

Rapport du projet d'aide à la décision

Introduction

Ce projet consiste en la réalisation d'un programme effectuant une propagation et satisfaction de contraintes afin de résoudre divers problèmes formalisés par des variables, des domaines de valeurs et des contraintes.

Nous avons effectué les étapes 1 à 3. La majorité des problèmes sont résolus en des temps raisonnables (voir les détails dans la dernière partie du rapport).

Structures de données

Contenu des fichiers d'entrée

La liste des variables et de leurs domaines de valeurs est la même que dans le sujet du projet, mais la numérotation des variables doit commencer à 0 au lieu de 1.

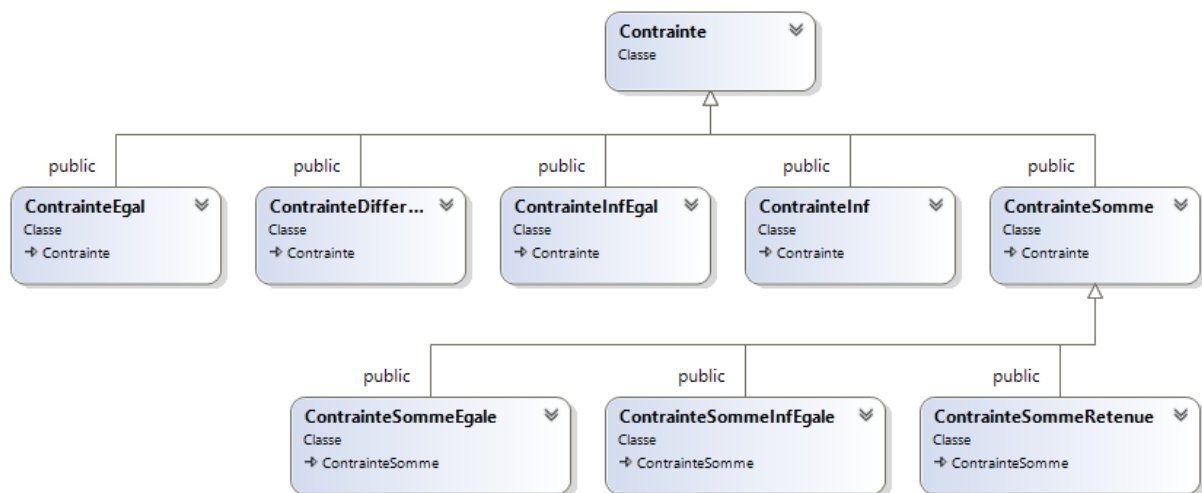
Les contraintes sont également déclarées de la même manière, mais notre programme permet d'en utiliser d'autres. La liste complète des contraintes gérées par notre programme est la suivante :

Type de contrainte	Numéro	Syntaxe de déclaration
Variables égales	1	Numéros des 2 variables qui doivent être égales.
Variables différentes	2	Numéros des 2 variables qui doivent être différentes.
Variable inférieure ou égale à une autre	3	Numéro d'une variable suivi du numéro de celle qui doit lui être supérieure ou égale.
Variable strictement inférieure à une autre	4	Numéro d'une variable suivi du numéro de celle qui doit lui être strictement supérieure.
Somme égale à une valeur	10	Valeur suivie de la liste des variables dont la somme doit lui être égale.
Somme inférieure ou égale à une valeur	11	Valeur suivie de la liste des variables dont la somme doit lui être inférieure.
Somme égale à une variable plus une variable de retenue	20	Premier nombre (X) : variable Deuxième nombre (R) : variable de retenue à ajouter à la première variable Nombres suivants : variables de la somme qui doit être égale à $X + 10 \times R$

Représentation en mémoire

Nous avons défini une classe par contrainte et utilisé l'héritage pour regrouper des fonctions communes à toutes les contraintes. Une contrainte est représentée par la liste des variables qu'elle utilise, et une méthode prenant des domaines de valeurs est implémentée dans chaque classe afin de vérifier que les valeurs données vérifient la contrainte.

Diagramme des classes :



Description des algorithmes

Etape 1 : méthode triviale

Pour cette étape, nous avons implémenté l'algorithme présenté dans le sujet du projet, c'est-à-dire un parcours de tout l'arbre de manière récursive. A chaque itération, une variable est choisie parmi celles qui n'ont pas encore été assignées puis, pour chacune des valeurs de son domaine de valeurs, un appel récursif est fait pour parcourir la branche de l'arbre.

L'algorithme se termine quand toutes les variables ont été assignées. Si elles vérifient les contraintes, la solution a été trouvée, sinon le problème n'a pas de solution.

Etape 2 : réduction des domaines de valeurs

Cet algorithme reprend l'algorithme trivial en ajoutant une réduction des domaines de valeurs.

A chaque affectation d'une variable, les contraintes concernant cette variable et les autres variables pas encore assignées sont vérifiées. Toutes les valeurs possibles pour les valeurs pas encore assignées sont testées, et celles qui ne vérifient pas la contrainte sont retirées de son domaine de valeurs. Ainsi, les itérations sur le reste de la branche se feront sur des domaines de valeurs réduits ne contenant que des valeurs qui sont susceptibles de vérifier les contraintes. S'il ne reste plus aucune valeur possible pour une des variables, la branche est abandonnée car il n'y aurait pas de solution au problème.

Contrairement à la méthode triviale, il peut y avoir plusieurs valeurs dans les domaines de certaines variables au moment de la vérification des contraintes. Nous avons donc dû créer un algorithme spécial de vérification d'une contrainte dans ce cas-là qui teste la contrainte avec toutes les valeurs possibles en incrémentant le numéro de la valeur choisie dans chaque domaine, les unes à la suite des autres (comme un compteur d'un nombre dont la base de chaque chiffre serait la taille du domaine de valeurs de la variable correspondante).

Finalement, l'algorithme se termine quand toutes les variables ont été assignées. Il n'est pas utile de vérifier les contraintes de nouveau car cela a déjà été fait lors du parcours des branches.

Etape 3 : stratégies de construction

Cette étape reprend l'algorithme de l'étape 2, mais on demande à l'utilisateur la stratégie de choix des variables qu'il souhaite que l'algorithme applique. Cette stratégie sera utilisée à chaque itération.

Stratégies de choix de variables implémentées :

- Choix des variables avec les plus grands domaines de valeurs
- Choix des variables avec les plus petits domaines de valeurs
- Assignment des variables dans l'ordre de leur numérotation (stratégie par défaut)

Nous avons simplement modifié l'algorithme de l'étape 2 au niveau du choix d'une variable à assigner parmi les variables non assignées, nous avons ajouté des comparaisons de la taille des domaines de valeurs des variables non assignées afin de sélectionner celle dont le domaine de valeurs est le plus grand ou le plus petit.

Problèmes mis en œuvre

La méthode triviale est beaucoup trop longue, on a essayé qu'avec la réduction des domaines.

Problème 1 : sudoku

Fichier : *B1Probleme1.txt*

Formalisation

Chaque case du sudoku correspond à une variable pouvant prendre des valeurs de 1 à 9. Les variables sont numérotées de 0 à 80, de gauche à droite et de haut en bas.

Le sudoku contenant des cases préremplies, les domaines de valeurs des autres variables ont été réduits afin d'en retirer les valeurs impossibles (valeur déjà présente sur la ligne, dans la colonne ou dans la région du sudoku).

Les contraintes que nous avons définies sont les suivantes, en utilisant la contrainte binaire « différent » :

- Chaque variable doit être différente de toutes les autres variables de sa ligne
- Chaque variable doit être différente de toutes les autres variables de sa colonne
- Chaque variable doit être différente de toutes les autres variables de sa région

Résultats

Stratégie de choix des variables	Ordre de la numérotation	Plus grand domaine de valeurs	Plus petit domaine de valeurs																																																																																																																																																																		
Résultat	<table><tr><td>9</td><td>8</td><td>4</td><td>7</td><td>1</td><td>6</td><td>2</td><td>3</td><td>5</td></tr><tr><td>7</td><td>3</td><td>2</td><td>9</td><td>5</td><td>4</td><td>6</td><td>1</td><td>8</td></tr><tr><td>6</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>8</td><td>9</td><td>7</td><td>4</td></tr><tr><td>3</td><td>2</td><td>7</td><td>8</td><td>6</td><td>1</td><td>4</td><td>5</td><td>9</td></tr><tr><td>5</td><td>1</td><td>9</td><td>4</td><td>2</td><td>3</td><td>7</td><td>8</td><td>6</td></tr><tr><td>8</td><td>4</td><td>6</td><td>5</td><td>7</td><td>9</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>9</td><td>8</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>1</td><td>6</td><td>7</td></tr><tr><td>4</td><td>6</td><td>3</td><td>1</td><td>8</td><td>7</td><td>5</td><td>9</td><td>2</td></tr><tr><td>1</td><td>7</td><td>5</td><td>6</td><td>9</td><td>2</td><td>8</td><td>4</td><td>3</td></tr></table>	9	8	4	7	1	6	2	3	5	7	3	2	9	5	4	6	1	8	6	5	1	2	3	8	9	7	4	3	2	7	8	6	1	4	5	9	5	1	9	4	2	3	7	8	6	8	4	6	5	7	9	3	2	1	2	9	8	3	4	5	1	6	7	4	6	3	1	8	7	5	9	2	1	7	5	6	9	2	8	4	3		<table><tr><td>9</td><td>8</td><td>4</td><td>7</td><td>1</td><td>6</td><td>2</td><td>3</td><td>5</td></tr><tr><td>7</td><td>3</td><td>2</td><td>9</td><td>5</td><td>4</td><td>6</td><td>1</td><td>8</td></tr><tr><td>6</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>8</td><td>9</td><td>7</td><td>4</td></tr><tr><td>3</td><td>2</td><td>7</td><td>8</td><td>6</td><td>1</td><td>4</td><td>5</td><td>9</td></tr><tr><td>5</td><td>1</td><td>9</td><td>4</td><td>2</td><td>3</td><td>7</td><td>8</td><td>6</td></tr><tr><td>8</td><td>4</td><td>6</td><td>5</td><td>7</td><td>9</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>9</td><td>8</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>1</td><td>6</td><td>7</td></tr><tr><td>4</td><td>6</td><td>3</td><td>1</td><td>8</td><td>7</td><td>5</td><td>9</td><td>2</td></tr><tr><td>1</td><td>7</td><td>5</td><td>6</td><td>9</td><td>2</td><td>8</td><td>4</td><td>3</td></tr></table>	9	8	4	7	1	6	2	3	5	7	3	2	9	5	4	6	1	8	6	5	1	2	3	8	9	7	4	3	2	7	8	6	1	4	5	9	5	1	9	4	2	3	7	8	6	8	4	6	5	7	9	3	2	1	2	9	8	3	4	5	1	6	7	4	6	3	1	8	7	5	9	2	1	7	5	6	9	2	8	4	3
9	8	4	7	1	6	2	3	5																																																																																																																																																													
7	3	2	9	5	4	6	1	8																																																																																																																																																													
6	5	1	2	3	8	9	7	4																																																																																																																																																													
3	2	7	8	6	1	4	5	9																																																																																																																																																													
5	1	9	4	2	3	7	8	6																																																																																																																																																													
8	4	6	5	7	9	3	2	1																																																																																																																																																													
2	9	8	3	4	5	1	6	7																																																																																																																																																													
4	6	3	1	8	7	5	9	2																																																																																																																																																													
1	7	5	6	9	2	8	4	3																																																																																																																																																													
9	8	4	7	1	6	2	3	5																																																																																																																																																													
7	3	2	9	5	4	6	1	8																																																																																																																																																													
6	5	1	2	3	8	9	7	4																																																																																																																																																													
3	2	7	8	6	1	4	5	9																																																																																																																																																													
5	1	9	4	2	3	7	8	6																																																																																																																																																													
8	4	6	5	7	9	3	2	1																																																																																																																																																													
2	9	8	3	4	5	1	6	7																																																																																																																																																													
4	6	3	1	8	7	5	9	2																																																																																																																																																													
1	7	5	6	9	2	8	4	3																																																																																																																																																													
Temps de calcul	164.893 secondes	Très long	4.842 secondes																																																																																																																																																																		

Trace d'exécution du problème : *B1TraceProbleme1.txt*

Problème 2 : sudoku avec contraintes de type somme

Fichier : *B1Probleme2.txt*

Formalisation

La déclaration des variables est la même que dans le problème 1. Nous avons remplacé les contraintes de différence par des contraintes imposant que la somme de toutes les variables d'une même ligne, colonne ou région doit être égale à 45.

Nous obtenons des résultats avec cette formalisation, mais toutes les variables d'une ligne, colonne ou région ne sont pas toujours différentes bien que leur somme soit bien égale à 45. Il faudrait donc ajouter les contraintes imposant des variables différentes, mais cela reviendrait au même que le problème 1.

Résultats

Stratégie de choix des variables	Ordre de la numérotation	Plus grand domaine de valeurs	Plus petit domaine de valeurs																																																																																																																																																																		
Résultat	<table><tr><td>5</td><td>4</td><td>7</td><td>1</td><td>1</td><td>6</td><td>9</td><td>3</td><td>9</td></tr><tr><td>7</td><td>4</td><td>2</td><td>9</td><td>5</td><td>3</td><td>6</td><td>1</td><td>8</td></tr><tr><td>6</td><td>9</td><td>1</td><td>4</td><td>8</td><td>8</td><td>2</td><td>5</td><td>2</td></tr><tr><td>5</td><td>2</td><td>3</td><td>6</td><td>8</td><td>1</td><td>4</td><td>7</td><td>9</td></tr><tr><td>7</td><td>1</td><td>9</td><td>2</td><td>7</td><td>2</td><td>3</td><td>8</td><td>6</td></tr><tr><td>8</td><td>4</td><td>6</td><td>7</td><td>3</td><td>9</td><td>1</td><td>2</td><td>5</td></tr><tr><td>2</td><td>7</td><td>7</td><td>6</td><td>4</td><td>3</td><td>9</td><td>6</td><td>1</td></tr><tr><td>4</td><td>6</td><td>3</td><td>8</td><td>1</td><td>7</td><td>5</td><td>9</td><td>2</td></tr><tr><td>1</td><td>8</td><td>7</td><td>2</td><td>8</td><td>6</td><td>6</td><td>4</td><td>3</td></tr></table>	5	4	7	1	1	6	9	3	9	7	4	2	9	5	3	6	1	8	6	9	1	4	8	8	2	5	2	5	2	3	6	8	1	4	7	9	7	1	9	2	7	2	3	8	6	8	4	6	7	3	9	1	2	5	2	7	7	6	4	3	9	6	1	4	6	3	8	1	7	5	9	2	1	8	7	2	8	6	6	4	3		<table><tr><td>9</td><td>7</td><td>5</td><td>2</td><td>6</td><td>2</td><td>9</td><td>3</td><td>2</td></tr><tr><td>3</td><td>4</td><td>2</td><td>9</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>1</td><td>8</td></tr><tr><td>6</td><td>8</td><td>1</td><td>4</td><td>7</td><td>4</td><td>2</td><td>4</td><td>9</td></tr><tr><td>5</td><td>2</td><td>3</td><td>8</td><td>8</td><td>1</td><td>4</td><td>5</td><td>9</td></tr><tr><td>7</td><td>1</td><td>9</td><td>4</td><td>2</td><td>5</td><td>3</td><td>8</td><td>6</td></tr><tr><td>8</td><td>4</td><td>6</td><td>5</td><td>3</td><td>9</td><td>3</td><td>2</td><td>5</td></tr><tr><td>2</td><td>5</td><td>8</td><td>6</td><td>4</td><td>6</td><td>6</td><td>7</td><td>1</td></tr><tr><td>4</td><td>6</td><td>3</td><td>1</td><td>8</td><td>7</td><td>5</td><td>9</td><td>2</td></tr><tr><td>1</td><td>8</td><td>8</td><td>6</td><td>2</td><td>5</td><td>6</td><td>6</td><td>3</td></tr></table>	9	7	5	2	6	2	9	3	2	3	4	2	9	5	6	7	1	8	6	8	1	4	7	4	2	4	9	5	2	3	8	8	1	4	5	9	7	1	9	4	2	5	3	8	6	8	4	6	5	3	9	3	2	5	2	5	8	6	4	6	6	7	1	4	6	3	1	8	7	5	9	2	1	8	8	6	2	5	6	6	3
5	4	7	1	1	6	9	3	9																																																																																																																																																													
7	4	2	9	5	3	6	1	8																																																																																																																																																													
6	9	1	4	8	8	2	5	2																																																																																																																																																													
5	2	3	6	8	1	4	7	9																																																																																																																																																													
7	1	9	2	7	2	3	8	6																																																																																																																																																													
8	4	6	7	3	9	1	2	5																																																																																																																																																													
2	7	7	6	4	3	9	6	1																																																																																																																																																													
4	6	3	8	1	7	5	9	2																																																																																																																																																													
1	8	7	2	8	6	6	4	3																																																																																																																																																													
9	7	5	2	6	2	9	3	2																																																																																																																																																													
3	4	2	9	5	6	7	1	8																																																																																																																																																													
6	8	1	4	7	4	2	4	9																																																																																																																																																													
5	2	3	8	8	1	4	5	9																																																																																																																																																													
7	1	9	4	2	5	3	8	6																																																																																																																																																													
8	4	6	5	3	9	3	2	5																																																																																																																																																													
2	5	8	6	4	6	6	7	1																																																																																																																																																													
4	6	3	1	8	7	5	9	2																																																																																																																																																													
1	8	8	6	2	5	6	6	3																																																																																																																																																													
Temps de calcul	107.036 secondes	Très long	19.358 secondes																																																																																																																																																																		

Trace d'exécution du problème : *B1TraceProbleme2.txt*

Problème 3 : crypt-arithmétique

Fichier : *B1Probleme3.txt*

Formalisation

$$\begin{array}{rcccccc}
 & C5 & C4 & C3 & C2 & C1 & \\
 & & & Z & E & R & O \\
 + & & T & R & O & I & S \\
 + & & T & R & O & I & S \\
 + & & D & O & U & Z & E \\
 + & & D & O & U & Z & E \\
 \hline
 & T & R & E & N & T & E
 \end{array}$$

Numéro utilisé dans le fichier pour chaque variable :

Variable	Z	E	R	O	T	I	S	D	U	N	C1	C2	C3	C4	C5
Numéro	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Nous avons utilisé ici la contrainte numéro 20 correspondant à une somme de variables égale à une variable plus une retenue. Nous avons donc les contraintes suivantes :

$$O + S + S + E + E = E + 10 \times C1$$

$$R + I + I + Z + Z = T + 10 \times C2$$

$$E + O + O + U + U = N + 10 \times C3$$

$$Z + R + R + O + O = E + 10 \times C4$$

$$T + T + D + D = R + 10 \times C5$$

$$C5 = T$$

En plus de cela, nous avons défini que chaque variable doit être différente à toutes les autres.

Résultats

Stratégie de choix des variables	Ordre de la numérotation	Plus grand domaine de valeurs	Plus petit domaine de valeurs
Résultat	3496 + 19625 + 19625 + 76034 + 76034 = 194814	3496 + 19625 + 19625 + 76034 + 76034 = 194814	3496 + 19625 + 19625 + 76034 + 76034 = 194814
Temps de calcul	103.809 secondes	100.536 secondes	296.168 secondes

Trace d'exécution du problème : *B1TraceProbleme3.txt*

Problème 4 : coloriage de carte

Fichier : *B1Probleme4.txt*

Formalisation

Nous avons dû considérer que la Seine séparait les arrondissements de Paris, c'est-à-dire que deux arrondissements dont la frontière est sur la Seine peuvent avoir la même couleur. Nous ne trouvions aucune solution sans faire cela.

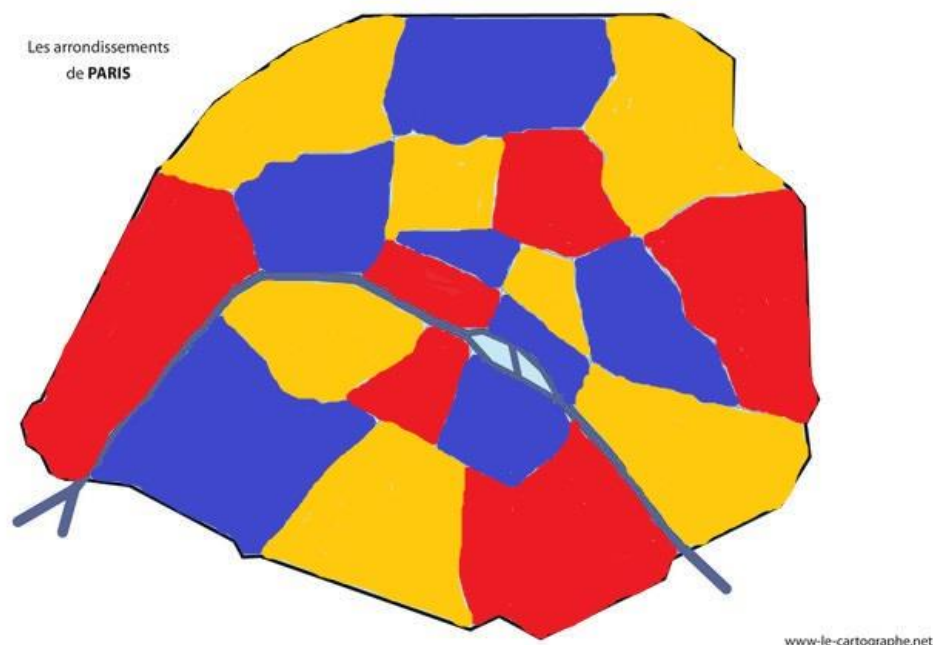
Chaque arrondissement est représenté par une variable (numérotées de 0 à 19 au lieu de 1 à 20) pouvant prendre des valeurs de 1 à 3 (pour chaque couleur), sauf pour les arrondissements 1, 13 et 20 qui prennent tous la couleur 1.

Les contraintes sont que la valeur de chaque arrondissement doit être différente de celle de tous ses voisins.

Résultats

Stratégie de choix des variables	Ordre de la numérotation	Plus grand domaine de valeurs	Plus petit domaine de valeurs
Résultat	(voir carte ci-dessous)	(voir carte ci-dessous)	(voir carte ci-dessous)
Temps de calcul	0.493 secondes	0.598 secondes	0.371 secondes

Trace d'exécution du problème : *B1TraceProbleme4.txt*



Problème 5 : coloriage de carte 2

Fichier : *B1Probleme5.txt*

Formalisation

Nous reprenons la formalisation du problème précédent, sauf que les variables correspondant aux arrondissements 1, 13 et 20 peuvent prendre des valeurs de 1 à 3 comme les autres, et nous avons ajouté les contraintes imposant l'égalité des couleurs de ces trois arrondissements.

Résultats

Stratégie de choix des variables	Ordre de la numérotation	Plus grand domaine de valeurs	Plus petit domaine de valeurs
Résultat	(voir carte ci-dessus)	(voir carte ci-dessus)	(voir carte ci-dessus)
Temps de calcul	1.386 secondes	1.089 secondes	0.503 secondes

Trace d'exécution du problème : *B1TraceProbleme5.txt*

Problème 6 : grille triangulaire supérieure

Fichier : *B1Probleme6.txt*

Formalisation

Il y a une variable par case de la matrice, de valeurs comprises entre 1 et 30. Les numéros des variables sont les suivants :

0	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	31	32	33
				34	35	36	37	38	39
					40	41	42	43	44
						45	46	47	48
							49	50	51
								52	53
									54

Dans la déclaration des variables, les domaines de valeurs sont réduits en fonction des valeurs qui sont possibles dans la case correspondante, selon les valeurs prédéfinies dans le sujet du projet.

Nous avons utilisé des contraintes « une variable doit être strictement inférieure à une autre » afin de spécifier pour chaque case que sa valeur doit être inférieure à celle qui est au-dessus d'elle et inférieure à celle qui est à sa droite.

Résultats

Stratégie de choix des variables	Ordre de la numérotation	Plus grand domaine de valeurs	Plus petit domaine de valeurs																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Résultat	<table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>7</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>25</td><td>26</td></tr><tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>24</td><td>25</td></tr><tr><td></td><td></td><td>1</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>23</td><td>24</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>22</td><td>23</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>21</td><td>22</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>20</td><td>21</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr></table>	1	2	3	7	10	11	12	13	25	26		1	2	6	7	8	9	10	24	25			1	5	6	7	8	9	23	24				1	5	6	7	8	22	23					1	1	2	3	21	22						1	1	2	20	21							1	1	2	3								1	1	2									1	1										1	<table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>7</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>25</td><td>26</td></tr><tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>24</td><td>25</td></tr><tr><td></td><td></td><td>1</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>23</td><td>24</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>22</td><td>23</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>21</td><td>22</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>20</td><td>21</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr></table>	1	2	3	7	10	11	12	13	25	26		1	2	6	7	8	9	10	24	25			1	5	6	7	8	9	23	24				1	5	6	7	8	22	23					1	1	2	3	21	22						1	1	2	20	21							1	1	2	3								1	1	2									1	1										1	<table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>7</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>25</td><td>26</td></tr><tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>24</td><td>25</td></tr><tr><td></td><td></td><td>1</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>23</td><td>24</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>22</td><td>23</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>21</td><td>22</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>20</td><td>21</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr></table>	1	2	3	7	10	11	12	13	25	26		1	2	6	7	8	9	10	24	25			1	5	6	7	8	9	23	24				1	5	6	7	8	22	23					1	1	2	3	21	22						1	2	2	20	21							1	1	2	3								1	1	2									1	1										1
1	2	3	7	10	11	12	13	25	26																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
	1	2	6	7	8	9	10	24	25																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		1	5	6	7	8	9	23	24																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
			1	5	6	7	8	22	23																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
				1	1	2	3	21	22																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
					1	1	2	20	21																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
						1	1	2	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
							1	1	2																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
								1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
									1																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
1	2	3	7	10	11	12	13	25	26																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
	1	2	6	7	8	9	10	24	25																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		1	5	6	7	8	9	23	24																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
			1	5	6	7	8	22	23																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
				1	1	2	3	21	22																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
					1	1	2	20	21																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
						1	1	2	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
							1	1	2																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
								1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
									1																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
1	2	3	7	10	11	12	13	25	26																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
	1	2	6	7	8	9	10	24	25																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		1	5	6	7	8	9	23	24																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
			1	5	6	7	8	22	23																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
				1	1	2	3	21	22																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
					1	2	2	20	21																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
						1	1	2	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
							1	1	2																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
								1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
									1																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Temps de calcul	0.461 secondes	0.76 secondes	0.435 secondes																																																																																																																																																																																																																																																																																																												

Trace d'exécution du problème : *B1TraceProbleme6.txt*

Problème 7 : grille triangulaire supérieure 2

Fichier : *B1Probleme7.txt*

Formalisation

La formalisation du problème est la même que pour le problème 6, avec une contrainte supplémentaire par colonne : la somme de ses variables doit être inférieure ou égale à 99.

Résultats

Stratégie de choix des variables	Ordre de la numérotation	Plus grand domaine de valeurs	Plus petit domaine de valeurs
Résultat			Aucune solution trouvée
Temps de calcul	Très long	Très long	2117.41 secondes

Trace d'exécution du problème : *B1TraceProbleme7.txt*