

# *Tabu-NG* : Hybridation de Programmation par Contraintes et Recherche Locale pour la Résolution de CSP

Mohammad DIB

UTBM, 8 décembre 2010

Rapporteurs

Christine SOLNON  
Michel VASQUEZ

MdC HDR – Université de Lyon I  
Professeur – Ecole des Mines d'Alès

Examineurs

Clarisse DHAENENS  
Patrick SIARRY  
Thierry DEFAIX  
Jean-François LEGENDRE

Professeur – Polytech'Lille  
Professeur – Université Paris-Est Créteil  
Docteur – Délégation Générale de l'Armement  
Docteur – Délégation Générale de l'Armement

Directeur  
Co-Directeur

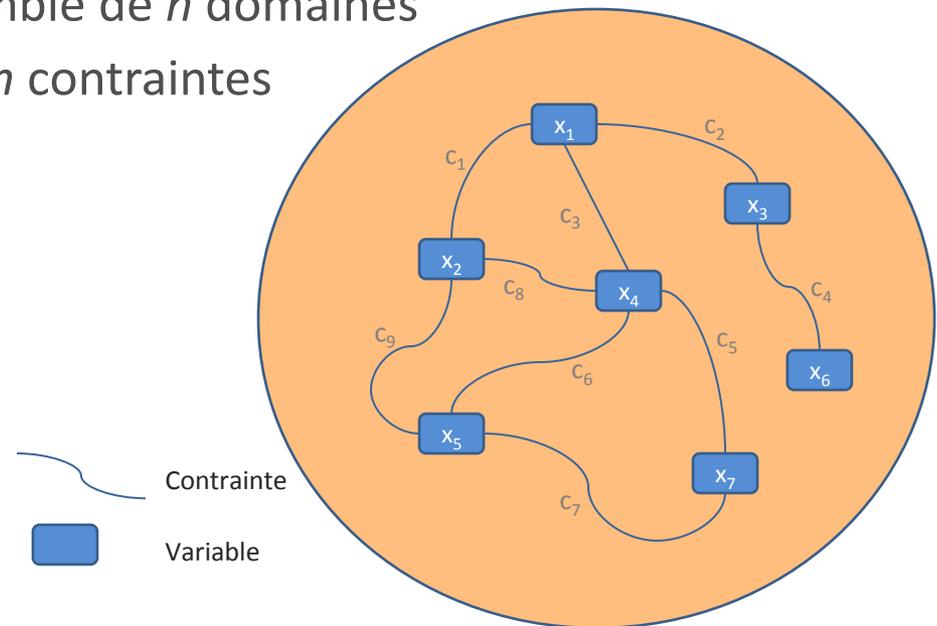
Alexandre CAMINADA  
Hakim MABED

Professeur – UTBM  
MdC – Université de Franche-Comté

## Le modèle CSP

- *CSP – Constraint Satisfaction Problem*
  - Triplet  $(X, D, C)$ , tel que :
    - $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  ensemble de  $n$  variables
    - $D = \{D(x_1), D(x_2), \dots, D(x_n)\}$  ensemble de  $n$  domaines
    - $C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$  ensemble de  $m$  contraintes

*Contrainte : une relation sur des variables et leurs domaines*



## CSP - Exemple et formalisation : Sudoku

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	8	6			2				
2				7				5	9
3									
4					6		8		
5		4							
6			5	3					7
7									
8		2					6		
9			7	5		9			

*CSP* équivalent :

- $X = \{\text{toutes les cellules de la grille}\}$
- $D(x_i) = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$
- $C = \{\text{ensemble de contraintes de type } \textit{alldiff} : \text{une par colonne, une par ligne et une par carré de } 3 \times 3\}$

## CSP : Résolution

- Solution pour un CSP
  - Affecter une valeur à chaque variable en respectant l'ensemble de contraintes
- Difficulté
  - Combinatoire, NP-complet
- Méthodes de résolution
  - Exactes
  - Approchées
  - Hybrides
- *Tabu-NG*
  - Nouvelle méthode hybride issue de l'analyse de méthodes existantes
  - S'appuie sur la Programmation Par Contraintes (PPC) et la recherche locale

## Plan de la présentation

- Méthodes de résolution de CSP
  - Programmation Par Contraintes
    - Propagation de contraintes
    - Méthodes de Backtracking
  - Hybridation de PPC et de recherche locale
- *Tabu-NG*
  - Schéma général
  - Affectation de fréquences
  - Coloration de graphes
- Conclusion et perspectives

## Plan de la présentation

- Méthodes de résolution de CSP
  - Programmation Par Contraintes
    - Propagation de contraintes
    - Méthodes de Backtracking
  - Hybridation de PPC et de recherche locale
- *Tabu-NG*
  - Schéma général
  - Affectation de fréquences
  - Coloration de graphes
- Conclusion et perspectives

- Etat de l'art
- Tabu-NG
- Conclusion et perspectives

- Programmation par contraintes
- Hybridation de PPC et de recherche locale

## Propagation de contraintes : Principe

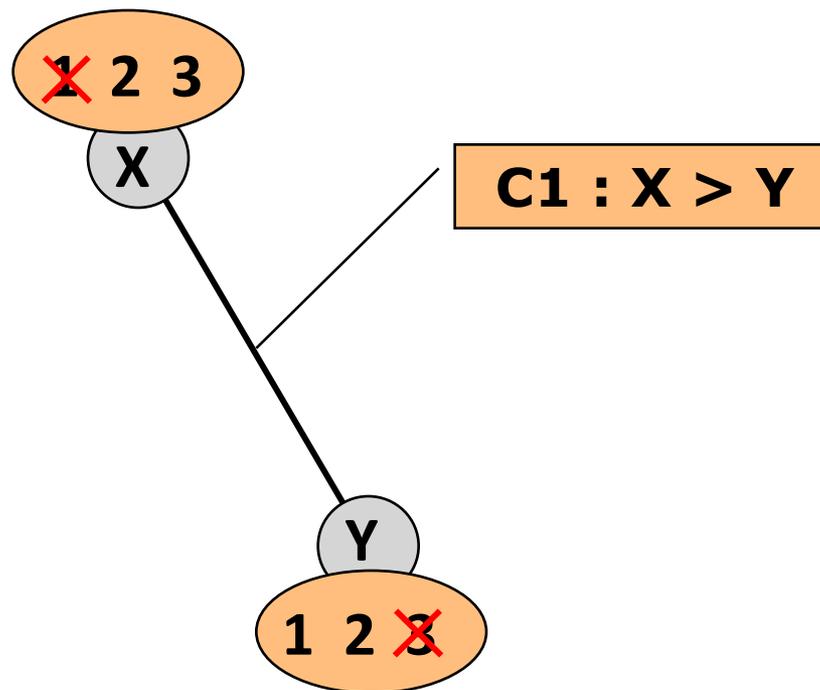
- Propagation de contraintes
  - Méthode de réduction et non pas une méthode de résolution
  - Réduire l'espace de recherche
  - Remplacer un CSP par un autre CSP qui est :
    - Équivalent (le même ensemble de solutions)
    - Plus petit (les domaines sont réduits)
- CSP binaire : filtrage de domaines par Arc-Consistance
  - Le plus répandu
  - Le plus étudié dans la littérature

- Etat de l'art
- Tabu-NG
- Conclusion et perspectives

- Programmation par contraintes
- Hybridation de PPC et de recherche locale

## Propagation de contraintes : Utilisation

- En prétraitement

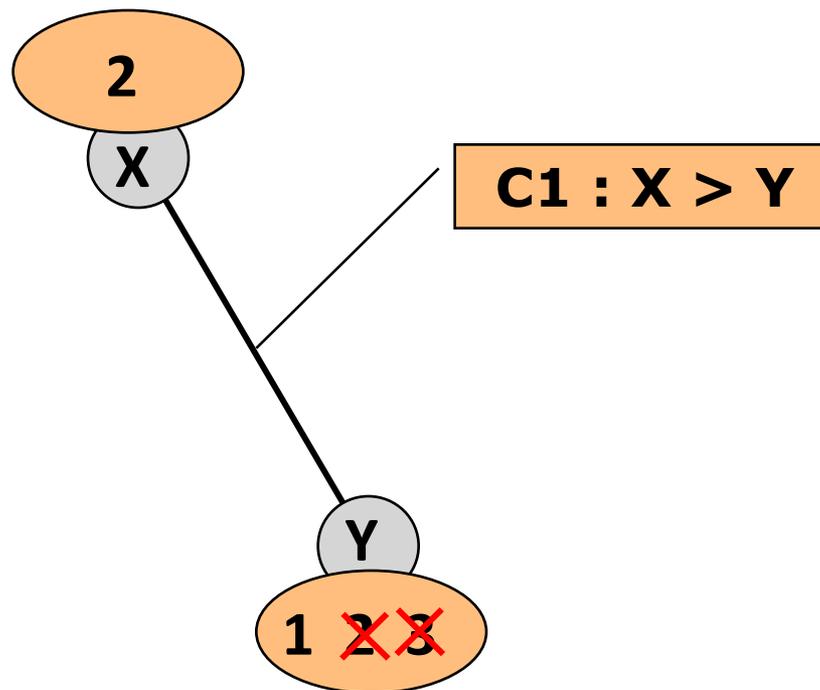


- Etat de l'art
- Tabu-NG
- Conclusion et perspectives

- Programmation par contraintes
- Hybridation de PPC et de recherche locale

## Propagation de contraintes : Utilisation

- Pendant la recherche



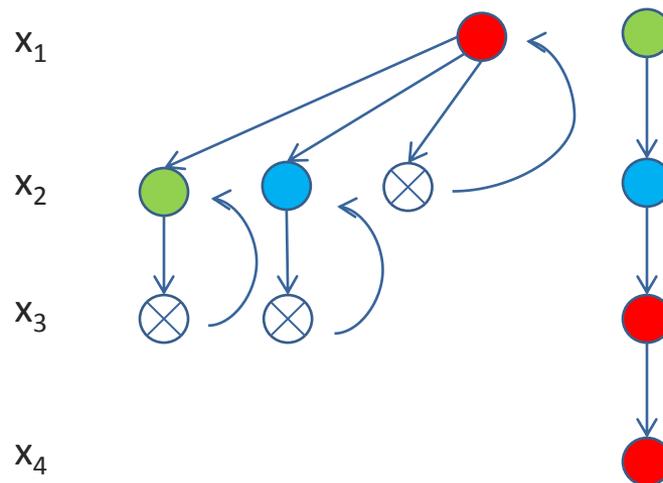
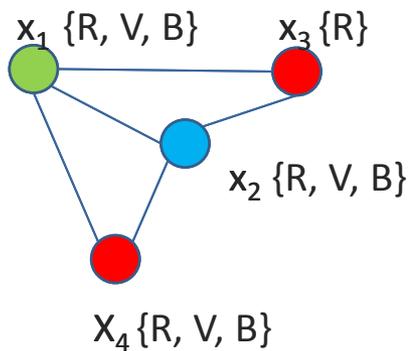
## Plan de la présentation

- Méthodes de résolution de CSP
  - Programmation Par Contraintes
    - Propagation de contraintes
    - Méthodes de Backtracking
  - Hybridation de PPC et de recherche locale
- *Tabu-NG*
  - Schéma général
  - Affectation de fréquences
  - Coloration de graphes
- Conclusion et perspectives

- Etat de l'art
- Tabu-NG
- Conclusion et perspectives

- Programmation par contraintes
- Hybridation de PPC et de recherche locale

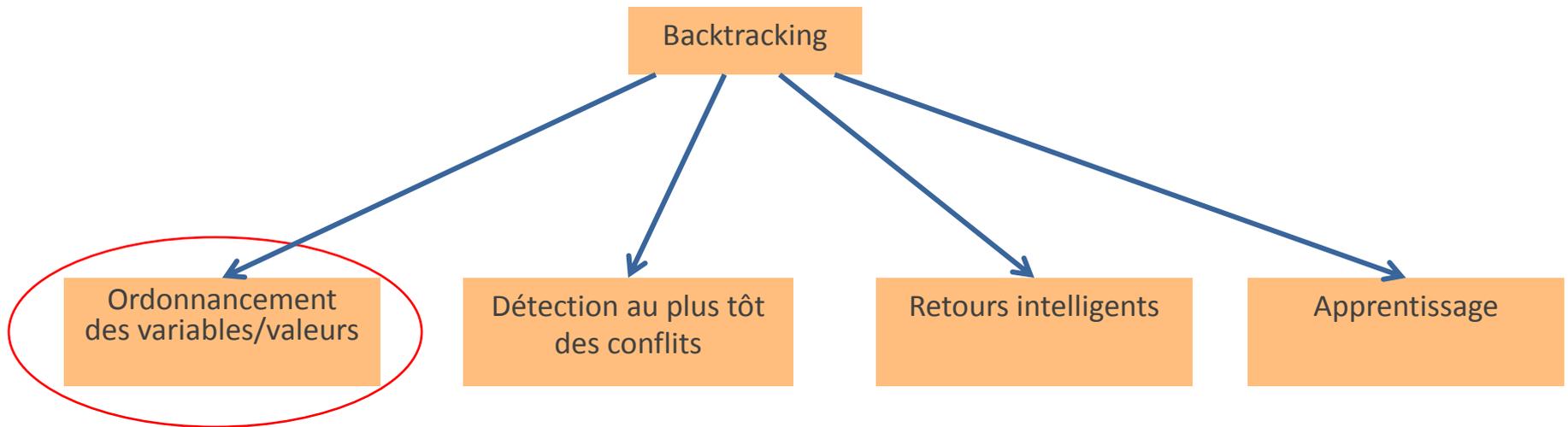
## PPC : le Backtracking sur la coloration



- Etat de l'art
- Tabu-NG
- Conclusion et perspectives

- Programmation par contraintes
- Hybridation de PPC et de recherche locale

## PPC : le Backtracking

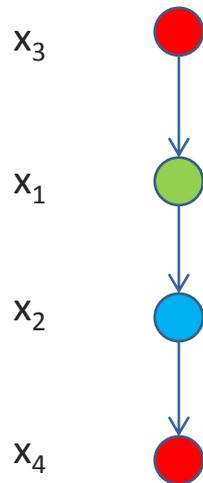
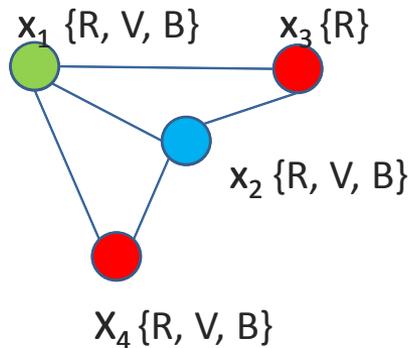


- Etat de l'art
- Tabu-NG
- Conclusion et perspectives

- Programmation par contraintes
- Hybridation de PPC et de recherche locale

## PPC : Améliorations du Backtracking (1)

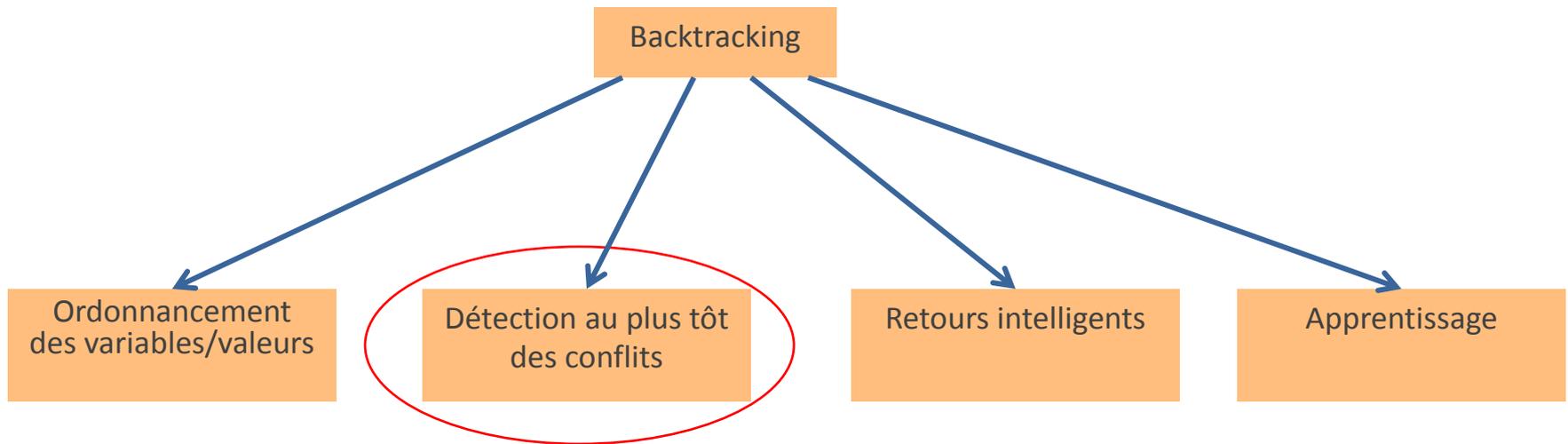
- Ordonnancement des variables/valeurs pour l'extension
  - Statique (*deg, dom...*)
  - Dynamique (*dom, dom/deg...*)



- Etat de l'art
- Tabu-NG
- Conclusion et perspectives

- Programmation par contraintes
- Hybridation de PPC et de recherche locale

## PPC : le Backtracking

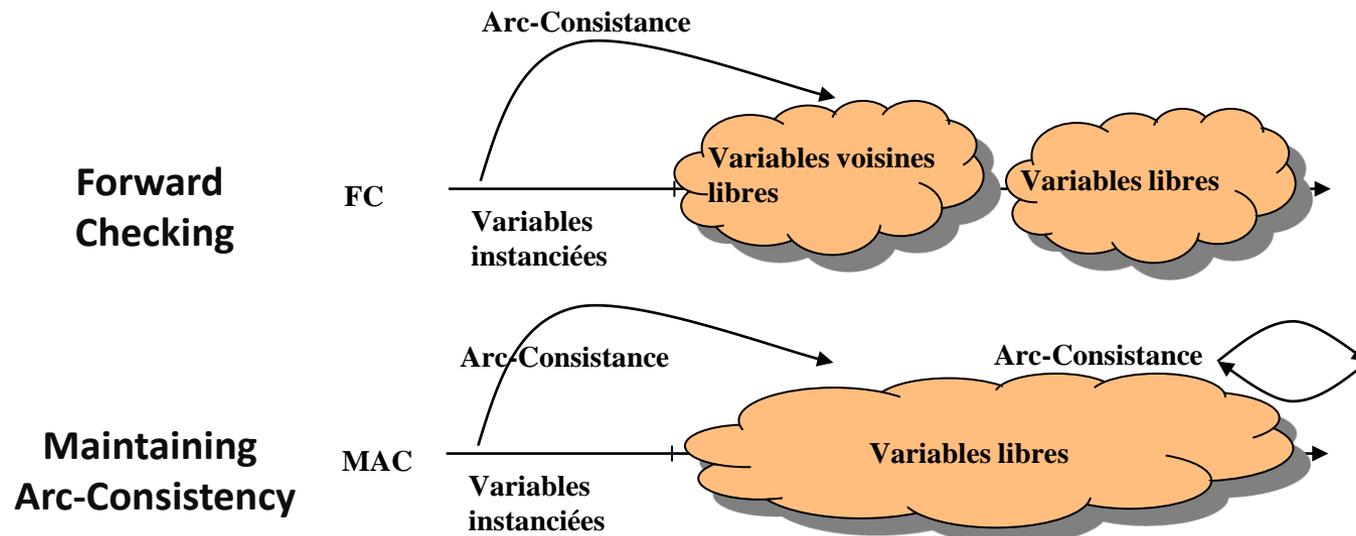


- Etat de l'art
- Tabu-NG
- Conclusion et perspectives

- Programmation par contraintes
- Hybridation de PPC et de recherche locale

## PPC : Améliorations du Backtracking (2)

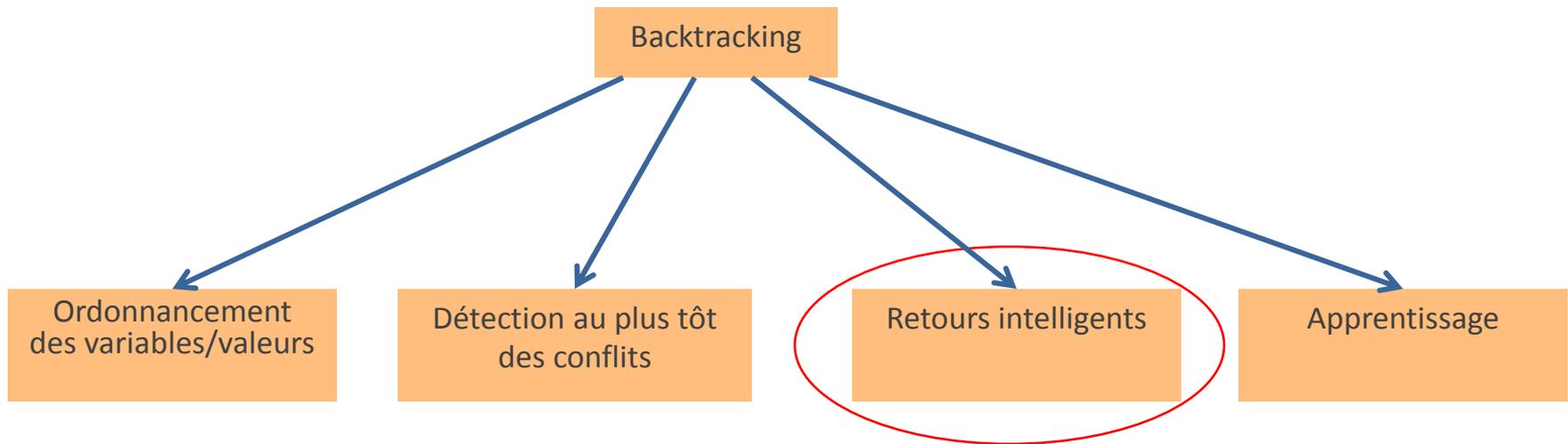
- Evitement des conflits (*look-ahead*)
  - Propagation de contraintes et filtrage de domaines



- Etat de l'art
- Tabu-NG
- Conclusion et perspectives

- Programmation par contraintes
- Hybridation de PPC et de recherche locale

## PPC : le Backtracking

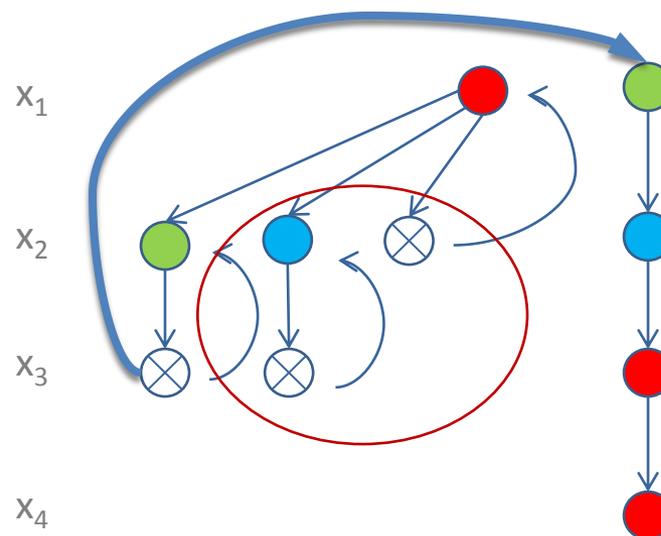
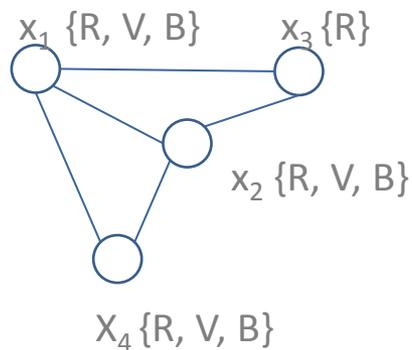


- Etat de l'art
- Tabu-NG
- Conclusion et perspectives

- Programmation par contraintes
- Hybridation de PPC et de recherche locale

## PPC : Améliorations du backtracking (3)

- Réparation des conflits (look-back)
  - Backtracking revient toujours sur la dernière variable instanciée



- Etat de l'art
- Tabu-NG
- Conclusion et perspectives

- Programmation par contraintes
- Hybridation de PPC et de recherche locale

## PPC : Améliorations du backtracking (3)

- Réparation des conflits (look-back)
  - Backtracking revient toujours sur la dernière variable instanciée
  - L'idée est donc de revenir sur une variable critique (intelligence)

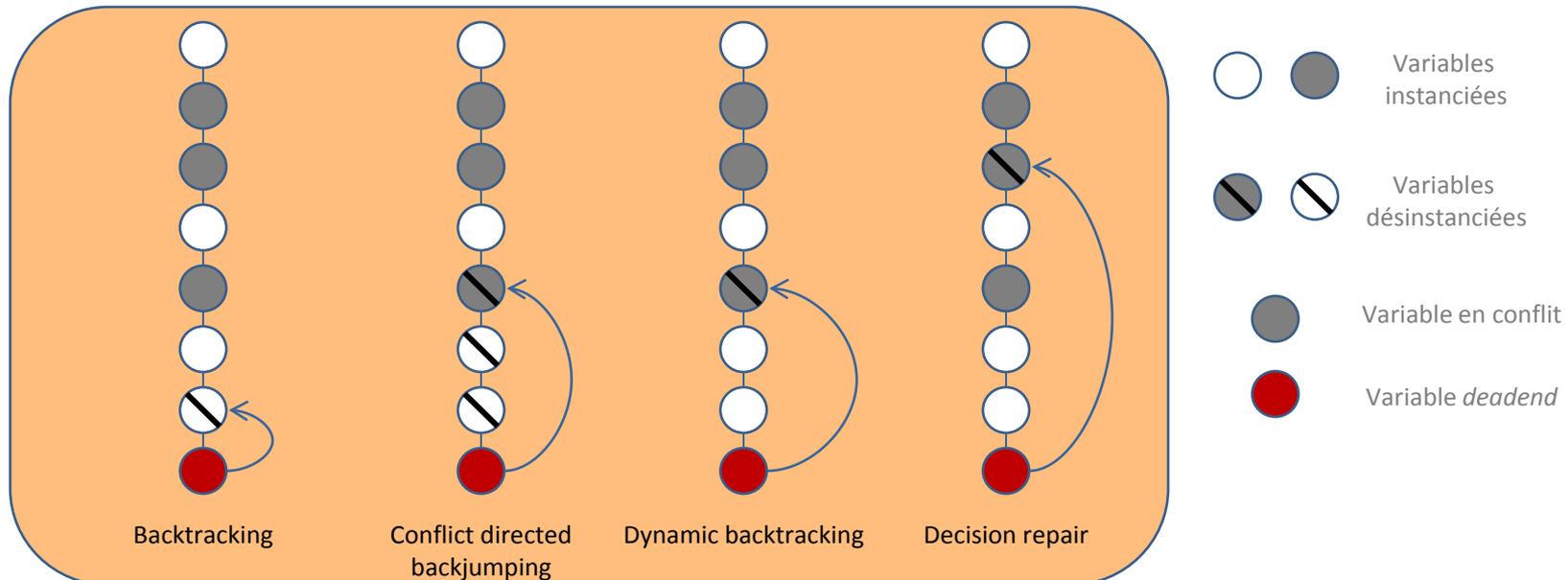
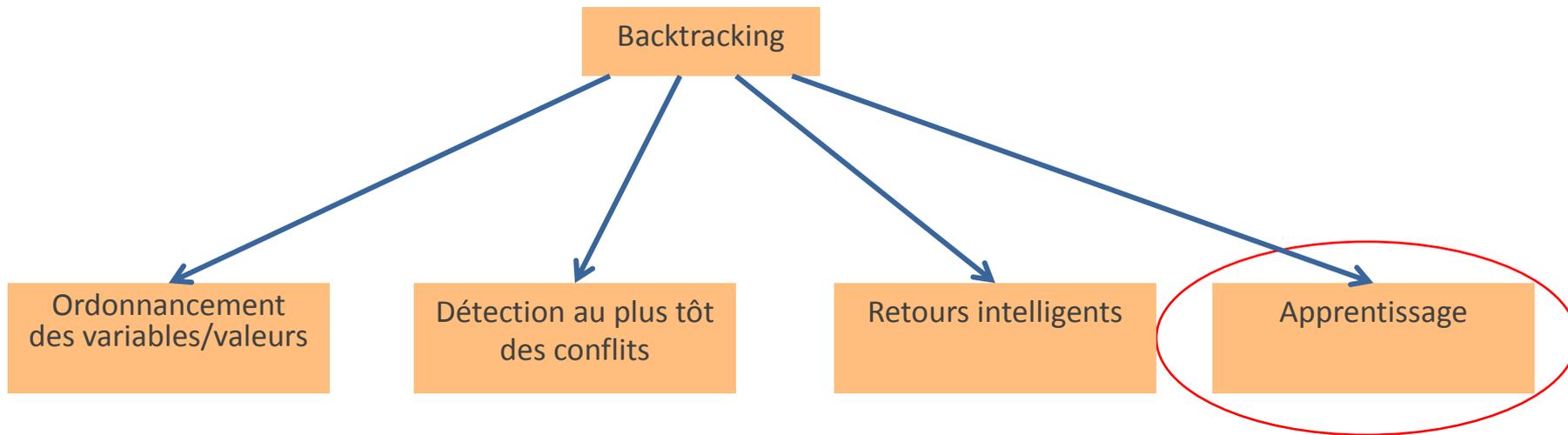


Image tirée de [Pralet et Verfaillie, 2004]

- Etat de l'art
- Tabu-NG
- Conclusion et perspectives

- Programmation par contraintes
- Hybridation de PPC et de recherche locale

## PPC : le Backtracking



- Etat de l'art
- Tabu-NG
- Conclusion et perspectives

- Programmation par contraintes
- Hybridation de PPC et de recherche locale

## PPC : Améliorations du Backtracking (4)

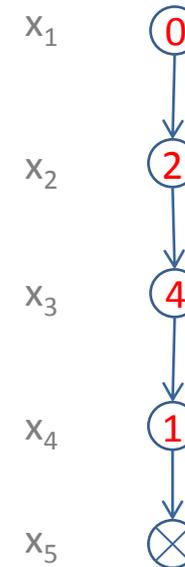
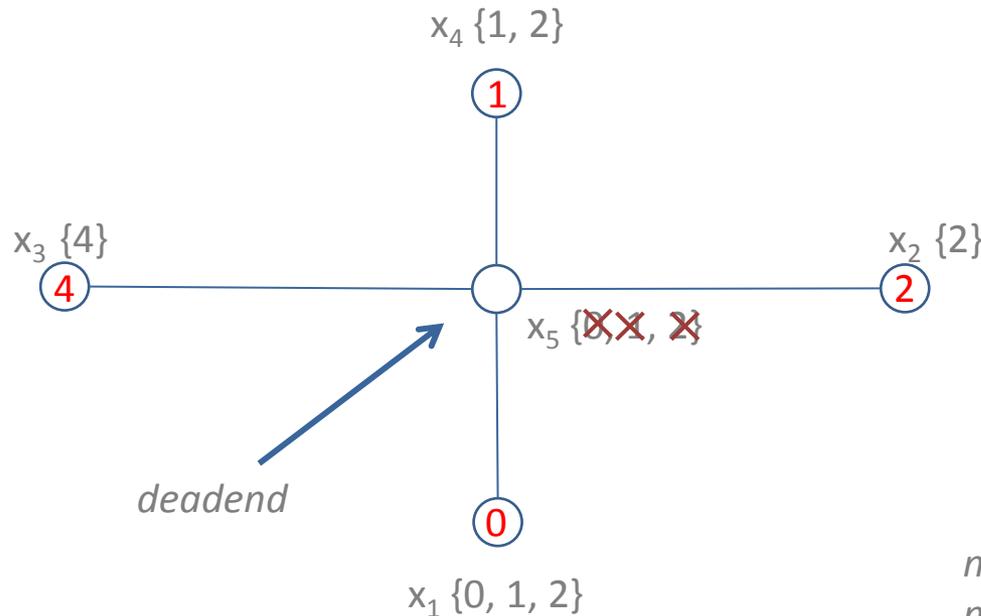
- Apprentissage : Ne pas retomber dans les mêmes erreurs
  - Un *deadend* est une variable bloquée : son domaine est vide
  - Un *nogood* est un sous ensemble de la configuration partielle courante responsable du *deadend*
  - Suite à la découverte d'un *deadend* un *nogood* est stocké
  - Un *nogood* est la cause d'un effort de recherche inutile (parfois avec un coût élevé)
  - Le stockage des *nogoods* réduit l'espace de recherche à visiter

- Etat de l'art
- Tabu-NG
- Conclusion et perspectives

- Programmation par contraintes
- Hybridation de PPC et de recherche locale

## PPC : Améliorations du Backtracking (4)

### • *Nogood* : Exemple



$nogood1 = \{x_1=0, x_2=2, x_3=4, x_4=1\}$

$nogood2 = \{x_1=0, x_2=2, x_4=1\}$

$nogood\ partiel = \{x_1=0, x_2=2\}$

## Plan de la présentation

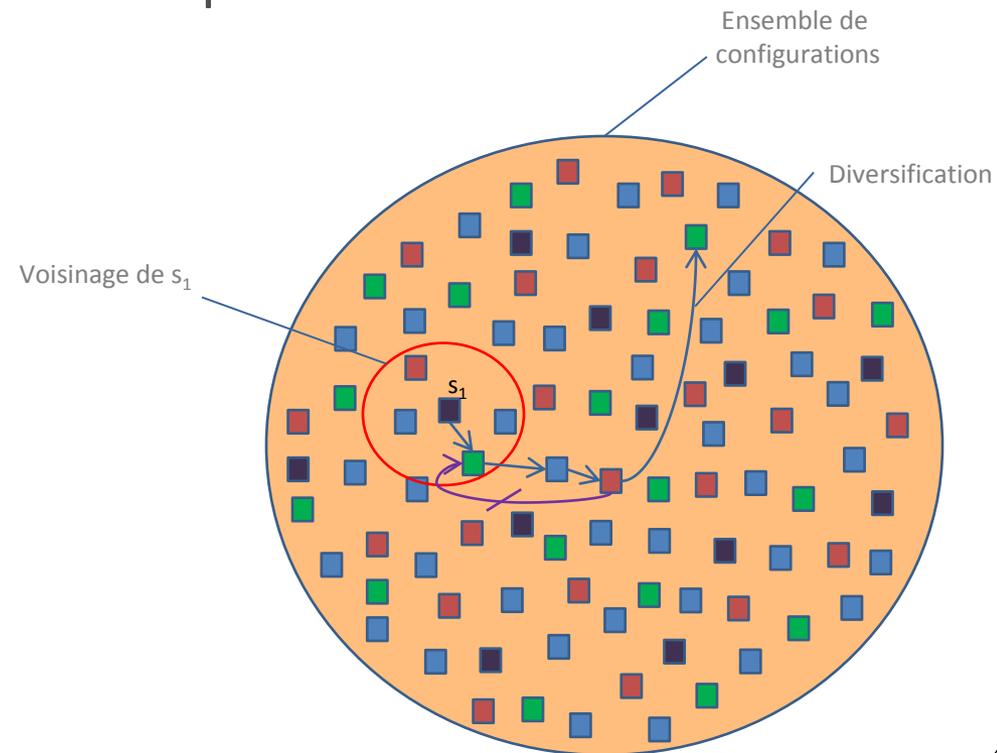
- Méthodes de résolution de CSP
  - Programmation Par Contraintes
    - Propagation de contraintes
    - Méthodes de Backtracking
  - Hybridation de PPC et recherche locale
- *Tabu-NG*
  - Schéma général
  - Affectation de fréquences
  - Coloration de graphes
- Conclusion et perspectives

- Etat de l'art
- Tabu-NG
- Conclusion et perspectives

- Programmation par contraintes
- Hybridation de PPC et de recherche locale

## La recherche locale

- Recherche locale
  - Faire évoluer une configuration complète
- Recherche Tabou
  - Interdiction des cycles
  - Diversification
  - Intensification



- Etat de l'art
- Tabu-NG
- Conclusion et perspectives

- Programmation par contraintes
- Hybridation de PPC et de recherche locale

## Hybridation : PPC + recherche locale

### PPC

- Approche complète mais dépend du problème
- Pas de liberté dans son parcours
- Complexité exponentielle
- Intégration difficile de la tâche d'optimisation
- Intégration facile de la réduction des domaines et de l'apprentissage

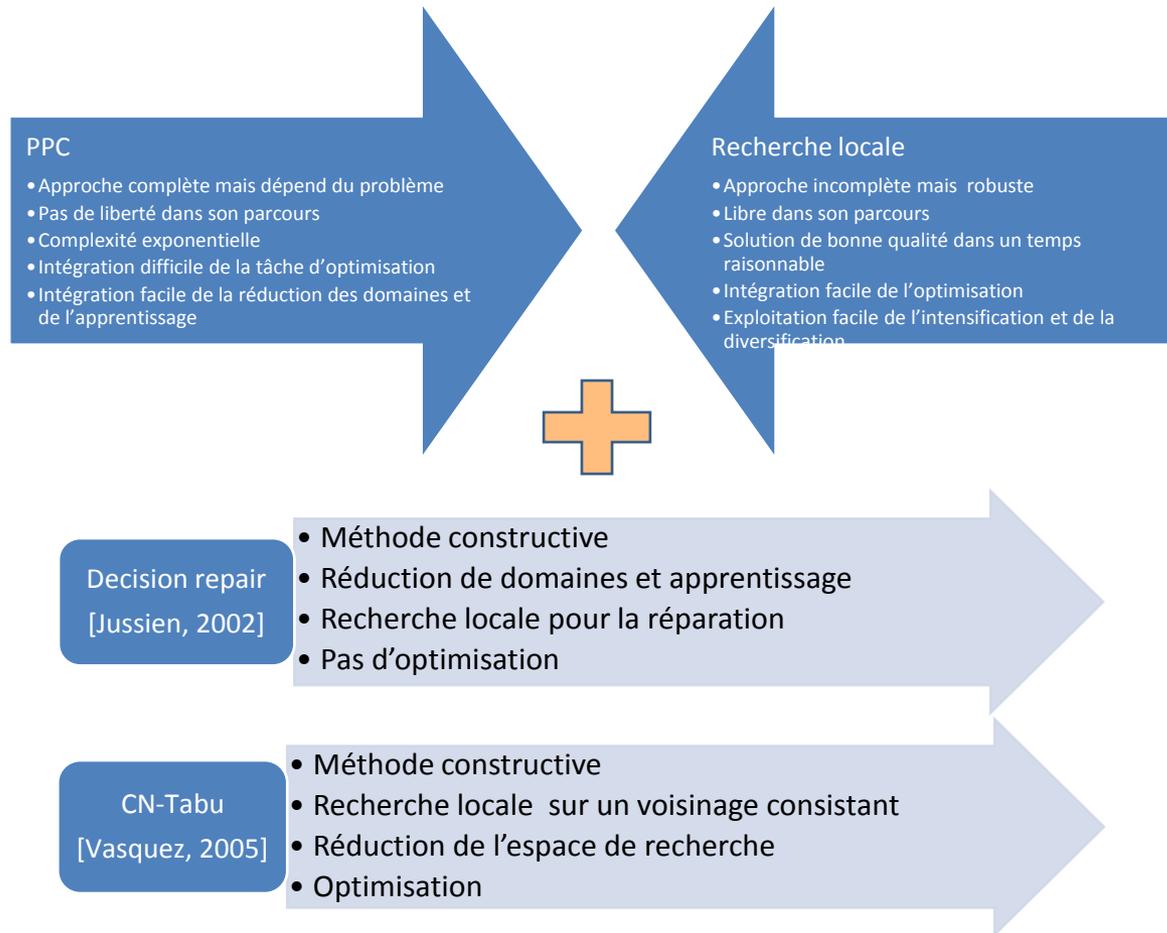
### Recherche locale

- Approche incomplète mais robuste
- Libre dans son parcours
- Solution de bonne qualité dans un temps raisonnable
- Intégration facile de l'optimisation
- Exploitation facile de l'intensification et de la diversification

- Etat de l'art
- Tabu-NG
- Conclusion et perspectives

- Programmation par contraintes
- Hybridation de PPC et de recherche locale

## Hybridation : PPC + recherche locale



- Etat de l'art
- **Tabu-NG**
- Conclusion et perspectives

- Schéma général
- Affectation de fréquences
- Coloriage de graphe

## Tabu-NG : Comparaison

	CN-Tabu	Decision repair	Tabu-NG
Réduction de l'espace de recherche	+	+	+
Détection au plus tôt de conflits	-	+	+
Retour intelligent	-	+	+
Ordonnancement de variables/valeurs	+	+	+
Apprentissage	-	+	+
Parcours libre dans l'espace de recherche	+	-	+
Intensification	+	-	+
Diversification	+	-	+
Optimisation	+	-	+

## Plan de la présentation

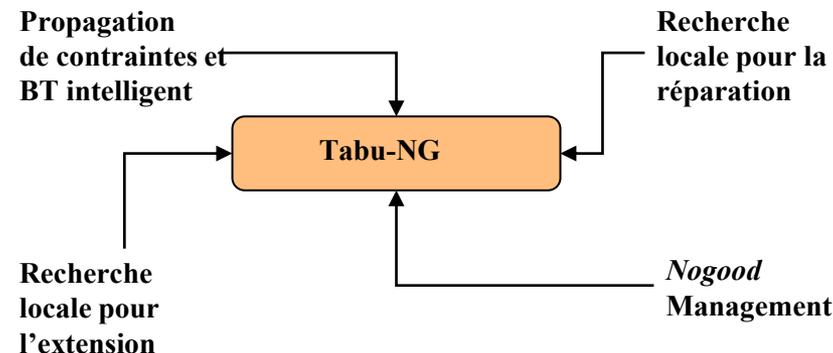
- Méthodes de résolution de CSP
  - Programmation Par Contraintes
    - Propagation de contraintes
    - Méthode de Backtracking
  - Hybridation de PPC et de recherche locale
- *Tabu-NG*
  - Schéma général
  - Affectation de fréquences
  - Coloration de graphes
- Conclusion et perspectives

- Etat de l'art
- **Tabu-NG**
- Conclusion et perspectives

- Schéma général
- Affectation de fréquences
- Coloriage de graphe

## Tabu-NG : Schéma général

- Parcours libre dans l'espace de recherche (recherche locale pour étendre une configuration)
- Apprentissage (stockage des *nogoods* identifiés)
- Réduction de l'espace de recherche (propagation)
- Intégration de l'optimisation
- Backtracking intelligent (identification et exploitation de *nogoods*)

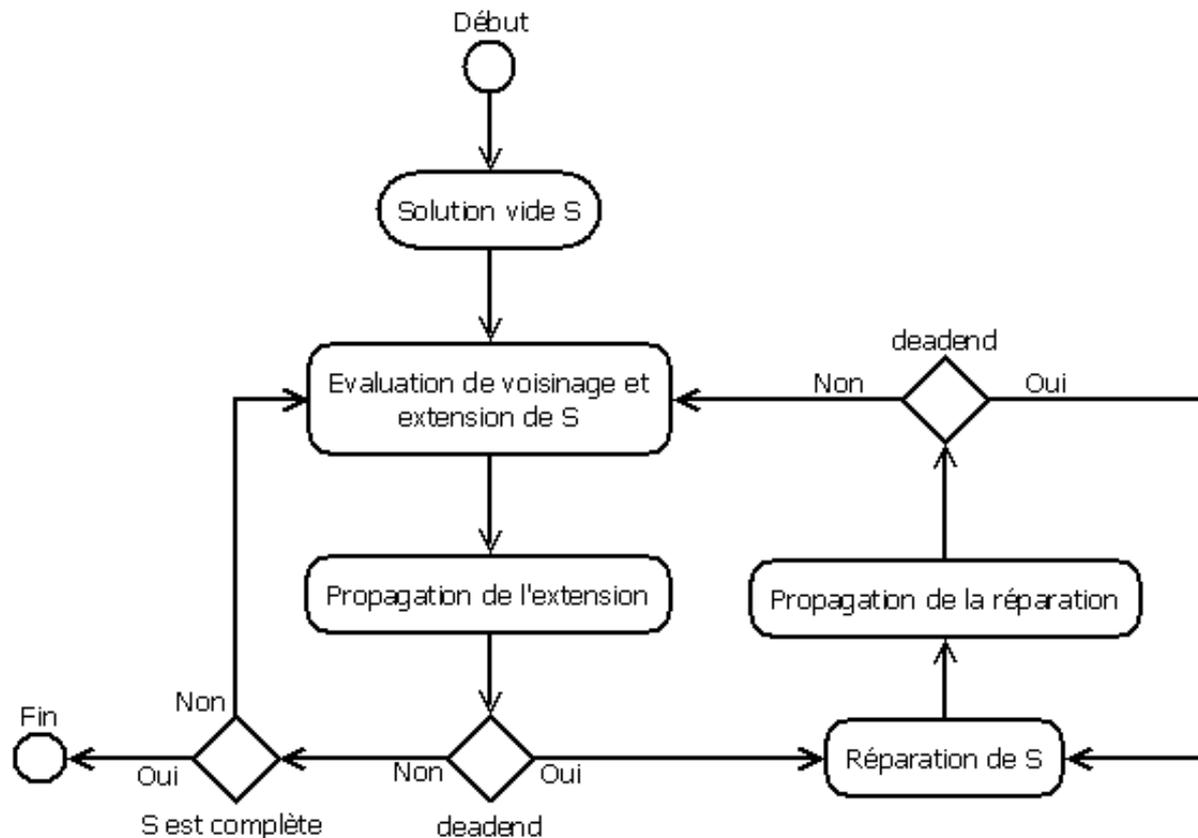


- Etat de l'art
- **Tabu-NG**
- Conclusion et perspectives

- Schéma général
- Affectation de fréquences
- Coloriage de graphe

## Tabu-NG : Schéma général

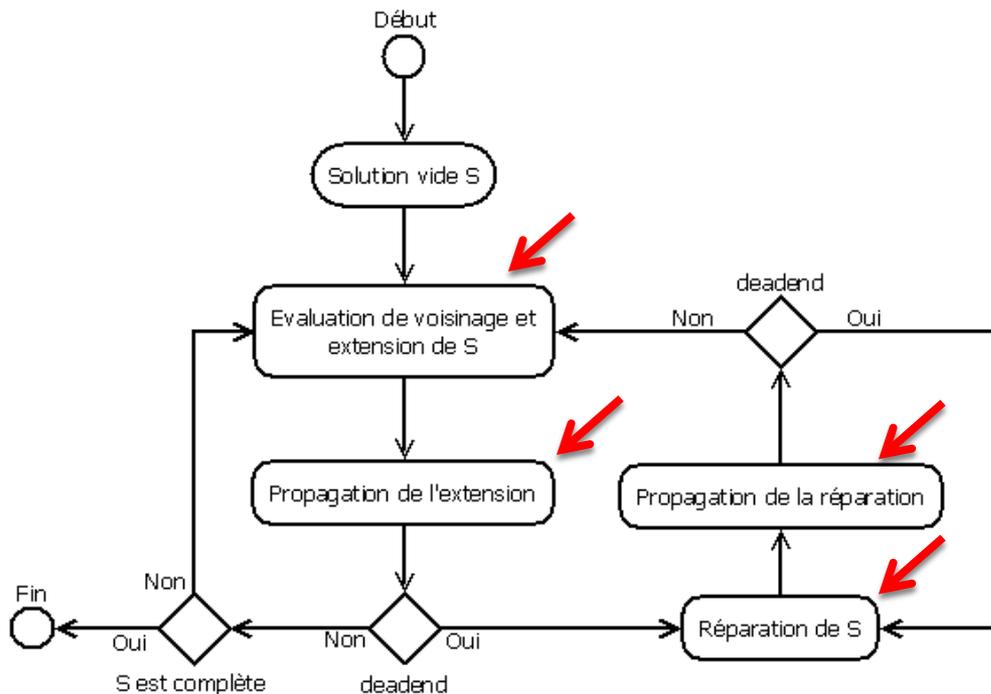
- Tabu-NG : Tabu-Search based on NoGoods



- Etat de l'art
- Tabu-NG
- Conclusion et perspectives

- Schéma général
- Affectation de fréquences
- Coloriage de graphe

## Tabu-NG : Composantes et paramètres



### Questions

Comment étendre une configuration partielle ?

Comment propager l'effet de l'extension ?

Comment réparer un conflit ?

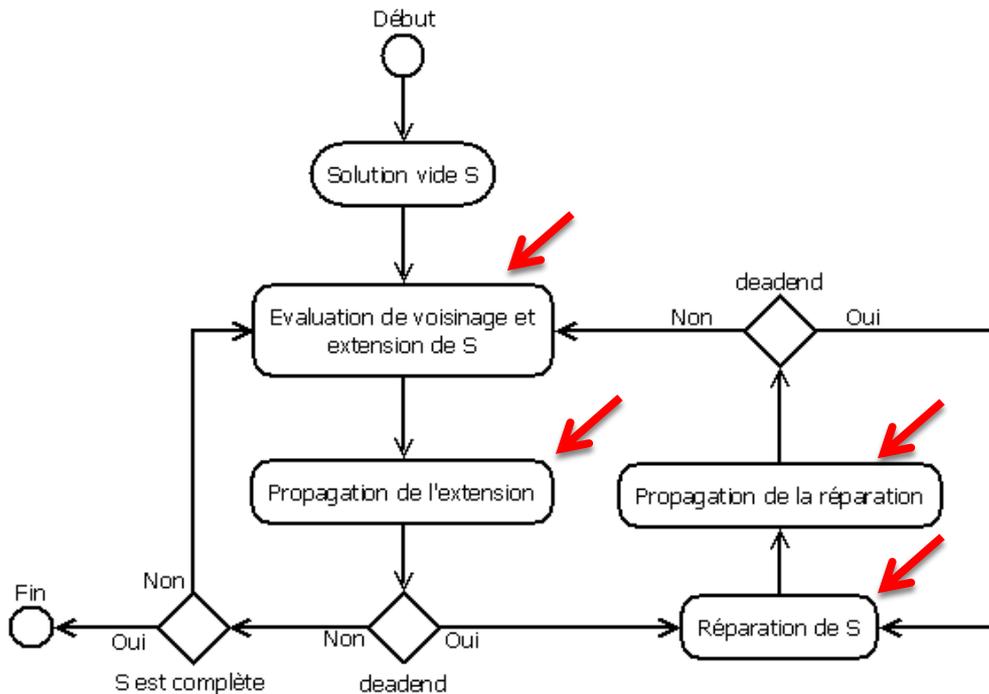
Comment propager l'effet de la réparation ?

- Etat de l'art
- **Tabu-NG**
- Conclusion et perspectives

- Schéma général
- Affectation de fréquences
- Coloriage de graphe

## Tabu-NG et CN-Tabu

### CN-Tabu



Un couple (variable libre, valeur) non tabou et qui minimise le nombre de conflits générés

Aucune propagation d'extension

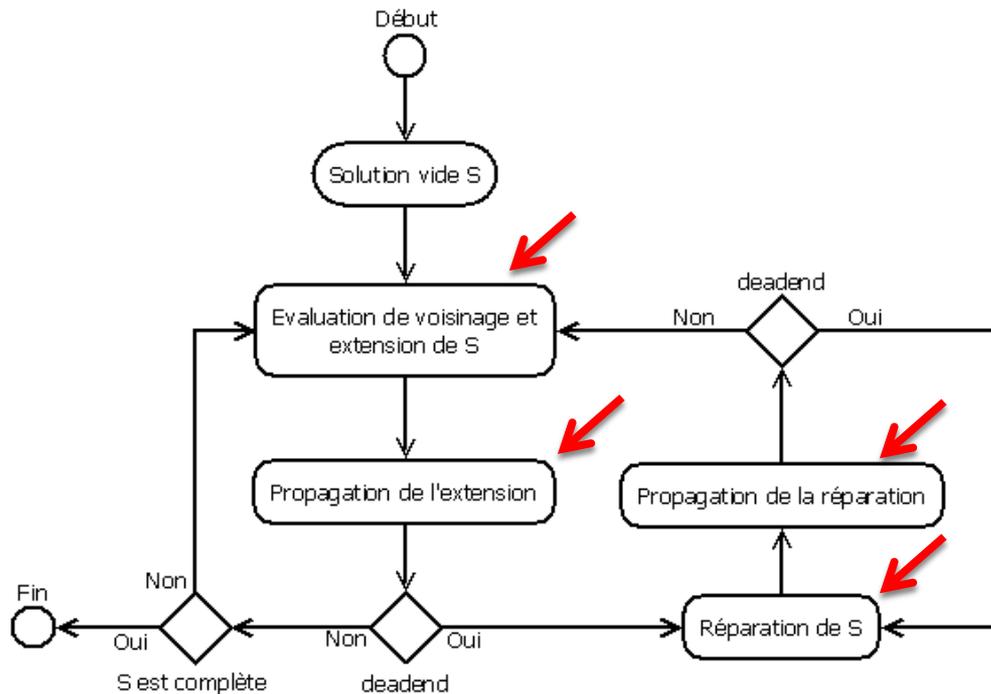
Annuler toutes les affectations en conflit avec la dernière choisie et les mettre tabou pour une certaine durée

Aucune propagation de réparation

- Etat de l'art
- **Tabu-NG**
- Conclusion et perspectives

- Schéma général
- Affectation de fréquences
- Coloriage de graphe

## Tabu-NG et Decision repair



### Decision repair

Extension au premier couple valide (pas d'ordonnancement dynamique) et non *nogood*

Filtrage par Arc-Consistance et identification des *nogoods exacts*

Backtracking intelligent et stockage temporaire de *nogoods* en FIFO

Propagation de l'effet des affectations annulées (pas de liste Tabou)

## Plan de la présentation

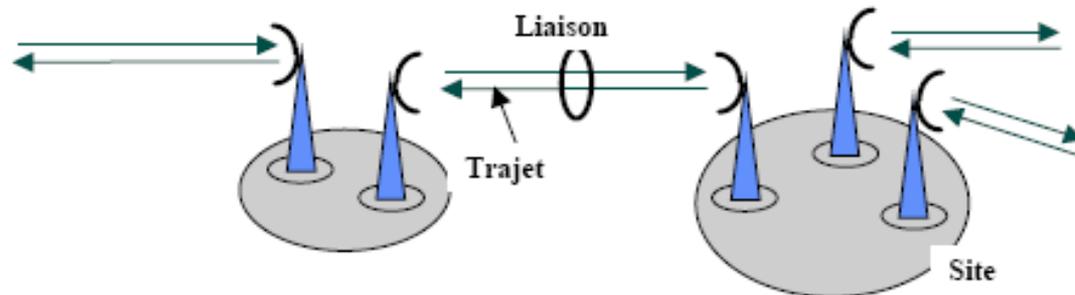
- Méthodes de résolution de CSP
  - Programmation Par Contraintes
    - Propagation de contraintes
    - Méthodes de Backtracking
  - Hybridation de PPC et de recherche locale
- *Tabu-NG*
  - Schéma général
  - Affectation de fréquences
  - Coloration de graphes
- Conclusion et perspectives

- Etat de l'art
- **Tabu-NG**
- Conclusion et perspectives

- Schéma général
- Affectation de fréquences
- Coloriage de graphe

## Affectation de fréquences : Problématique

- Liaisons de communication montantes et descendantes : trajet
- Un domaine de fréquences est disponible pour chaque trajet
- Affecter une ressource à chaque trajet : fréquence ou couple (fréquence, polarisation)
- Proximité de trajets : interférence



- Etat de l'art
- **Tabu-NG**
- Conclusion et perspectives

- Schéma général
- Affectation de fréquences
- Coloriage de graphe

## Affectation de fréquences : Problématique

- Respecter un ensemble de contraintes : interférence
- Exemple de contrainte binaire : interférence simple
  - Contraintes co-liaisons :  $|f_i - f_j| = \text{constante}$
  - Contraintes de proximité :  $|f_i - f_j| > K_{ij}$
- Exemple de contraintes n-aires : interférence multiple
  - Contraintes de sommation de perturbateurs

$$\sum_{j \in P_i} \lambda_{ij} T_{\sigma(i)\sigma(j)}(|f_i - f_j|) \leq \Lambda_i$$

- Optimiser un objectif : spectre ou interférence

- Etat de l'art
- **Tabu-NG**
- Conclusion et perspectives

- Schéma général
- Affectation de fréquences
- Coloriage de graphe

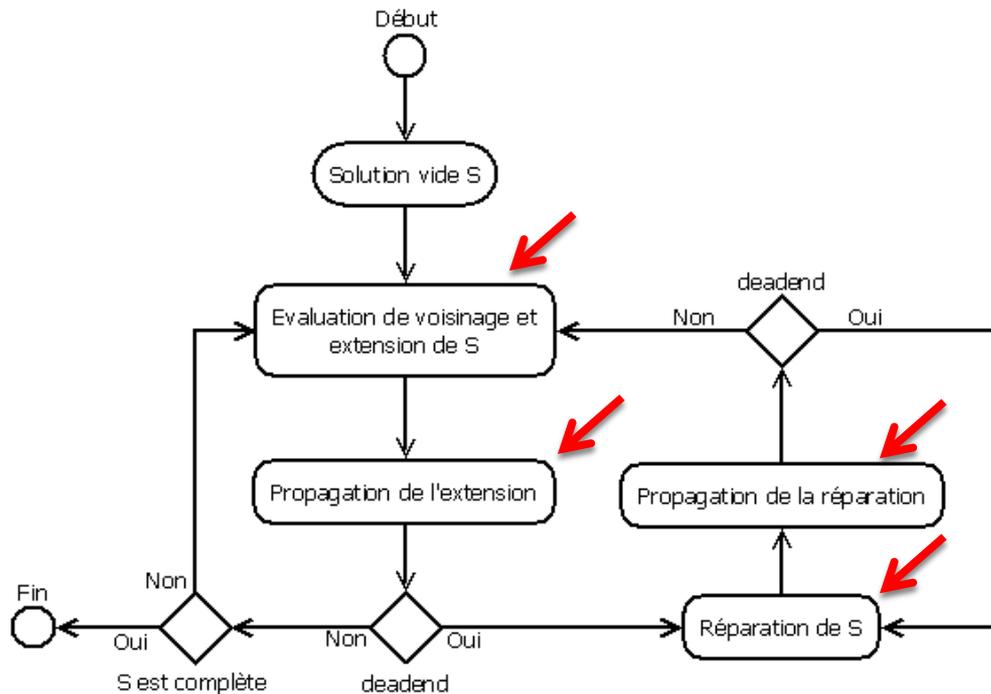
## Instances binaires

- Instances publiques CELAR et GRAPH
  - $\approx 1000$  variables
  - $< 5500$  contraintes
  - Taille de domaine = 44
  - Optimums connus
  - 2 objectifs à optimiser
    - MinFreq = Minimiser le nombre de fréquences utilisées par la solution
    - MinSpec = Minimiser la largeur totale du spectre utilisé

- Etat de l'art
- Tabu-NG
- Conclusion et perspectives

- Schéma général
- Affectation de fréquences
- Coloriage de graphe

## Instances binaires : Tabu-NG



### Questions

Un couple (variable de plus petit domaine, ressource valide) non tabou et non *nogood*. Utilisation d'une durée taboue adaptative.

Filtrage par Arc-consistance et identification des *nogoods* exacts

Backtracking intelligent et stockage permanent des *nogoods*

Propagation de l'effet des affectations annulées et elles sont mises taboues

- Etat de l'art
- Tabu-NG
- Conclusion et perspectives

- Schéma général
- Affectation de fréquences
- Coloriage de graphe

## Instances binaires : Minimiser la largeur du spectre

Objectif = <i>MinSpec</i>								
Problème	nb val	nb ctr	CN-Tabu	SR	T(s)	Tabu-NG	SR	T(s)
CELAR01	916	5548	680	-	1	680	100%	1
CELAR02	200	1235	394	-	1	394	100%	1
CELAR03	400	2760	666	-	1	<b>652</b>	100%	1
CELAR04	680	3967	792	100%	1	792	100%	1
CELAR05	400	2598	792	100%	1	792	100%	1
graph01	200	1134	408	-	<b>1</b>	408	100%	7
graph02	400	2245	394	-	1	394	100%	1
graph03	200	1134	380	100%	1	380	100%	1
graph04	400	2244	394	40%	1	394	<b>100%</b>	1
graph08	680	3757	652	-	15	652	100%	<b>11</b>
graph09	916	5246	666	-	664	666	100%	<b>435</b>
graph10	680	3907	394	25%	17	394	<b>100%</b>	<b>10</b>
graph14	916	4638	352	-	30	352	100%	<b>22</b>
<b>Nb inst. résolues</b>			<b>12</b>			<b>13</b>		

- CELAR03 : Amélioration du meilleur score connu
- Méthode déterministe : un seul lancement suffit

- Etat de l'art
- **Tabu-NG**
- Conclusion et perspectives

- Schéma général
- Affectation de fréquences
- Coloriage de graphe

## Instances binaires : Minimiser le nombre de fréquences

<b>Objectif = <i>MinFreq</i></b>						
<b>Problème</b>	<b>CN-Tabu</b>	<b>T(s)</b>	<b>SR</b>	<b>Tabu-NG</b>	<b>T(s)</b>	<b>SR</b>
CELAR01	16*	221	20	16*	1700	20
CELAR02	14*	14	15	14*	90	20
CELAR03	14*	1890	10	14*	1502	17
CELAR04	46*	0	20	46*	1	20
CELAR11	22*	1993	2	22*	1605	9
graph01	18*	1981	7	18*	321	11
graph02	14*	1	20	14*	517	16
graph08	22	2324	0	18	820	5
graph09	18*	8	19	18*	168	4
graph14	8*	20	20	8*	627	14
Nb inst. résolues	9			9		

- Même niveau que *CN-Tabu* et que les meilleures méthodes connues

- Etat de l'art
- Tabu-NG
- Conclusion et perspectives

- Schéma général
- Affectation de fréquences
- Coloriage de graphe

## Instances n-aires

- 30 instances privées du projet DGA SOES
  - Présence de contraintes unaires, binaires et n-aires
  - < 3000 variables
  - < 288 000 contraintes
  - Taille de domaine : < 2000
  - Présence de polarisation et de relâchement de contraintes
  - 9 objectifs à optimiser
    - 6 d'optimisation de solutions réalisables (spectre à optimiser)
    - 3 d'optimisation de solutions de compromis (interférence à optimiser)
  - Exigences de qualité préfixées (80% même qualité ou meilleure)
  - Meilleurs scores fournis par la DGA

- Etat de l'art
- Tabu-NG
- Conclusion et perspectives

- Schéma général
- Affectation de fréquences
- Coloriage de graphe

## Instances du projet : Difficultés

- Très grande taille d'instances
  - Impossible de chercher des *nogoods* exacts ?
    - Introduire la notion de *nogoods* partiels
  - Stockage des *nogoods* ?
    - Dominance entre les *nogoods* avec une analyse complète et détaillée
- Propagation de contraintes n-aires ?
  - Définir un mécanisme de propagation propre
  - Renforcement en contraintes binaires lors du prétraitement
- Optimisation des objectifs de compromis ?
  - Ajouter des *nogoods* supplémentaires liés à chaque objectif
- Amélioration de la rapidité de la méthode ?
  - Chaque contrainte est propagée en utilisant ses propriétés mathématiques

- Etat de l'art
- **Tabu-NG**
- Conclusion et perspectives

- Schéma général
- Affectation de fréquences
- Coloriage de graphe

## Instances du projet : Résultats

- Optimisation de spectre : 6 objectifs
  - Amélioration de plusieurs optimums connus
  - *Tabu-NG* est très performante pour l'optimisation de solutions réalisables

	Réalisabilité	<i>MinFreq</i>	<i>MaxFreqG</i>	<i>MinFreqD</i>	<i>MinSpec</i>	<i>MinEcart</i>
<b>EXG-1</b>	100%	90%	100%	100%	90%	100%
<b>EXG-2</b>	100%	80%	100%	90%	80%	100%
<b>EXG-3</b>	100%	90%	100%	100%	90%	100%

- Etat de l'art
- **Tabu-NG**
- Conclusion et perspectives

- Schéma général
- Affectation de fréquences
- Coloriage de graphe

## Instances du projet : Résultats

- Optimisation d'interférences : 3 objectifs
  - Amélioration de quelques optimums connus
  - Introduction d'heuristiques spécifiques pour chaque objectif

	<i>MinMob</i>	<i>MinCard</i>	<i>MinMax</i>
<b>EXG-1</b>	100%	100%	100%
<b>EXG-2</b>	80%	90%	80%
<b>EXG-3</b>	100%	100%	90%

## Plan de la présentation

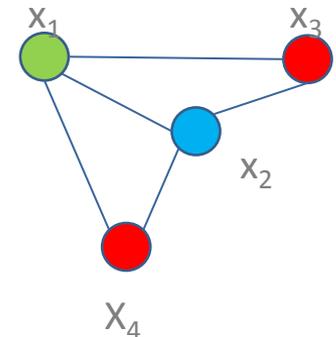
- Méthodes de résolution de CSP
  - Programmation Par Contraintes
    - Propagation de contraintes
    - Méthodes de Backtracking
  - Hybridation de PPC et de recherche locale
- ***Tabu-NG***
  - Schéma général
  - Affectation de fréquences
  - Coloration de graphes
- Conclusion et perspectives

- Etat de l'art
- **Tabu-NG**
- Conclusion et perspectives

- Schéma général
- Affectation de fréquences
- Coloriage de graphe

## Coloration de graphe : Problème et instances

- Colorier les sommets d'un graphe  $G(V, E)$
- Deux sommets  $x_i$  et  $x_j$  voisins ne doivent pas avoir la même couleur :  $\forall (x_i, x_j) \in E, \varphi(x_i) \neq \varphi(x_j)$
- Instances :
  - Challenge DIMACS 1993
  - 30 instances
  - $\approx 1000$  variables
  - $< 500\ 000$  contraintes



- Etat de l'art
- **Tabu-NG**
- Conclusion et perspectives

- Schéma général
- Affectation de fréquences
- Coloriage de graphe

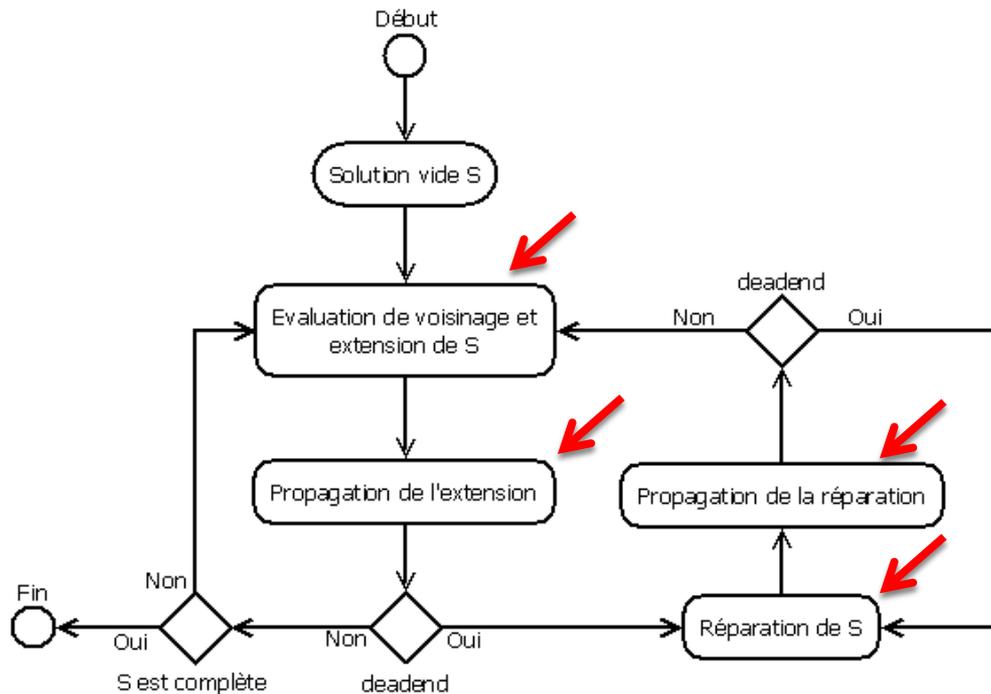
## Coloration de graphe : difficultés

- Un problème très différent de l'affectation de fréquences par la nature des contraintes
- Symétrie de couleurs : beaucoup de configurations syntaxiquement différentes mais sémantiquement équivalentes
- Espace de recherche très grand : la propagation de contraintes n'est pas très efficace et la réduction de l'espace de recherche est très difficile

- Etat de l'art
- **Tabu-NG**
- Conclusion et perspectives

- Schéma général
- Affectation de fréquences
- Coloriage de graphe

## Coloration de graphe : Tabu-NG



Choisir aléatoirement un couple (variable, valeur) non tabou.

Si tous tabou : diversification

Filtrage par Arc-Consistance et identification des *nogoods* exacts

Backtracking intelligent (annuler des affectations pour libérer une couleur pour chaque variable bloquée), pas de stockage de *nogoods*

Propagation de l'effet des affectations annulées et elles sont mises taboues

- Etat de l'art
- **Tabu-NG**
- Conclusion et perspectives

- Schéma général
- Affectation de fréquences
- Coloriage de graphe

## Coloration de graphe : Résultats

- *Tabu-NG*
  - Méthode très compétitive avec les meilleures méthodes existantes (évolutionnaires avec recherche locale)
  - Meilleure méthode issue de la PPC sur les instances traitées
  - La deuxième méthode dans la littérature à trouver l'optimalité pour *flat300\_28\_0*
- Par rapport aux meilleurs scores connus (2010)
  - Meilleure sur une seule instance
  - Même résultat sur 21 instances
  - Moins bonne sur 8 instances (5 instances avec une ou deux couleurs d'écart)

## Plan de la présentation

- Méthodes de résolution de CSP
  - Programmation Par Contraintes
    - Propagation de contraintes
    - Méthodes de Backtracking
  - Hybridation de PPC et de recherche locale
- *Tabu-NG*
  - Schéma général
  - Affectation de fréquences
  - Coloration de graphes
- Conclusion et perspectives

- Etat de l'art
- Tabu-NG
- Conclusion et perspectives

- Conclusion
- Perspectives

## Conclusion

- *Tabu-NG*
  - Hybridation de programmation par contraintes et recherche locale
  - Méthode générique pour la résolution des CSP
  - Adaptable aux problèmes traités : intégration d'heuristiques
  - Affectation de fréquences
  - Coloration de graphe
- Projet réussi avec la DGA
  - Produit : solveur opérationnel pour l'affectation de fréquences

- Etat de l'art
- Tabu-NG
- Conclusion et perspectives

- Conclusion
- Perspectives

## Perspectives

- Affectation de fréquences
  - Optimisation de solutions de compromis :
    - Modifier le critère de choix de voisinage
    - Inclure des mécanismes de diversification
    - Inclure la fonction objectif dans la propagation de contraintes
- Coloration de graphe
  - Casser les symétries
  - Réintégrer le stockage des *nogoods*
  - Découvrir des cliques et intégrer des contraintes *alldiff*

- Etat de l'art
- Tabu-NG
- Conclusion et perspectives

- Conclusion
- Perspectives

## Perspectives

- *Tabu-NG*
  - Processus de diversification
    - Restart avec mémorisation des bonnes configurations partielles
    - Recherche à voisinage variable
  - Applications à d'autres problèmes
    - Emploi du temps
    - Reines
  - Parallélisation
    - Décomposition de l'espace de recherche
    - Communication des *nogoods* entre les processus

**MERCI de votre  
attention**

# Tabu-NG : hybridation de programmation par contraintes et recherche locale pour la résolution de CSP

## Publications

### International journals:

1. **M. DIB**, A. Caminada, H. Mabed. *FAP Resolution with Nogood Recording and Tabu search*. (Submitted)

### International Conferences:

1. **M. DIB**, R. Abdallah, A. Caminada, 2010. *Arc-consistency in Constraint Satisfaction Problems: A survey*, 2nd International Conference on Computational Intelligence, Modelling and Simulation Bali, Indonesia, 28–30 September 2010.
2. **M. DIB**, A. Caminada, H. Mabed. *Frequency management in Radio military Networks*. The 10th INFORMS Telecommunications Conference, Concordia University (CANADA), May 5 - 7, 2010
3. **M. DIB**, A. Caminada, H. Mabed. *A New Method to Solve and Optimize FAP with N-ary Constraints*. 8<sup>th</sup> International Conference of Modeling and Simulation - MOSIM'10 - May 10-12, 2010 - Hammamet - Tunisia.
4. **M. DIB**, A. Caminada, H. Mabed. *MinOrder optimization in FAP with NoGood-Tabu Search*. 39th International Conference on Computers & Industrial Engineering (CIE39), Troyes France, July 6-8, 2009.
5. **M. DIB**, A. Caminada, H. Mabed. *A fast Algorithm to solve frequency assignment problem*. 6th international conference on Integration of Artificial Intelligence and Operations Research techniques in Constraint Programming for Combinatorial Optimization Problems, Pittsburgh USA, May 27-31, LNCS Springer, 2009.
6. **M. DIB**, A. Caminada, H. Mabed. *Nogood Recording with Tabu Search for CSP (Application to FAP)*. Third Asia International Conference on Modelling & Simulation, 25-26 May, Indonesia - Bali, IEEE, 2009.
7. **M. DIB**, A. CAMINADA, H. MABED. *Constraint Propagation with Tabu List for Min-Span Frequency Assignment Problem*. 2nd international conference on Modelling, Computation and Optimization in Information Systems and Management Sciences MCO2008, Springer CCIS, CCIS14, pp. 97-106, 2008.

### National Conferences

1. **M. DIB**, A. CAMINADA, H. MABED. *Propagation de Contraintes avec une liste Tabou pour le CSP*. JFPC2008, PP.409 – 413, 2008.
2. **M. DIB**, A. Caminada, H. Mabed, *Renforcement des contraintes n-aires en binaires dans un FAP*. 11<sup>ème</sup> conférence ROADEF'10, 24-26 février, Toulouse, 2010.
3. **M. DIB**, I. Devarenne, H. Mabed, A. Caminada. *Etude comparative de recherche locale et de propagation de contraintes en CSP n-aire*. 10<sup>ème</sup> conférence ROADEF'09, 10-12 février, Nancy, 2009.
4. J. HU, **M. DIB**, A. CAMINADA, H. MABED, *Recherche de zone de blocage dans un graphe*. 10<sup>ème</sup> conférence ROADEF'09, 10-12 février, Nancy, 2009.
5. **M. DIB**, A. CAMINADA, H. MABED, Jun HU. *Propagation de contraintes et gestion de Nogood pour le CSP*. 9<sup>ème</sup> conférence ROADEF'08, 25-27 février, Clermont, 2008.