

CHAPITRE I

OPTIMISATION COMBINATOIRE

GENERALITES

ELEMENTS D'OC

1. Rappels
2. Problème d'optimisation
3. Méthodes de résolution
4. Taxonomie des méthodes
5. Taxonomie des métaheuristiques
6. Exemples

RO -Définition

***Discipline des méthodes scientifiques pour
aider à mieux décider***

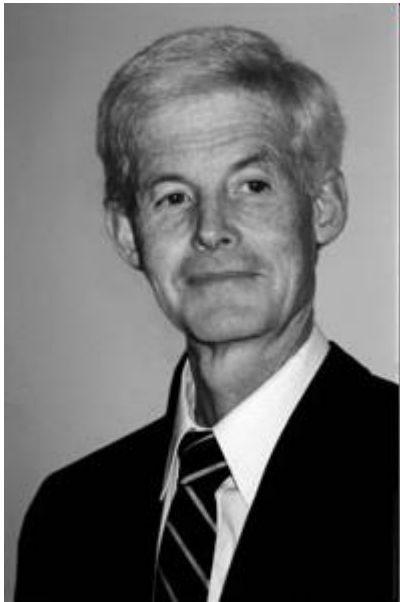
Définition

- Objectif de la « RO » : faire de la recherche scientifique « opérationnelle » – utilisable sur « le terrain des opérations » – à l'aide des outils de l'informatique.
- Mettre au point des méthodes,
les implémenter au sein d'outils (logiciels)
pour trouver des résultats ensuite confrontés à la
réalité (et repris jusqu'à satisfaction du demandeur).

Recherche Opérationnelle et Complexité

Approche de la théorie de la complexité

Théorie développée à la fin du 20ème siècle (S. Cook 1970 et L. Levin 1973)



J. Edmonds, R Karp, ...

Une notion importante : l'algorithme

- **Un algorithme est une méthode de calcul précise, rigoureuse, qui pour chaque donnée fournit un résultat en un nombre fini d'étapes élémentaires.**
- **Exemple : algorithme de Tri (classement) de n éléments (ordre)**



Comparer les algorithmes de tri n nombres

a, b, c : constantes

■ **Enumération** (idiot)

nombre d'étapes borné par $c.n!$

■ **Sélection** (bête)

nombre d'étapes borné par $a.n.(n-1)/2 = O(n^2)$

■ **Fusion** (malin)

nombre d'étapes borné par $b.n.\log n = O(n\log n)$

Un tout petit peu de combinatoire

- 1 étape se déroule en 10^{-6} seconde
- Le nombre d'étapes est de l'ordre de:

	$\text{Log}(n)$	n	n^2	2^n	$n!$

polynomial
efficace

non polynomial
non efficace

Algorithme

Un algorithme dont les données en entrée sont de taille n et dont le nombre d'étapes est borné par...

- un polynôme de n (n^2 , n^3 , n^{10} , $\log(n)$, $n\log(n)$...) est dit polynomial. Il est "efficace".
- une puissance en n (2^n , k^n , $n!$) est dit exponentiel. Il n'est pas efficace.

***Des problèmes qui se ressemblent
et pourtant...***

un problème "facile"

existe t'il une chaîne eulérienne dans G ?

et

un problème "difficile"

existe t'il une chaîne hamiltonienne dans G ?

Complexité

Qu'est la "**théorie de la complexité**" ?

Attention!
Nous donnons ici une
réponse INTUITIVE

Problème de Décision (décidable)
Réponse par OUI ou NON

Classe *NP*

De manière intuitive, un problème de décision est dans la classe *NP* si, quand on sait que la réponse est OUI, on peut facilement convaincre un tiers que c'est vrai.

Il est facile de **VERIFIER** que la réponse est oui (mais on ne peut pas forcément trouver que la réponse est oui).

Exemple si Carlos sait qu'il existe une chaîne hamiltonienne dans un graphe donné, il peut facilement vous en convaincre



Mais si le graphe est grand, Carlos ne pourra pas savoir si cette chaîne existe

Exemple si Carlos sait qu'il existe une chaîne hamiltonienne dans un graphe donné, il peut facilement vous en convaincre



Mais si le grand

- *C'est la nuance entre vérifier et trouver...*
- *« Facile à vérifier » n'est pas synonyme de « facile à trouver ».*



Classe P

Un problème de NP est "**facile**"
(**polynomial**) si on peut le résoudre par
un algorithme "efficace"
(temps polynomial en fonction de la
taille de l'instance)

Exemples

- L'existence d'une chaîne eulérienne dans un graphe
- Vérifier qu'un nombre n'est pas premier

Un problème est "difficile" si les seules méthodes connues pour le résoudre exigent un temps de calcul exponentiel en fonction de la taille de l'instance

Exemples

- **L'existence d'une chaîne hamiltonienne dans un graphe**

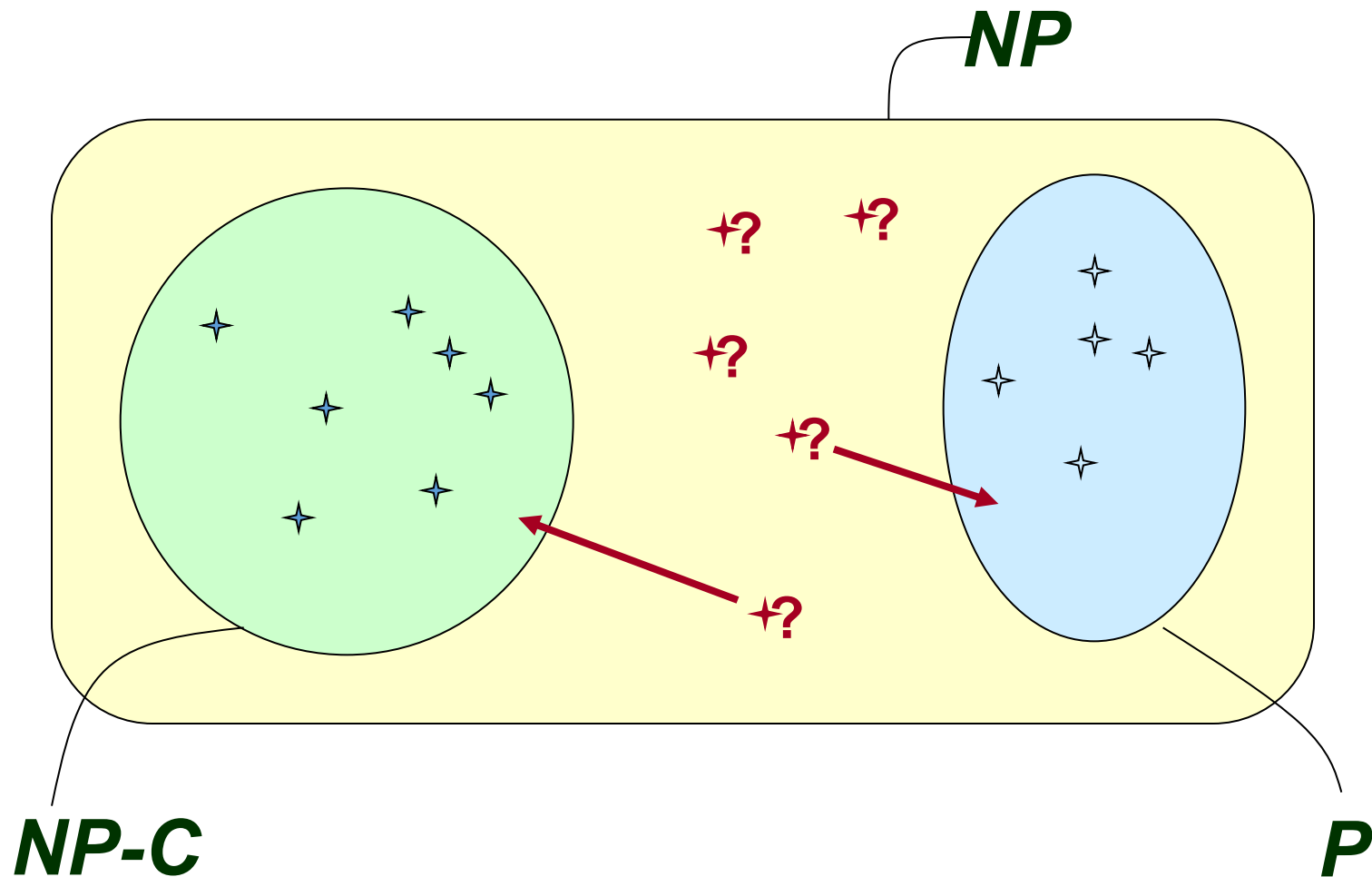
Classe $NP-C$

Un problème de NP est NP -complet si

"savoir le résoudre efficacement"

implique

"savoir résoudre efficacement TOUS les problèmes de NP " .



✦ Problèmes

+? Problèmes non classés

Pour montrer qu'un problème Π est polynomial

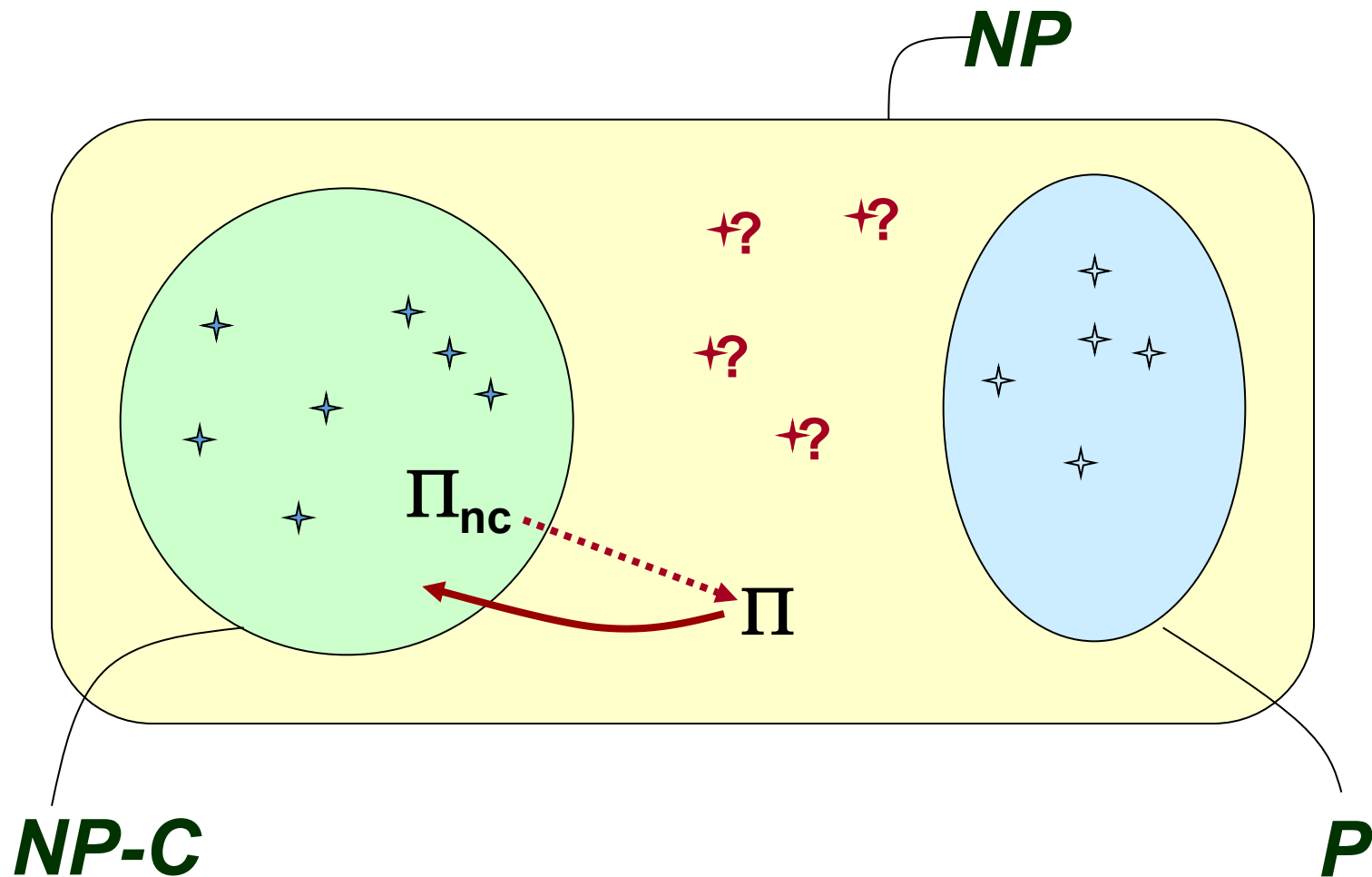
il faut trouver un algorithme pour le résoudre et prouver que cet algorithme s'exécute en un temps qui augmente de façon polynomiale en fonction de la taille de l'instance traitée

Pour montrer qu'un problème Π est *NP*-complet, on choisit un problème déjà connu pour être *NP*-complet, soit Π_{nc} , et on montre que Π_{nc} peut se "transformer" en Π .

Donc, si on savait résoudre Π , on saurait résoudre Π_{nc} .

Or, on ne sait pas résoudre Π_{nc} : donc il va sûrement être difficile de résoudre Π .

Π va, à son tour, être classé *NP*-complet.



Si on savait résoudre facilement Π on saurait résoudre aussi Π_{nc} ; or on ne sait pas résoudre Π_{nc}
 Π est donc sûrement difficile à résoudre

Les problèmes sont classés de façon incrémentale: la classe d'un nouveau problème est déduite de la classe d'un ancien problème.

L'établissement d'un "premier" problème *NP*-complet pour classer tous les autres s'est donc avéré nécessaire.

Le problème SAT

"satisfiabilité" d'une expression logique

Exemple

$$(x \vee \bar{y} \vee z) \wedge (\bar{x} \vee \bar{y} \vee t) \wedge (y \vee \bar{z} \vee t) \wedge (x \vee z \vee \bar{t})$$

x est vrai ou faux

x vrai $\iff \bar{x}$ faux

Peut-on affecter des valeurs vrai ou faux aux variables de telle façon que l'expression soit vraie ?

Exemple

une solution: x=vrai y=faux t=vrai z=vrai

Le théorème de Cook

**Stephen Cook
a classé le
problème SAT
comme *NP*-complet**

**SAT est le premier problème
NP-complet connu**

Clay Mathematics Institute, Cambridge, Massachusetts 02138 USA



Clay Mathematics Institute
Dedicated to increasing and disseminating mathematical knowledge

[HOME](#) | [ABOUT CMI](#) | [PROGRAMS](#) | [NEWS & EVENTS](#) | [AWARDS](#) | [SCHOLARS](#) | [PUBLICATIONS](#)

Millennium Problems

In order to celebrate mathematics in the new millennium, The Clay Mathematics Institute of Cambridge, Massachusetts (CMI) has named seven *Prize Problems*. The Scientific Advisory Board of CMI selected these problems, focusing on important classic questions that have resisted solution over the years. The Board of Directors of CMI designated a \$7 million prize fund for the solution to these problems, with \$1 million allocated to each. During the [Millennium Meeting](#) held on May 24, 2000 at the Collège de France, Timothy Gowers presented a lecture entitled *The Importance of Mathematics*, aimed for the general public, while John Tate and Michael Atiyah spoke on the problems. The CMI invited specialists to formulate each problem.

One hundred years earlier, on August 8, 1900, David Hilbert delivered his famous lecture about open mathematical problems at the second International Congress of Mathematicians in Paris. This influenced our decision to announce the millennium problems as the central theme of a Paris meeting.

The [rules](#) for the award of the prize have the endorsement of the CMI Scientific Advisory Board and the approval of the Directors. The members of these

- ▶ [Birch and Swinnerton-Dyer Conjecture](#)
- ▶ [Hodge Conjecture](#)
- ▶ [Navier-Stokes Equations](#)
- ▶ [P vs NP](#)
- ▶ [Poincaré Conjecture](#)
- ▶ [Riemann Hypothesis](#)
- ▶ [Yang-Mills Theory](#)
- ▶ [Rules](#)
- ▶ [Millennium Meeting Videos](#)

years. The Board of Directors of CMI designated a \$7 million prize fund for the solution to these problems, with \$1 million allocated to each. During the

Voulez-vous gagner 1 000 000 \$?

Prix Clay

Il "suffit" de démontrer la **conjecture** suivante
 $P \neq NP$
(ou bien de prouver que $P = NP$)

Pour prouver que $P = NP$ il faudrait résoudre l'un des problèmes NP -complets avec un algorithme polynomial. Faire "tomber" un seul de ces problèmes dans la classe P ferait tomber l'ensemble de la classe NP

problèmes de décision

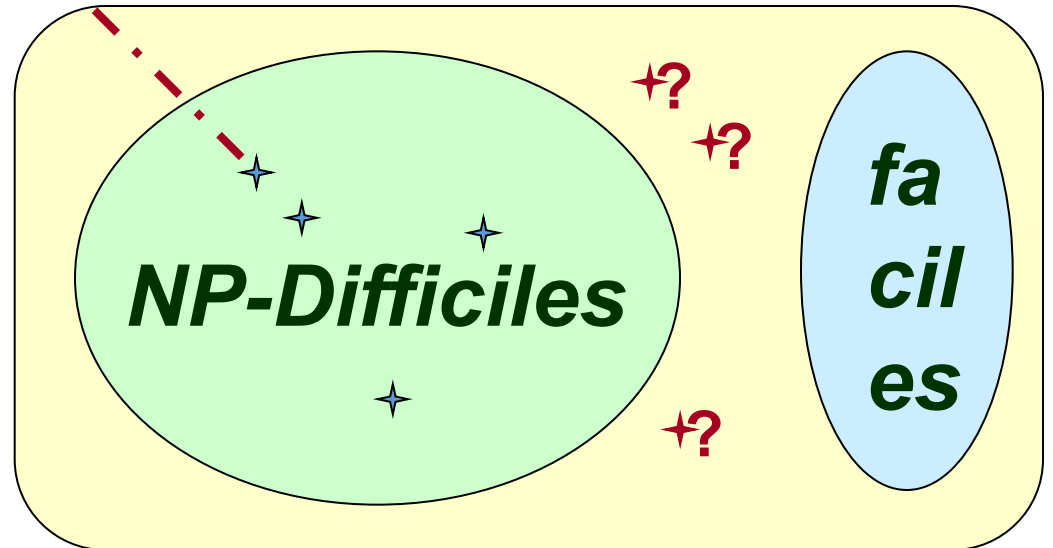
NP-C

NP

P

**Problèmes
d'optimisation**

UMB M'SILA



Résoudre un problème de recherche opérationnelle

RESOUDRE UN PROBLEME DE RO

L'OPTIMISATION COMBINATOIRE

***Maximiser ou Minimiser une
fonction "objectif" tout en
respectant un ensemble de
"contraintes"***

- **La RO vise à résoudre certains problèmes par des méthodes scientifiques à l'aide des ordinateurs.**
- **Le problème à résoudre est-il facile ou difficile ?**
- **Si le problème est "facile": exhiber un algorithme efficace.**
- **Si le problème est "difficile":**
 - **et de "petite taille": chercher la solution optimale du problème.**
 - **et de "grande taille": chercher une solution approchée et garantir la valeur de cette solution.**

Faciles

- *Chercher un chemin min min ou max*
- *Router un flot maximal entre 2 sommets sous des contraintes de capacités*
- *Ordonnancer des tâches sous des contraintes de précédence*
-

Difficiles

- *Router un flot maximal entre plusieurs paires de sommets sous des contraintes de capacités*
- *Ordonnancer des tâches sous des contraintes de précédence et de moyens*
-

II. OPTIMISATION, C'est quoi au juste?

Optimiser

permettre d'obtenir le meilleur résultat possible par une action adaptée.

synonymes : améliorer, mettre au point, optimaliser.

Larousse

Optimisation

La science cherchant à modéliser, analyser et à résoudre analytiquement ou numériquement les problèmes qui consistent à déterminer le meilleur élément d'un ensemble, au sens d'un critère quantitatif donné.

Larousse

Que l'on veuille ou non, que l'on en soit conscient ou non, à tout moment de notre vie, on se retrouve en train d'optimiser !

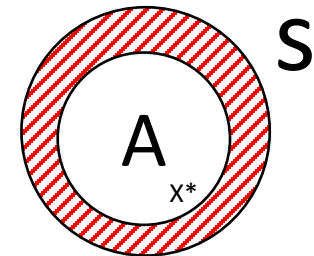
I might be wrong

II. OPTIMISATION, C'est quoi au juste?

Problème d'Optimisation

$$PO = \begin{cases} \text{Opt}_{x \in S} f(x) \\ C(x), x \in S \end{cases}$$

$C(x)$ sont satisfaites $\Rightarrow x$ est réalisable $\Rightarrow x \in A \subseteq S$;



Optimiser $f: S \rightarrow R \Leftrightarrow$ rechercher x^* en explorant A / $x^* = \text{ArgOpt } f(x)$

Si $f: S \rightarrow R^n \rightarrow$ optimisation multicritères.

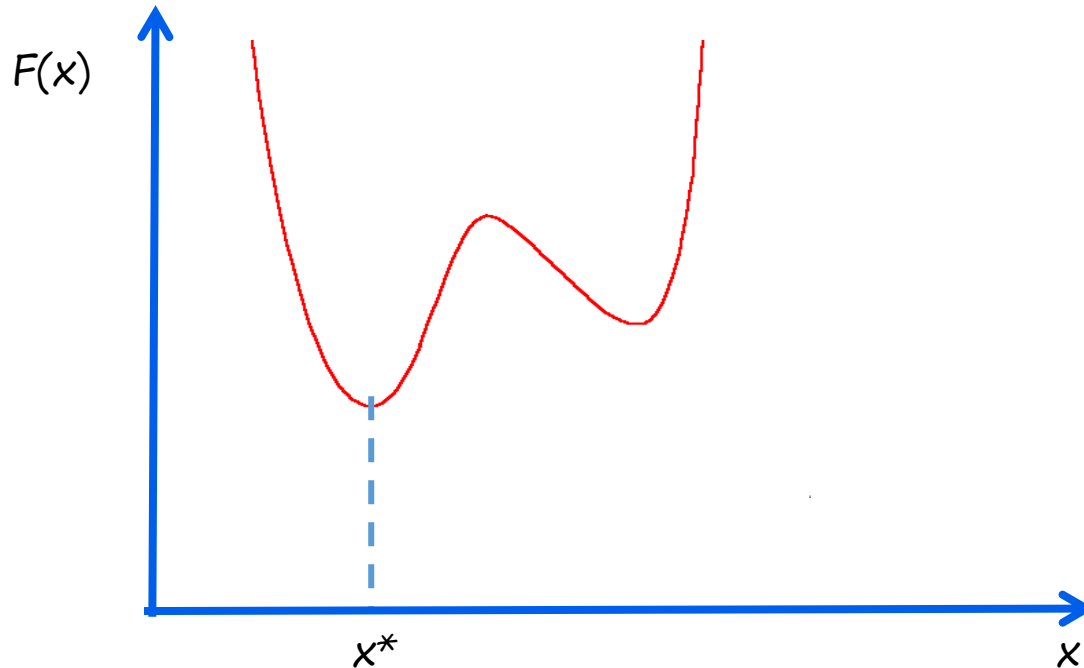
S
 $\nearrow$ continu $\rightarrow OD \rightarrow |S| = \infty$. Recours à la théorie d'analyse numérique.
 $\searrow$ discret $\rightarrow OC \rightarrow$ mais souvent S est fini et $|S|$ est assez grand.

$|S|$ dépend toujours de la taille n du POC $\rightarrow |S| = \text{fonction croissante}(n) \approx O(2^n)$

n = taille du input du OC

De quoi parle-t-on ?

Pour une fonction à une seule variable :

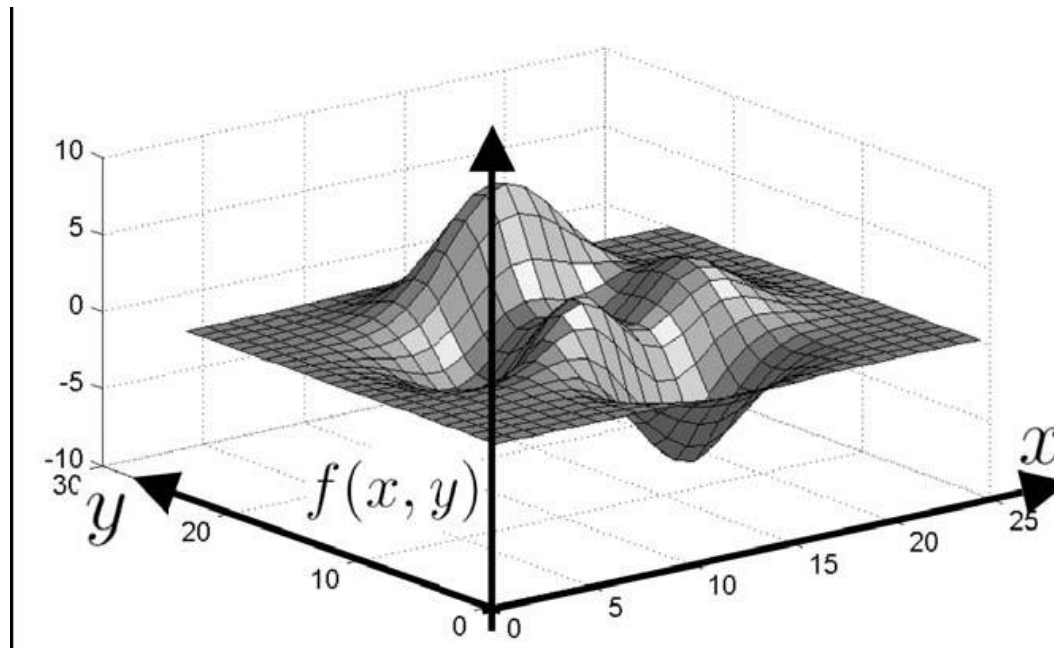


Continuité $\rightarrow$ dérivabilité $\rightarrow$ accroissements finis $\rightarrow x^*$

Mais que se passe-t-il pour $f(x) = \sin x + e^x - \ln x + x^3$

De quoi parle-t-on ?

Et avec une fonction à deux variables :



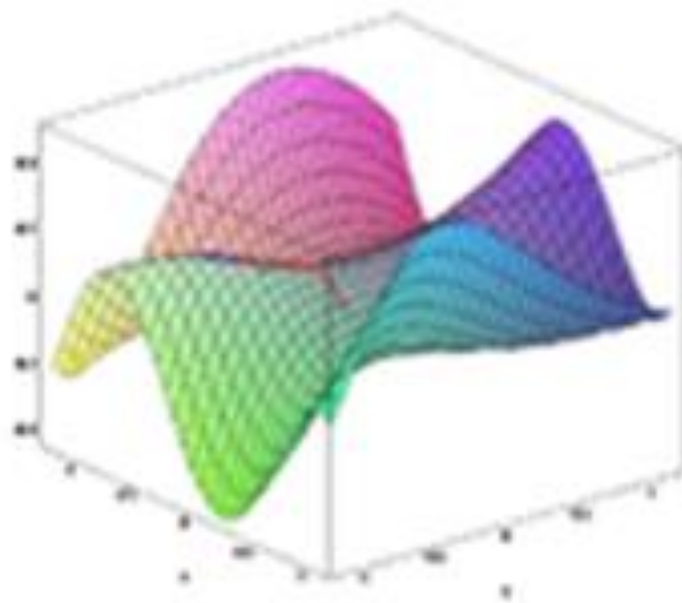
Différentiable $\rightarrow$ gradient $\rightarrow X^* = (x, y)$

Attention ça ne marcherait pas toujours, ... fonctions non lisses, ...

1. De quoi parle-t-on ?

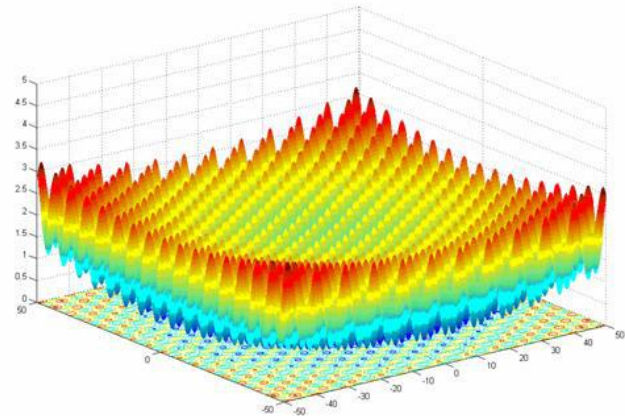
Et si on fonce plus loin ...

$$f(x, y) = \sin\left(\frac{1}{2}x^2 - \frac{1}{4}y^2 + 3\right) \cos(2x + 1e^x)$$

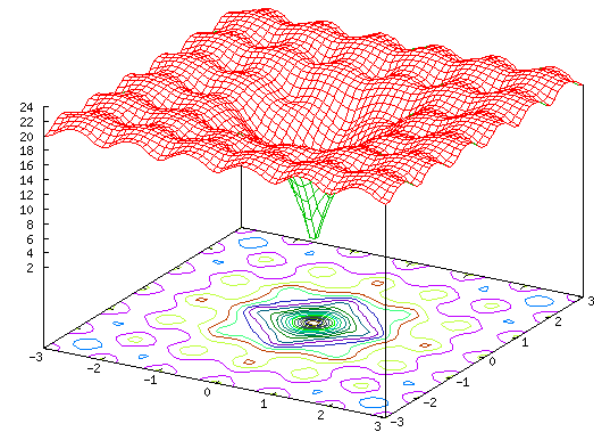


1. De quoi parle-t-on ?

Fonction de Griewank

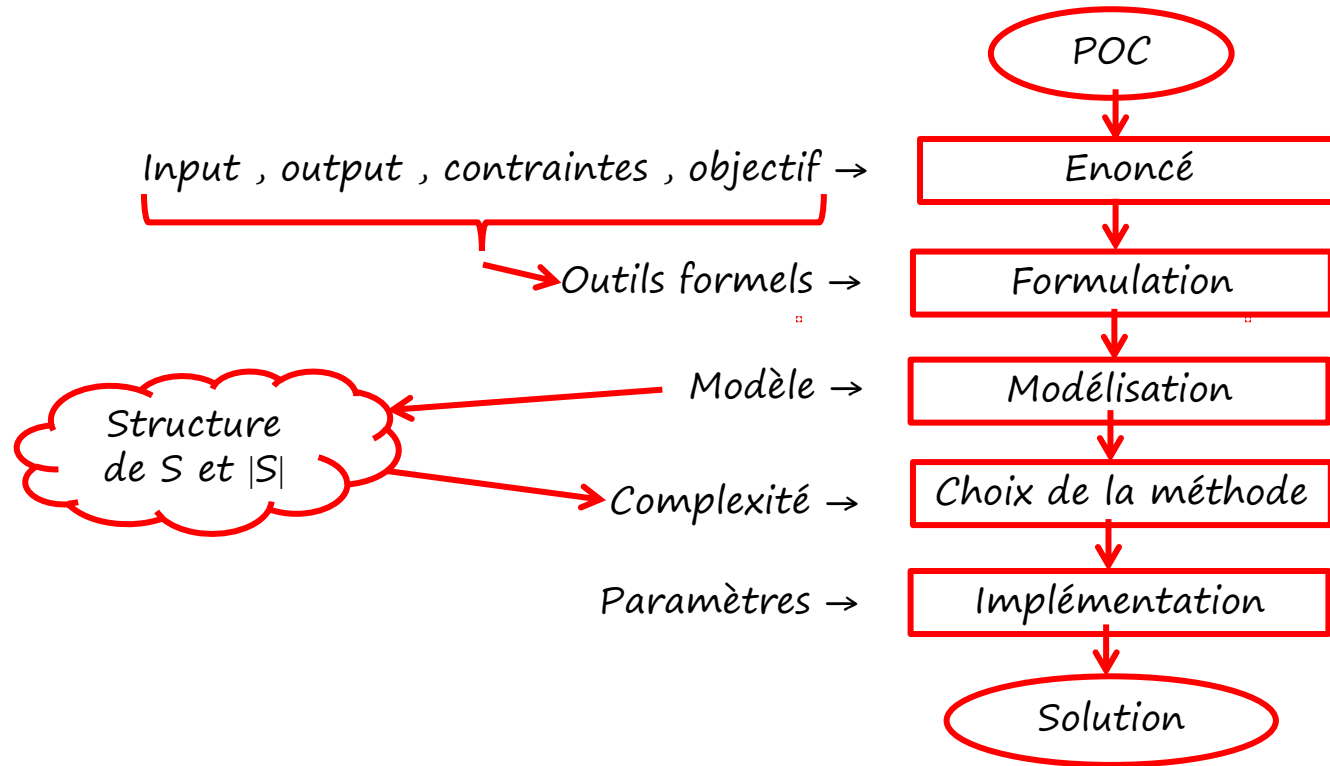


Fonction de Ackley



II. ELEMENTS D'OC

Processus de résolution d'un POC



TERMINOLOGIE

SOLUTIONS

Solution candidate / Solution réalisable

Région réalisable

Solution exacte / Solution approchée

Solution optimale

Voisinage

Taux d'approximation

Ecart

TERMINOLOGIE

METHODES

Méthode exacte / Méthode approchée

Méthode déterministe / Méthode stochastique

Méthode constructive / méthode transformative

Méthode gloutonne

Méthode à voisinage (à trajectoire)

Méthode évolutionnaire

Méthode à essais

TERMINOLOGIE

OPTIMISATION

Optimisation discrète / Optimisation continue

Optimisation locale / Optimisation globale

Optimisation déterministe / Optimisation stochastique

Optimisation dynamique / Optimisation statique

Optimisation monoobjectif / optimisation multiobjectifs

Optimisation robuste

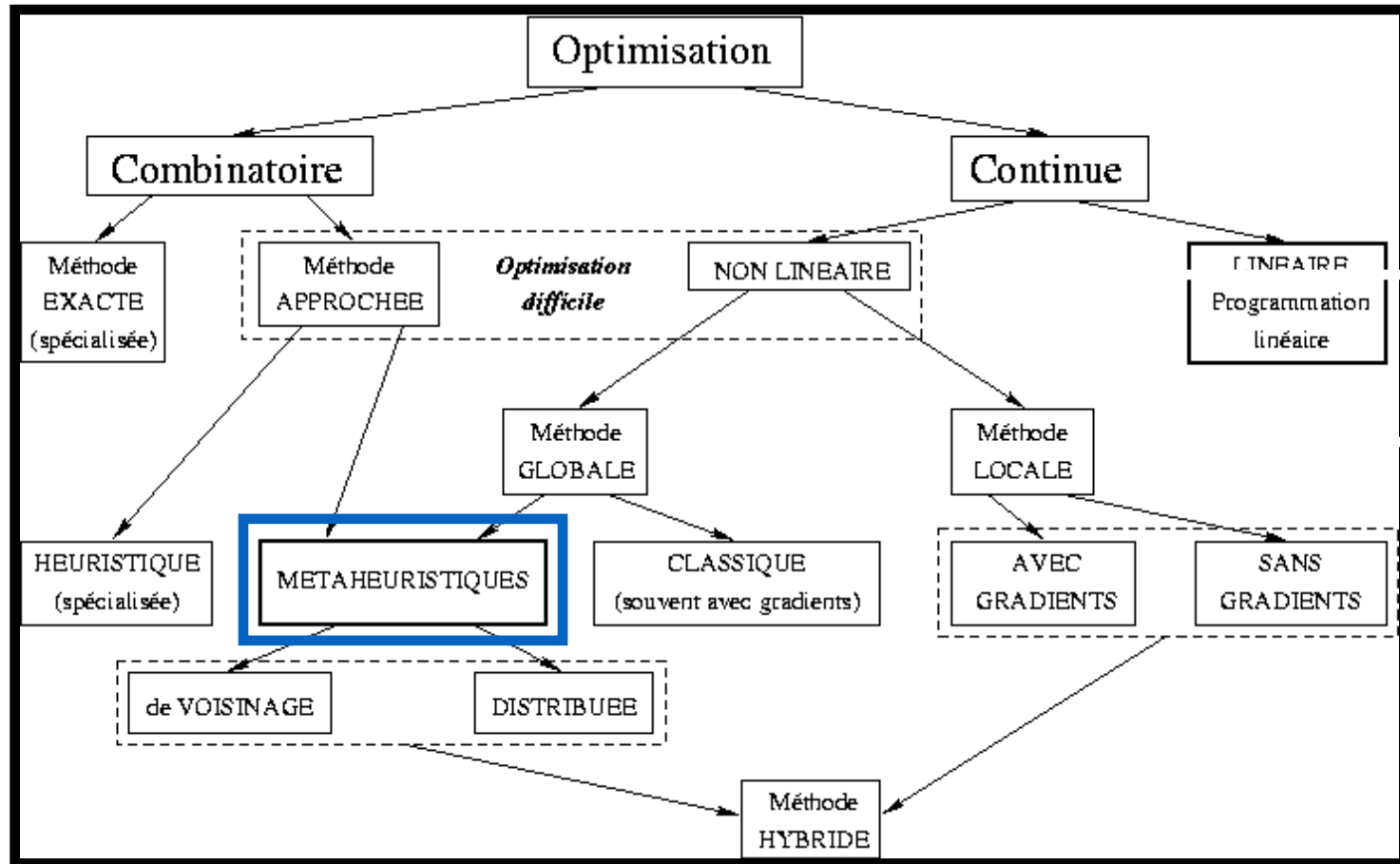
Méthode exacte vs méthode approchée

Résoudre le POC = explorer S (par construction ou transformation itérativement)

$$POC = \begin{cases} \text{Opt}_{x \in S} f(x) \\ C(x), x \in S \end{cases}$$

Exploration de S	Systematique (Intelligente)	Partielle (Astucieuse)
Méthode / solution	Exacte	Approchée
Caractéristique	Optimalité	Approximation
Preuve	Formelle	Empirique (ε -appro.)
Aspect	Déterministe	Stochastique (guidée)
Complexité	$O(2^n)$ (souvent)	$O(n^k)$
Handicap	Explosion combinatoire	Convergence précoce
Adaptée aux POC	de petites tailles	NP-difficiles de grandes tailles

- Classification des algorithmes d'optimisation
 - Classification générale des méthodes



III. Les Métaheuristiques

- ✓ Heuristique : du grec ancien "eurisko", trouver
- ✓ méta = au-delà
- ✓ Métaheuristique = au delà + trouver
= trouver avec un plus haut niveau d'abstraction.
- ✓ une méta-heuristique est un ensemble de concepts : voisinage (modification d'une solution), utilisation de la mémoire, inspiration de la physique ou la nature ...

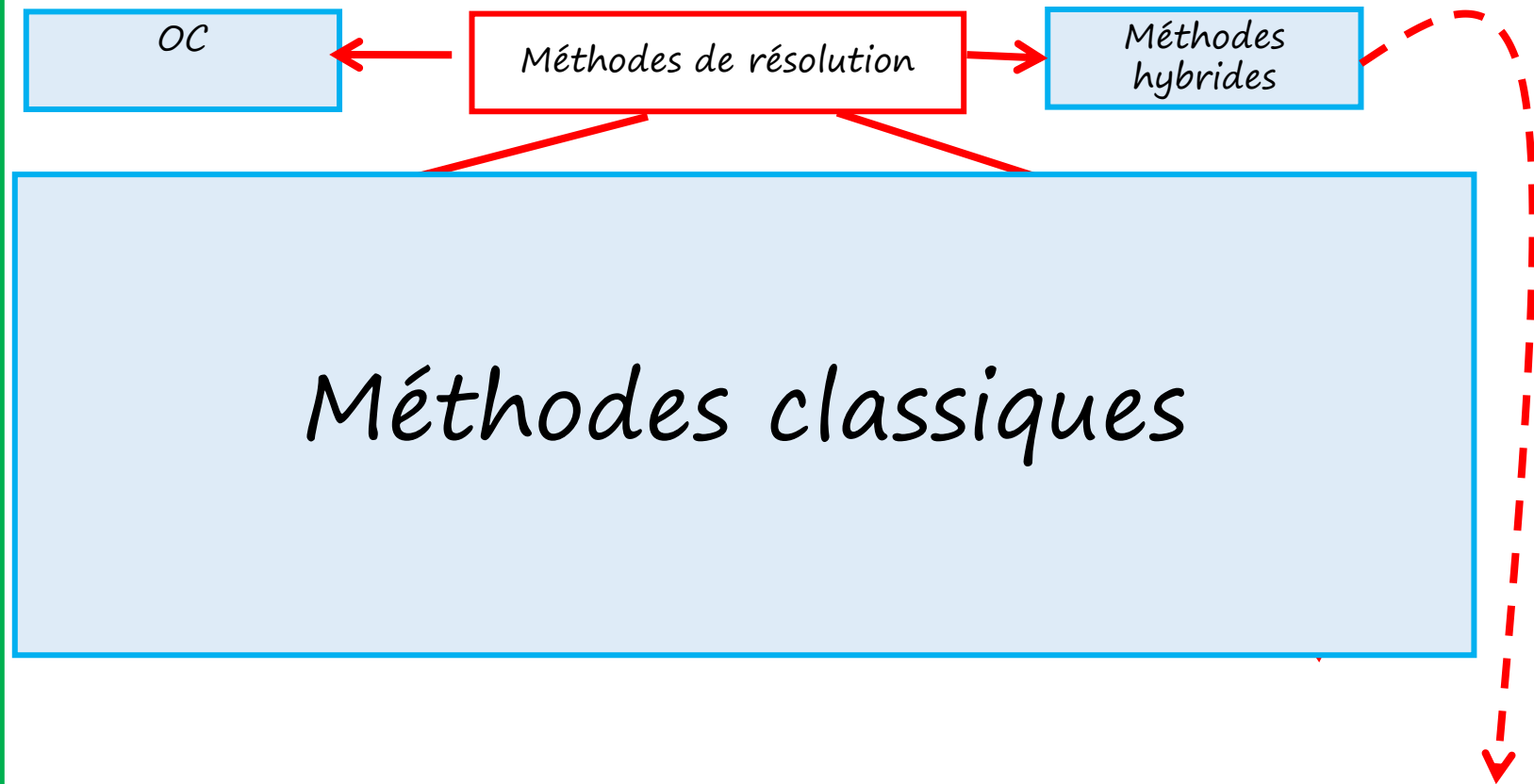
Wikipédia

"A metaheuristic is formally defined as an iterative generation process which guides a subordinate heuristic by combining intelligently different concepts for exploring and exploiting the search space, learning strategies are used to structure information in order to find efficiently near-optimal solutions."

I.H. Osman and G. Laporte, Metaheuristics : a bibliography
Annals of Operations Research 63, 513-623, 1996.

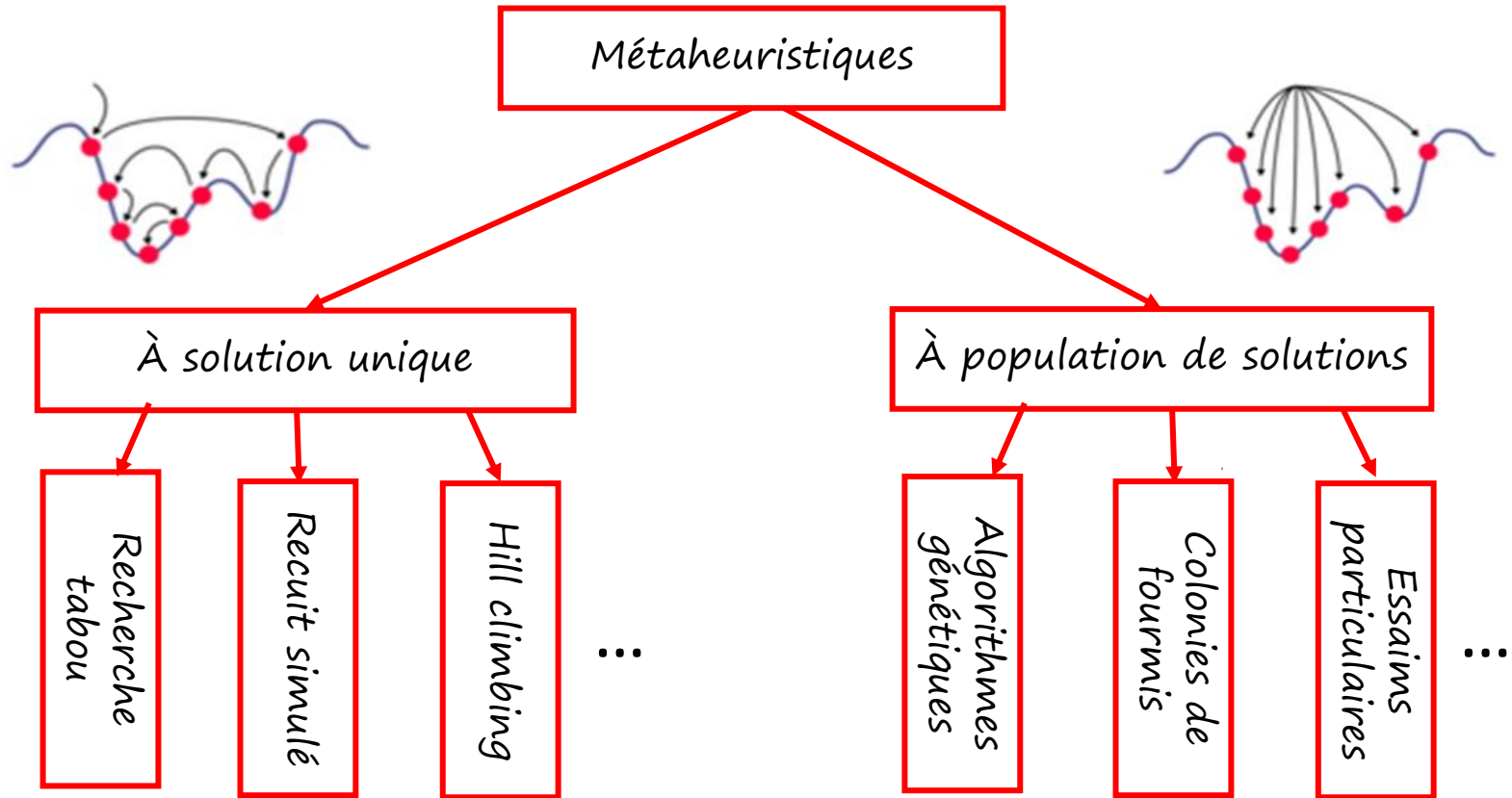
III. Les Métaheuristiques

Taxonomie des méthodes de résolution



III. Les Métaheuristiques

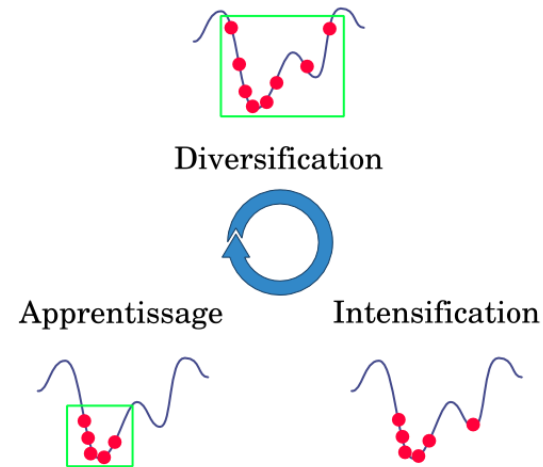
Taxonomie des métaheuristiques



III. Les Métaheuristiques

Métaheuristique / le plus gros à faire → Garantir l'approximation ?

- ✓ Intensification → exploitation ;
- ✓ Diversification → exploration ;
- ✓ Apprentissage → mémoire ;



Ingrédients d'une bonne méthode → un compromis entre ces approches

III. Les Métaheuristiques

En bref. Toutes les MHs partagent les propriétés suivantes:

- ✓ Elles sont approchées, stochastiques, itératives (un nombre assez grand d'itérations) et de complexité polynomiale;
- ✓ Elles sont inspirées de phénomènes naturels ou physiques ;
- ✓ Elles sont paramétrables ;
- ✓ Chacune a été développée pour un type de problèmes déterminé ;
- ✓ Elles sont faciles à implémenter ;
- ✓ Elles proviennent leur force de l'exploration guidée par le paradigme de la méthode mais aussi empiriquement.

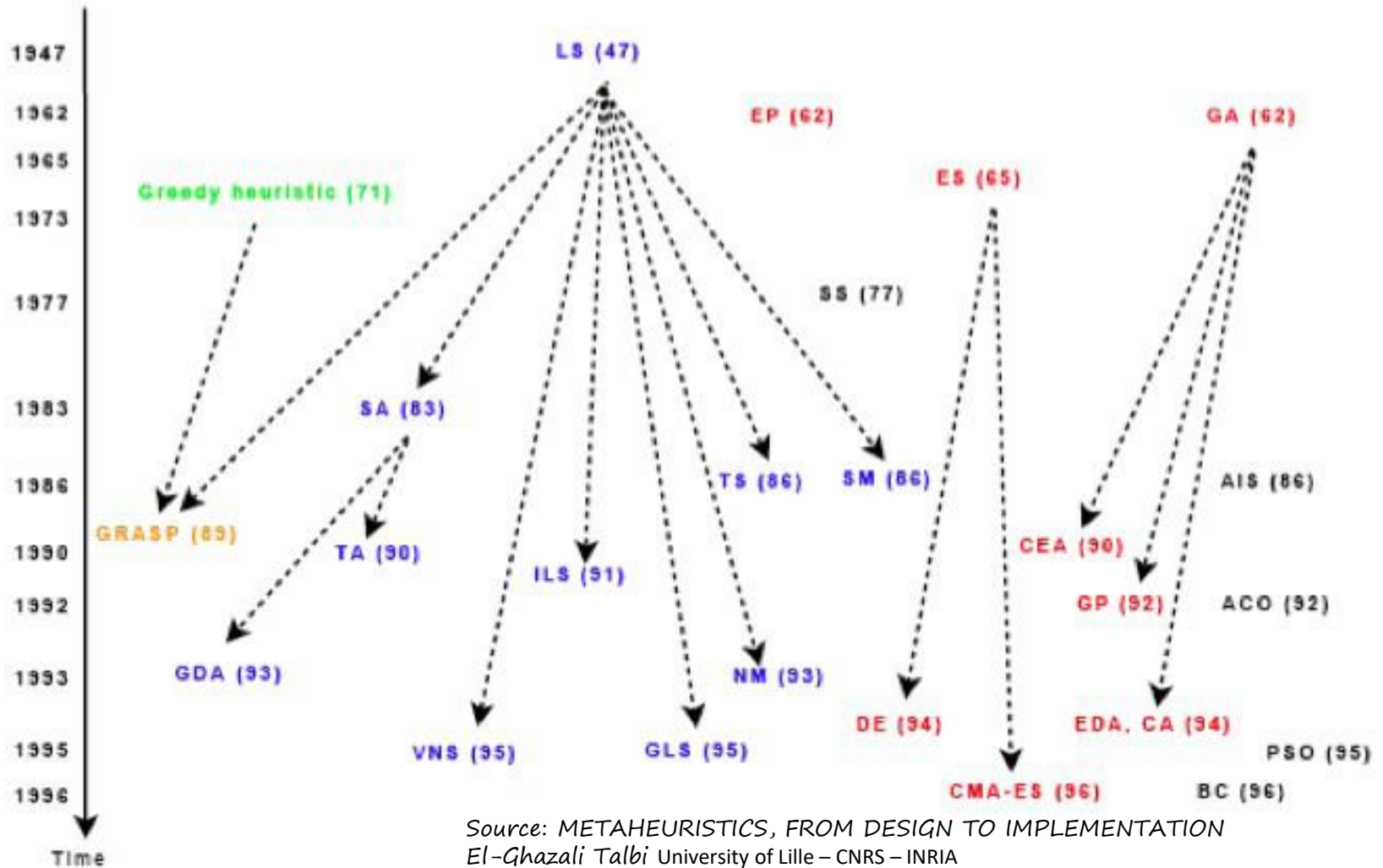
Un bon résultat est fonction de deux facteurs : respecter l'allure générale et les tests sur des benchmarks.

Evaluation:

- ✓ Vitesse de convergence ;
- ✓ Précision ;
- ✓ Robustesse ;
- ✓ Performance générale ;

III. Les Métaheuristiques

Jalons marquants



III. Les Métaheuristiques

ACO (Ant Colonies Optimization)

AIS (Artificial Immune Systems)

BC(Bee Colony) [689,835],

CA(Cultural Algorithms)

CEA (Coevolutionary Algorithms)

CMA-ES (Covariance Matrix Adaptation Evolution Strategy)

DE (Differential Evolution)

EDA (Estimation Of Distribution Algorithms)

EP (Evolutionary Programming)

ES (Evolution Strategies)

GA (Genetic Algorithms)

GP (Genetic Programming)

GDA (Great Deluge)

III. Les Métaheuristiques

GLS (Guided Local Search)

GRASP (Greedy Adaptive Search Procedure)

ILS (Iterated Local Search)

NM (Noisy Method)

PSO (Particle Swarm Optimization)

SA (Simulated Annealing)

SM (Smoothing Method) [326],

SS (Scatter Search)

TA (Threshold Accepting)

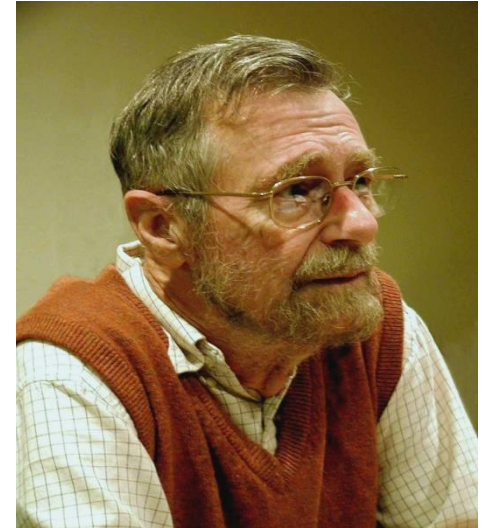
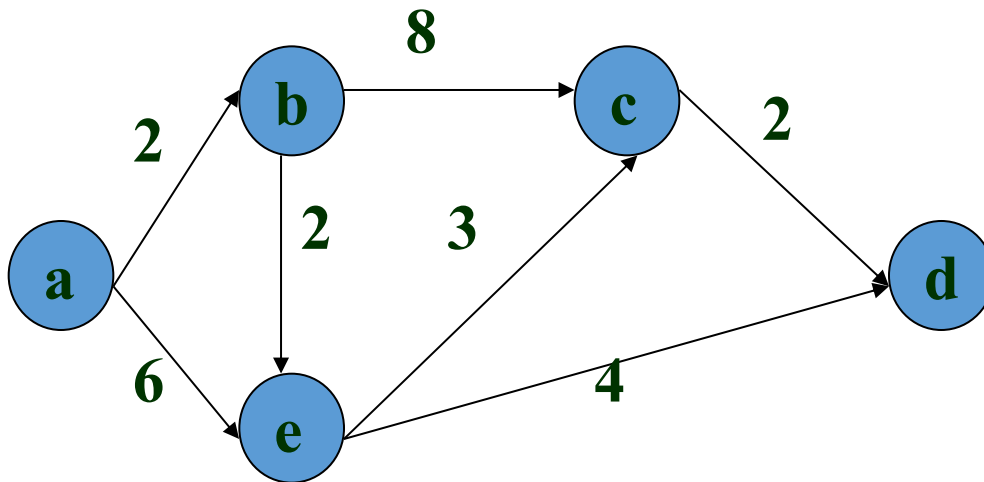
TS (Tabu Search)

VNS (Variable Neighborhood Search)

Résolution d'un problème de RO "FACILE"

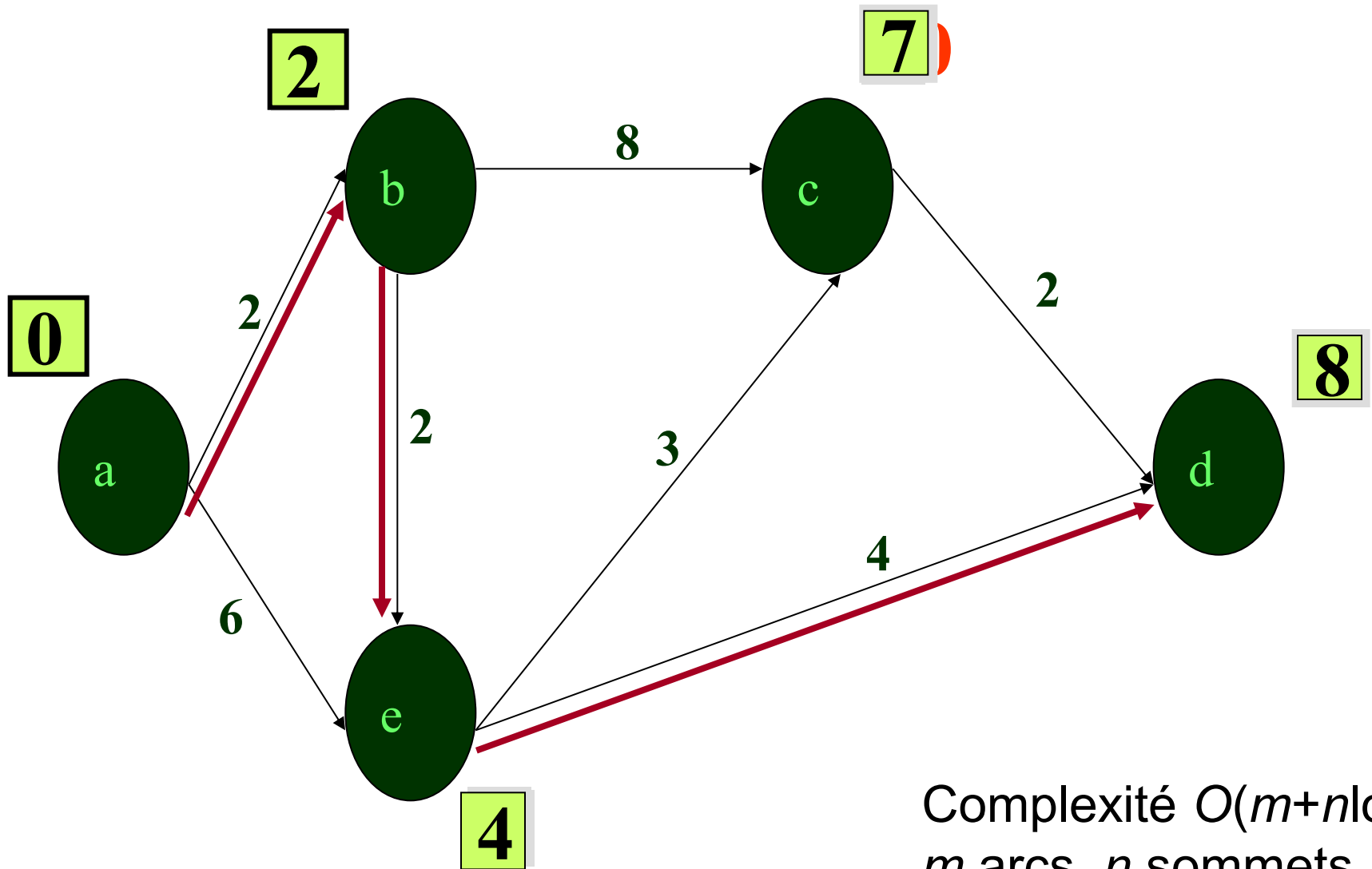
**Solution optimale
trouvée par un algorithme
polynomial**

Chemin le plus court d'un sommet vers tous les autres



Algorithme de **Dijkstra**
1959

(longueurs positives)



Complexité $O(m+n\log n)$
 m arcs, n sommets

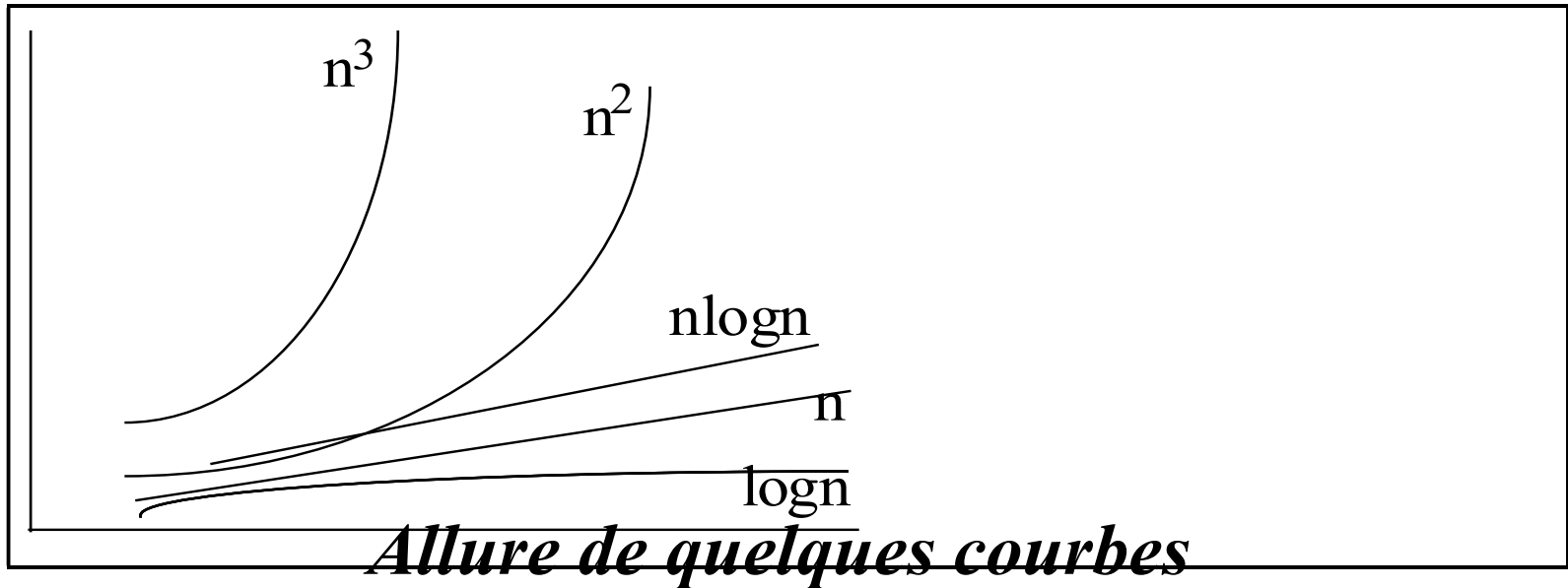
Résolution d'un problème de RO "FACILE"

Attention:

si l'instance est très "grande"

*même un algorithme polynomial
peut être impraticable*

***“Bonne complexité”* $O(\log n)$ ou $O(n)$ ou $O(n \log n)$**



$n = 10^6$

1 μ s par opérations

$\log_2 n$	n	$n \log_2 n$	n^2	n^3
20 μs	1 s	20 s	12 j	32 Ka

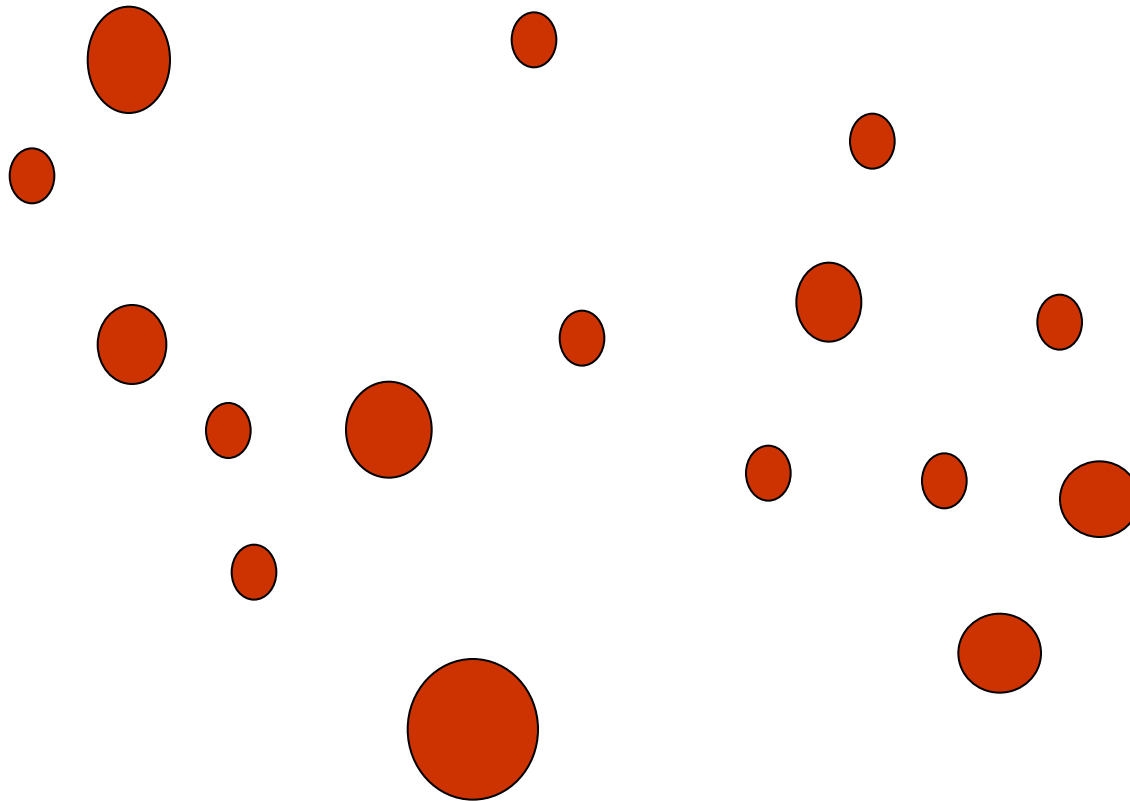
Résoudre un problème difficile

MINIMISATION

Un exemple:

La localisation d'entrepôts

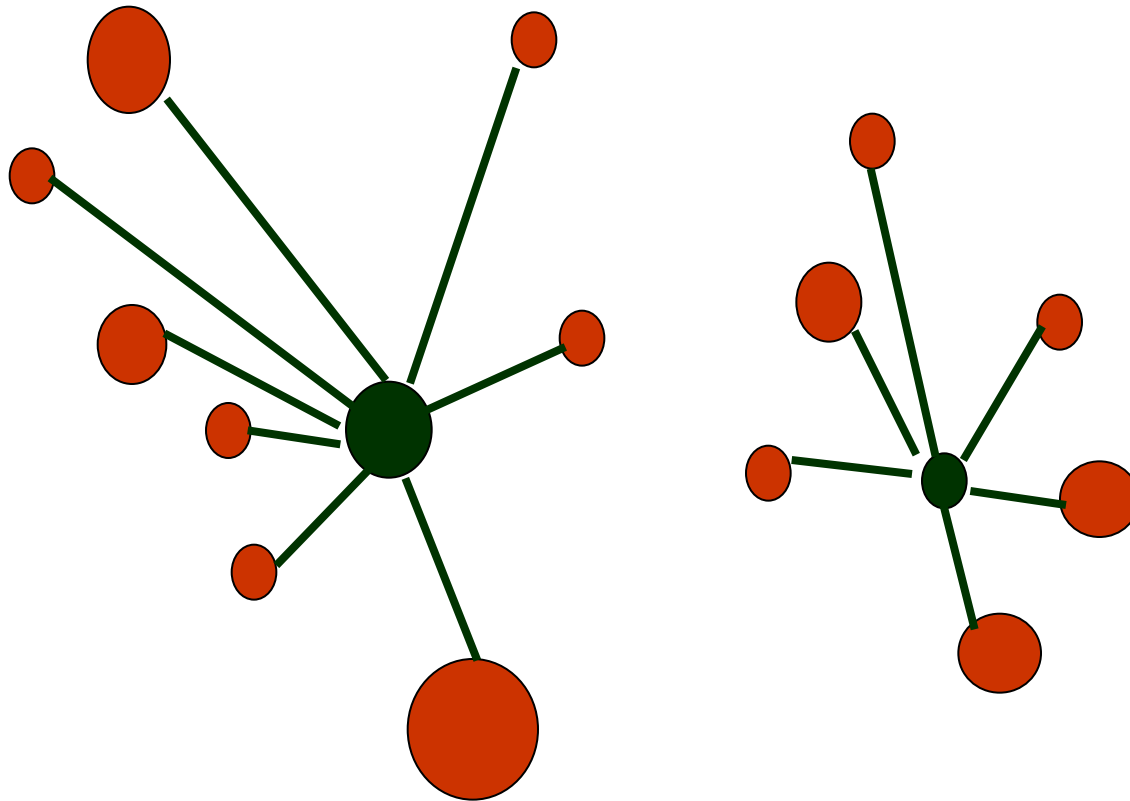
Où installer les entrepôts?



**Combien faut-il créer
d'entrepôts et où faut-il les
installer de façon à servir tous
les clients pour un coût* total
minimal?**

(* Somme des coûts relatifs aux entrepôts
et à la livraison des clients)

Où installer les entrepôts?



● **Clients**

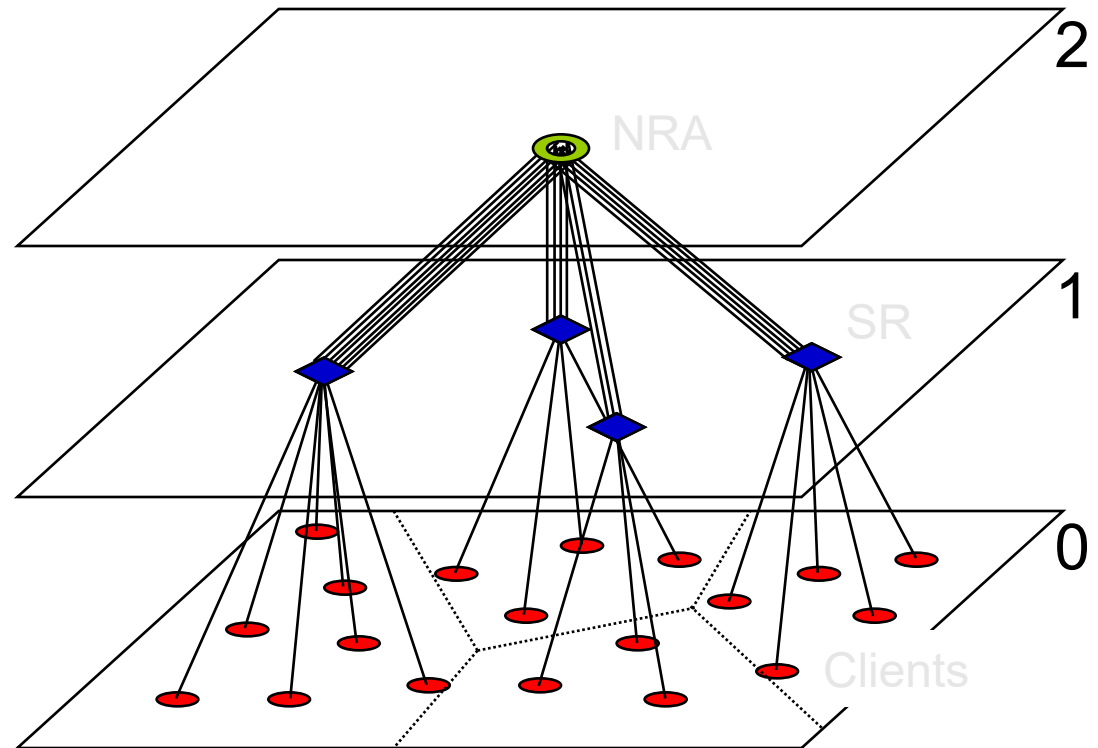
UMB M'SILA

Servis par l'entrepôt le plus proche

Une application réelle

Orange télécom

Entrepôts
=
équipements
= 
sous-
répartiteurs



Résolution d'un problème de RO "DIFFICILE"

Instances de petites taille

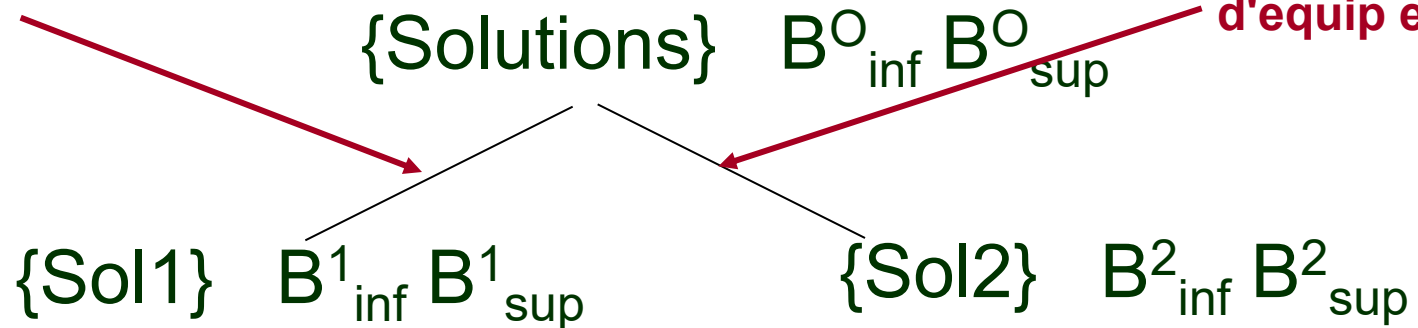
- Solution exacte: énumération implicite
- Partition de l'ensemble des solutions
- Méthodes "arborescentes" ou "branch and bound" ou "branch and price"

Résolution d'un problème de RO "DIFFICILE"

Instances de petite taille (min)

choix: equip
en S_a

choix: pas
d'equip en S_a



A chaque étape i :

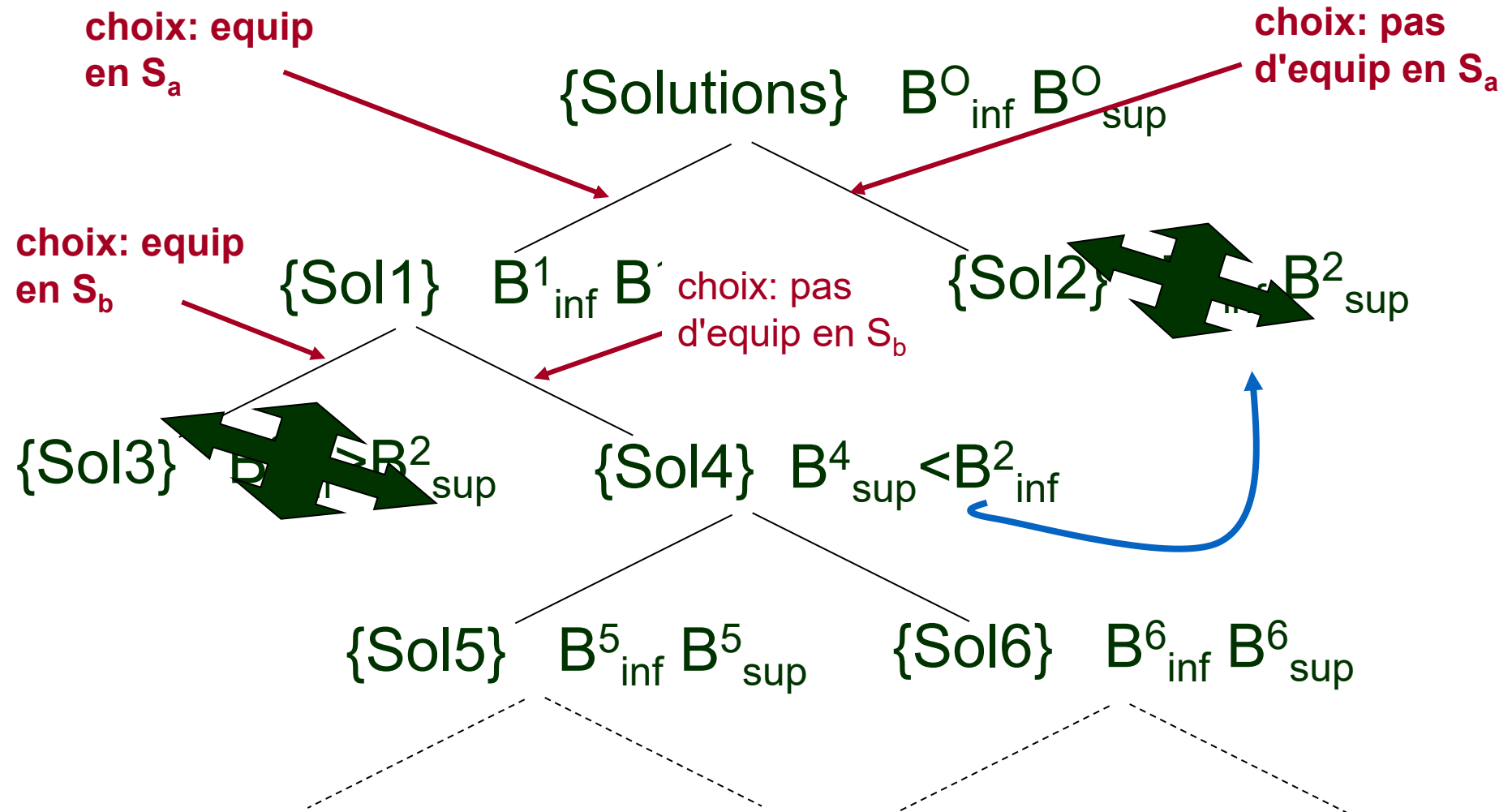
$$B^i_{inf} \leq$$

Valeur optimale d'une
solution de l'ensemble
 Sol_i

$$\leq B^i_{sup}$$

Problème de RO "DIFFICILE"

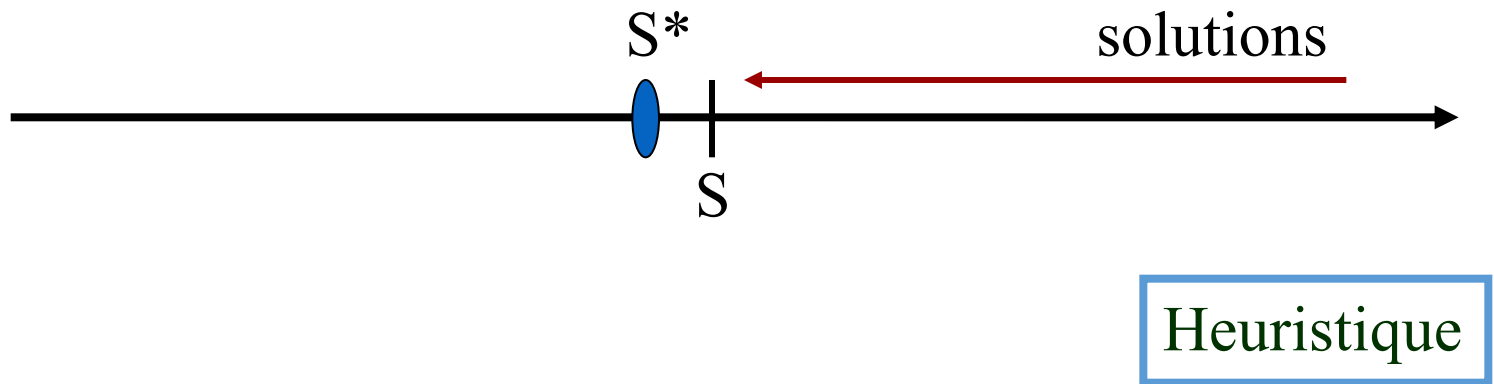
Instances de petite taille (min)



Résolution d'un problème de RO "DIFFICILE"

Instances de grande taille (min)

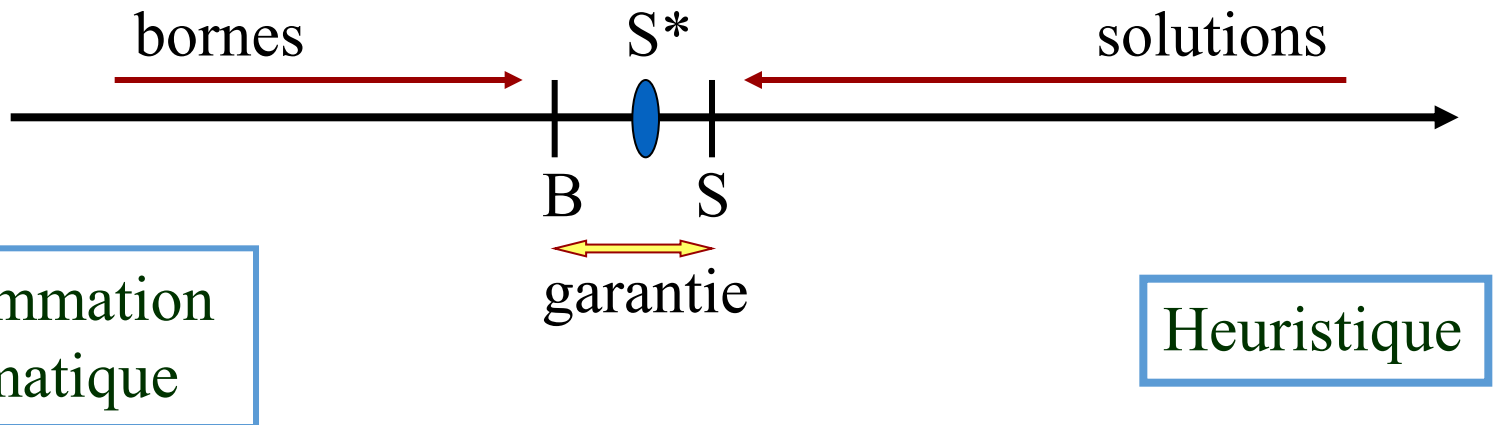
Solution approchée avec garantie



Résolution d'un problème de RO "DIFFICILE"

Instances de grande taille (min)

Solution approchée avec garantie



Solution approchée - Métaheuristiques

Explorer de façon astucieuse l'espace des solutions

Aspect aléatoire de l'exploration

Recuit simulé

Tabou

Algorithme génétique

Colonies de fourmis

Etc.

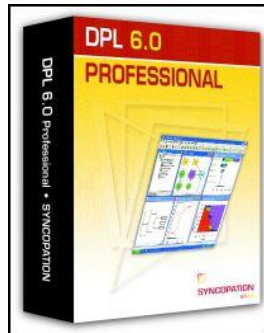
Il existe des logiciels



GMPK (GNU)



OptiRisk
SYSTEMS

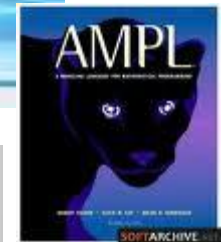


KNITRO 4.0



LINDO SYSTEMS INC.

GAMS



UMB M'SILA dash optimization

IV

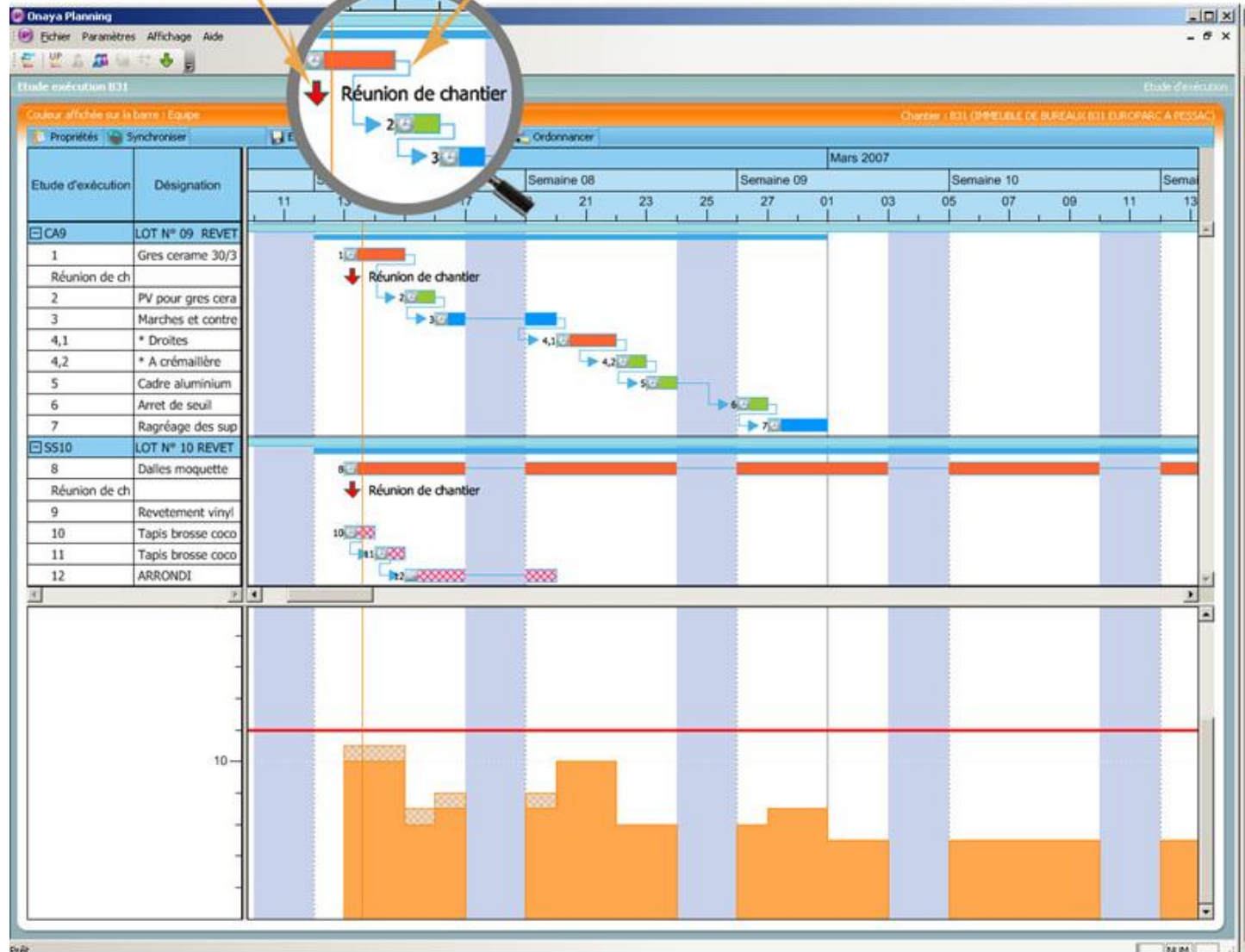
Domaines d'applications

A. Planifier, ordonnancer.

Ordonnancement de chantier

Jalon

Lien entre les tâches pour ordonnancement



Ordonnancement d'atelier

**Ordonnancer
les passages
sur les
machines**



Emploi du temps

Planifier n cours en le minimum de temps, certains cours ne pouvant avoir lieu en parallèle (partage des ressources: classe ou prof).

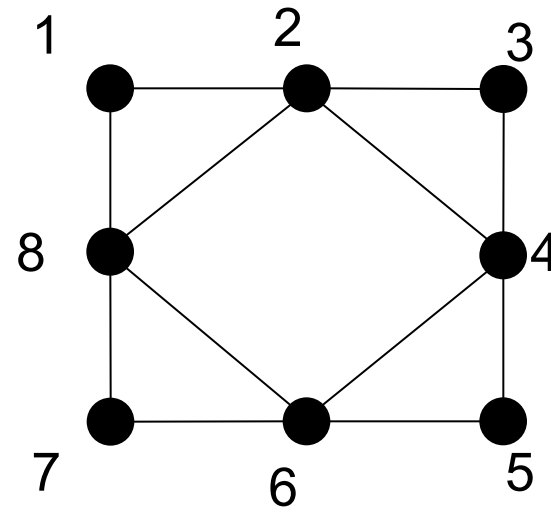
conflits entre les cours



graphe d'exclusion mutuelle

Un exemple

*Un cours =
un prof+une classe*



c'est un problème de coloration

lorsque tous les cours ont la même durée

Colorer un graphe

=

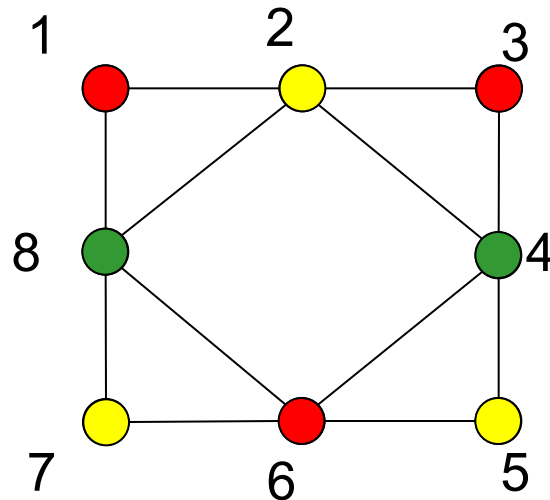
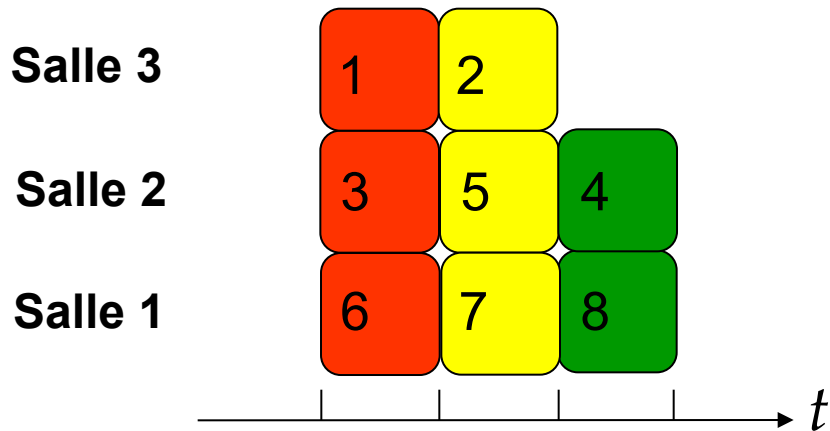
attribuer une couleur à chaque sommet sans que deux sommets voisins aient la même couleur

c'est un problème de coloration

lorsque tous les cours ont la même durée



ordonnancement = coloration du graphe



Un exemple

Obtenir un bon emploi du temps: un problème très difficile

Planification des centre d'appels

(Bouygues Télécom)

Charges salariales = 70% des coûts de l'entreprise.

- 6 millions de clients
- 2500 téléconseillers de clientèle (TC)
- 7 sites, 33 activités
- 70000 appels par jour
- Coût annuel > 100 M€

Problématique annualisation du temps de travail

- **Données**

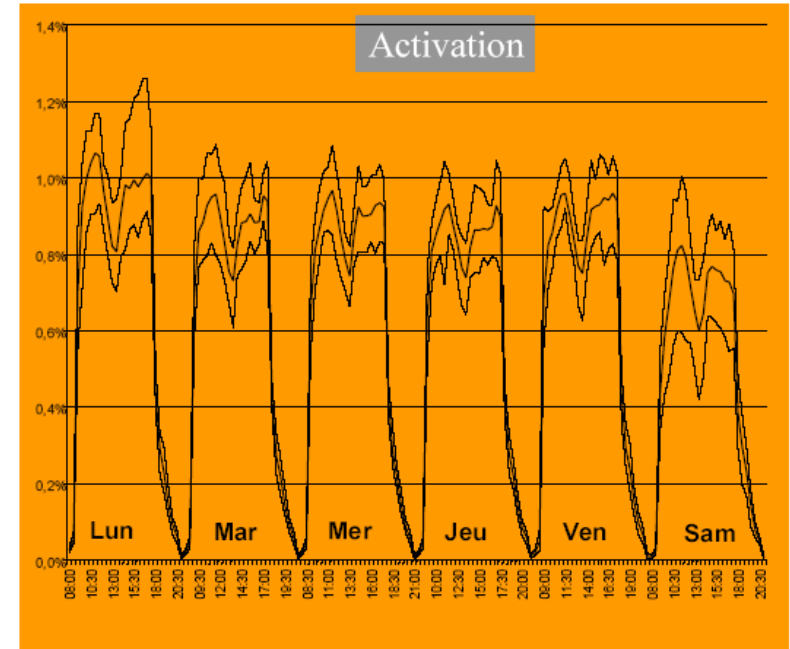
- courbe de demande
- contrats des TC (droits)

- **Objectif**

- affecter au mieux les jours de congé aux TC

- **Contraintes**

- répondre à la demande
- respecter les contrats



B.
Stocker,
gérer.

Gestion de la production, des stocks et de la maintenance

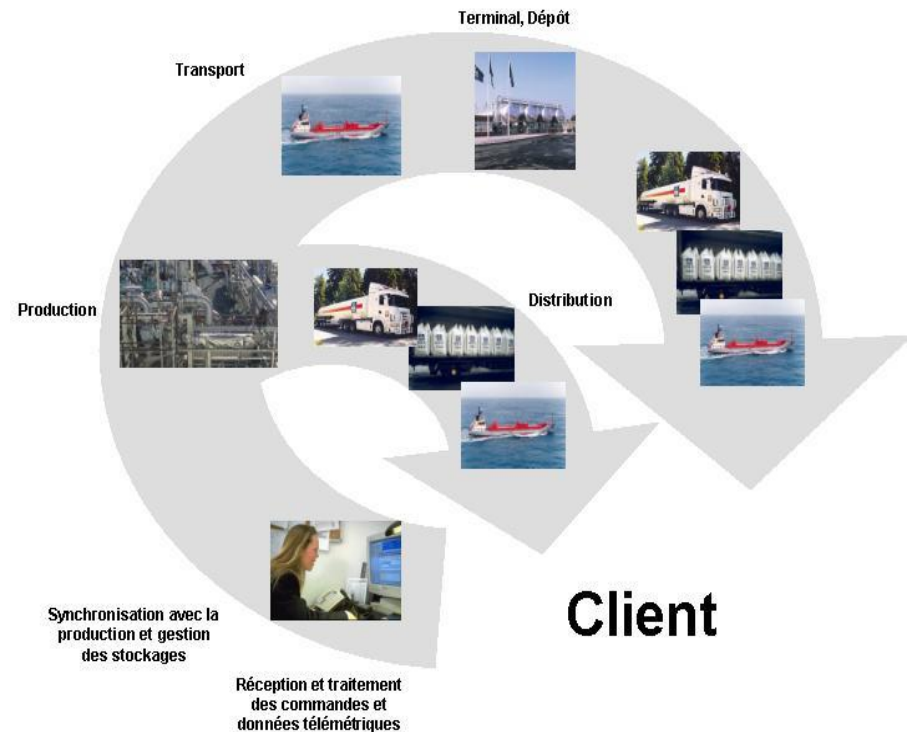
- Suivi de production
- Respect des délais
- Gain de temps
- Respect du client
- Meilleure compétitivité
- Organisation du travail
- résistance aux aléas
- ...



C. Transporter

Transport, logistique

- Optimisation des tournées de véhicules, distribution
- Relations fournisseurs / clients
- Organisation des centres logistique.



Transport, logistique

- Le ramassage scolaire

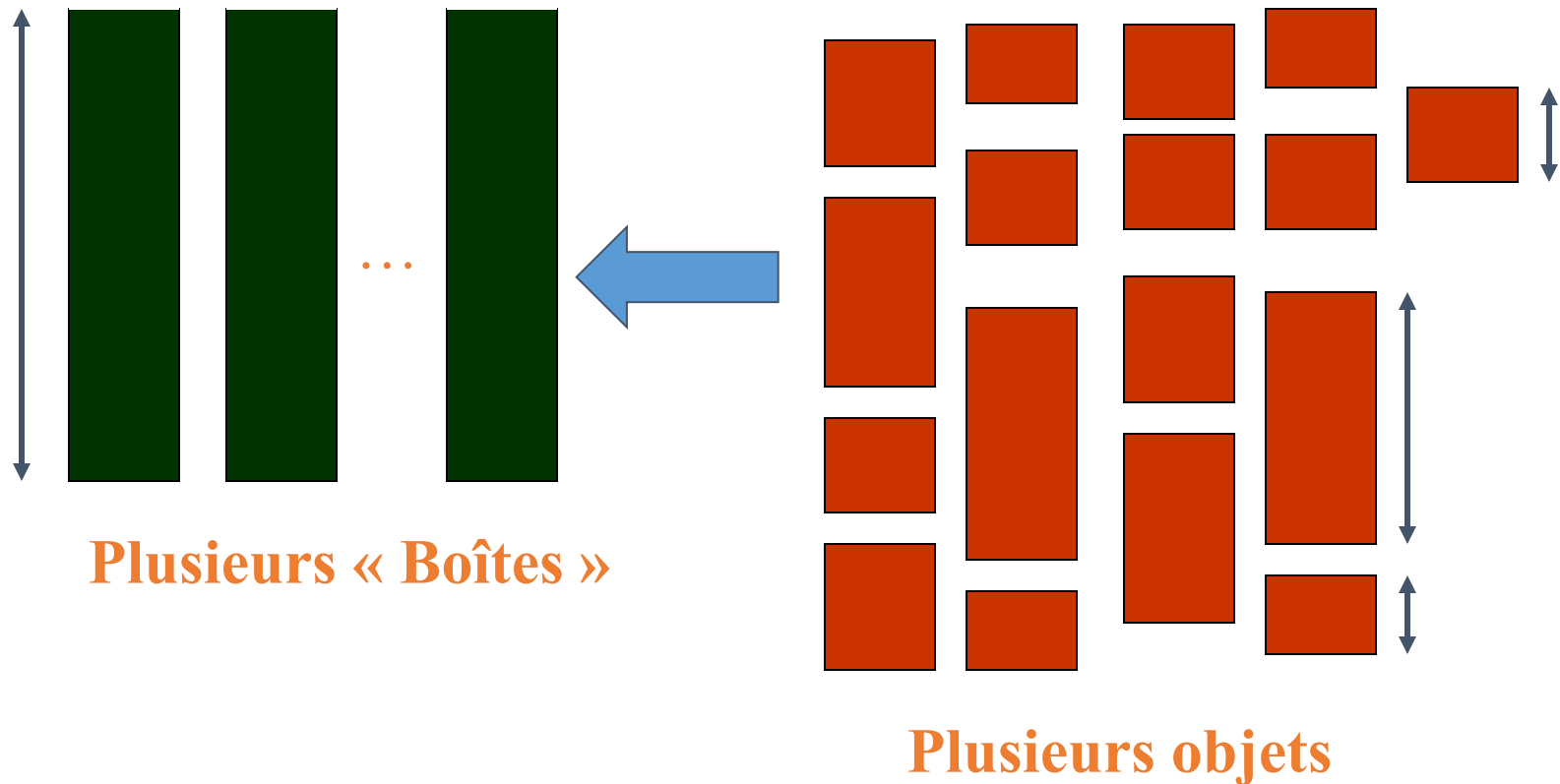


UMB M'SILA



D.
Emballer,
ranger.

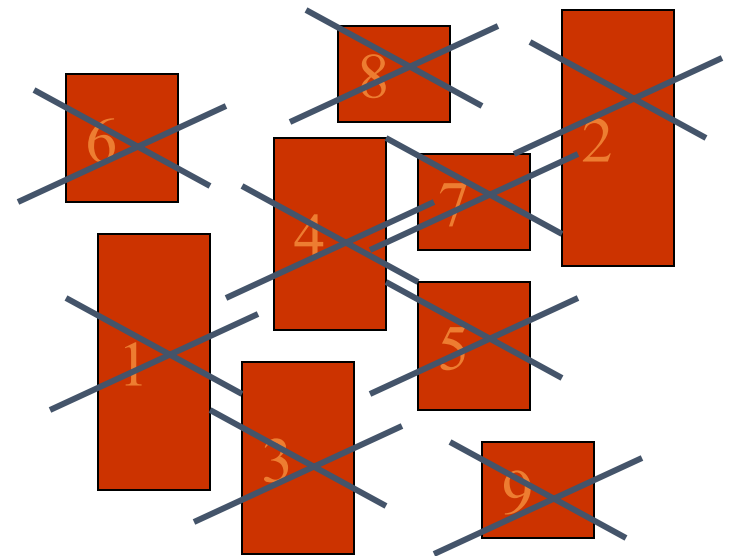
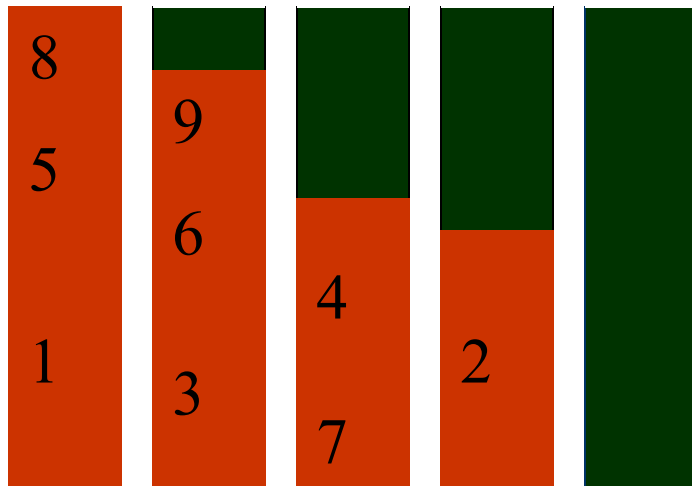
Le problème



Comment mettre les objets dans les Boîtes en utilisant le moins possible de Boîtes ?

où est le problème ?

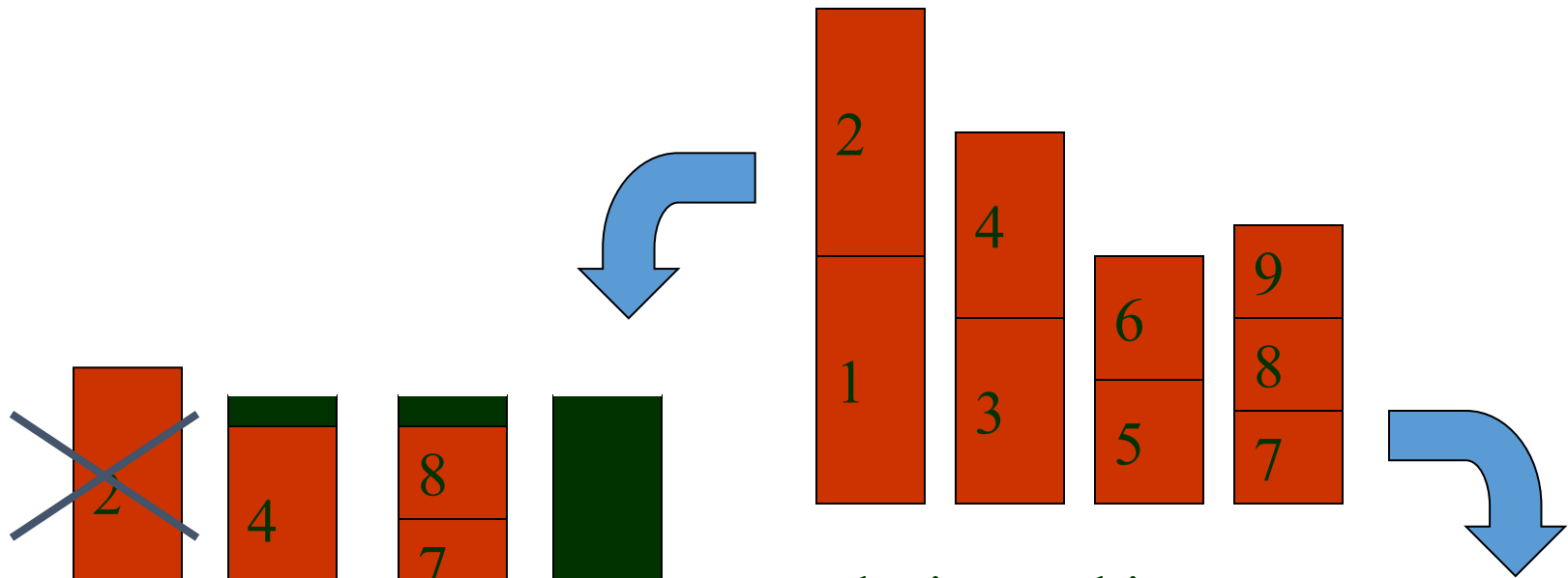
- Algorithme :
 - On les met au hasard et voilà !



Plusieurs objets

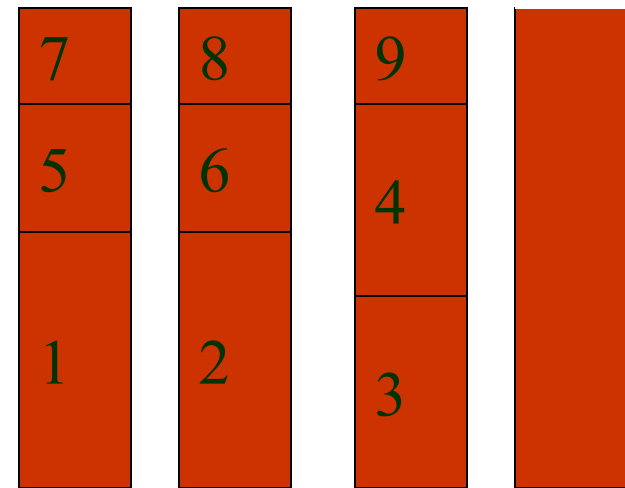
Idée meilleure ?

- Algorithme :
 - Classer les objets du plus grand au plus petit
 - Remplir chaque Boîte avec le prochain plus grand objet possible dans la liste.
- Algorithme gourmand (ou glouton)



Plusieurs objets

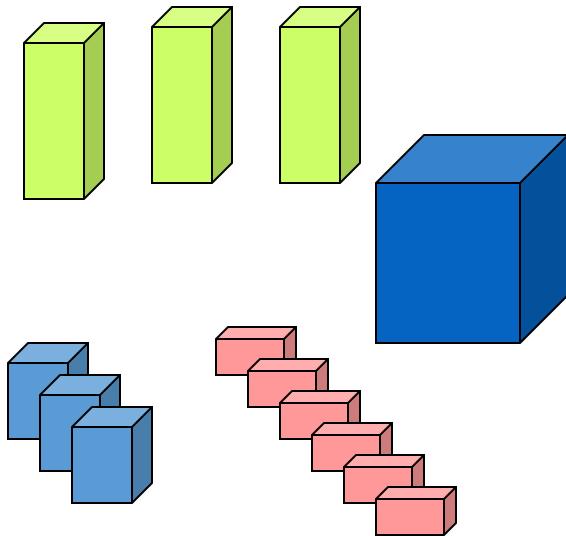
Quatre « Boîtes », pas mieux!



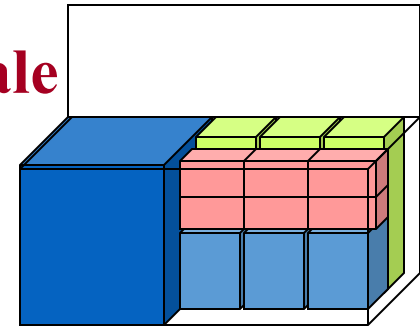
Trois « Boîtes »

Passons en 3D

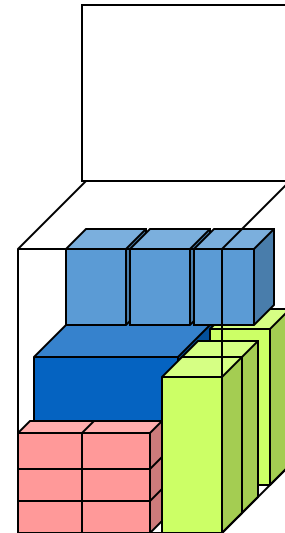
objets



→ **boite quasi idéale**



... **trop grande !**



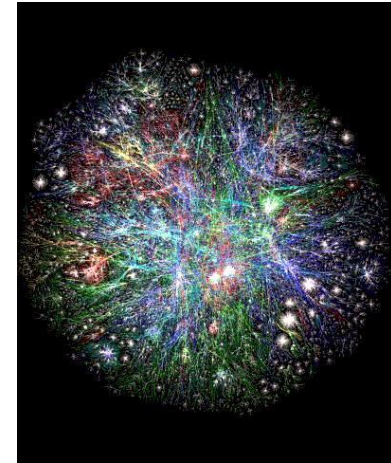
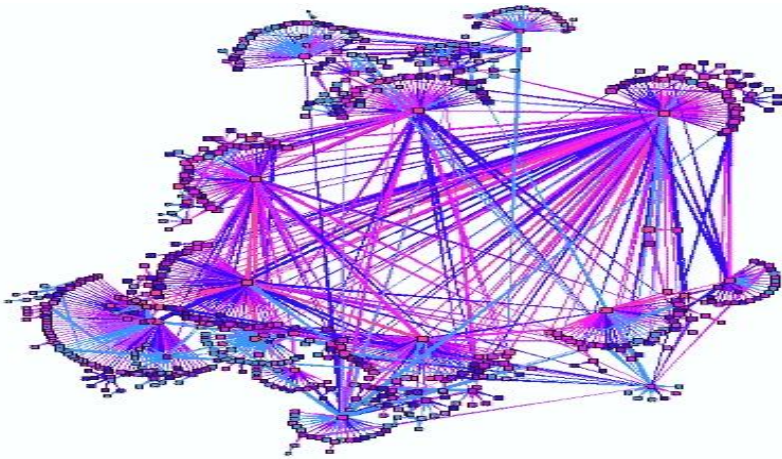
Le problème

- Déterminer la boîte idéale pour placer les objets (celle qui peut accueillir les objets et qui minimise la place perdue).
- Problèmes de chargement de bateaux (2 degrés de liberté, objets similaires) avec des conteneurs.

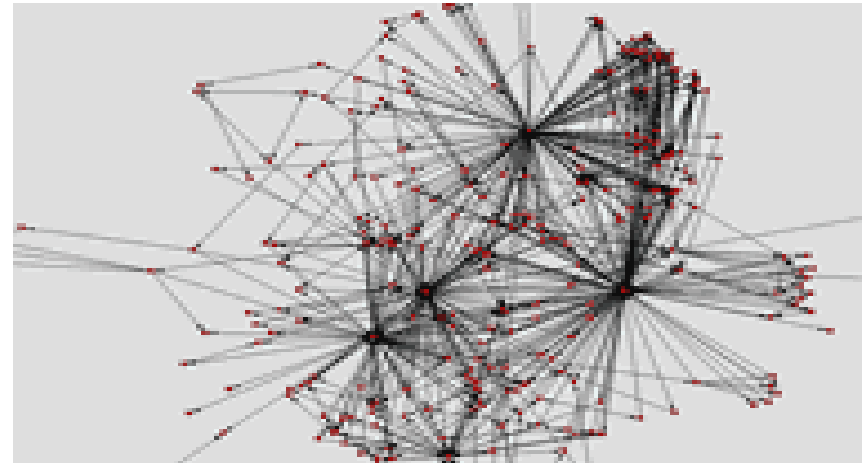


E.
Router,
relier.

Réseau de mobilophonie



Web



Sécuriser les liaisons Améliorer la qualité du service ⇒ Réduire le diamètre du graphe

diamètre du graphe = distance max entre 2 points



Calculer le diamètre d'un graphe:un problème facile

- Matrice des plus courts chemins...
- Algorithme en $O(n^3)$

MAIS

- Impossible en pratique pour les grands graphes
(plusieurs centaines de millions de sommets)

Router Calcul d'itinéraires

- en fonction du trafic :
 - Données actualisées toutes les 5 minutes
 - Informations nécessaires en temps réel
 - Temps disponible pour calculer un itinéraire : $1/10^{\text{ème}}$ de seconde



Calcul d'itinéraires

- Précalculs d'itinéraires stockables impossible
- Approximation de la longueur des chemins

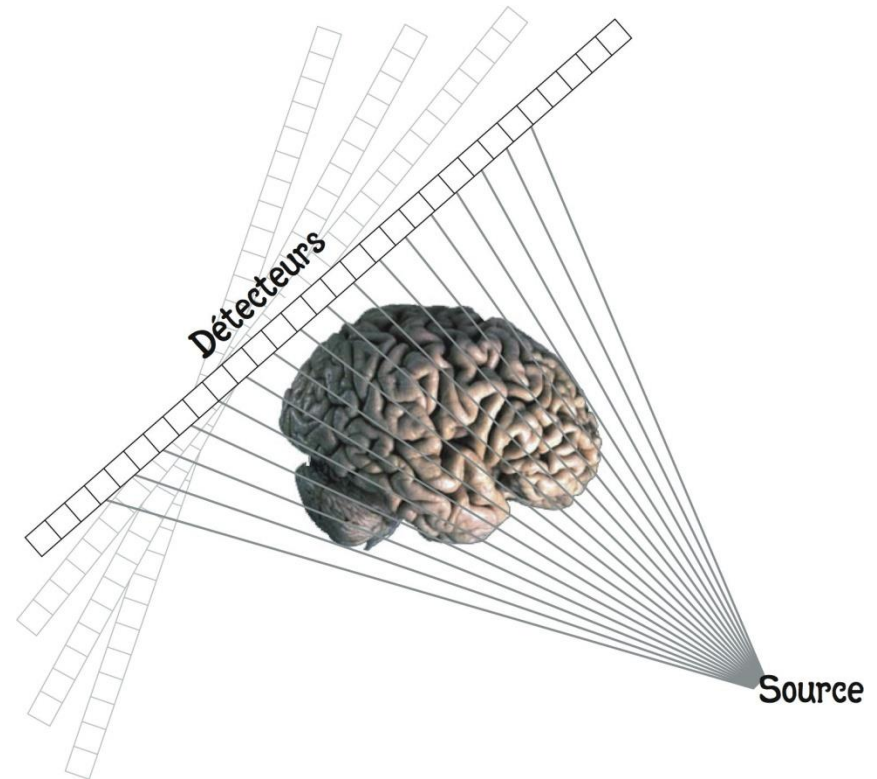


F.

Soigner, gérer les hopitaux

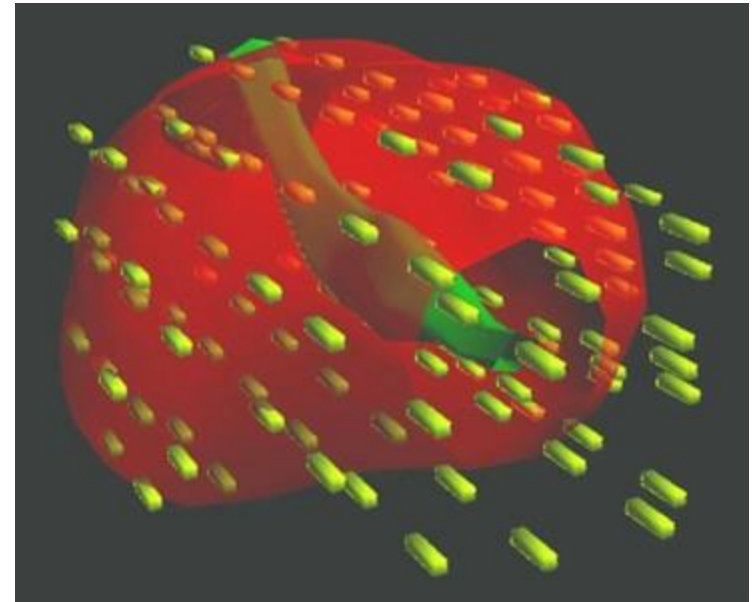
Imagerie médicale

- Tomographie
 - reconstitution d'images à partir d'informations fragmentaires, estimation d'un corps à partir de ses projections
- Tomographie discrète
 - image constituée de pixels
- Reconstruction d'une matrice binaire à partir de ses projections en ligne et en colonne
 - Existence de la matrice ?
 - Reconstruction de la matrice ?
 - Unicité de la solution ?



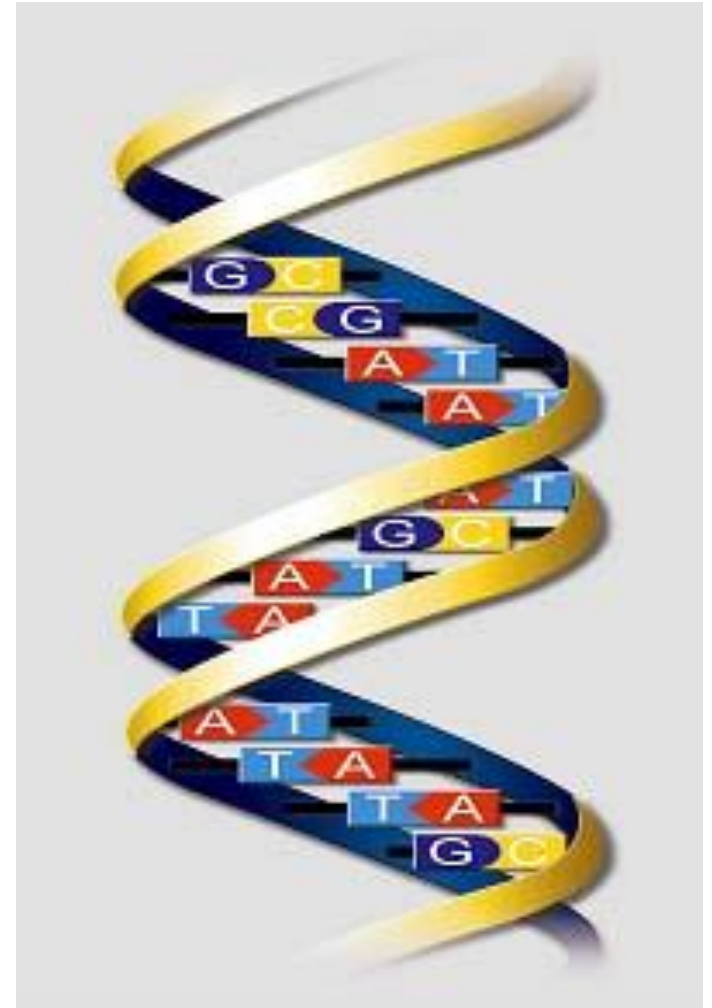
Lutte contre le cancer

- Curiethérapie à haut débit de dose
 - Radiation interne (sources radioactives introduites par voie opératoire à l'intérieur du corps du patient).
 - Lutte contre le cancer en particulier pour les tumeurs malignes localisées.
 - Optimisation de la distribution de dose
 - Recherche d'un placement optimal des faisceaux.



ADN

- Oligonucléotides
 - courtes séquences d'ADN ou ARN (20 paires de bases, i.e. association Adénine (A), Thymine (T), Guanine (G), Cytosine (C).
- Reconstruction de chaînes d'ADN connues partiellement
 - Entrée : un ensemble d'oligo (mots d'un alphabet {A,T,G,C})
 - Reconstruire la séquence ADN d'origine.
 - Difficultés différentes selon que l'entrée contient ou non des erreurs, selon les parties non connues, ...



Gestion des ressources hospitalières

- Ressources critiques = blocs opératoires.
- Objectifs : satisfaire les patients, minimiser les coûts
 - Planification de l'utilisation des blocs opératoires
 - Planification des horaires du personnel (infirmières, etc.)
 - Gestion de la Supply Chain hospitalière (stérilisation, ...)

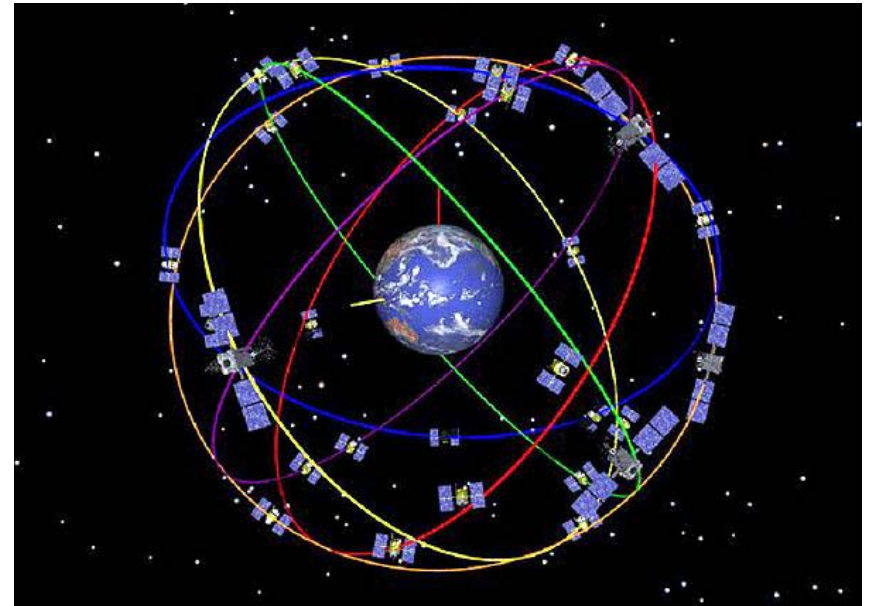


G.

Le domaine spatial

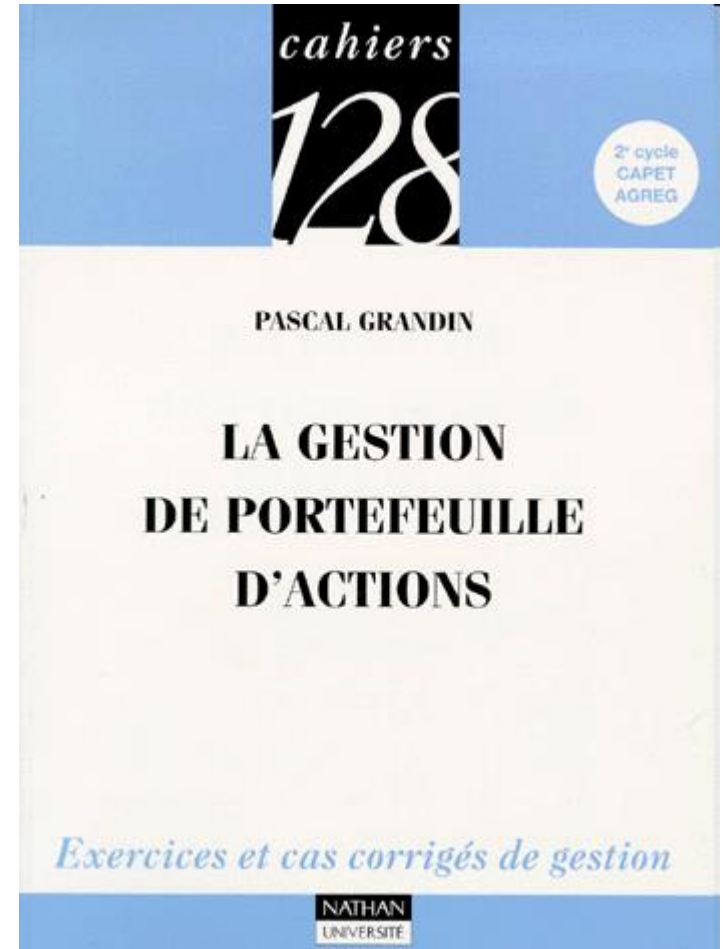
Constellation de satellites

- Objectif:
 - couvrir un territoire à moindre coût
- Déterminer
 - Le nombre de satellites à lancer
 - Leurs orbites



I.

La Finance



H.

L'environnement et le développement durable

Gestion des ressources

- Gestion de la forêt
- Gestion de l'eau
- ...



Les enjeux – développement durable



Available online at www.sciencedirect.com

SCIENCE @ DIRECT®

European Journal of Operational Research 164 (2005) 475–490

EUROPEAN
JOURNAL
OF OPERATIONAL
RESEARCH

www.elsevier.com/locate/dsw

O.R. Applications

Modelling and optimisation for sustainable
development policy assessment

M. Cannon *, B. Kouvaritakis, G. Huang

Department of Engineering Science, University of Oxford, Parks Road, Oxford OX1 3PJ, UK

Received 9 May 2003; accepted 12 December 2003

Available online 26 February 2004



**European Journal of Operational Research
(EJOR)**

**Special Issue
OR for Better Management
of Sustainable Development**

at the Occasion of

EURO XXI,

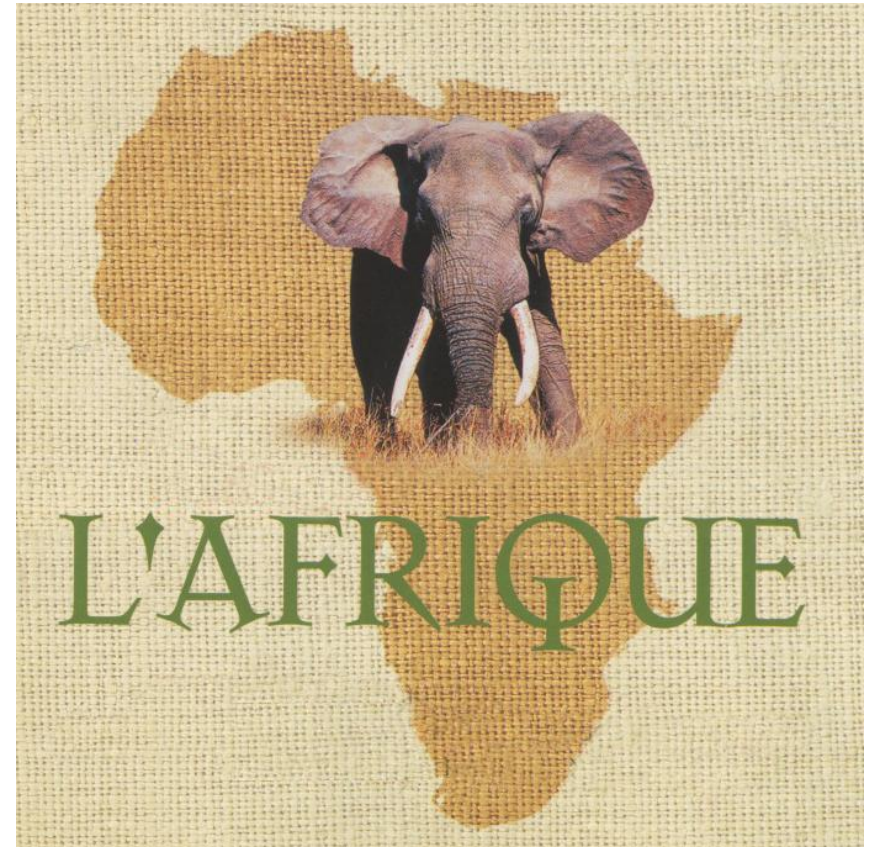
21st European Conference on Operational Research,
Reykjavik, Iceland, July 2–5, 2006

**SYSTEMS/ OPERATIONAL RESEARCH AND SUSTAINABLE
DEVELOPMENT: TOWARDS A NEW AGENDA¹**

Gerald Midgley² and Martin Reynolds³

Développement en Afrique

- Favoriser une culture scientifique dans la prise de décision
- Intervention de la RO à tous les niveaux
 - Gouvernements
 - Administrations publiques
 - Industries
 - ONG
- Domaines abordés :
 - Gestion des ressources en eau,
 - industries manufacturières
 - transport (approvisionnement)
 - finance
 - énergie
 - environnement
 - urgence humanitaire
 - ...



I.

L'energie

Energie

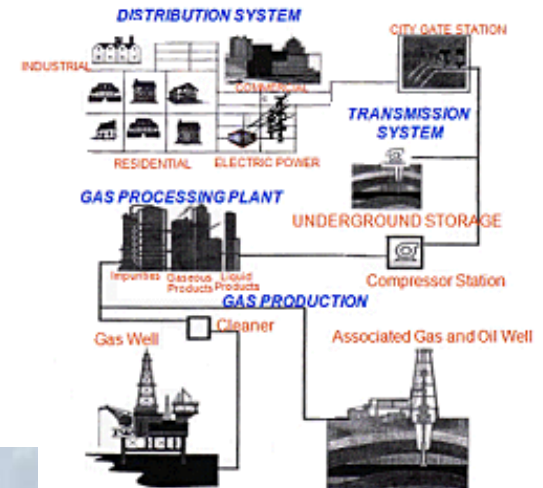
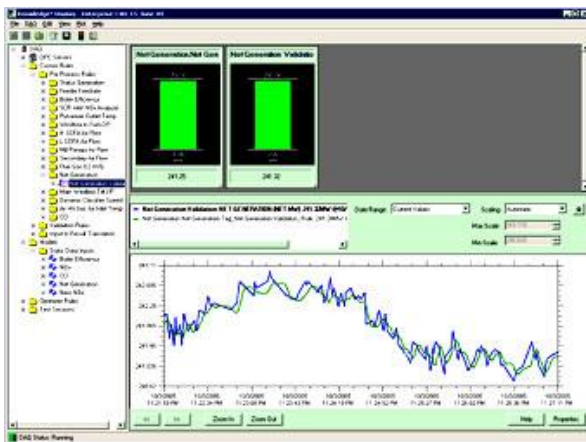
Design et planification des centrales

Localisation des sites

Organisation de la production

Politique des prix

.....



Energie

European Journal of Operational Research 197 (2009) 997–998



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

European Journal of Operational Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ejor



Editorial

Operational research models and methods in the energy sector

REFERENCES

- Essentials of Metaheuristics, S. Luke,
- <http://cs.gmu.edu/~sean/book/metaheuristics/>, 2009, Local Search in Combinatorial Optimization, E. Aarts & J. K. Karel ´ ed., Wiley, 1997.
- Optimisation Combinatoire, de M. Sakarovitch, Hermann, 1984.
- Algorithmes G´en´etiques, D.E. Goldberg, Addison Wesley, 1994,
- I. Charon, A. Germa, and O. Hudry. M´ethodes d'optimisation combinatoire. Masson, 1996.
- Alain Hertz and Marino Widmer. Guidelines for the use of meta-heuristics in combinatorial optimization. European Journal of Operational Research, 151(2) :247–252, 2003. Meta-heuristics in combinatorial optimization.
- Combinatorial Optimization : Theory and applications de Bernhard Korte et Jens Vygen
- Integer Programming de Laurence A. Wolsey
- Integer and Combinatorial Optimization de George L. Nemhauser et Laurence A. Wolsey
- Programmation math´ematique de Michel Minoux
- Optimisation discrète d'Alain Billionnet
- Recherche Op´erationnelle - m´ethodes d'optimisation de Jacques Teghem
- Computers and intractability : a guide to the theory of NP-completeness de Michael R. Garey et David S. Johnson en.wikipedia.org & <http://www.roadef.org/>
- Livre blanc de la recherche op´erationnelle, ´edit´e par la ROADEF