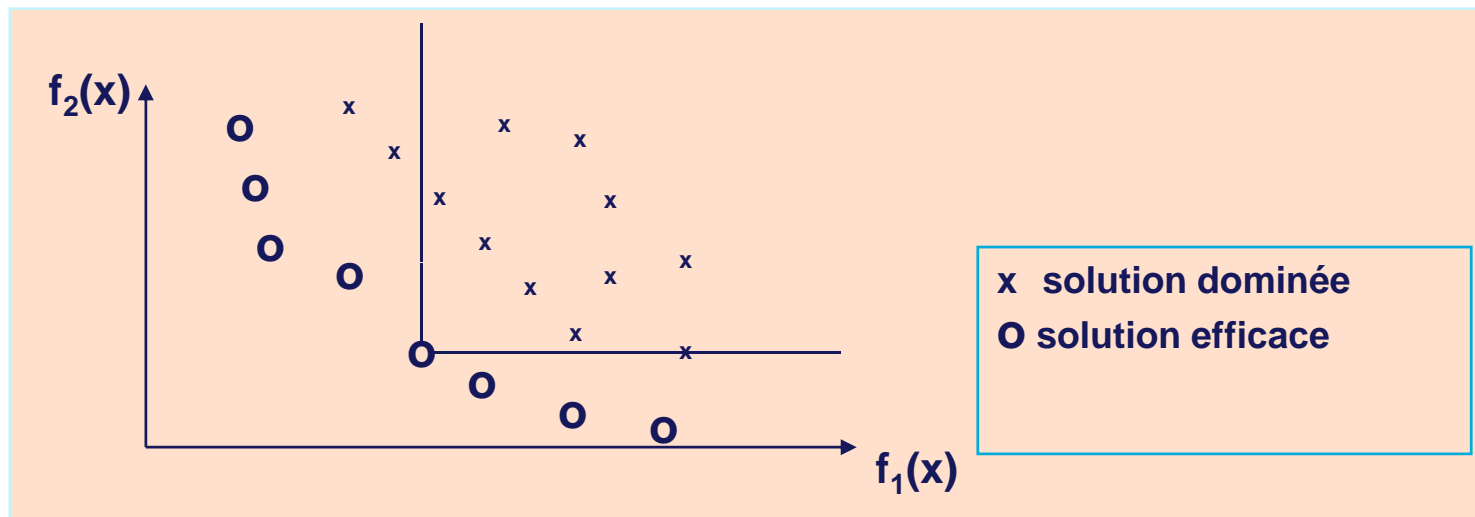
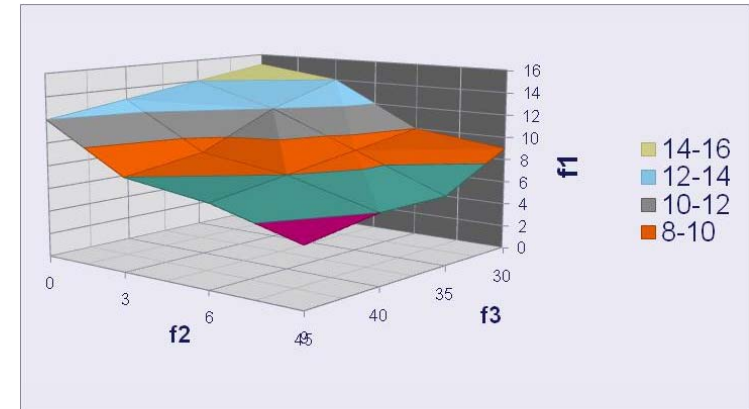
✧ Optimisation multicritère

$$\begin{aligned} \text{Min } & f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x) \\ & g(x) \geq 0 \end{aligned}$$

✧ Relation de dominance

$x \geq x'$ si $f_i(x) \leq f_i(x')$ pour tout critère i

✧ Solution efficace ou Pareto optimale



Construction du front de Pareto et calcul parallèle

1. Calcul du tableau des gains

$$\text{Min } (f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)) \\ x \in X$$

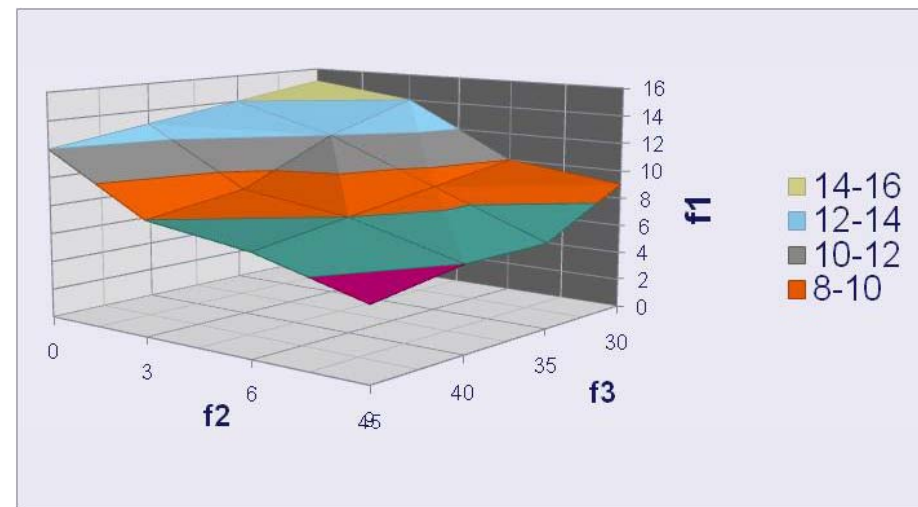
n optimisations
mono-objectif

		Critères			
		f ₁	f ₂	...	f _n
Solutions	S1	f ₁ (S1)	f ₂ (S1)		f _n (S1)
	S2	f ₁ (S2)	f ₂ (S2)		f _n (S2)
	
	Sn	f ₁ (Sn)	f ₂ (Sn)		f _n (Sn)

2. Grille et calcul de N solutions

- Grille sur f2 et f3
- 4 x 4 = 16 optimisations de f1

		Min	Max
		Critères	f1
f2	0		9
f3	30		45



Sommaire

1 / Recherche Opérationnelle et calcul scientifique

2 / Où se trouve la complexité et quels enjeux pour le HPC ?

3 / Simuler pour mieux optimiser la conception

4 / Optimisation multicritère et HPC

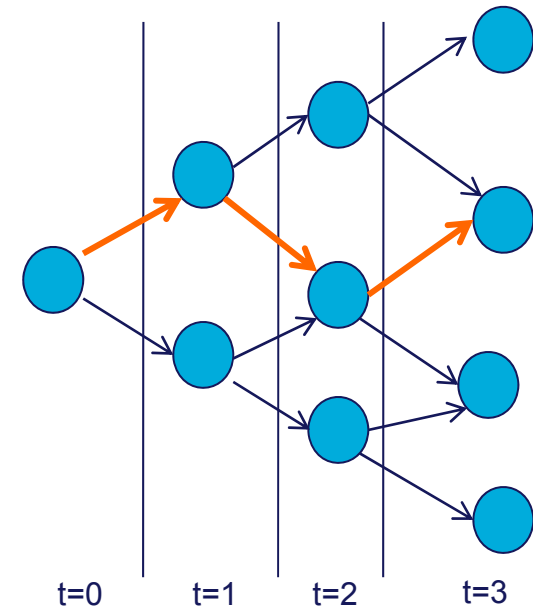
5 / Optimisation stochastique

6 / Optimisation combinatoire : génération de colonnes et HPC

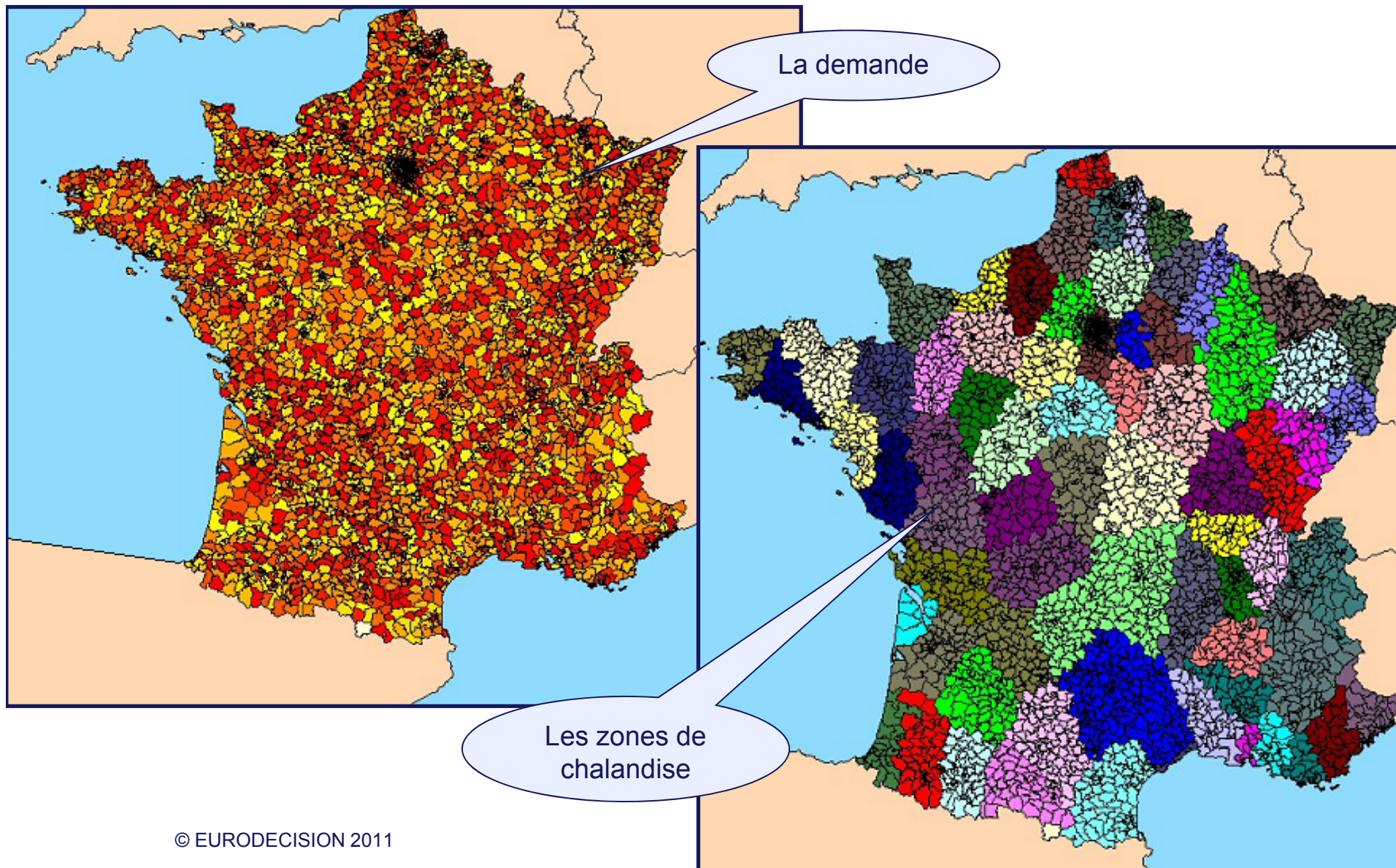
7/ Conclusion et perspectives

Programmation Dynamique et Stochastique

- ☆ **Aspect dynamique et stochastique**
 - Plusieurs périodes (exemple 12 mois)
 - A chaque période :
 - des décisions du modèle : quantité produite, quantité stockée
 - des décisions de la « nature » : demande du produit (ex. énergie électrique), disponibilité de ressources (exemple apport d'eau pour des vallées hydrauliques)
- ☆ **Les scénarios sont construits comme des chemins dans un arbre ou un réseau (probabilités de transition)**
- ☆ **Des centres d'excellence en application : EDF**
 - Programmation dynamique et stochastique
 - Simplifications et décompositions permettant de paralléliser (distribuer) le calcul
- ☆ **Cas particulier de une ou deux périodes**



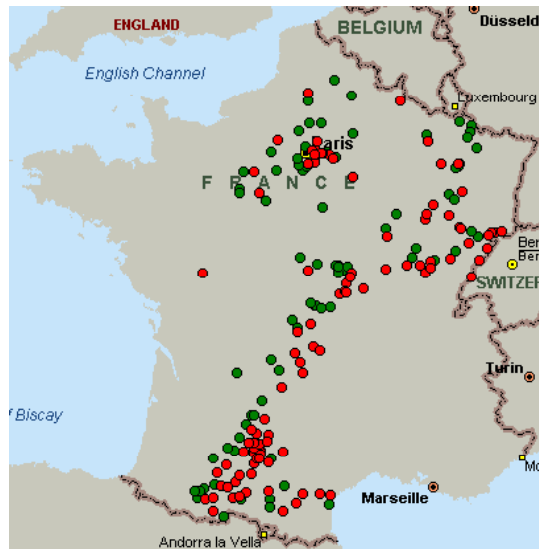
Optimisation de réseaux logistique aval : localisation des dépôts et zones de chalandises



Supply chain et Montecarlo : possible sur HPC

- ✧ 100-1000 scénarios (prix du pétrole)
 - Optimisation : 1 à 20 minutes CPU par scenario
- ✧ Résultats : QdS (Qualité de Service) et Coûts probabilisés
 - Probabilité de satisfaire la demande d'un client
 - Distribution des coûts logistiques

✧ Comment varient les zones de chalandise des dépôts en fonction de la variation des prix du pétrole ?



- 85% des clients restent affectés au même dépôt
- 15% des clients : l'affectation sur 2 dépôts suivant les scénarios
- ● clients sensibles à une augmentation du prix en zone Méditerranée
- ● clients sensibles à une augmentation du prix en zone North West Europe

Sommaire

1 / Recherche Opérationnelle et calcul scientifique

2 / Où se trouve la complexité et quels enjeux pour le HPC ?

3 / Simuler pour mieux optimiser la conception

4 / Optimisation multicritère et HPC

5 / Optimisation stochastique

6 / Optimisation combinatoire : génération de colonnes et HPC

7/ Conclusion et perspectives

Exemple de trois problèmes d'optimisation combinatoire résolus par les mêmes technologies (Génération colonnes)

- 1. Conception : dimensionnement du nombre d'antennes d'une constellation de satellites**
- 2. Logistique et Supply Chain : planification des tournées des avions Belugas d'AIRBUS**
- 3. Planification nominative (LP-ShiftPlanner)**

Cas 1 : dimensionnement du nombre d'antennes d'une constellation de satellites

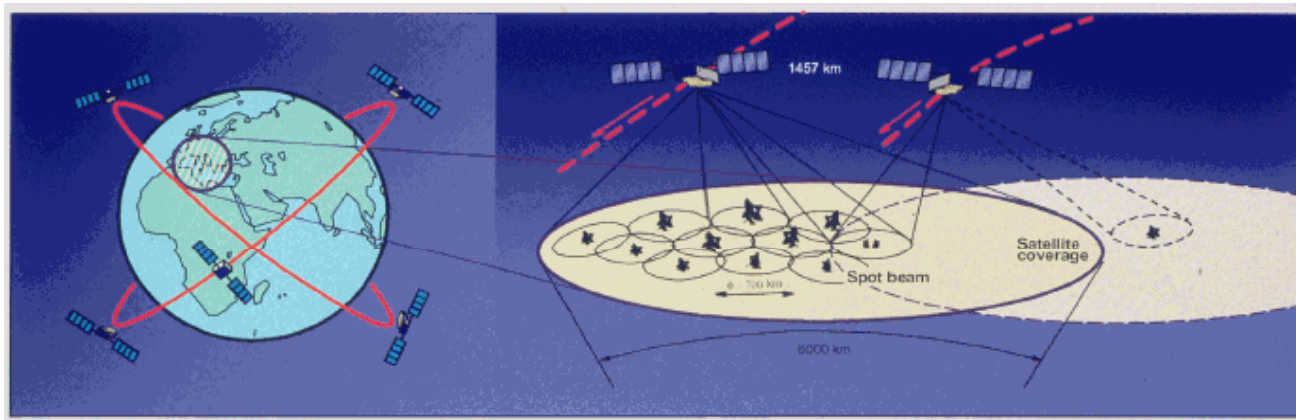
✧ Exemple de la constellation Skybridge (Galileo pose des problèmes similaires)

- Une constellation de 80 satellites LEO (low earth orbit), en orbite basse 1489 km
- Environ 140 stations antenne pour une couverture mondiale. Chaque station couvre une zone circulaire d'un rayon de 350 km



✧ Optimiser le nombre d'antennes sur les satellites

- Le même nombre pour tous les satellites de la constellation
- Affecter une antenne de satellite à chaque cellule (zone) à tout moment (chaque cellule est visible en permanence par un satellite)
- Minimiser le nombre d'antennes en utilisant une méthode exacte (optimale)



Cas 2 : programme des avions Beluga AIRBUS pour le transport inter-usines des tronçons d'avions à assembler



✧ AIRBUS Industrie

- 5 avions Beluga
- 8 sites de production
- 1.800 tronçons à transporter par an (60 types de tronçons)
- 70 bâtis (20 types)
- > 30.000 configurations de chargement possibles d'un beluga



✧ Contraintes principales

- Plages de livraison des tronçons
- Disponibilité des Beluga
- Contraintes de chargement
- Disponibilité des bâtis, possibilité de stockage
- Aéroports (ouverture, capacité, pistes)
- Equipages (temps de travail, repos)

Cas 3 : planification nominative du personnel pour un client dans le tourisme (LP-ShiftPlanner)

Modèles de journées de travail par centre de coût

Critères :
Att. : 20 000
Horaires : 1

Positions :

Critères :
Att. : 30 000
Horaires : 1

Positions :

Critères :
Att. : 30 000
Horaires : 0

Positions :

Critères :
Attendance : ...
Horaires : ...

Positions :

...

Calendrier opérationnel

Prévisions pour tous les critères (plusieurs centaines)

← Février 2006 →

L	M	M	J	V	S	D
30	31	1				
6	7	8				
13	14	15	1			
20	21	22	2	6	7	8
27	28	1	13	14	15	1
6	7	8	20	21	22	2
			27	28	29	3
			3	4	5	

← Mars 2006 →

L	M	M	J	V	S	D
27	28	1				
6	7	8				
13	14	15	1			
20	21	22	2	3	4	5
27	28	29	3	10	11	12
			17	18	19	20
			24	25	26	27
			1	2	3	4

← Avril 2006 →

L	M	M	J	V	S	D
27	28	29	30	31	1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
1	2	3	4	5	6	7

+

Chaque semaine, 60 planificateurs construisent pour tous les centres de coût une semaine de planning située 4 à 5 semaines plus tard



Journées de travail pour une semaine pour un centre de coût

Diagram showing a weekly work schedule for a cost center, represented by blue bars with diagonal hatching, indicating specific days and shifts.

Indépendance des centres de coût → un problème de planification par centre de coût

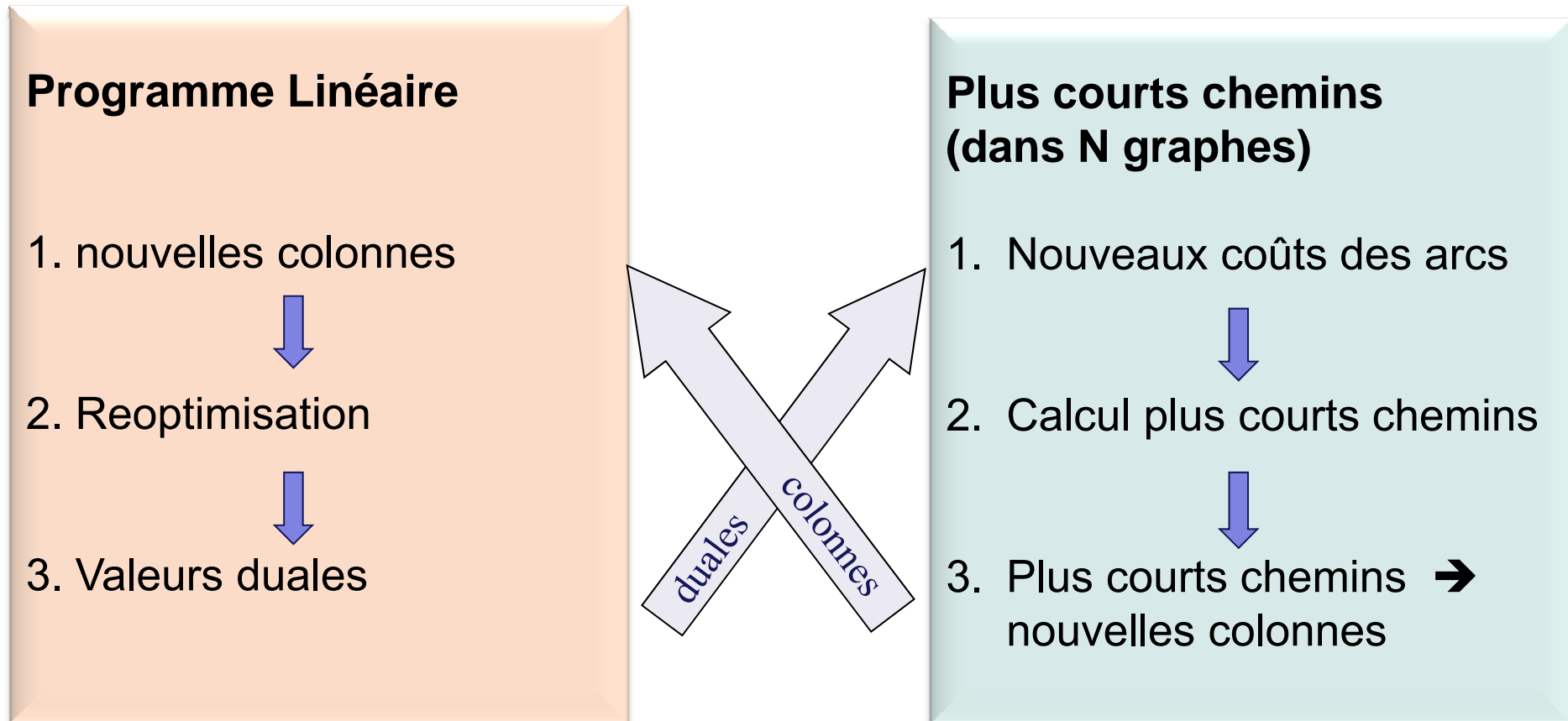
+



Mahicule	Nom court	H	dm. 01/09	jun. 02/09	mar. 03/09	mer. 04/09	jeu. 05/09	ven. 06/09	sam. 07/09	dm. 08/09
11447R	ALBANO	2	CH	CC305	CC453	CC361	CC274	JC	CC051	VT
12352A	AMOLETTI	2	CH	CC063	CC063	CC251	JC	CC272	CC265	CC176
12341Q	ANGLADE	2	JC	CH	VT	VT	VT	VT	JC	VT
10241F	ANTONIADIS	2	CH	CC907	CC003	CC143	CC143	JC	CC143	F1330
09614Z	ATTOUCHE	2	CH	CC135	CC133	CC134	JC	CC142	CC146	VT
12553A	AUBERT	2	CH	CC052	CC162	CC452	CC310	JC	CC063	CC451
11662A	AURIOL NA	2	CH	VD	CC135	CC132	JC	CC454	CC212	VT
12879Y	AVEDIAN	2	CC360	JC	CH	CC461	CC413	CC408	CC302	JC
11831J	AYUSTE	2	JC	CH	CC373	CC022	CC068	CC273	JC	CH
12341N	BADOURIAN	2	CC003	CC263	CH	CC174	CC270	CC132	JC	CH
11865X	BECCHERE	2	CH	CC254	CC311	CC352	JC	VB	CC305	VB
12664P	BENKIMOUN	2	CC368	CC354	JC	CC356	CH	VT	CC354	CC152
12637K	BERNAUT	2	JC	CC204	CC128	CH	CC232	CC208	CC202	CC456
11636X	BINI P	2	CC146	D1430	CC306	RTP	RTP	JC	CH	D1430
12701E	BLANCHE	2	CC006	CH	VT	CC018	CC362	CC231	JC	VT
09257L	BOELF	2	JC	CH	D1430	CC002	D1430	D1430	JC	CC156
12535Z	BONNARDEL	2	CC404	CC022	CC273	CH	CC162	CC310	CC275	JC
12883C	BOREL	2	CC262	JC	CH	CC458	VT	VT	CC360	JC
11053N	BOULENOUJAR	2	JC	CC128	CH	CC128	CC074	CC008	JC	CH

Méthode de résolution des 3 cas : PL Généralisée

Technique de génération de colonnes



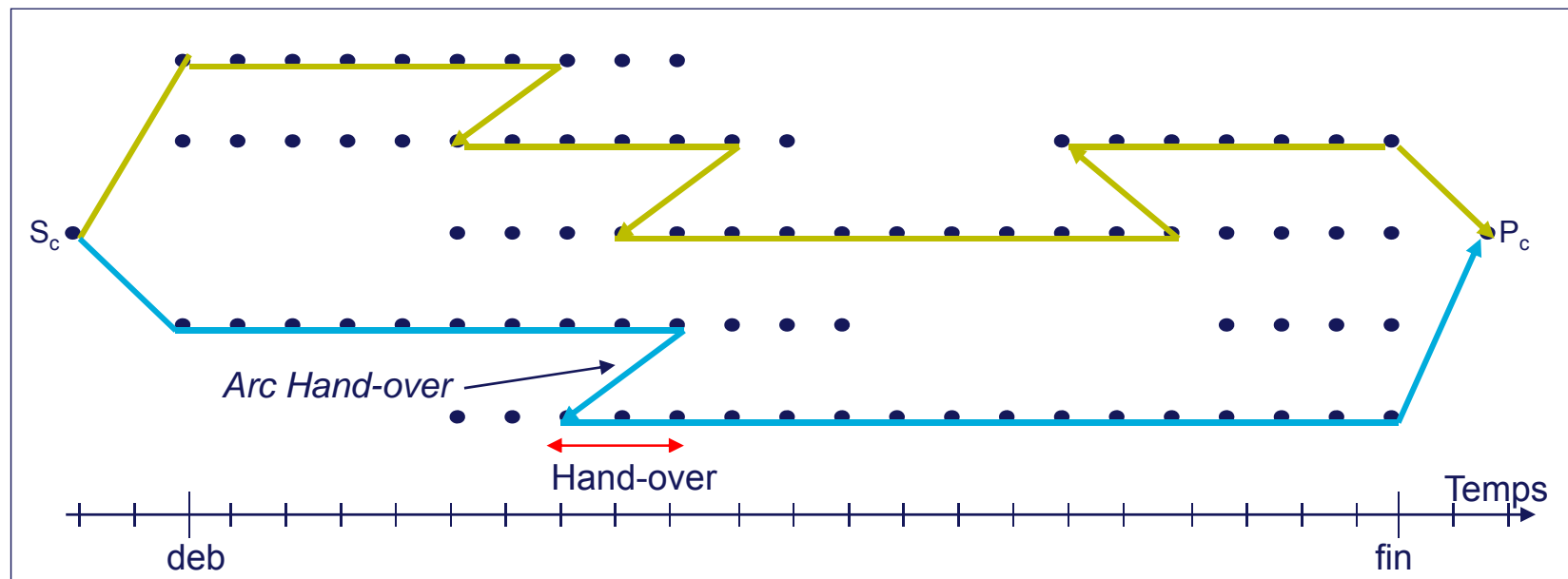
Cas 1 : dimensionnement constellation de satellites

Modélisation du sous-problème

Un graphe par zone terrestre

Pour chaque couple (zone, satellite), les sommets représentent la période de visibilité de la zone par le satellite (temps discrétisé par pas de 5 secondes)

Exemple pour la zone d'une demande de 2 liens (2 antennes disponibles sur des satellites différents)

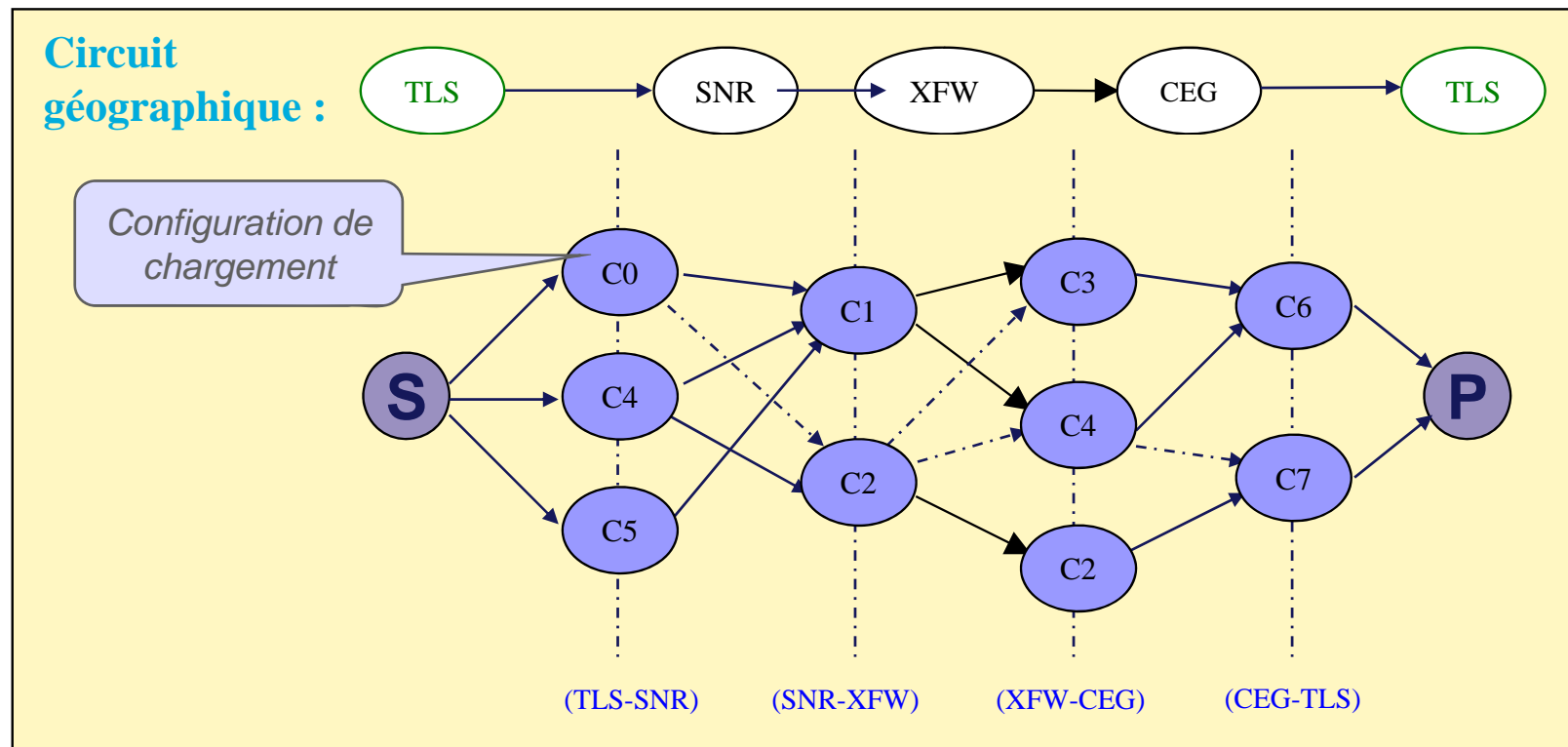


Un chemin permet de satisfaire une demande

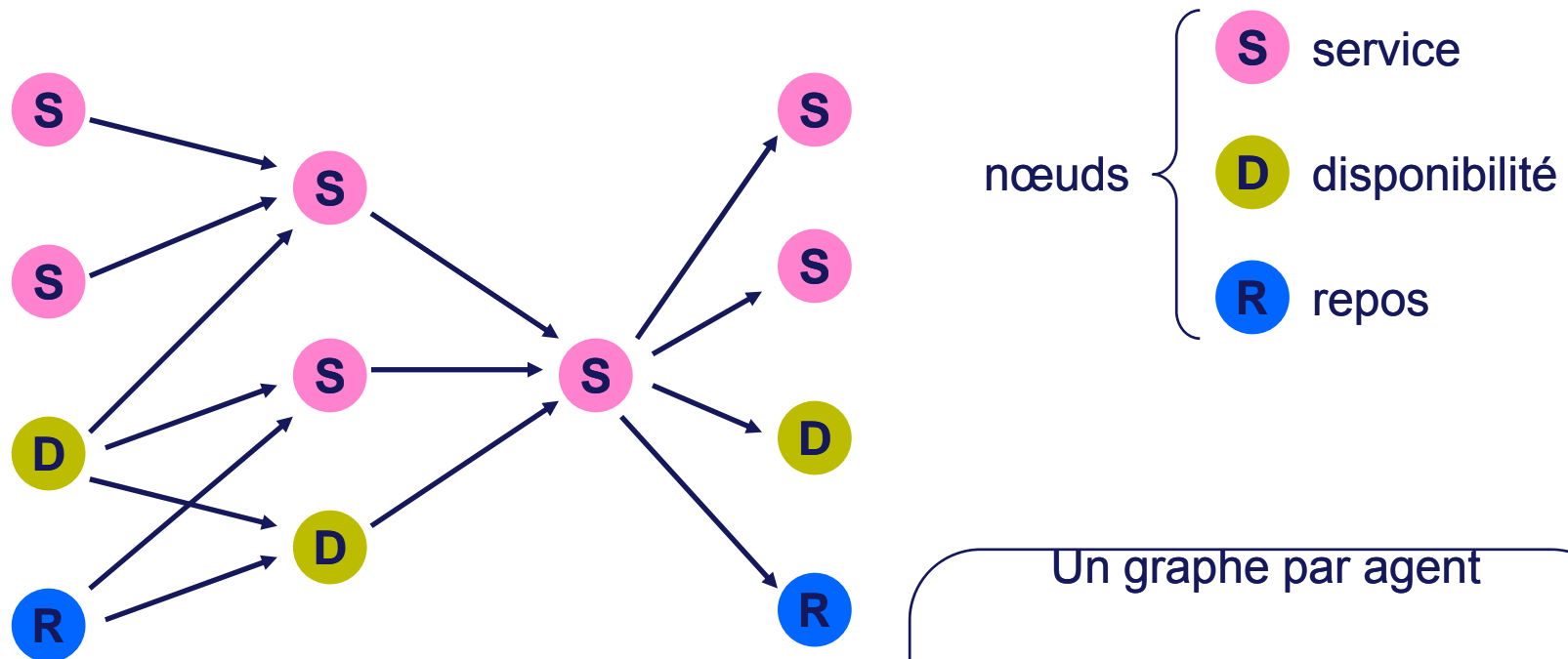
Un chemin est une colonne dans le problème maître (PL)

Cas 2 : programme des avions Beluga AIRBUS Modélisation du sous-problème

- ✧ Circuits candidats géographiques datés avec configurations de chargement possibles
 - 100 à 1000 configurations possibles et pertinentes par segment



Cas 3 : planification nominative du personnel Modélisation du sous-problème



Un graphe par agent

Un planning de l'agent est
généralisé par un algorithme de
plus court chemin sous
contraintes de ressources (ex
durée hebdomadaire de
travail maxi)

La technique de génération de colonnes peut se paralléliser aisément

✧ Un exemple simplifié : fonctionnement synchrone

- PL seul sur un processeur
- Plus courts chemin distribués sur des processeurs indépendants.

✧ Une implémentation asynchrone serait possible

✧ Enjeux sur des problèmes concrets

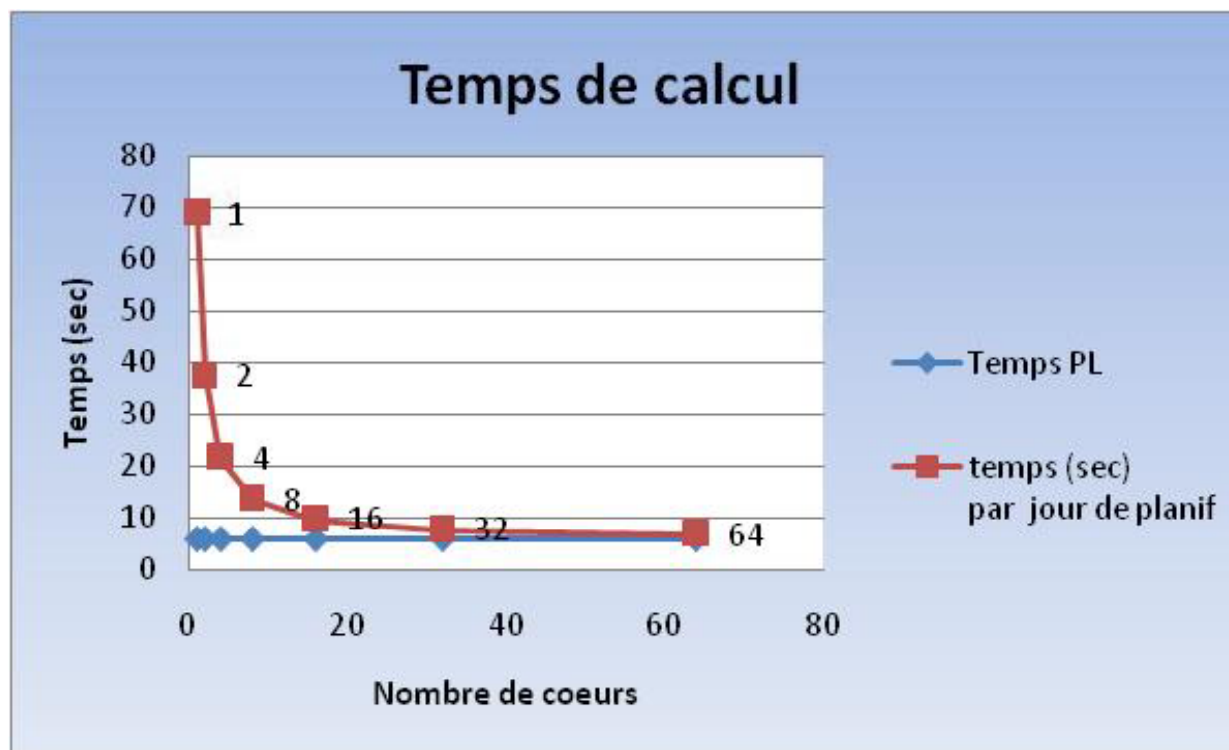
- Cas 2 : Belugas AIRBUS
- Cas 3 : planification nominative du personnel pour un client dans le tourisme (LP-ShiftPlanner)

Cas 2 : programme des avions Beluga AIRBUS

Gain potentiel de temps calcul

- ✧ Enjeu passer de 70 sec à 7 sec par jour de planification (64 cœurs)
- ✧ Donc de **7 heures à 42 minutes** pour planifier **une année** d'activité des belugas (un scénario)

Nombre de cœurs	Temps PL	temps (sec) par jour de planif
1	6	69
2	6	38
4	6	22
8	6	14
16	6	10
32	6	8
64	6	7
128	6	6

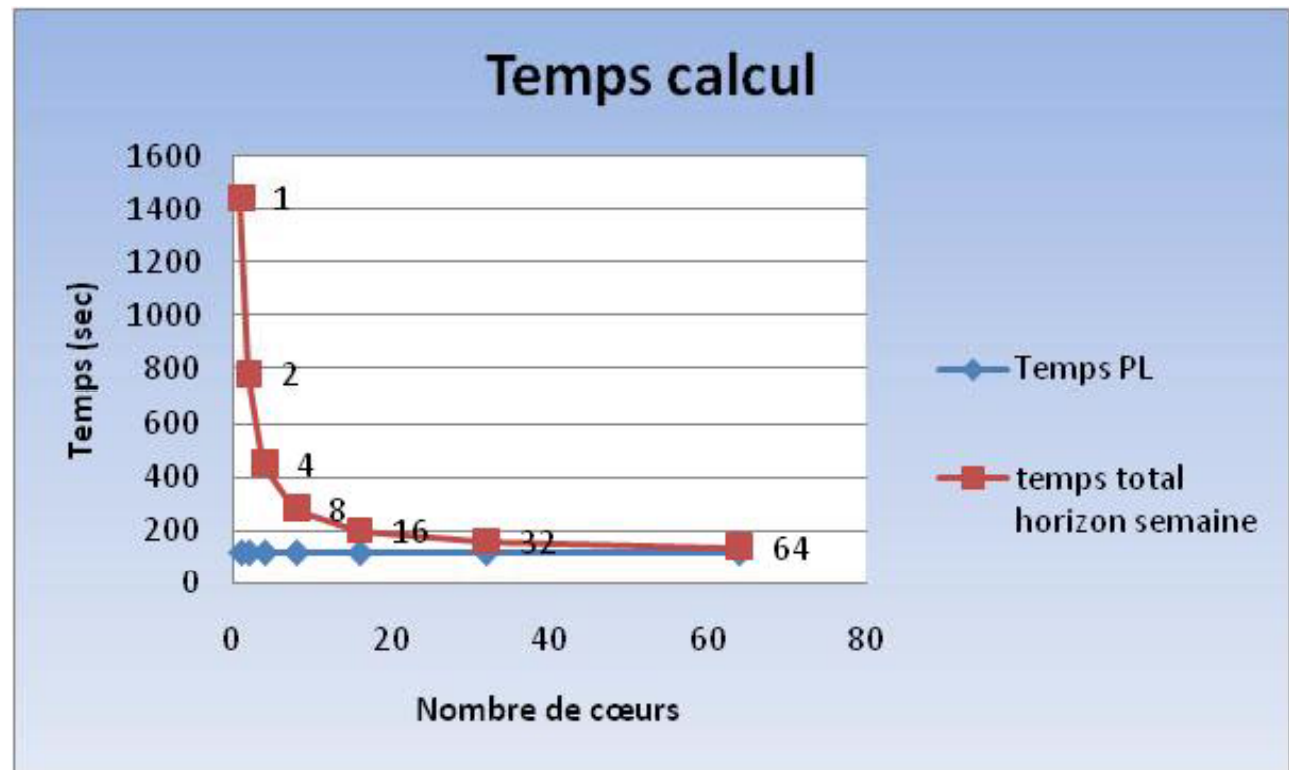


Cas 3 : planification nominative du personnel

Gain potentiel de temps calcul

✧ Réduction du temps de calcul possible de **24 à 2 minutes** pour planifier **200 agents** sur une semaine

Nombre de cœurs	Temps PL	temps (sec) horizon semaine
1	116	1445
2	116	781
4	116	448
8	116	282
16	116	199
32	116	158
64	116	137



Sommaire

1 / Recherche Opérationnelle et calcul scientifique

2 / Où se trouve la complexité et quels enjeux pour le HPC ?

3 / Simuler pour mieux optimiser la conception

4 / Optimisation multicritère et HPC

5 / Optimisation stochastique

6 / Optimisation combinatoire : génération de colonnes et HPC

7/ Conclusion et perspectives

Optimisation et HPC

Conclusions et perspectives

✧ Pour la conception de produits

- Intégrer les technologies d'optimisation dans des solveurs de la physique
- Exemple : **optimisation topologique**

✧ Environnement incertain et évolutif

• **Robustesse**

- complexité combinatoire ET prise en compte de l'aléatoire

• **Flexibilité**

- des ré-optimisations plus rapides (cf. passer de 24 minutes à 2 minutes de calcul pour une re-planification de 200 agents)

✧ HPC disponible en mode SaaS

- **liaisons haut débit** si volumes E/S importants
- **économiques** (temps machine et licences logiciels)
- **confidentialité** des données assurée

contact

Eric Jacquet-Lagrèze Directeur associé et fondateur
eric.jacquet-lagreze@eurodecision.com
+33 (0)1 39 07 12 40

Merci...

Thank you...

www.eurodecision.com

SIÈGE SOCIAL FRANCE
9A rue de la Porte de Buc 78000 Versailles
Tél : +33 (0)1 39 07 12 40

TOULOUSE FRANCE
1 rue Baour Lormian 31000 Toulouse
Tél : +33 (0)5 31 61 52 11

BARCELONA ESPAÑA
Calle París 205, 2º 1º, 08036 Barcelona
Tel : +34 93 193 24 19